

dr inż. Krzysztof Raszczuk

Politechnika Wrocławska

Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

Katedra Konstrukcji Budowlanych

Załącznik nr 3

Autoreferat

Wrocław, 26 maja 2026

Spis treści

1. Imię i nazwisko	3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne	3
3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.	3
4. Omówienie osiągnięć naukowych	3
4.1. Wprowadzenie.....	3
4.2. Przedmiot, zakres i metodyka badań związana z osiągnięciami naukowymi	6
4.3. Osiągnięcie naukowe nr 1	8
4.4. Osiągnięcie naukowe nr 2	28
4.5. Podsumowanie osiągnięć naukowych nr 1 i 2.....	42
5. Informacja o istotnej aktywności naukowej albo artystycznej	46
5.1. Instytut Badawczy CNR.....	46
5.2. Narodowy Instytut Dziedzictwa	48
5.3. Pozostałe instytucje.....	48
6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.	54
6.1. Osiągnięcia dydaktyczne.....	54
6.2. Osiągnięcia organizacyjne.....	57
6.3. Osiągnięcia popularyzujące naukę lub sztukę	57
7. Pozostałe informacje dotyczące kariery zawodowej	58

1. Imię i nazwisko

Krzysztof Raszczuk

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne

Tabela 1 Zestawienie ukończonych studiów wyższych oraz uzyskanych stopni naukowych

Okres	Opis
2009-2017	studia III stopnia (dzienne) - Politechnika Wrocławska Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego - dyscyplina: budownictwo stopień doktora nauk technicznych tytuł rozprawy: „ <i>Efektywność wzmacniania historycznych pierścieni ceglanych</i> ”, promotor: prof. dr hab. inż. Jerzy Jasieńko, recenzenci: prof. dr hab. inż. Romuald Orłowicz, prof. dr hab. inż. Czesław Miedziałowski (załącznik Z2)
2007-2012	studia II stopnia (dzienne) - Politechnika Wrocławska Wydział Architektury - kierunek: architektura i urbanistyka, specjalność: ochrona zabytków (załącznik Z7-2)
2007-2011	studia I stopnia (dzienne) - Politechnika Wrocławska Wydział Architektury - kierunek: architektura i urbanistyka,
2003-2008	studia II stopnia (dzienne) Politechnika Wrocławska Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego - kierunek: budownictwo zakres: inżynieria budowlana

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych

Tabela 2 Zestawienie dotychczasowego zatrudnienia w jednostkach naukowych

Okres	Jednostka naukowa
2013.02 – obecnie	Politechnika Wrocławska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, Wrocław aktualne stanowisko: adiunkt

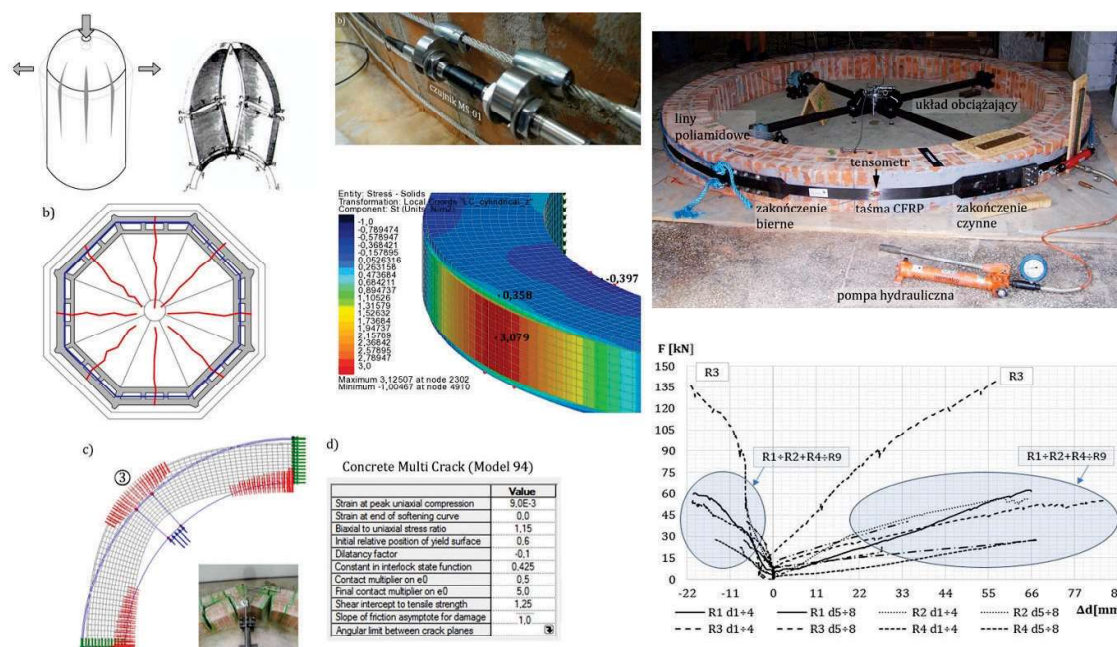
4. Omówienie osiągnięć naukowych

Rozdział dotyczy omówienia osiągnięć, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571 z późn. zm.).

4.1. Wprowadzenie

Obiekty historyczne wymagają z reguły przeprowadzenia oceny stanu bezpieczeństwa konstrukcji z uwagi na występujące uszkodzenia czy zmiany w stosunku do rozwiązań pierwotnych. Efektem takiej oceny są decyzje co do interwencji konstrukcyjnych w formie zarówno lokalnych jak i globalnych napraw oraz wzmocnień. Współczesne podejście konserwatorskie stara się znaleźć równowagę między bezpieczeństwem konstrukcji a minimalną ingerencją i zachowaniem autentyczności materiałów.

Pierwszym krokiem w pracy naukowej było opracowanie w 2017 roku rozprawy doktorskiej dotyczącej historycznych pierścieni ceglanych¹. Praca ta dotyczyła porównania różnych metod wzmacniania obwodowego kopuł ceglanych, na bazie reprezentatywnego modelu pierścienia dolnego (rys. 1).



Rys. 1 Wyniki badań prowadzonych w ramach rozprawy doktorskiej

Powyższe badania, prowadzone w latach 2009 – 2017, dotyczyły przede wszystkim metod wzmacniania, natomiast analiza przyczyn uszkodzeń, w tym układów zarysowań i deformacji była drugorzędna. Odrębne badania, prowadzone w latach 2013 – 2026, są przedmiotem autoreferatu i dotyczą przede wszystkim kroków poprzedzających decyzję o interwencji konstrukcyjnej wraz ze sformułowaniem wniosków co do konieczności wzmocnień.

Zgodnie z wytycznymi Międzynarodowej Rady Ochrony Zabytków i Miejsc Historycznych ICOMOS, należy dążyć do tego, aby przyjęte rozwiązania były optymalne oraz zastosowane w odpowiednim czasie, to znaczy ani przedwcześnie ani zbyt późno. Aby to osiągnąć należy przeprowadzić analizę konstrukcyjną, która składa się z kilku etapów i czynności:

- 1) rozpoznania układu konstrukcyjnego, w tym jego geometrii, imperfekcji, odkształceń i deformacji (np. za pomocą skanowania laserowego),
- 2) identyfikacji uszkodzeń na obiekcie, w tym układu zarysowań, (np. za pomocą mierników rozwarości rys oraz analizy ortofotografii),

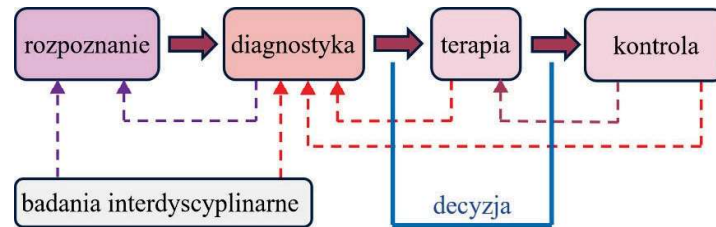
¹ Krzysztof Raszczuk: *Efektywność wzmacniania historycznych pierścieni ceglanych*, praca doktorska, raport Wydziału Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej, 2017, ser. PRE nr 5, 286 s.

- 3) badań laboratoryjnych oraz in situ określających właściwości fizyczne i mechaniczne muru oraz charakterystykę struktury wewnętrznej (np. metodą flat – jack lub diagnostyką obrazową przy użyciu fal ultradźwiękowych UPVT - *Ultrasonic Pulse Velocity Test*, elektromagnetycznych GPR - *Ground Penetrating Radar*, radiograficznych RT - *Radiographic Testing* czy podczerwonych IR - *Infrared Testing*),
- 4) obliczeń statyczno – wytrzymałościowych metodą stanów granicznych lub metodami numerycznymi (np. FEM - *Finite Elements Method* lub DEM – *Discrete Elements Method*).

Osiągnięcia naukowe, które są przedmiotem autoreferatu związane są w szczególności z dwoma pierwszymi zagadnieniami z powyższej listy (1 i 2), z częściowym uwzględnieniem tematyki z punktu 3 i 4. Wspólny obszar naukowy, który dotyczy wymienionych działań to **analiza konstrukcyjna obiektów historycznych**. Osiągnięcia naukowe, które są przedmiotem autoreferatu dotyczą w szczególności **oceny stanu bezpieczeństwa na podstawie analizy zarysowania i deformacji konstrukcji murowych z uwzględnieniem badań interdyscyplinarnych, w szczególności architektonicznych**. Poprzez precyzyjną ocenę stanu bezpieczeństwa konstrukcji możliwe jest wskazanie czy obiekt wymaga wzmocnienia i jaki powinien być charakter takiej interwencji (lokalny czy globalny).

Główną publikacją, która zawiera oba wskazane wcześniej osiągnięcia i jednocześnie stanowi syntezę działań sumujących prace na obiektach zabytkowych w ostatnich latach jest monografia: Krzysztof Raszczuk, *Historyczne konstrukcje murowe. Ocena zagrożeń bezpieczeństwa*, Wydawnictwo Narodowego Instytutu Dziedzictwa oraz Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Warszawa 2025 (wydanie elektroniczne), 2026 (wydanie drukowane). W rozdziale 2. *Wytyczne do analiz i interwencji konstrukcyjnych* przedstawiono procedury i zasady analiz konstrukcyjnych w oparciu o międzynarodowe wytyczne, w tym zasady opracowane przez Międzynarodowy Komitet Naukowy ds. Analizy i Renowacji Konstrukcji Dziedzictwa Architektonicznego ISCARSAH (*International Scientific Committee on the Analysis and Restoration of Structures of Architectural Heritage*)². Wskazane wytyczne stanowiły podstawę prowadzonych badań. W monografii został zaproponowany autorski schemat postępowania w analizie konstrukcyjnej obiektu historycznego, który opiera się na wspomnianych wytycznych (rys. 2).

² Jestem członkiem organizacji ICOMOS od 2022 roku, a komitetu ISCARSAH od 2025.



Rys. 2 Schemat blokowy przedstawiający poszczególne etapy analizy i interwencji konstrukcyjnej (opracowanie własne na podstawie wytycznych ISCARSAH)

W rozdziale 3.1. *Przegląd literatury*, podsumowano aktualny stan wiedzy we wskazanym obszarze, wraz z odwołaniem do literatury polskiej i międzynarodowej. Wskazano jednocześnie gdzie są obszary puste, które wypełniono w dalszej części monografii. Na uwagę zasługują w szczególności dwa rozdziały: **6. Rozpoznanie układu konstrukcyjnego i jego przekształceń** oraz **8. Korelacja między zarysowaniem a deformacją**, które są ściśle związane z osiągnięciami naukowymi, a ich integralną częścią są również dwa cykle publikacji.

4.2. Przedmiot, zakres i metodyka badań związana z osiągnięciami naukowymi

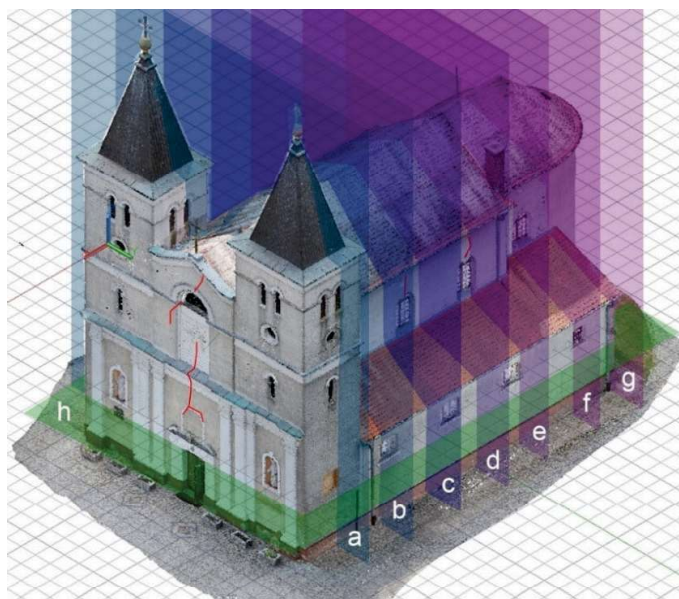
W latach 2009 – 2025 prowadzono badania naukowe, których przedmiotem były obiekty historyczne, w szczególności konstrukcje murowe posiadające zidentyfikowane zarysowania i deformacje. Łącznie analizom poddano ponad 100 obiektów, z czego w przypadku 50 zidentyfikowano układy zarysowań lub deformacji, a w przypadku 22 obiektów opublikowano wyniki badań. Do grupy obiektów będących przedmiotem badań należą głównie obiekty sakralne (kościół) ale również obiekty rezydencjonalne (pałace), administracyjne (ratusze) czy mury miejskie (rys. 3).



Rys. 3 Przykładowe obiekty będące przedmiotem badań naukowych (fotografie, modele H-BIM, skany laserowe)

Wśród nich są dzieła architektury, znaczące dla dziedzictwa kulturowego, np.: bazylika konkatedralna Świętej Trójcy w Chelmie, kościół farny we Wschowie przebudowany przez słynnego włoskiego architekta Pompeo Ferrariego, kościół św. Michała Archaniota w Świebodzinie przebudowany przez znanego wrocławskiego architekta Alexisa Langer, kaplica dworska w Ścinawce Górnej, zamek w Krośnie Odrzańskim, gimnazjum Piastowskie w Brzegu i wiele innych. Dla wielu z nich zaproponowano wzmocnienia konstrukcyjne z uwagi na przeprowadzoną ocenę stanu zagrożenia bezpieczeństwa (zestawienie w załączniku nr 4 – Wykaz osiągnięć).

W ostatnich latach bardziej dostępne stały się narzędzia pomiarowe, które umożliwiły uzyskanie dużej ilości danych geometrycznych na temat obiektów budowlanych, w tym obiektów historycznych. Główną metodą pomiarową, którą wykorzystuje się współcześnie jest skanowanie laserowe i fotogrametria. Stąd, zasadne było wykorzystanie tej technologii, aby dla obiektów istniejących, które wymagały przeprowadzenia oceny stanu bezpieczeństwa konstrukcji, uzyskać dane na temat geometrii oraz lokalnych i globalnych deformacji. Metodyka badawcza polegała w wielu przypadkach na analizie skanu laserowego konstrukcji zabytkowej (głównie przy użyciu skanera FaroFocus S70), poprzez wyodrębnienie wielu przekrojów poziomych i pionowych całego obiektu (rys. 4).



Rys. 4 Schemat wyników skanowania laserowego z charakterystycznymi przekrojami, na przykładzie kościoła w Babimoście

W ramach przeprowadzonych badań zebrano łącznie ponad 1 TB (terabajt) danych w formie chmury punktów, które następnie poddano analizie komputerowej w programach Recap, Navisworks i AutoCad, a dla części obiektów stworzono również modele w technologii H – BIM w programie Revit (rys. 5).



Rys. 5 Schemat wymiany plików z wykorzystaniem chmury punktów ze skanowania laserowego

W przypadku braku skanowania laserowego analizie poddawane były pomiary geodezyjne, głównie tachimetryczne. Oprócz analizy deformacji prowadzono badania związane z identyfikacją układu zarysowania i spękań ścian, filarów czy sklepień. Do tego celu używano między innymi fotogrametrii wykonywanej wraz ze skanowaniem laserowym oraz metod tradycyjnych opartych o mierniki rozwarości rys. W wielu przypadkach konieczne było przeprowadzenie odkrywek technicznych na obiekcie czy przeprowadzenie badań georadarowych. Ponadto, badania własne polegały na przeprowadzeniu lub analizie dostępnych badań architektonicznych, geologicznych, konserwatorskich czy kwerend historycznych, a także na wykonaniu obliczeń statycznych konstrukcji (analitycznych i numerycznych).

W opublikowanych wynikach badań wyszczególniono dla osiągnięcia naukowe, które stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny.

4.3. Osiągnięcie naukowe nr 1

Tytuł osiągnięcia: **Identyfikacja znaczenia korelacji między złożonym układem zarysowania a globalną deformacją w ocenie stanu bezpieczeństwa konstrukcji historycznych.**

Osiągnięcie naukowe zostało zawarte w monografii [1], głównie w rozdziale **8. Korelacja między zarysowaniem, a deformacją** i rozdziale **9. Podsumowanie**, a także w rozdziałach nr **4., 5. i 7.**

Ponadto, osiągnięcie jest częścią cyklu artykułów, które wraz z monografią zestawiono poniżej:

- [1] **Krzysztof Raszczuk**: *Historyczne konstrukcje murowe. Ocena zagrożeń bezpieczeństwa*, Narodowy Instytut Dziedzictwa / Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Warszawa 2025 (wydanie elektroniczne), 2026 (wydanie drukowane), monografia – rozdział 4, 5, 7, 8 i 9
- [2] **Krzysztof Raszczuk**, Anna Karolak: *Correlation between deformation and cracking pattern of walls and vaults of the historical castle chapel in Otyń*, Wiadomości Konserwatorskie - Journal of Heritage Conservation, 2024, vol. 80, s. 107-120
- [3] **Krzysztof Raszczuk**, Anna Karolak: *Correlation between the cracking pattern of historical structure and soil properties: the case of the church in Koźuchów*, Heritage Science, 2021, nr 9, art. 43, s. 1-16
- [4] Jerzy Jasieńko, **Krzysztof Raszczuk**, Kajetan Kleszcz, Piotr Frąckiewicz: *Numerical analysis of historical masonry domes: a study of St. Peter's Basilica Dome*, Structures. 2021, vol. 31, s. 80-86
- [5] Dawid Wójcik, **Krzysztof Raszczuk**, Jerzy Jasieńko, Andrzej Kadłuczka: *Theoretical analysis of static behavior of masonry pillars with geometric imperfections*, Wiadomości Konserwatorskie - Journal of Heritage Conservation. 2021, vol. 68S, s. 72-82
- [6] Jerzy Jasieńko, Angelo di Tomasso, Łukasz Bednarz, Susanna Casacci, **Krzysztof Raszczuk**: *Comparative analysis of collapsing towers in Poland and Italy: different cause, similar*

- problems*, Wiadomości Konserwatorskie - Journal of Heritage Conservation, 2015, nr 43, s. 38 – 50
- [7] **Krzysztof Raszczuk**, Paulina Andruszko, Mateusz Stein: *Analiza konstrukcyjna kruchty kościoła pw. Matki Boskiej Częstochowskiej w Siecieorzycach*, Lubuskie Materiały Konserwatorskie, 2025, s. 10 - 17
- [8] **Krzysztof Raszczuk**, Jerzy Jasieńko, Piotr Frąckiewicz, Adam Marek: *The structural analysis and strengthening of the chapel of St. John Nepomucene in The Sarny Castle*, In: Saloustros, S., Beyer, K. (eds) *Structural Analysis of Historical Constructions*, SAHC 2025, RILEM Bookseries, vol 64. Springer, Cham, 2026, s. 2150 - 2161
- [9] **Krzysztof Raszczuk**: *Analiza konstrukcji kościoła pw. św. Wawrzyńca w Babimoście*, Lubuskie Materiały Konserwatorskie, 2024, T. 21, s. 41-47.
- [10] Jerzy Jasieńko, **Krzysztof Raszczuk**, Grzegorz Rybak: *Static behaviour of the Dome of Santa Maria del Fiore in Florence. Numerical analysis*, Domes and Copulas, Vol. 1, N. 2-2014 (67-81)
- [11] Jerzy Jasieńko, **Krzysztof Raszczuk**, Stanisław Wołyniec: *Numerical analysis of barrel vaults*, Proceedings of the 2nd International Conference on Protection of Historical Constructions, 7 – 9 May 2014, Antalya – Turkey, Bogazici University Publishing, Istanbul 2014, s. 275 – 280

Indywidualny wkład w przygotowywanie poszczególnych publikacji współautorskich wykazano w oświadczeniach dołączonych do wniosku (załączniki z indeksem „a” – typu Z5-2a, Z5-3a, itd.). W tabeli poniżej przedstawiono merytoryczny wkład wnioskodawcy w przygotowanie publikacji wraz z szacunkowym udziałem procentowym (u) wnioskodawcy w jej przygotowanie (tabela 3).

Tabela 3 Zakres merytoryczny wkładu wnioskodawcy związany z osiągnięciem naukowym nr 1 i szacunkowy, procentowy udział w opracowanie publikacji (u)

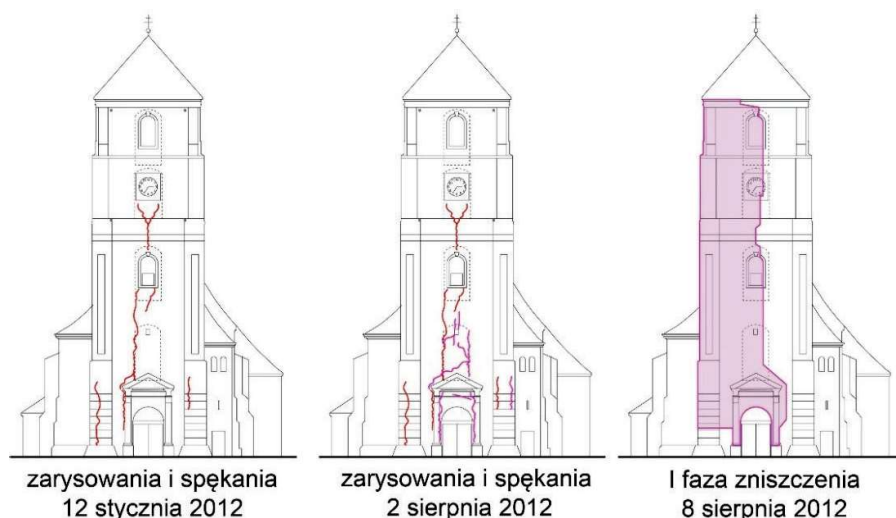
Nr	Zakres merytoryczny związany z osiągnięciem nr 1 opracowany przez wnioskodawcę	u
[1]	Wszystkie rozdziały monografii zawierają autorskie wyniki badań i analiz. Z osiągnięciem naukowym związane są bezpośrednio rozdziały nr 4, 5, 6 i 8, gdzie w każdym z nich przedstawiono nowe spojrzenie na analizę globalną konstrukcji historycznych zawierających zarysowania i deformacje w ujęciu posegregowanych 4 zagadnień tematycznych tworzących poszczególne rozdziały. W szczególności w rozdziale nr 8 przedstawiono jakie znaczenie ma korelacja złożonych układów zarysowań konstrukcji w powiązaniu z deformacją globalną i jakie ma to przełożenie na dobór metod wzmacniających. W rozdziale 9 przedstawiono podsumowanie wyników badań własnych oraz sformułowano szereg szczegółowych wniosków o charakterze naukowym. W monografii omówiono między innymi następujące zagadnienia składające się na osiągnięcie naukowe: - zarysowanie i deformacja ścian swobodnych bez usztywnień poprzecznych w stanie awaryjnym na bazie analizy porównawczej skanowania laserowego w dwóch okresach, - zmiana układu zarysowania sklepień, świadcząca o wychyleniu ściany szczytowej gotyckiego kościoła, - autorska metoda analizy globalnej deformacji i zarysowania sklepień na bazie mapy współrzędnych chmury punktów w odniesieniu do płaszczyzny referencyjnej, - symetria i asymetria globalnego schematu układu zarysowania, - opis deformacji zarysowania ścian będących skutkiem interakcji między konstrukcją dachu a murem.	100%
[2]	Po raz pierwszy została opublikowana autorska metoda analiza globalnej sklepień na bazie mapy współrzędnych chmury punktów w odniesieniu do płaszczyzny referencyjnej z naniesionym układem zarysowania. Omówiono kwestię kolejności pojawiania się zarysowań na sklepieniu oraz wskazano w jaki sposób rozpoznawać przekształcenia	85%

	sklepień (np. strefy odbudowy) na bazie monochromatycznych skanów laserowych, a także wskazano punkty występowania przegubów plastycznych w wyseparowanym łuku sklepienia, które należy w odrębnej procedurze poddać analizie, np. przy użyciu teorii Heymana.	
[3]	Wykazano, iż zmiana układu zarysowania sklepień w poszczególnych przęsłach nawy głównej kościoła może wskazywać na wychylenie ściany szczytowej powiązanej z warunkami gruntowo – wodnymi w poziomie posadowienia oraz brakiem przypór zewnętrznych wynikającym z warunkami urbanistycznymi (drogą). Wykazano, iż koncentracja uszkodzeń w części południowo – wschodniej kościoła jest ściśle związana z główną deformacją kościoła na kierunku zachód – wschód.	80%
[4]	Analizy danych archiwalnych na temat układu zarysowań kopuły bazyliki św. Piotra w Rzymie wraz z przygotowaniem danych i warunków brzegowych do przeprowadzenia analiz numerycznych w środowisku Abaqus z modelem materiału CDP (Concrete Damaged Plasticity). Jako parametr zmienny wykorzystywano osiadanie podpór zmieniając charakterystykę podłoża przez co symulowano pojawianie się zarysowań przy zmianie warunków brzegowych. Zidentyfikowanie obszarów w konstrukcji, gdzie na skutek nierównomiernego osiadania pojawiają się zarysowania w strefie łuków między pendentywami wraz z sekwencją kolejnych zarysowań. Wykazanie zbieżności oceny stanu bezpieczeństwa konstrukcji przeprowadzonej w XVIII wieku (Giovanni Poleni) wraz z analizą rzeczywistego stanu zarysowania opublikowanej przez Fanelliego.	20%
[5]	Zebranie danych z obiektów rzeczywistych na temat imperfekcji i deformacji konstrukcji, po to aby przyjąć plan analiz numerycznych z uwzględnieniem metody rys rozmytych (smeared cracks) w środowisku Abaqus dla zmiennych wartości przemieszczenia Δ (od 0 cm do 20 cm) oraz kąta skręcenia Θ (od 0° do 20°) wraz z opracowaniem założeń do analiz (dobór przekrojów i geometrii) i sformułowaniu wniosków. W pracy wykazano, że imperfekcja skrętna filarów o przekroju heksagonalnym i krzyżowym nie zmienia znacząco nośności (spadek o około 5%) w przeciwieństwie do deformacji poziomej (wychylenia), gdzie spadek nośności może wynosić nawet 70%.	35%
[6]	Przeprowadzenie analizy układu zarysowania i sztywności wieży w Otyniu w kontekście ustalenia przyczyn katastrofy wraz z opracowaniem schematu zniszczenia konstrukcji powiązanego z układem zarysowania i jego zmiennością w czasie. Sformułowanie wniosków co do konieczności wzmocnień wież przykościelnych w przypadku ciągłych układów zarysowań występujących na trzech ścianach wież.	20%
[7]	Metoda selekcji przekrojów krytycznych w sklepieniu krzyżowym na bazie analizy mapy współrzędnych chmury punktów w odniesieniu do płaszczyzny referencyjnej z naniesieniem uszkodzeń poprzecznych żeber sklepienia gotyckiego. Wykazano, iż mapy współrzędnych chmury punktów utworzone względem płaszczyzny referencyjnej skorelowane z układem zarysowania sklepień i ścian dają podstawy do określenia głównego kierunku deformacji konstrukcji, a także odkształceń żeber sklepiennych w kontekście powstawania przegubów plastycznych. Naniesienie schematu zidentyfikowanych przegubów plastycznych na model łuku z linią ciśnień umożliwia wskazanie stref sklepienia koniecznych do wzmocnienia.	90%
[8]	Przedstawiono sposób ustalenia przyczyn spękań kopuły widocznych zarówno od strony podniebiennej jak i grzbietowej na podstawie przeprowadzonej symulacji numerycznej w odniesieniu do zmian warunków brzegowych w poziomie posadowienia zgodnych z wynikami badań geotechnicznych, co przeprowadzono w sposób parametryczny zmieniając zakres podparcia konstrukcji kaplicy dworskiej.	70%
[9]	Zaproponowano analizę globalną konstrukcji poprzez zamianę złożonego układu zarysowań w globalny schemat wykazując tym samym, że symetria układu zarysowania jest zbieżna z brakiem znaczącej deformacji kościoła w kierunku zewnętrznym. Związane to jest również z bazylikowym układem konstrukcyjnym przekroju poprzecznego obiektu, który oddziałuje korzystnie na stabilność konstrukcji. Wykazano, że jeśli globalny układ spękań w obiekcie jest symetryczny to jego deformacje są zwykle nieznaczne, wynikają wprost ze statyki obiektu i również mają charakter symetryczny, a działania naprawcze i	100%

	wzmacniające powinny mieć charakter lokalny (np. iniekcje, przeszycia czy lokalne wzmocnienia pasmowe).	
[10]	Analiza rzeczywistego zarysowania kopuły Santa Maria del Fiore we Florencji wraz z przygotowaniem założeń i warunków brzegowych do symulacji numerycznych. Porównanie wyników symulacji numerycznych ze stanem rzeczywistym na obiekcie wykazanym przez Corraziego, a także opracowanie wniosków końcowych, z uwzględnieniem wzmocnienia kopuły przy użyciu systemu wzmocnień obwodowych.	30%
[11]	Opracowanie założeń do analiz numerycznych, w kontekście rzeczywistych wartości wysokości zasypki sklepiennej. Sformułowanie wniosków, iż wysokość zasypki sklepienia korzystnie wpływa na stan naprężeń w konstrukcji kolebkowej, jeśli jej wysokość wynosi 1/3 wyniesienia sklepienia. Przeprowadzono również analizę deformacji sklepienia przy użyciu wyseparowanego łuku z naniesieniem miejsc powstania przegubów plastycznych, zgodnie z drugą postacią wyboczeniową.	30%

Opis szczegółowy

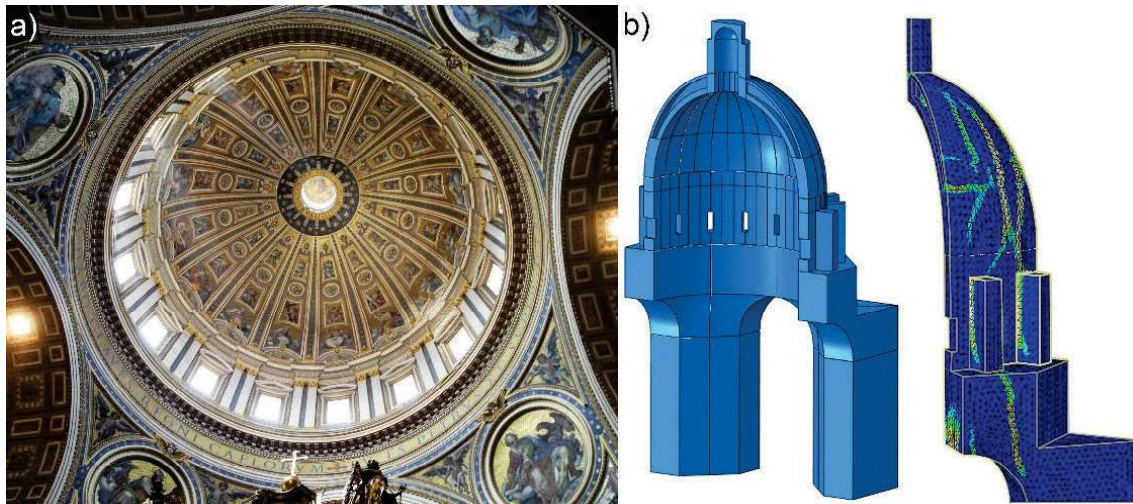
Jedną z motywacji do prowadzenia pogłębionych analiz i badań nad obiektami zabytkowymi w stanie zagrożenia bezpieczeństwa była katastrofa wieży kościoła w Otyniu w 2012 roku, w województwie lubuskim. Dyskusja na temat przyczyn katastrofy była przedmiotem publikacji z 2015 roku [6], w której przeprowadzono również analizę porównawczą z uwzględnieniem deformacji wolnostojącej dzwonnicy w Reno Centese we Włoszech, której znaczne uszkodzenia miały miejsce w 2012 roku na skutek trzęsienia ziemi o sile 5.9 w skali Richtera, a którego efektem było znaczne spękanie ukośne części zachodniej skorelowane ze znacznym przemieszczeniem na poziomie 6 i 20 cm. Publikacja była przygotowana we współpracy z Uniwersytetem w Bolonii we Włoszech (współautorzy: prof. Angelo Di Tommaso i Susanna Casacci). Indywidualny wkład w tą publikację stanowiło przeprowadzenie analizy układu zarysowania i sztywności wieży w Otyniu w kontekście ustalenia przyczyn katastrofy. Kontynuacją dyskusji na temat przedmiotowego obiektu była również monografia [1], w której przedstawiono analizę numeryczną oraz układ zarysowania wieży poprzedzający katastrofę, w różnych okresach, co umożliwiło odtworzenie mechanizmu zniszczenia poprzedzającego katastrofę (rys. 6).



Rys. 6 Elewacja zachodnia wieży kościoła w Otyniu wraz z morfologią zarysowania w czasie i oznaczonym obszarem zniszczenia dla pierwszej fazy [1]

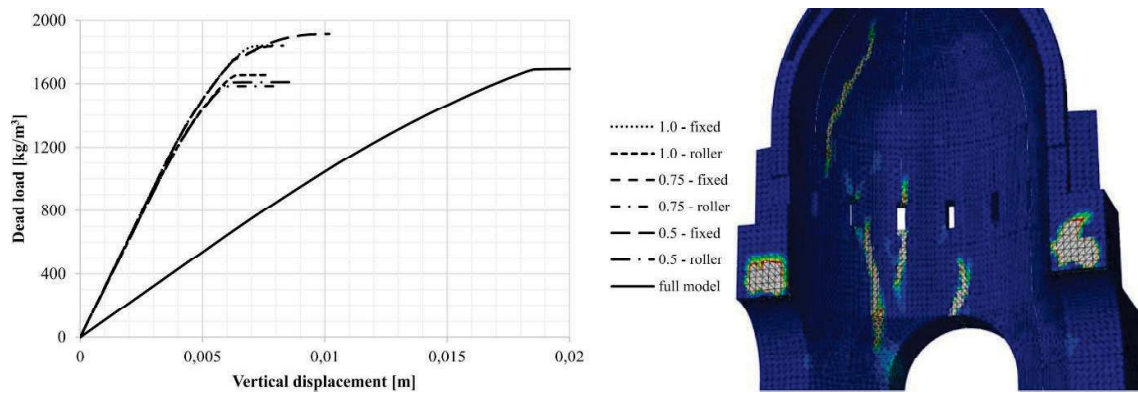
W przypadku wieży kościoła w Otyniu, gdyby zagrożenie zostałoby zidentyfikowane w odpowiednim czasie, można byłoby przeprowadzić prace zabezpieczające, stabilizujące i wzmacniające, które ograniczyłyby lub wyeliminowałyby ryzyko katastrofy. Przede wszystkim, zabrakło regularnego dokumentowania morfologii zarysowania, co pozwalałoby odpowiedzieć na pytanie, czy zniszczenie postępuje. Na pewno wielu danych dostarczyłyby szczegółowe pomiary odkształceń i deformacji konstrukcji (np. w formie skanowania laserowego). Niestety nie przeprowadzono dla tego obiektu takich pomiarów.

Układy zarysowań w obiektach historycznych są bardzo często złożone, natomiast literatura podaje zwykle proste schematy określające związek pomiędzy kierunkiem rys a przyczyną uszkodzeń. Zagadnienie to podsumowano w monografii [1] w rozdziale 3.1. *Zarysowania i deformacje konstrukcji*, gdzie zestawiono szereg prostych schematów wiążących układ zarysowania z przyczynami. Analizy numeryczne dają większe możliwości prowadzenia bardziej pogłębionych analiz co przedstawiono w pracy [4], gdzie przedmiotem badań była kopuła bazyliki św. Piotra w Rzymie. Model numeryczny kopuły wykonano w środowisku Abaqus przy użyciu czworościennych elementów skończonych drugiego rzędu - C3D10 oraz modelu materiału CDP (Concrete Damaged Plasticity). Wkład własny w publikację obejmował analizy danych archiwalnych na temat układu zarysowań kopuły wraz z przygotowaniem danych do przeprowadzenia analiz numerycznych oraz sformułowania wniosków, w tym kontekście porównania wyników analiz z danymi archiwalnymi. Jako parametr zmienny wykorzystywano osiadanie podpór zmieniając charakterystykę podłoża przez co symulowano pojawianie się zarysowań przy zmianie warunków brzegowych (rys. 7).



Rys. 7 Kopuła bazyliki św. Piotra w Rzymie: a) widok od strony wnętrza, b) model numeryczny [4]

Zidentyfikowano obszary w konstrukcji, gdzie na skutek nierównomiernego osiadania pojawiają się zarysowania w strefie nad głównymi łukami między pendentywami oraz zidentyfikowano sekwencję kolejnych zarysowań, w tym w pierścieniu między filarami, które nie uległy osiadaniu. Jako parametr zmienny brano pod uwagę rozmiar elementu skończonego (odpowiednio 0.5, 0.75 i 1 m), charakterystykę podpory (sztywno utwierdzona i przesuwna), a także pełny model konstrukcji (rys. 8).

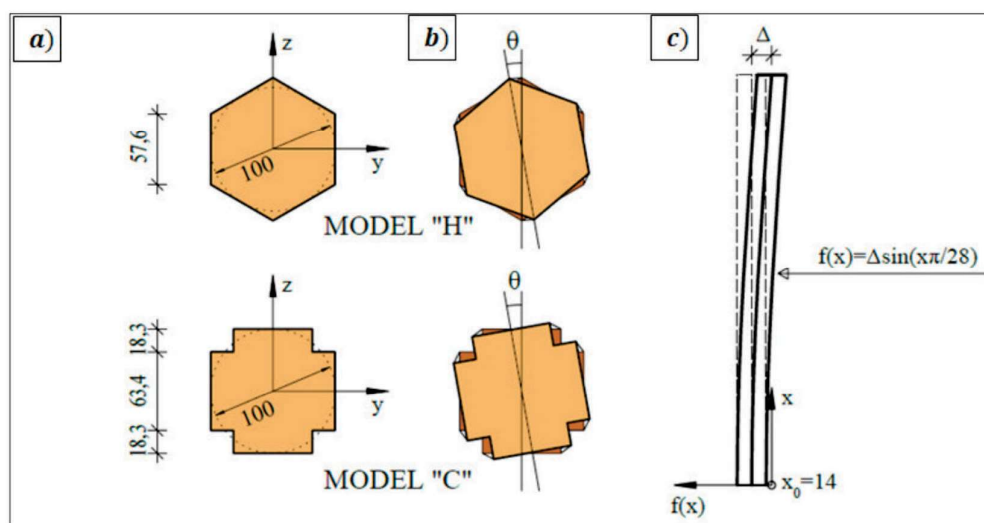


Rys. 8 Analiza bazyliki św. Piotra w Rzymie: przesunięcie pionowe pod latarnią przy zmianie obciążenia ciężarem własnym (po lewej) oraz odkształcenia plastyczne dla modelu z osiadaniem podpór (po prawej) [4]

Wykazano również, że ocena stanu bezpieczeństwa konstrukcji w XVIII wieku (Giovanni Poleni) była zbieżna z przewidywanym mechanizmem zniszczenia wykazany w analizach współczesnych, dlatego zasadnym było wprowadzenie, w tamtym okresie, łańcuchów żelaznych. Bardzo podobną analizę przeprowadzono również dla kopuły Brunelleschiego w katedrze Santa Maria del Fiore we Florencji [10]. Efektem tej pracy było porównanie układu zarysowania

uzyskanego przy użyciu metody numerycznej z rzeczywistym stanem zarysowania konstrukcji opublikowanym przez Fanelliego³, w tym po wzmocnieniu obwodowym.

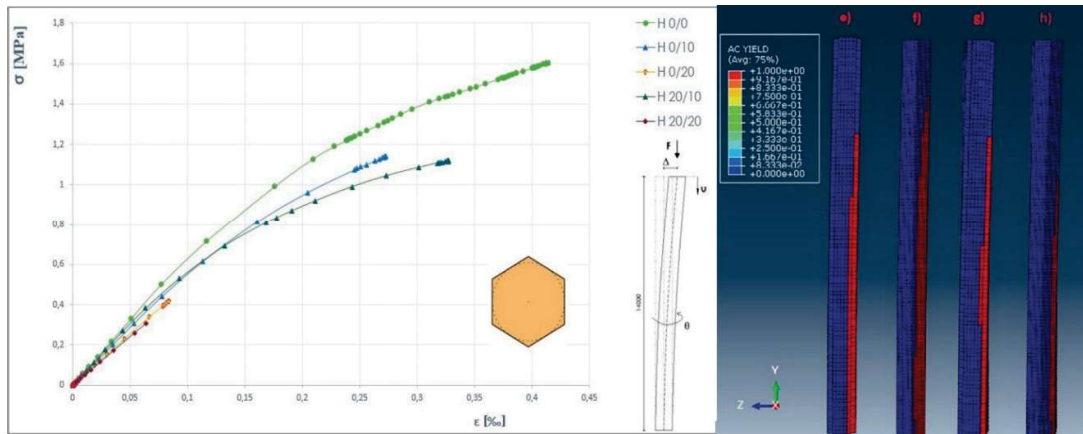
W ramach kolejnej publikacji [5] uwagę skoncentrowano na ocenie wpływu naturalnych imperfekcji i powstałych deformacji występujących w filarach murowanych o wysokości 14 m na ich nośność. Metodyka badawcza polegała na symulacjach numerycznych, w których uszkodzenia analizowano metodą rys rozmytych (*smeared cracks*) w środowisku ABAQUS wykorzystując kryterium Rankine’a dla redukcji sztywności. Rozważano dwa przekroje poprzeczne o powierzchni około 0.9 m²: heksagonalny i krzyżowy, modelowane przy użyciu elementów C3D8R (rys. 9).



Rys. 9 Modele przyjęte do analizy: a – przekrój, b – definicja odkształcenia od skręcania Θ , c – definicja odkształcenia od zginania Δ [7]

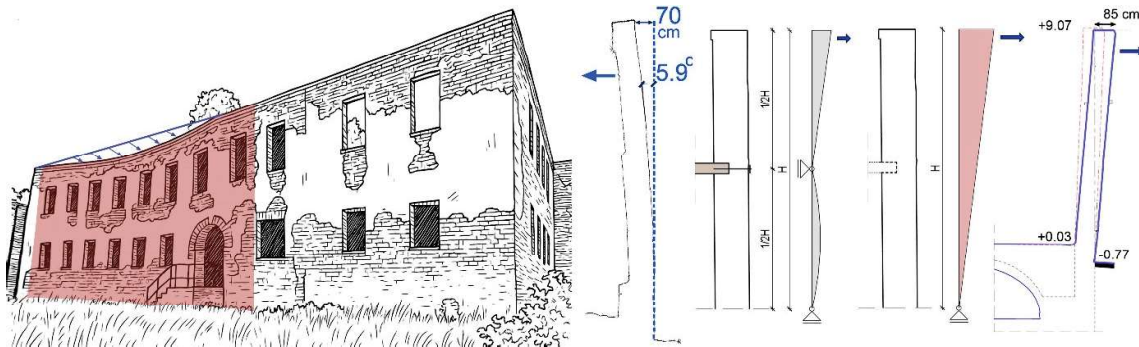
W badaniach pod uwagę brano deformacje poziome Δ oraz skrętne Θ . Indywidualnym wkładem w tą pracę stanowiło zebranie danych z obiektów rzeczywistych na temat imperfekcji i deformacji, po to aby przyjąć plan analiz dla zmiennych wartości Δ (od 0 cm do 20 cm) oraz Θ (od 0° do 20°) wraz z opracowaniem założeń do analiz (dobór przekrojów i geometrii) i sformułowaniu wniosków. W pracy wykazano, że imperfekcja skrętna filarów o przekroju heksagonalnym i krzyżowym nie zmienia znacząco nośności (spadek o około 5%) w przeciwieństwie do deformacji poziomej (wychylenia), gdzie spadek nośności może wynosić nawet 70% (rys. 10).

³ Fanelli G., Fanelli M., Brunelleschi's Cupola: Past and present of an architectural Masterpiece, Madragora, Florencja 2004



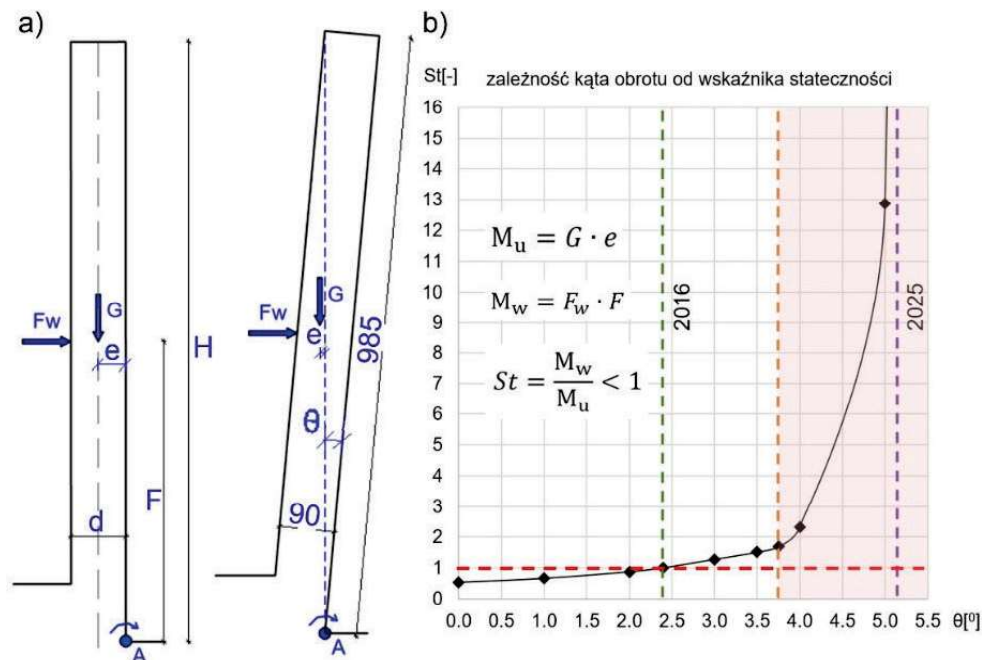
Rys. 10 Ścieżki równowagi statycznej dla filarów o przekroju heksagonalnym (po lewej) oraz pierwsza redukcja sztywności dla modelu z imperfekcjami giębnymi i skrętnymi [5]

Jeśli deformacja konstrukcji jest znaczna i wynika wprost z rozwiązania statycznego konstrukcji, to jej identyfikacja w odróżnieniu od naturalnych imperfekcji jest intuicyjna. Mur jest materiałem kruchym, więc co do zasady nie zakłada się możliwości występowania jego znacznych deformacji, z uwagi na niską (bliską zerowej) wytrzymałość na rozciąganie. Dopiero kiedy pojawiają się dodatkowe czynniki i impulsy, może dojść do przekroczenia granicznego poziomu naprężeń i utraty ciągłości muru przejawiającego się zarysowaniem. Wtedy konstrukcja się odkształca a deformacje są widoczne i mierzalne. Występują również sytuacje, w których mur jest na tyle sztywny, że pomimo znacznego wychylenia nie ulega istotnemu zarysowaniu (np. wieża w Pizie). W związku z powyższym zbadanie korelacji między deformacją a zarysowaniem powinno ustalić, co powstało najpierw: deformacja czy zarysowanie i na ile powstałe zmiany konstrukcyjne są niebezpieczne dla obiektu zabytkowego. To zagadnienie opisano szerzej w monografii w rozdziale 4. *Deformacje poziome konstrukcji* na przykładzie zamku w Krośnie Odrzańskim, w których możliwe było przeanalizowanie wyników skanowania laserowego z 2016 roku (przed katastrofą jednej ściany) i 2024 przy znacznym wychyleniu kolejnej ściany (rys. 11).



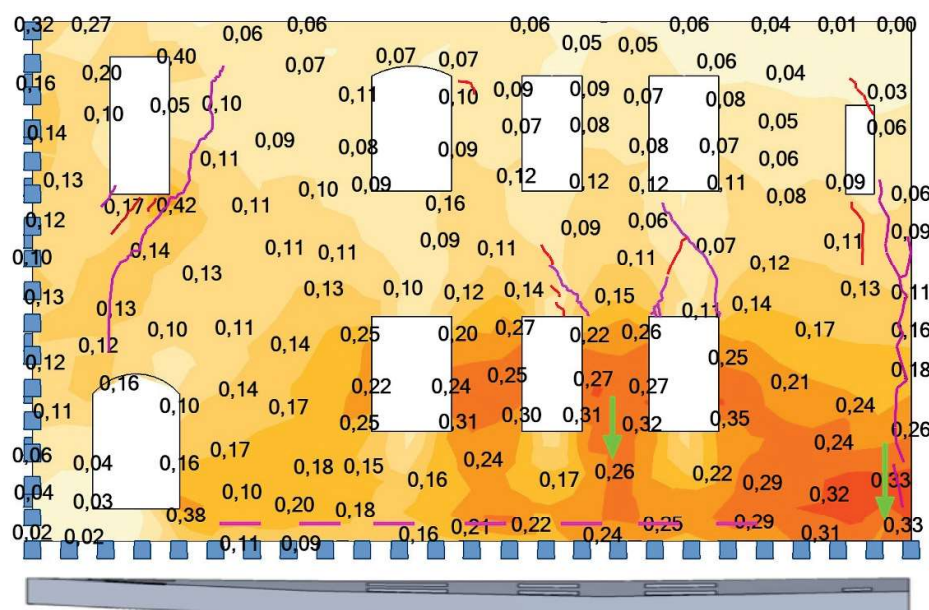
Rys. 11 Po lewej stan z 2015 przed katastrofą ściany wschodniej skrzydła wschodniego zamku w Krośnie Odrzańskim (kolorem czerwonym oznaczono zakres katastrofy) wraz z przekrojem poprzecznym wskazującym na wychylenie przed katastrofą. Po prawej schematy podparcia poprzecznego ściany wschodniej skrzydła zachodniego: stan pierwotny ze stropem pośrednim, stan bez stropu pośredniego, stan deformacji na podstawie skanu laserowego w 2024 roku [1]

W monografii [1] wskazano, iż w sytuacji braku usztywnień poprzecznych oraz znacznego wychylenia warto przeprowadzić analizę stateczności, porównując moment utrzymujący do momentu wywracającego ścianę przy założonym punkcie obrotu konstrukcji. W ramach powyższej analizy wykazano, iż wskaźnik stateczności znacznie przyrasta wraz z przekroczeniem kąta wychylenia $\theta > 3.75^\circ$. Jest to stan pośredni między rokiem 2016 i 2025, kiedy to przeprowadzono skanowanie laserowe i uzyskano rzeczywistą wartość kąta obrotu ($\theta = 2.4^\circ$ w 2016 i $\theta = 5.2^\circ$ w 2025). Wychylenie na poziomie 4° jest graniczne – w tej sytuacji stan bezpieczeństwa konstrukcji można określić jako awaryjny i grożący nagłą katastrofą budowlaną (rys. 12).



Rys. 12 Analiza stateczności ściany wschodniej skrzydła zachodniego: a) schemat ściany z układem sił (bez deformacji i z deformacją), b) zależność kąta obrotu od wskaźnika stateczności [1]

Ponadto, przeprowadzono analizę naprężeń w konstrukcji w obecnym stanie i wykazano, że stan zarysowania jest związany z występowaniem dodatkowych naprężeń rozciągających wywołanych mimośrodowo działaniem sił obecnych na skutek wychylenia się ściany, co jest również połączone z występowaniem poziomego spękania horyzontalnego w dolnej części (rys. 13).

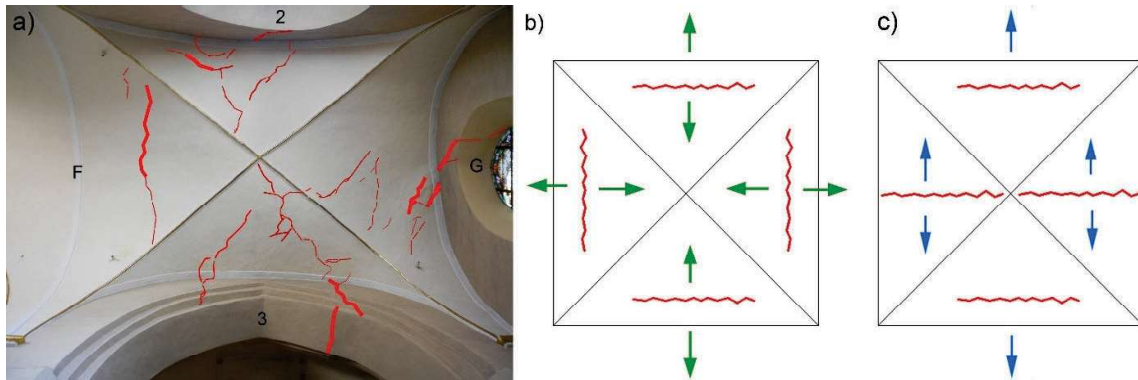


Rys. 13 Rozkład naprężeń zredukowanych Misesa z nałożonym układem zarysowania. Zielona strzałką oznaczono koncentrację sił ściskających. Poniżej mapy naprężeń znajduje się widok od góry zdeformowanej geometrii modelu [1]

W monografii [1] sformułowano następujący wniosek:

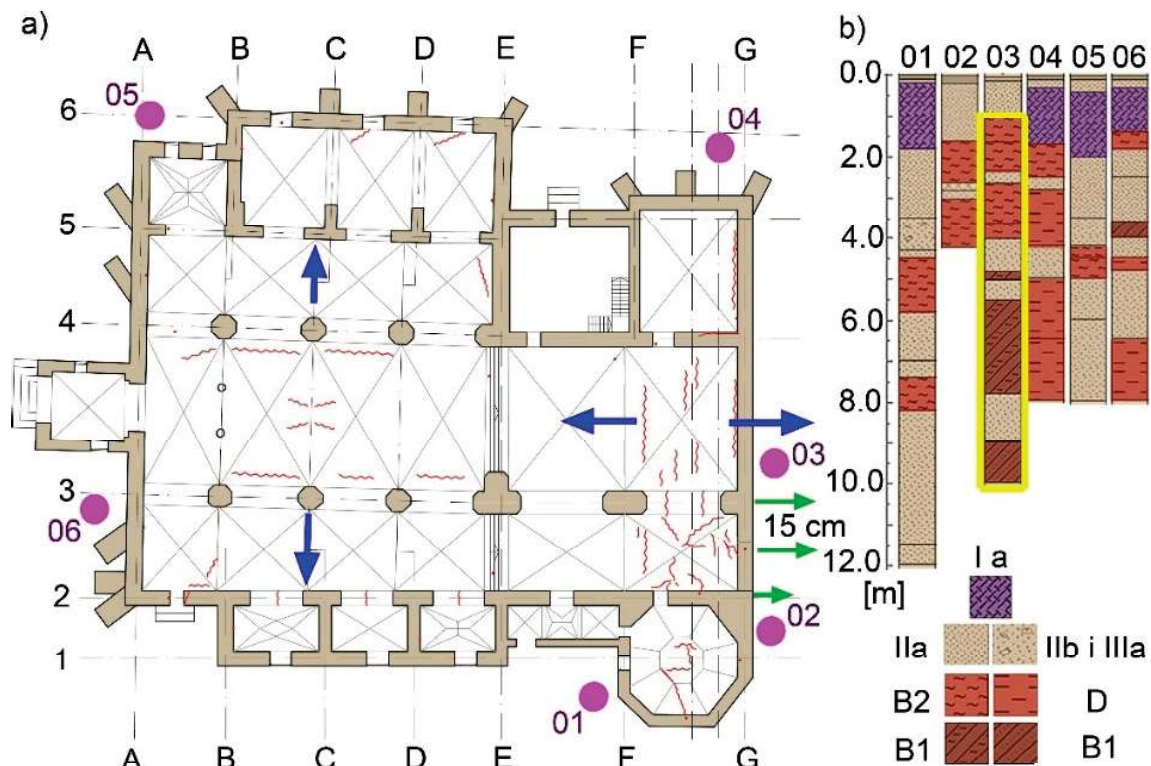
W przypadku smukłych ścian obiektów pozbawionych **usztynień poprzecznych w formie ścian stężających i stropów**, znaczne wychylenie ścian skorelowane jest ze spękaniami poziomymi w dolnej partii spowodowanym zginaniem z płaszczyzny, a układ zarysowania w płaszczyźnie ściany wynika głównie z osłabienia struktury muru.

Mając na uwadze istotne znaczenie zarówno zarysowania, deformacji jak i warunków gruntowo – wodnych, w kolejnej publikacji [3] oraz w monografii [1] podjęto temat korelacji pomiędzy opisanymi zagadnieniami na przykładzie kościoła w Koźuchowie. Indywidualny wkład w przygotowanie pracy [3] był znaczny, gdyż dotyczył przeprowadzenia pełnych badań i analiz oraz sformułowania wniosków końcowych. Wykazano, że w przypadku kościoła wielonawowego, zmiana kierunku zarysowań może wskazywać na kierunek deformacji ścian zewnętrznych. Równoległe układy spękań sklepień krzyżowych mogą świadczyć o przemieszczeniach poziomych konstrukcji na kierunku prostopadłym, co daje wskazanie do konieczności przeprowadzenia pogłębionej analizy deformacji w tym kierunku (rys. 14).



Rys. 14 Kościół w Koźuchowie: a) zarysowania i spękania sklepienia w polu F-G-2-3 przechodzące w spękania łuków i ścian, b) typowy schemat zarysowań sklepień krzyżowych wynikający z przeciążeń, c) schemat zarysowania ścian wynikający z deformacji konstrukcji przy ścianie szczytowej [1]

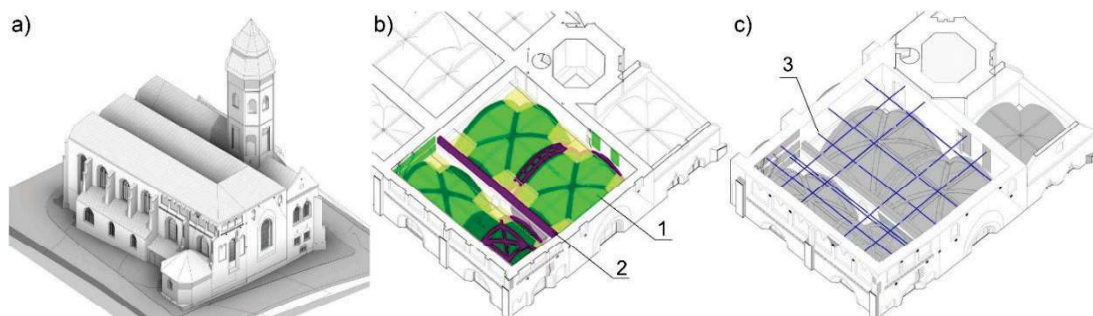
W pracy wykazano, że zmienność układu zarysowania nawy głównej jest efektem wychylenia ściany w osi G, co dodatkowo osłabiło strefę sklepienia w polu 2-3-F-G. Przyczyna takiego stanu rzeczy tkwiła w zróżnicowanych warunkach gruntowo – wodnych przy ścianie wschodniej (odwiert 03), a wspomniana ściana dodatkowo nie posiadała przypór z uwagi na układ urbanistyczny miasta, co zmniejsza jej sztywność w porównaniu do pozostałych ścian (rys. 15).



Rys. 15 Kościół w Koźuchowie: a) rzut z oznaczeniem zarysowań i spękań (kolor czerwony), wychyleń ściany wschodniej w osi G (kolor zielony) i głównych sił oddziaływujących na obiekt (kolor niebieski), b) odwierty geotechniczne (kolor fioletowy na rysunku a) [1]

Praca [3] dotyczyła również modelowania konstrukcji zabytkowych w technologii H-BIM (Heritage Building Information Modelling), w aspekcie zarówno analiz teoretycznych i naukowych jak i

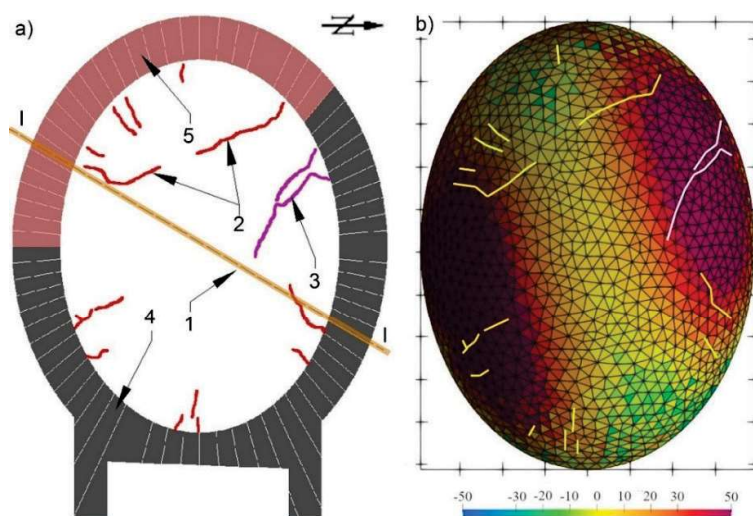
praktycznego wykorzystania modelu przy projektowaniu wzmocnień⁴. Zaprojektowane przez autora wzmocnienia kościoła zostały wykonane w obiekcie w ostatnich latach (rys. 16).



Rys. 16 Projekt wzmocnienia konstrukcji kościoła w Koźuchowie: a) model H-BIM b) wzmocnienie sklepień poprzez wprowadzenie siatek w systemie FRMC (nr 1) i nadciągu żelbetowego (nr 2), c) wzmocnienie górnej partii murów układem ściągów stalowych (nr 3) [1]

Rozdział 7. Korelacja między zarysowaniem i warunkami gruntowo – wodnymi w monografii [1]

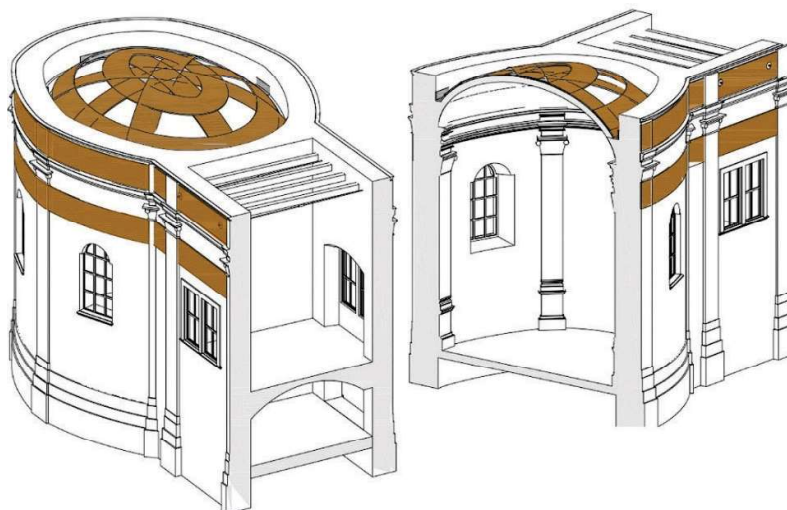
stanowił podsumowanie badań własnych z uwzględnieniem wniosków z analizy kaplicy w dworze Sarnym w Ścinawce Górnej. Wyniki pracy nad tym obiektem zaprezentowano również na międzynarodowej konferencji naukowej SAHC 2025 w Szwajcarii w ramach pracy [8]. Przedstawiono w niej metodykę postępowania, w którym hipotezę dotyczącą nierównomiernego osiadania fundamentu zweryfikowano poprzez analizę numeryczną, w której poddano parametryzacji usuwanie podpór w różnych zakresach stref fundamentowych (rys. 17).



Rys. 17 Kopuła kaplicy dworskiej w dworze Sarnym: a) rzut ścian z oznaczeniem przekroju geotechnicznego I-I (nr 1), zarysowań podniebienia (nr 2), spękań przez całą grubość (nr 3), zakresu pełnego podparcia fundamentu (nr 4), zakresu osiadania (nr 5), b) naprężenia główne w modelu numerycznym z wymuszonym osiadaniem podpór [1]

⁴ „Projekt budowlany remontu i wzmocnienia konstrukcji wschodniej części kościoła pw. Matki Bożej Gromnicznej w Koźuchowie”, projektant: Krzysztof Raszczuk, sprawdzający: Adam Marek, 11.2025

Przy odpowiednim zakresie częściowego osiadania fundamentu charakter spękania pokrywa się z układem naprężeń głównych rozciągających w powłoce kopuły przy obciążeniu ciężarem własnym. Podobnie jak w przypadku kościoła w Koźuchowie, wnioski z analiz kaplicy w dworze Sarnym zaowocowały opracowaniem projektu⁵ w technologii H-BIM wzmocnienia konstrukcji kopuły, a realizacja tego zadania miała miejsce w ostatnich latach (rys. 18).

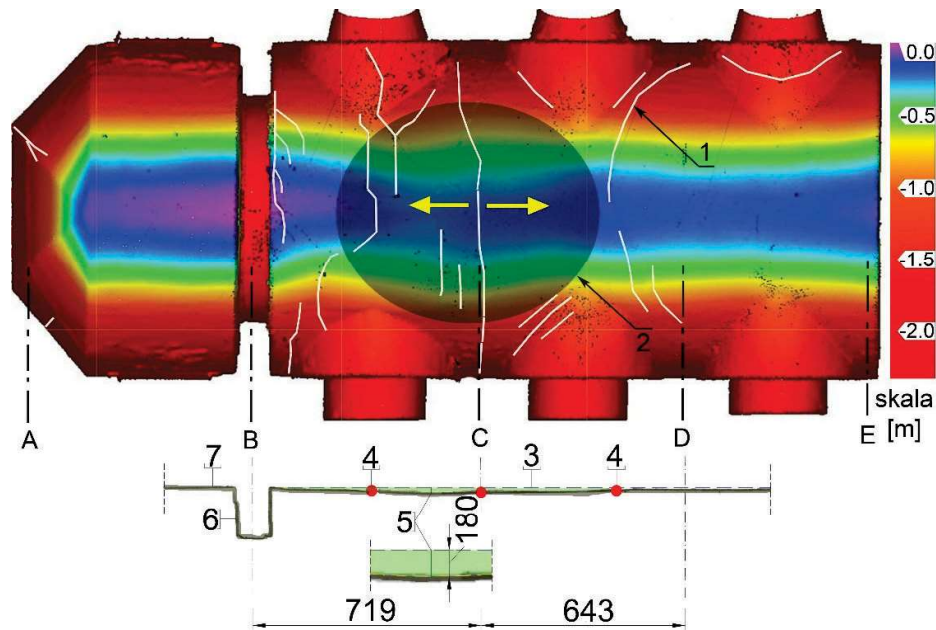


Rys. 18 Projekt wzmocnienia kopuły w dworze Sarnym wykonany w modelu H-BIM [1]

Przypadki kościoła w Koźuchowie i kaplicy w dworze Sarnym zainspirowały do dalszych pogłębionych badań i analiz związanych z ujęciem korelacji pomiędzy deformacją a zarysowaniem konstrukcji w oparciu o wyniki skanowania laserowego. Wyniki analiz opublikowano zarówno w monografii [1] jak i w pracach: [2], [7] i [9], a dotyczyły odpowiednio kaplicy zamkowej w Otyniu, kościoła w Siecieborzycach i kościoła w Babimoście. Indywidualny wkład w przygotowanie powyższych publikacji był znaczny gdyż obejmował przygotowanie pełnej metody badawczej, opracowania wyników oraz sformułowania wniosków.

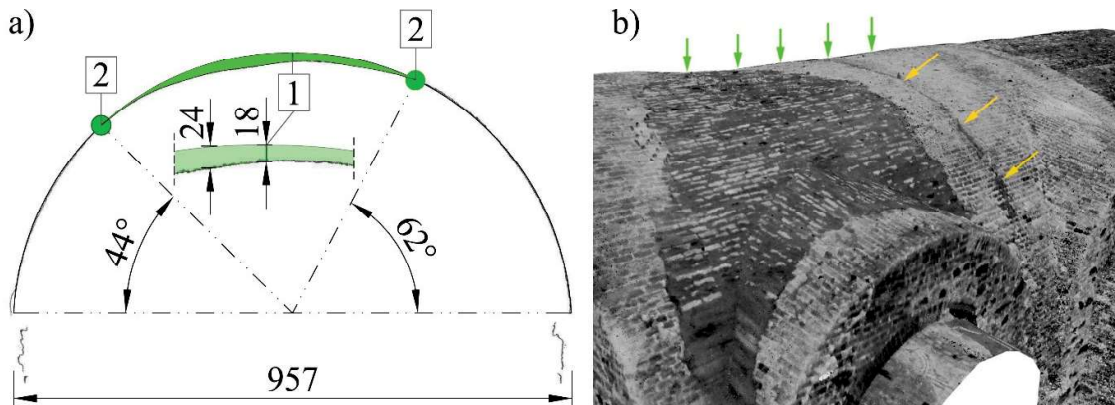
W ramach oceny stanu bezpieczeństwa konstrukcji kaplicy zamkowej w Otyniu [2] przeprowadzono analizę globalną deformacji w oparciu nowe podejście, które dotychczas nie było opublikowane, a dotyczyło analizy odległości poszczególnych punktów sklepień od płaszczyzny referencyjnej znajdującej się nad sklepieniem. Na otrzymaną mapę współrzędnych naniesiono układ zarysowań sklepień (rys. 19).

⁵ „Projekt przebudowy oraz zmiany sposobu użytkowania budynku kaplicy na budynek usług kultury i turystyki w zespole dworskim Sarny”, projektant: Krzysztof Raszczuk, sprawdzający: Adam Marek, 15.05.2016



Rys. 19 Mapa współrzędnych pionowych w stosunku do powierzchni referencyjnej sklepień, skorelowana z zarysowaniami: 1 – zarysowania, 2 – ugięcie w części centralnej, 3 – referencyjna linia pozioma, 4 – zarysowania w obszarze sklepień, 5 – maksymalne ugięcie sklepienia, 6 – przekrój poprzeczny łuku tęczowego, 7 – linia podniebienia sklepienia w prezbiterium [1]

Analiza mapy deformacji umożliwia wskazanie newralgicznych osi konstrukcyjnych obiektu: B, C i D i jednocześnie wskazuje, iż w osi C mamy do czynienia z formą asymetryczną deformacji, dzięki czemu można zidentyfikować przekroje krytyczne konstrukcji gdzie powstają przeguby plastyczne, które można następnie poddać analizie wg teorii Heymana⁶ (rys. 20).

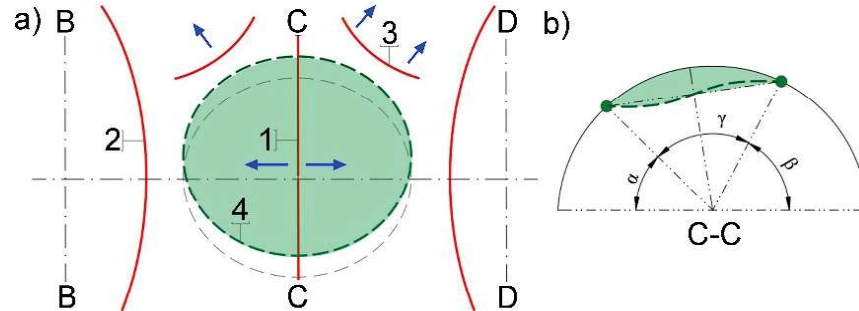


Rys. 20 Kaplica zamkowa w Otyniu: a) analiza geometrii sklepienia w osi C, 1 – ugięcie w osi podłużnej, 2 – punkty występowania przegubów plastycznych; b) widok chmury punktów z oznaczeniami: ugięcia strefy między osiami B i D (strzałki zielone), zarysowania wzdłuż osi C (strzałki żółte) [2]

Korelacja między układem zarysowania i deformacją daje podstawę do oceny, które spękania mają kluczowe znaczenie w ocenie bezpieczeństwa konstrukcji. W przypadku omawianego obiektu istotne zarysowanie sklepienia występuje wzdłuż osi C i dało ono początek kolejnym

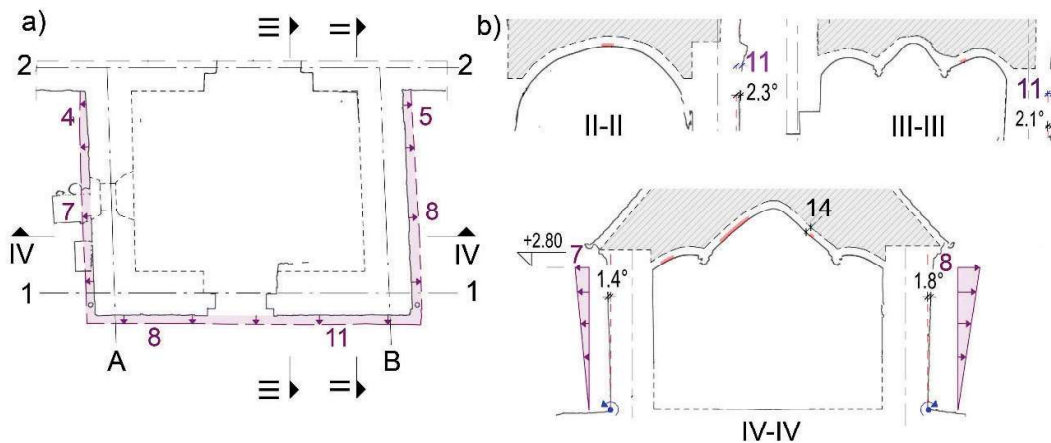
⁶ J. Heyman, *The Stone Skeleton*, Cambridge University Press, 1995

zarysowaniom bliżej osi B i D. Z uwagi na asymetryczne ugięcie względem osi podłużnej dodatkowe rysy występują w obszarze lunet sklepienia kolebkowego. Poniższy rysunek przedstawia wyidealizowany schemat korelacji między układem zarysowania i deformacją, który może być przydatny w analizie innych obiektów o podobnej konstrukcji (rys. 21).



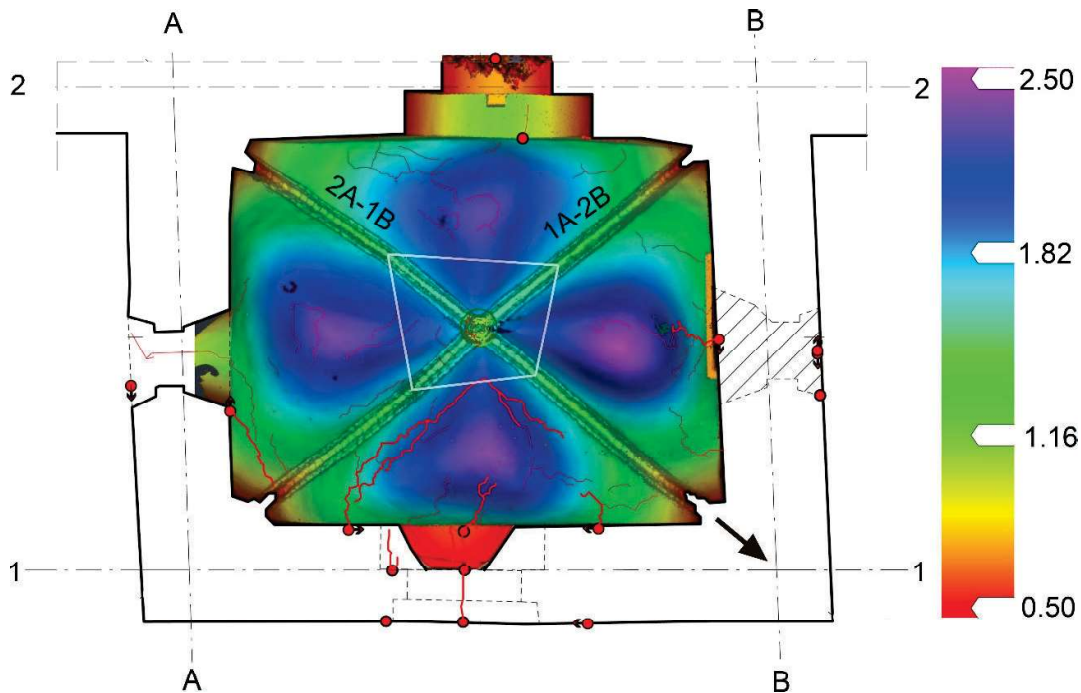
Rys. 21 a) Schemat korelacji między zarysowaniem i deformacją w środkowej części głównej nawy kaplicy, 1 – główne pęknięcie wzdłuż osi C, 2 – pęknięcia łukowe w obszarze osi B i D, 3 – pęknięcia w obszarze lunet sklepienia kolebkowego spowodowane asymetryczną deformacją sklepienia; b) schemat powstania przegubów w powłoce sklepienia w osi C [1]

Analogiczną analizę przeprowadzono w przypadku sklepienia krzyżowo – żebrowego w kruchcie kościoła w Siecieborzycach [7]. Na podstawie przeprowadzonego skanowania laserowego odtworzono geometrię konstrukcji ścian i sklepień oraz zidentyfikowano deformacje (rys. 22).



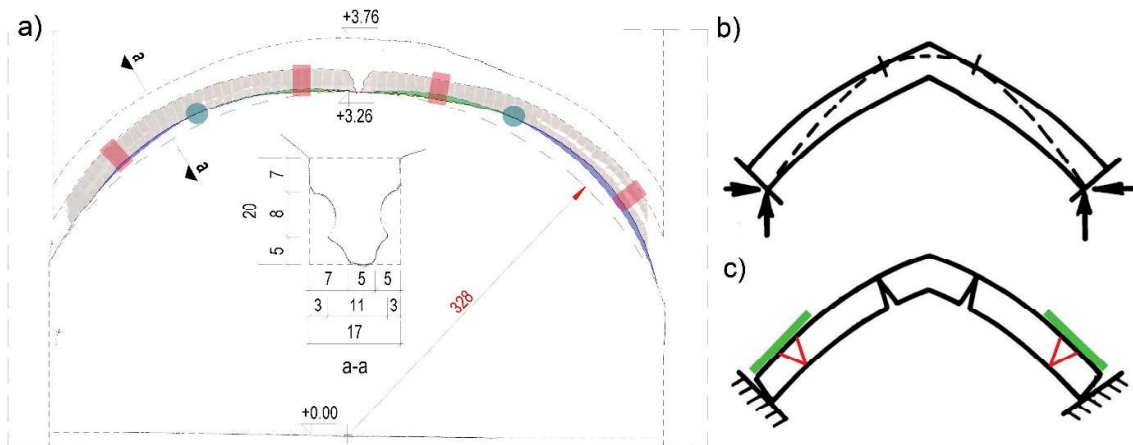
Rys. 22 Deformacje ścian i sklepień: a) rzut przyziemia z oznaczeniem wychyleń ścian, b) charakterystyczne przekroje przez ściany i sklepienie [7]

Następnie wykonano mapę współrzędnych względem powierzchni referencyjnej nad sklepieniem dzięki czemu wyznaczono przekroje krytyczne, w których istnieje prawdopodobieństwo występowania przegubów plastycznych, które należy poddać dalszym analizom (rys. 23).



Rys. 23 Mapa współrzędnych punktów podniebienia sklepienia odniesionych względem płaszczyzny referencyjnej (biały czworobok w części centralnej tarczy punkty zmiany geometrii żeber) [7]

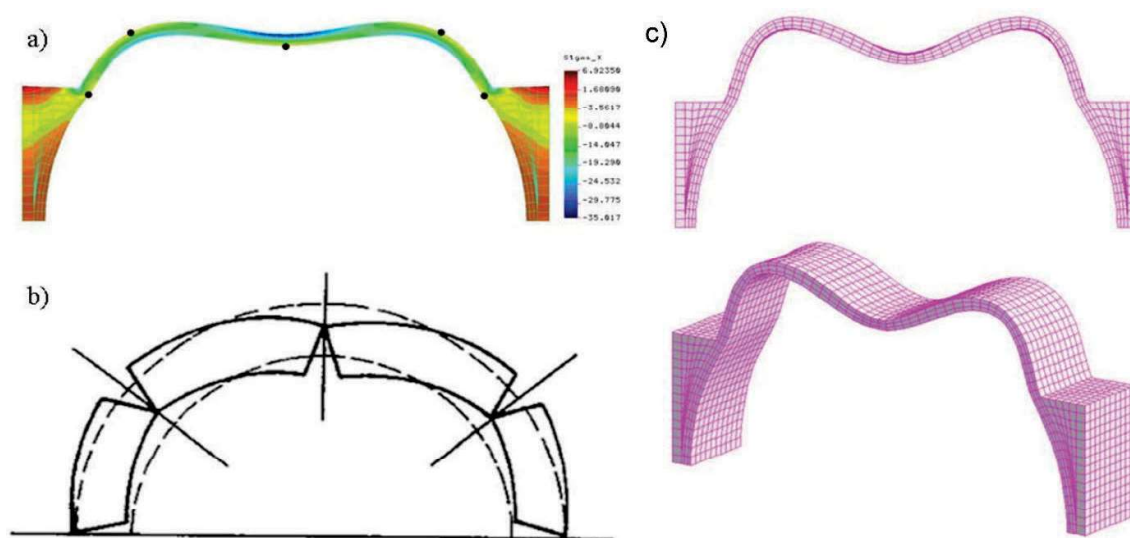
Badanie mapy współrzędnych umożliwiło przeprowadzenie kolejnego kroku, czyli weryfikacji stanu żeber ceglanych, w których zidentyfikowano istotne uszkodzenia w formie spękań. Celem dodatkowej analizy żeber przekątniowych było określenie rzeczywistej krzywizny żeber oraz odniesienie ich geometrii do wyidealizowanego rysunku łuku, co pozwoliło na weryfikację występowania ewentualnych deformacji. Jednocześnie, analiza taka umożliwiła określenie precyzyjnej geometrii kształtek ceglanych, na podstawie której możliwe jest przyjęcie właściwych metod naprawczych, a w przypadku stwierdzenia zaawansowanych uszkodzeń, przeprowadzenie rekonstrukcji pojedynczych elementów (rys. 24).



Rys. 24 Sklepienie w kruchcie kościoła w Siecieborzycach: a) analiza geometrii żebra sklepienia 2A-1B wykonanego z kształtek ceglanych, b) linia ciśnień, c) przeguby plastyczne i strefy do wzmocnienia [7]

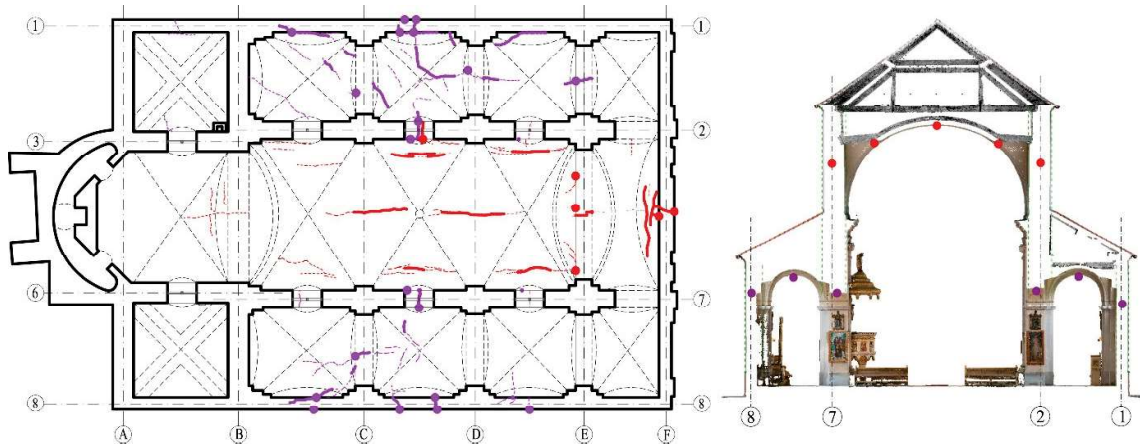
Istotnym wnioskiem z przedmiotowej analizy jest to, że **mapy współrzędnych** chmury punktów utworzone względem płaszczyzny referencyjnej skorelowane z układem zarysowania sklepień i ścian dają podstawy do określenia **głównego kierunku deformacji konstrukcji**, a także odkształceń żeber sklepiennych w kontekście powstawania przegubów plastycznych.

Wskazanie przekroju krytycznego daje również podstawy do przeprowadzenia analizy numerycznej z uwzględnieniem linii ciśnień (*line of thrust*) wraz z ustaleniem przegubów plastycznych. Taką analizę przeprowadzono w ramach pracy [11], w której weryfikowano miejsca powstawania przegubów przy użyciu tzw. „*Subspace Iteration*” w programie COMOS/M wraz z uwzględnieniem zmienności wysokości zasyпки i jej wpływu na stan naprężeń w sklepieniu kolebkowym (rys. 25).



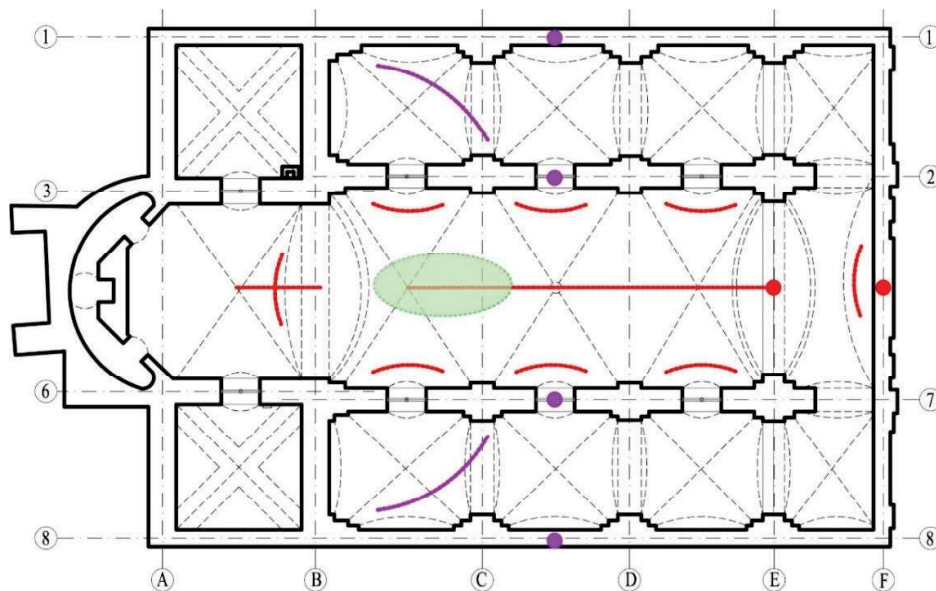
Rys. 25 a) Naprężenia normalne w sklepieniu kolebkowym, b) teoretyczny mechanizm zniszczenia łuku, c) druga postać wyboczenia łuku [11]

W przypadku kościoła w Babimoście [9] również przeprowadzono analizę deformacji i spękań co potwierdziło występowanie symetrii uszkodzeń w obiekcie o bazylikowym układzie konstrukcyjnym. Proces badania obiektu obejmował zarówno identyfikację uszkodzeń na sklepieniach i ścianach jak i odkształceń konstrukcji (rys. 26).



Rys. 26 Układ spękań sklepień, ścian i łęków międzynawowych widoczny we wnętrzu (kolor fioletowy – spękania niższej części, kolor czerwony – spękania wyższej części) [9]

W pracy zaproponowano zamianę układu spękań w schemat, który potwierdza symetrię zarówno deformacji jak i spękań, co pozwala upatrywać przyczyn takiego stanu bardziej w lokalnych przeciążeniach na skutek osłabienia muru niż w czynnikach zewnętrznych (rys. 27).



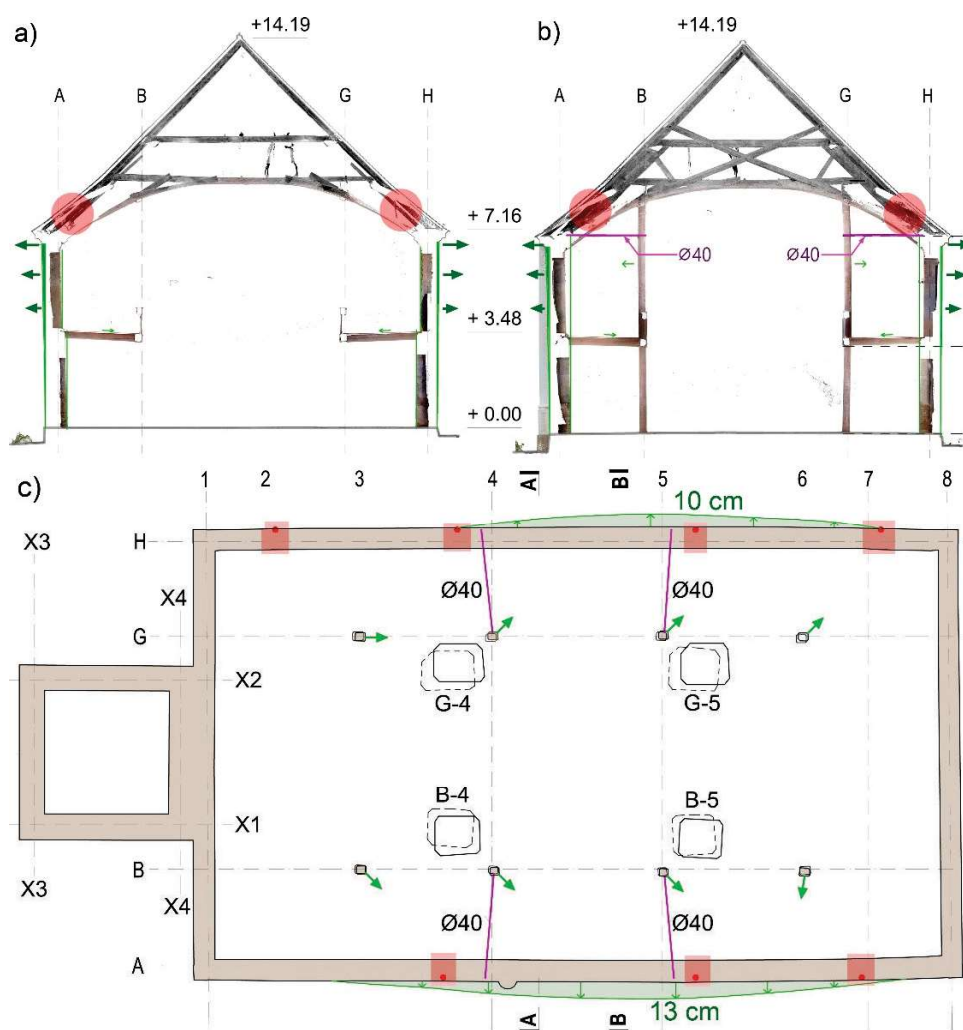
Rys. 27 Schemat korelacji układu zarysowania (kolor fioletowy i czerwony) oraz obszaru deformacji (kolor zielony) [9]

W przedmiotowej pracy sformułowano wniosek, iż złożony układ zarysowania ścian i sklepień konstrukcji nie zawsze wskazuje na konieczność pilnego wprowadzenia do obiektu rozwiązań wzmacniających. W ocenie stanu zagrożenia kluczowa jest analiza morfologii spękań (kształtu i kierunku zarysowań) i jej korelacja z deformacją konstrukcji.

Wykazano również, że układ bazylikowy kościoła jest korzystny z uwagi na rozkład sił wewnętrznych i stabilność konstrukcji pomimo złożonego układu spękań. W monografii [1] rozszerzono wnioskowanie w następujący sposób:

Jeśli globalny układ spękań w obiekcie jest **symetryczny** to jego deformacje są zwykle **nieznaczne**, wynikają wprost ze statyki obiektu i również mają charakter **symetryczny**, a **działania naprawcze i wzmacniające powinny mieć charakter lokalny** (np. iniekcje, przeszycia lub wzmocnienia pasmowe).

Kwestię symetrii układu zarysowań i spękań poruszono również w monografii [1] w rozdziale 5. *Interakcja między konstrukcją dachu a zarysowaniem ścian*, gdzie przedstawiono przykład zboru w Letnicy, gdzie wykazano symetrię deformacji wywołanej na skutek zniszczenia stref podporowych więźby dachowej (rys. 28).



Rys. 28 Przekroje poprzeczne dawnego zboru ewangelickiego w Letnicy z oznaczeniem deformacji (kolor zielony) i stref osłabionych konstrukcyjnie (kolor czerwony) w obrębie: a) więzara pustego, b) więzara pełnego; c) rzut z oznaczeniem deformacji ścian zewnętrznych oraz słupów drewnianych na poziomie gzymsu (kolorem fioletowym oznaczono wtórne ściągi o średnicy 40 mm) [1]

Sformułowano następujący wniosek:

Jeśli globalny układ spękań w obiekcie jest **symetryczny** a jego deformacje są **znaczne** (zwykle powyżej 2°) ale symetryczne, to główna przyczyna takiego stanu może tkwić przede wszystkim

nadmiarowych sił rozporowych z dachu, np. wynikających ze złego stanu technicznego i nierównomiernego obciążenia.

W rozdziale 8. *Korelacja między zarysowaniem i deformacją* [1] przedstawiono również przykład Pałacu w Łłowej gdzie zaproponowano uproszczenie złożonego charakteru zarysowań w schemat globalny skorelowany z zewnętrznym wychyleniem ścian i spękaniem nadproży w kluczowych osiach okiennych. Takie powiązanie zarysowań w obrębie różnych pomieszczeń założenia wielotraktowego umożliwia identyfikację stref newralgicznych w konstrukcji i podjęcie decyzji o konieczności zwiększenia sztywności całej konstrukcji, np. w formie dodania ściągów lub wieńców stalowych. Jednostkowa analiza pomieszczeń wydzielonych ścianami nośnymi (oś J i H) nie dałaby takiego efektu, gdyż układ zarysowań łączy się w całość dopiero przy analizie całego rzutu (rys. 29).



Rys. 29 Morfologia zarysowania nadproży, ścian i sklepień w pałacu w Łłowej w części renesansowej: a) rzut pierwszego piętra, b) rzut parteru [1]

W monografii [1] opracowano rozdział 8. *Korelacja między zarysowaniem a deformacją*, który jest **syntezą przedstawionych rozważań**, a w rozdziale 9. *Podsumowanie*, **sformułowano wiele wniosków wynikających z tych analiz, które są istotną częścią osiągnięcia naukowego w zakresie identyfikacji znaczenia korelacji między zarysowaniem a deformacją konstrukcji murowej w ocenie stanu bezpieczeństwa obiektów historycznych.**

4.4. Osiągnięcie naukowe nr 2

Tytuł osiągnięcia: **Powiązanie rezultatów badań architektonicznych z analizą konstrukcyjną i diagnostyką obiektów historycznych.**

Osiągnięcie naukowe zostało zawarte w monografii [1], głównie w rozdziale **6. Rozpoznanie układu konstrukcyjnego i jego przekształceń** oraz w rozdziale **9. Podsumowanie**. Ponadto, osiągnięcie jest częścią cyklu artykułów, które wraz z monografią zestawiono poniżej:

- [1] **Krzysztof Raszczuk**: *Historyczne konstrukcje murowe. Ocena zagrożeń bezpieczeństwa*, Narodowy Instytut Dziedzictwa / Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Warszawa 2025 (wydanie elektroniczne), 2026 (wydanie drukowane), monografia – rozdział 6 i 9
- [12] Andrzej Legendziewicz, **Krzysztof Raszczuk**, Arkadiusz Michalak: *Municipal defensive walls in Western Poland: the example of Żagań*, International Journal of Architectural Heritage, 2025, vol 19, no. 7, 1058 – 1072
- [13] Piotr Frąckiewicz, **Krzysztof Raszczuk**, Jerzy Jasieńko: *Areas of GPR application in researches of historical masonry structures*, Wiadomości Konserwatorskie - Journal of Heritage Conservation. 2025, vol. 81, s. 27-42
- [14] Piotr Frąckiewicz, **Krzysztof Raszczuk**, Jerzy Jasieńko: *Identification of alternations in the structure of historical masonry walls using the GPR method accompanied with architectural survey in the former Piast Gymnasium in Brzeg*, Civil and Environmental Engineering Reports, 2024, vol. 34, nr 4, s. 32-42
- [15] **Krzysztof Raszczuk**: *Wpływ przekształceń historycznych kościołów na sztywność konstrukcji oraz powstałe zarysowania i deformacje*, Wiadomości Konserwatorskie - Journal of Heritage Conservation, 2026, praca po recenzjach, przyjęta do druku
- [16] Maciej Prarat, Peter Krusinsky, **Krzysztof Raszczuk**, Krzysztof Wroński: *Correlation of Architectural, Metrological and Structural Analysis: The Case of the 13th – Century Cathedral in Chełmża (Northern Poland)*, In: Saloustros, S., Beyer, K. (eds) Structural Analysis of Historical Constructions, SAHC 2025, RILEM Bookseries, vol 64. Springer, Cham, 2026, s. 2963-2976
- [17] **Krzysztof Raszczuk**, Jan Raszczuk, Karol Błaszczuk, Andrzej Legendziewicz: *Interdyscyplinarne rozpoznanie zabytku na przykładzie badań byłego ratusza w Żaganiu*, Lubuskie Materiały Konserwatorskie, 2022, t. 19, s. 53-63.

Indywidualny wkład w przygotowywanie poszczególnych publikacji współautorskich wykazano w oświadczeniach dołączonych do wniosku (załączniki z indeksem „a” – typu Z5-2a, Z5-3a, itd.). W tabeli poniżej przedstawiono merytoryczny wkład wnioskodawcy w przygotowanie publikacji wraz z szacunkowym udziałem procentowym (u) wnioskodawcy w jej przygotowanie (tabela 4).

Tabela 4 Zakres merytoryczny wkładu wnioskodawcy, związany z osiągnięciem naukowym nr 2 i szacunkowy, procentowy udział w opracowanie publikacji (u)

Nr	Zakres merytoryczny związany z osiągnięciem nr 1 opracowany przez wnioskodawcę	u
[1]	Wszystkie rozdziały monografii zawierają autorskie wyniki badań i analiz. Z osiągnięciem naukowym związany jest bezpośrednio rozdział nr 6 dotyczący przekształceń obiektów historycznych i wpływu tych przekształceń na analizę konstrukcyjną. W rozdziale 9 przedstawiono podsumowanie wyników badań własnych oraz sformułowano szereg szczegółowych wniosków o charakterze naukowym, ale również w ujęciu inżynierskim. W monografii poruszono między innymi następujące zagadnienia składające się na osiągnięcie naukowe: - udowodnienie na przykładzie wybranych kościołów o konstrukcji gotyckiej, że występujące w obiekcie zarysowania i deformacje są ściśle związane z wcześniejszymi przekształceniami, co powoduje, iż konieczność ich wzmocnienia może być odłożona w czasie po wykonaniu monitoringu zmian zarysowań i deformacji, - przedstawienie uwarunkowań do selekcji zarysowań w obiekcie poprzez naniesienie układu spękań na wyniki badań architektonicznych, co umożliwia – w konsekwencji – identyfikację rys, których przyczyny występują w czynnikach zewnętrznych, a nie są związane z przekształceniami obiektu. W rozdziale sformułowano między innymi następujący wniosek: uwzględnienie wyników badań historyczno – architektonicznych w analizie konstrukcyjnej obiektu historycznego daje podstawę do selekcji zarysowań nie wymagających wzmocnień konstrukcyjnych. Prace naprawcze w ich obszarze powinny być ukierunkowane na działania konserwatorskie, a w uzasadnionych przypadkach - wręcz uczytelnienie zarysowań celem zachowania autentyczności obiektu.	100%
[12]	W pracy przedstawiono powiązanie wyników badań konstrukcyjnych, architektonicznych i archeologicznych na przykładzie murów miejskich w Żaganiu. Metodę badawczą ilustruje schemat blokowy, umieszczony w przedmiotowej publikacji. W pracy wykazano między innymi, że pionowe zarysowania murów miejskich (obronnych), które są ich naturalną dylatacją wynikającą z faz budowy murów w odstępach czasowych (przerwy technologiczne) i nie stanowią zagrożenia dla bezpieczeństwa konstrukcji. Taka identyfikacja była możliwa poprzez analizę układu kamieni i rodzaju zastosowanej zaprawy wapiennej, a także dzięki badaniom rozkładu izotopu węgla C14 śladowych ilości rusztowań drewnianych, które pozostały w oryginalnych, gotyckich otworach maculcowych. Przeprowadzone analizy pozwoliły również na sformułowanie następujących wniosków: analizę wychylenia górnych partii murów miejskich należy zawsze skorelować z badaniem architektonicznym, określającym między innymi technikę wykonania muru i identyfikację datowania poszczególnych partii. W przypadku potwierdzenia korelacji między wychyleniem muru a oryginałem konstrukcji, stan wychylenia należy uznać za bezpieczny jeśli nie wystąpiła zmiana układu obciążeń obiektu oraz nie pojawiły się wtórne zarysowania poziome, co może pozwolić na ograniczenie nadmiarowych rozwiązań wzmacniających (np. dodawanie zewnętrznych przypór), a jednocześnie umożliwi identyfikację wtórnych obszarów do przemurowania.	33.3%
[13]	Indywidualnym wkładem wnioskodawcy w powstanie artykułu była identyfikacja potencjału badawczego w zakresie korelacji badań diagnostycznych z badaniami architektonicznymi. Zestawiono prace badawcze, których celem było rozpoznanie struktury wewnętrznej zabytkowych murów, w tym identyfikacji metalowych intruzji, przez co możliwe jest między innymi odtworzenie faz powstawania obiektów i rozpoznanie pierwotnych wzmocnień. Na tej podstawie sformułowano założenia i wytyczne do przeprowadzenia własnych laboratoryjnych badań georadarowych z uwzględnieniem zmian struktury wewnętrznej, w tym pustek i intruzji metalowych wraz z interpretacją wyników badań.	35%
[14]	Opublikowano po raz pierwszy korelację między wynikami badań struktury wewnętrznej murów historycznych przy użyciu fal elektromagnetycznych (badania georadarowe) w korelacji z interpretacją wyników badań architektonicznych. Indywidualnym wkładem w	35%

	tą pracę była interpretacja wyników badań architektonicznych i sformułowanie wniosków łączących obie dziedziny.	
[15]	Na podstawie analizy porównawczej czterech kościołów gotyckich, które ulegały przekształceniom, wykazano ścisły związek pomiędzy przeobrażeniami historycznymi, w szczególności w zakresie usuwania przypór zewnętrznych, a powstałymi deformacjami i zarysowaniami w obszarze sklepień i ścian. Tak przeprowadzona analiza daje podstawę do decyzji o konieczności wzmocnienia konstrukcji lub odstąpienie od tego działania na rzecz dalszego monitoringu.	100%
[16]	Przedstawiono metodę analizy konstrukcyjnej swobodnej ściany z przyporami katedry w Chełmży w kontekście analizy stanu bezpieczeństwa w początkowej fazie budowy w średniowieczu, dla weryfikacji hipotez badawczych w zakresie rozwarstwienia chronologicznego z uwzględnieniem wyników badań architektonicznych i metrologicznych.	30%
[17]	Opracowano metodykę badawczą i identyfikację współzależności rezultatów interdyscyplinarnych badań architektonicznych, konserwatorskich, archeologicznych, rezystograficznych i innych w zakresie sformułowania wytycznych co do dalszego postępowania z obiektem historycznym. Indywidualnym wkładem wnioskodawcy było między innymi wzajemne powiązanie rezultatów badań interdyscyplinarnych w kontekście wytycznych konserwatorskich dla obiektów, a także połączenie wyników badań termowizyjnych z badaniami architektonicznymi. Artykuł jest efektem pracy zespołu eksperckiego, którego koordynatorem był wnioskodawca.	80%

Opis szczegółowy

Zrozumienie złożonego charakteru pracy statycznej konstrukcji zabytkowej opiera się o wiele działań, takich jak badania materiałowe czy obliczenia statyczno – wytrzymałościowe (w tym analizy MES). Jest to naturalne podejście konstrukcyjne, ale w obiektach historycznych – niewystarczające, gdyż w tym przypadku konieczne jest uwzględnienie wiedzy z innych dziedzin nauki, w szczególności z historii architektury, np. w oparciu o badania architektoniczne. Zgodnie z Ustawą o Ochronie Zabytków⁷, badania architektoniczne to działania ingerujące w substancję zabytku, mające na celu rozpoznanie i udokumentowanie pierwotnej formy obiektu budowlanego oraz ustalenie zakresu jego kolejnych przekształceń. Jest to specyficzny rodzaj badań, w którym budynek historyczny analizuje się pod kątem pierwotnych przekształceń, odtwarzając w ten sposób chronologię budowy obiektu. W przypadku konstrukcji murowych badanie polega na identyfikacji kluczowych węzłów konstrukcyjnych, gdzie stykają się poszczególne fazy wznoszenia obiektu. W tych miejscach widoczne są różnice w technice murowania, rodzaju zaprawy, wymiarach cegieł, wiązaniach murarskich itd.

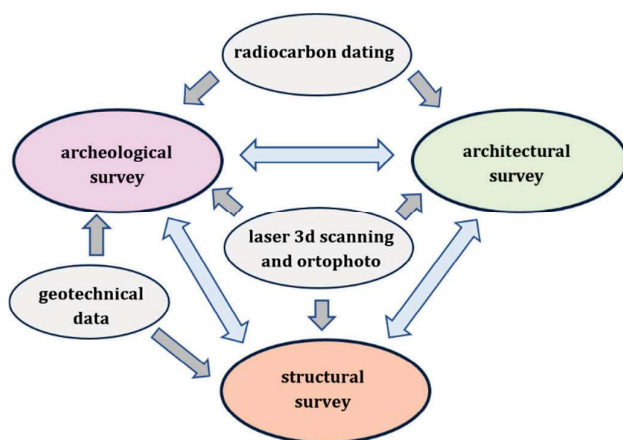
Dotychczas badania konstrukcyjne były w znacznym stopniu niezależne od badań architektonicznych i trudno jest znaleźć prace, które w sposób interdyscyplinarny podejmują tą tematykę. Zwykle architekci wskazują na potrzebę przeprowadzenia badań konstrukcyjnych i odwrotnie, bez istotnej integracji wiedzy z obu dziedzin w ujęciu holistycznym. Metodyka

⁷ Ustawa o Ochronie Zabytków z dnia 23 lipca 2023 r., Dziennik Ustaw 2024, poz. 1292

badawcza w ramach drugiego osiągnięcia naukowego polegała na analizie dostępnych raportów z badań architektonicznych oraz prowadzenie i współprowadzenie takich badań. Takie działanie możliwe było z uwagi na równoległe wykształcenie, tj.: ukończone w 2010 roku studia inżynierskie i w 2012 roku - magisterskie na Wydziale Architektury Politechniki Wrocławskiej w specjalności: ochrona zabytków. Wskazane wykształcenie oraz 6 – miesięczna praktyka w zakresie badań architektonicznych (załącznik Z7-3) umożliwiła rozpoznawanie obiektów zabytkowych w niestandardowym jak na konstruktora świetle. Badania architektoniczne umożliwiają bowiem zrozumienie procesów przeobrażeń obiektów zabytkowych na przestrzeni wieków (np. od średniowiecza przez czasy nowożytne do współczesności).

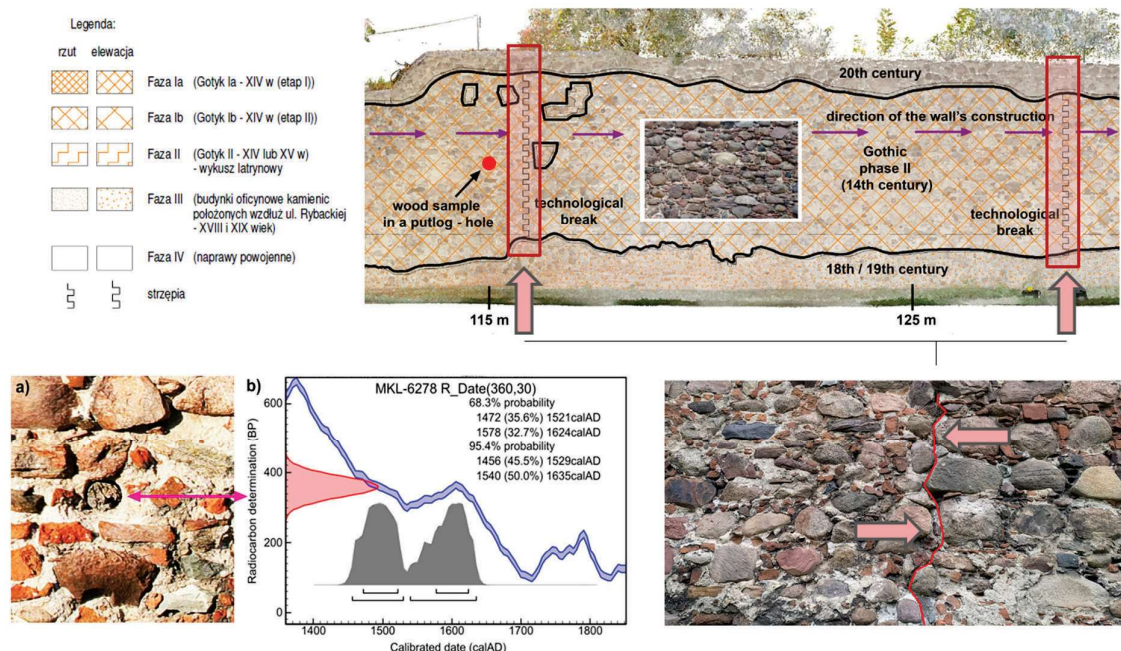
Dotychczas badania naukowe z obu dziedzin nie były przedmiotem wielu publikacji, szczególnie w zakresie diagnostyki układów zarysowań i deformacji. Zazwyczaj poszukiwanie przyczyn tych zjawisk upatruje się w analizie typowo konstrukcyjnej (statyczno – wytrzymałościowej). Osiągnięciem naukowym w tym zakresie było wykazanie, że przeprowadzenie i analiza wyników badań architektonicznych może istotnie wpłynąć na formułowanie wniosków o charakterze konstrukcyjnym i w konsekwencji na dobór metod naprawczych i wzmacniających.

Podejście interdyscyplinarne przedstawiono w pracy [17], gdzie zaprezentowano metodykę badawczą i identyfikację współzależności rezultatów badań architektonicznych, konserwatorskich, archeologicznych, rezystograficznych i innych specjalistycznych w zakresie sformułowania wytycznych co do dalszego postępowania z obiektem historycznym. Z kolei w 2025 roku w renomowanym czasopiśmie *International Journal of Architectural Heritage* została opublikowana praca: A. Legendziewicz, K. Raszczuk, A. Michalak *Municipal defensive walls in Western Poland: the example of Żagań* [12]. Przedstawiono w niej powiązanie wyników badań konstrukcyjnych, architektonicznych i archeologicznych na przykładzie murów miejskich w Żaganiu. Metodykę badawczą ilustruje schemat blokowy, umieszczony w przedmiotowej publikacji (rys. 30).



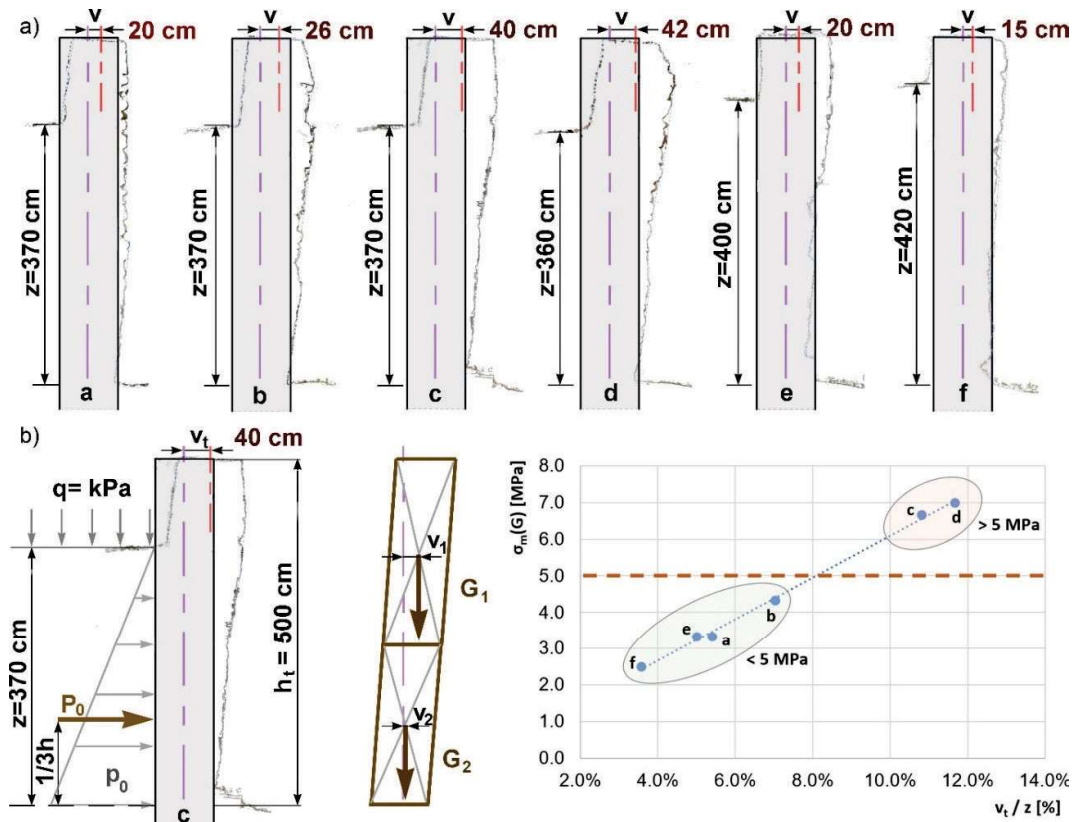
Rys. 30 Schemat blokowy przedstawiający metodykę badawczą w ujęciu interdyscyplinarnym [12]

W pracy przedstawiono między innymi problematykę występowania pionowych zarysowań murów miejskich (obronnych), które są naturalną dylatacją wynikającą z faz budowy murów w odstępach czasowych (przerwy technologiczne) i **nie stanowią zagrożenia dla bezpieczeństwa konstrukcji**. Taka identyfikacja była możliwa poprzez analizę układu kamieni i rodzaju zastosowanej zaprawy wapiennej, a także dzięki badaniom rozkładu izotopu węgla C14 śladowych ilości rusztowań drewnianych, które pozostały w oryginalnych, gotyckich otworach maculcowych (rys. 31).



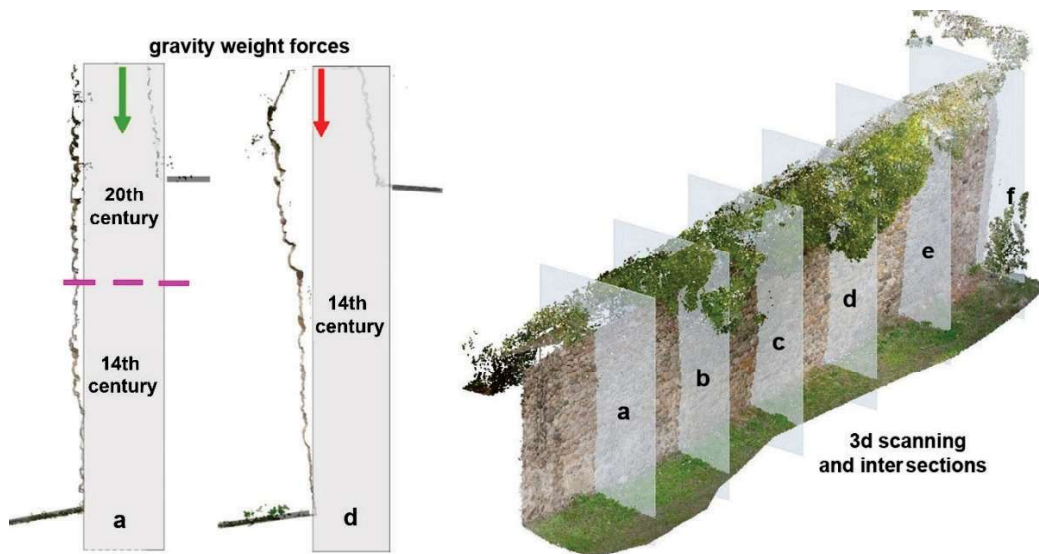
Rys. 31 Rozwarstwienie chronologiczne murów miejskich w Żaganiu z podziałem na fazy wznoszenia oraz przerwy technologiczne z naturalnymi zarysowaniami, a także otwory maculcowe i wyniki badań datowania radiowęglowego [12]

Po przeprowadzeniu badań architektonicznych możliwa była prawidłowa interpretacja wyników skanowania laserowego i ortofotografii wychylonych odcinków murów. Wychylenie murów jest zmienne i może dawać złudne wrażenie zagrożenie stanu bezpieczeństwa konstrukcji nawet przy znacznych mimośrodkach oddziaływania sił i pojawianiu się dodatkowych naprężeń zginających. Po naniesieniu deformacji konstrukcji na wyniki badań architektonicznych udowodniono, że ściana, która ulega wychyleniu jest oryginalnym murem z XIV wieku, a wzmocnienie efektu wychylenia wynika z przemurowania pozostałej części muru w XX wieku (rys. 32).



Rys. 32 a) Przekroje poprzeczne z analizą wychyleń na podstawie wyników skanowania laserowego, b) schemat statyczny ściany oporowej wraz z obliczeniem dodatkowych naprężeń zginających na skutek wychyleń [12]

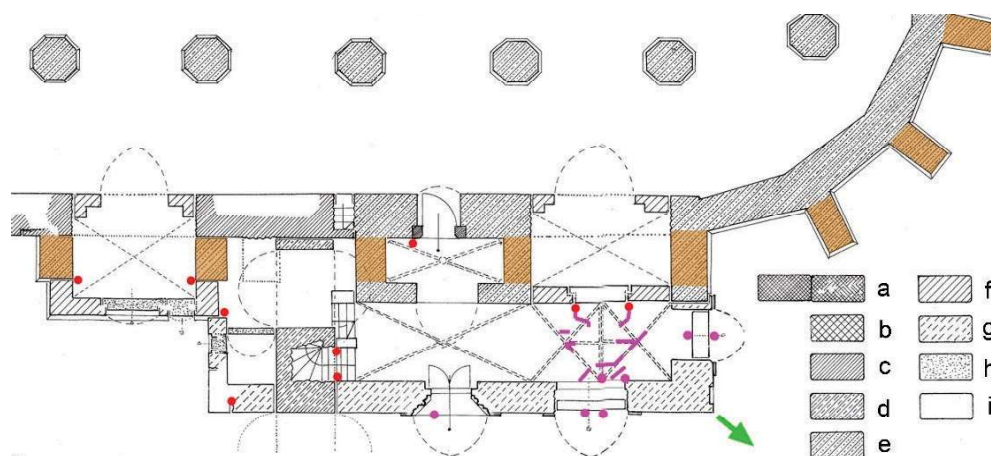
O tym, że jest to stan bezpieczny dla obiektu decydują dwa czynniki: brak uszkodzeń w formie zarysowań poziomych muru oraz długotrwały proces wychyleń muru, którego powstanie datuje się na XIV wiek. Wyjaśnia to przekrój poprzeczny przedstawiony poniżej (rys. 33).



Rys. 33 Oznaczenie przekrojów charakterystycznych poddanych analizie na fragmencie od 172 do 190 m odcinka murów miejskich w Żaganiu (po prawej) wraz z porównaniem przekrojów „a” i „d” gdzie zróżnicowano fazy chronologiczne z XIV wieku i XX wieku [12]

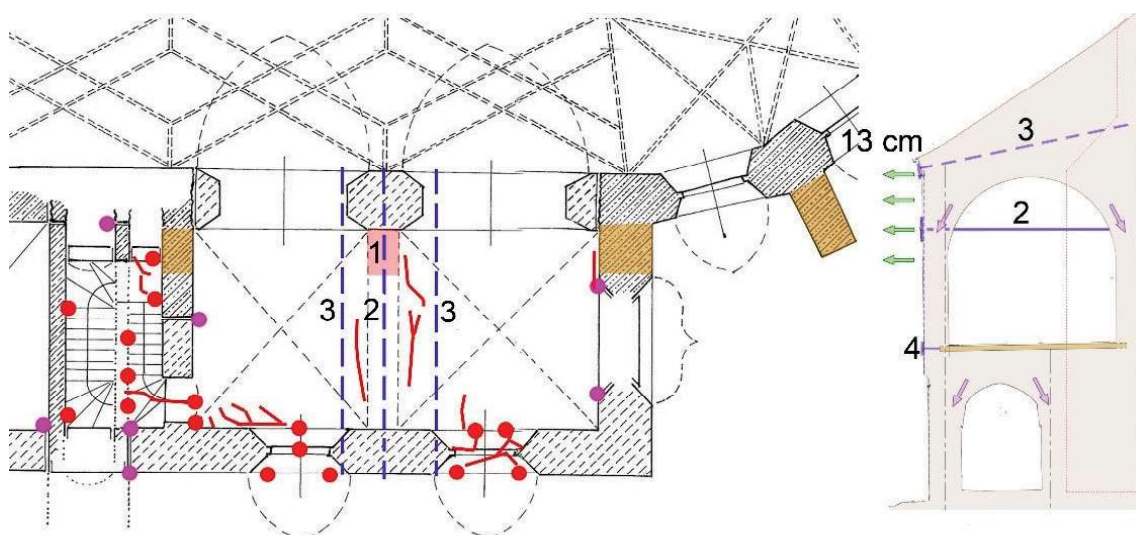
Indywidualny wkład w uzyskane osiągnięcie naukowe w tym zakresie polegał na przeprowadzeniu analizy wyników skanowania laserowego wraz z porównaniem z wynikami badań architektonicznych, a także obliczenia statyczne i opracowanie w całości części rysunkowej. Przeprowadzone analizy pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków: analizę wychylenia górnych partii murów miejskich należy skorelować z badaniem architektonicznym, określającym między innymi technikę wykonania muru i identyfikację datowania poszczególnych partii. W przypadku potwierdzenia korelacji między wychyleniem muru a oryginałem konstrukcji, stan wychylenia należy uznać za bezpieczny jeśli nie wystąpiła zmiana układu obciążeń obiektu oraz nie pojawiły się wtórne zarysowania poziome, co może ograniczyć wprowadzenie nieodwracalnych zmian, np. poprzez dodanie przypór zewnętrznych.

W monografii [1] opracowano rozdział 6. *Rozpoznanie układu konstrukcyjnego i jego przekształceń*, który może stanowić nowe spojrzenie na analizę konstrukcyjną obiektu zabytkowego z uwzględnieniem wyników badań architektonicznych. Zrozumienie poszczególnych etapów powstawania obiektu i dogłębne rozpoznanie jego historii umożliwia bardziej precyzyjne odtworzenie pracy statycznej konstrukcji zabytkowej. To w wyniku zmian w konstrukcji obiektu na przestrzeni wieków mogło dojść do redystrybucji naprężeń i powstania trwałych odkształceń konstrukcji. Na przykładzie kościoła w Szprotawie zaprezentowano metodę analizy konstrukcyjnej w oparciu o rzut uwzględniający rozwarstwienie chronologiczne budynku na dwóch poziomach: parteru i piętra. Analizę morfologii zarysowania powinno się przeprowadzać odrębnie na każdej kondygnacji. Znaczna część zarysowań pionowych (czerwone kropki na rys. 34) występuje w miejscach przebudowy obiektu i łączenia się różnych faz budowlanych (pochodzących z różnych okresów), gdzie brak jest przewiązań (strzępi) pomiędzy nowym murem a wcześniejszym.



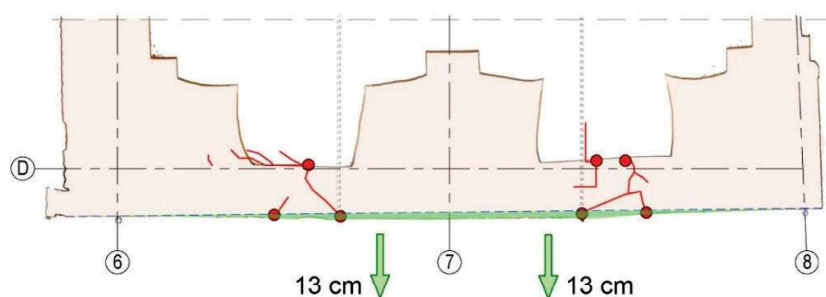
Rys. 34 Zarysowania ścian i sklepień naniesione na rozwarstwienie chronologiczne kościoła w Szprotawie na poziomie parteru: kolor brązowy – przypory, kolor czerwony – spękania wynikające z faz przebudowy, kolor fioletowy – spękania ścian i sklepień wynikające z osłabienia w obszarze narożnika południowo-wschodniego [1]

Takie spękania mają charakter typowo dylatacyjny i wynikają z odmiennej pracy konstrukcji części dobudowanej i wcześniejszej, z uwagi na zróżnicowaną konsolidację gruntu. Nie są to spękania, które stanowią zagrożenie bezpieczeństwa konstrukcji, a bardzo często są błędnie wskazywane do wzmocnienia. Natomiast spękania oznaczone kolorem fioletowym wynikają z osłabienia struktury muru w narożniku budynku z uwagi na niekorzystne odwodnienie i one powinny zostać wyeliminowane w procesie naprawy czy wzmocnienia. Jeśli poddamy analizie rzut piętra fragmentu południowo-wschodniego kościoła, to okaże się, że zaburzony jest układ przypór na obwodzie świątyni (brakuje przypory oznaczonej numerem 1). Przypory w tym miejscu nie było od początku albo została usunięta na etapie wybudowania Chóru Magdalenek, niemniej jednak w obu przypadkach sztywności konstrukcji na kierunku osi 7 jest zmniejszona (rys. 35).



Rys. 35 Zarysowania ścian i sklepień naniesione na rozwarstwienie chronologiczne kościoła w Szprotawie na poziomie piętra: kolor brązowy – przypory, 1 – brak przypory w osi, w której zidentyfikowano deformację poziomą muru, 2,3,4 – ściągi zamontowane w różnych okresach celem stabilizacji ściany, kolor fioletowy – zarysowania pionowe wynikające z faz przebudowy, kolor czerwony – pozostałe zarysowania wynikające z lokalnego przeciążenia konstrukcji [1]

W przypadku kościoła w Szprotawie występują deformacje ścian w górnej partii (na poziomie okien) w strefie zamontowania trzech ściągów między osiami 6, 7 i 8, gdzie wychylenie ściany w kierunku południowym wyniosło 13 cm (pomiar przy użyciu skanowania laserowego). W strefie nadproży okiennych również wystąpiły wielokierunkowe zarysowania przechodzące przez całą grubość ściany i widoczne są zarówno od strony zewnętrznej jak i wewnętrznej (rys. 36).



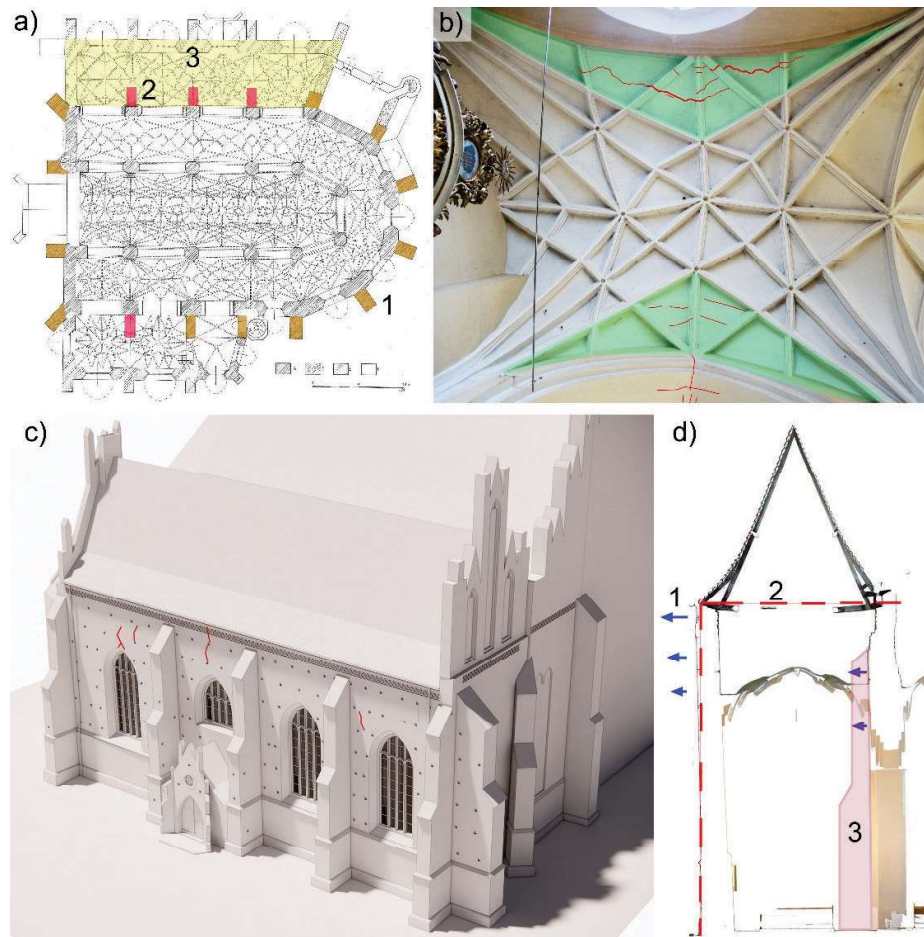
Rys. 36 Spękania nadproży okiennych i deformacja filara międzyokiennego kościoła w Szprotawie [1]

Można zatem uznać, że choć deformacje i spękania wystąpiły, to zostały już ustabilizowane poprzez wprowadzenie ściągów na trzech poziomach w XVIII lub XIX wieku co świadczy o ustabilizowaniu konstrukcyjnym nawy południowej. W takiej sytuacji należy wypełnić rysy elastyczną zaprawą na bazie spoiwa wapiennego i regularnie sprawdzać stan techniczny ściągów celem zapewnienia ich prawidłowej pracy i utrzymania sztywności konstrukcji.

W monografii [1] sformułowano następujący wniosek:

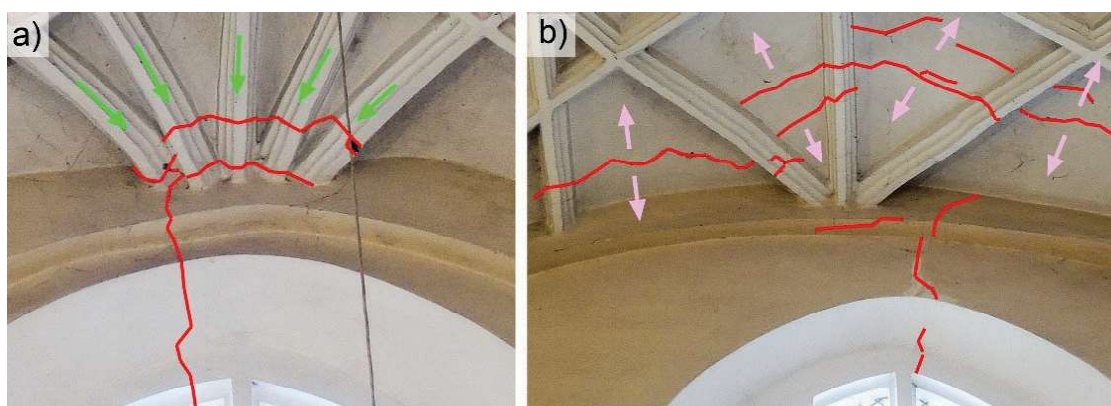
Uwzględnienie wyników badań historyczno – architektonicznych w analizie konstrukcyjnej obiektu historycznego daje podstawę do **selekcji zarysowań nie wymagających wzmocnień konstrukcyjnych**. Prace naprawcze w ich obszarze powinny być ukierunkowane na **działania konserwatorskie**, a w uzasadnionych przypadkach - wręcz na **uczytelnieniu zarysowań** celem zachowania autentyzmu obiektu.

W tym samym rozdziale monografii [1] opisany jest również analogiczny przypadek kościoła w Świebodzinie. Jeśli analizujemy obiekt tylko pod kątem konstrukcji to identyfikujemy wychylenie ściany północnej oraz zarysowania sklepień i ścian. Jeśli przyjrzymy się wynikom badań architektonicznych, to zauważymy, że kilka wieków wcześniej doszło do redukcji globalnej sztywności kościoła na skutek usunięcia przypór na potrzeby budowy kaplicy północnej (rys. 37).



Rys. 37 Kościół w Świebodzinie: a) rozwarstwienie chronologiczne, 1 – przypory istniejące, 2 – przypory usunięte w XVI wieku, 3 – nawa północna ze zidentyfikowanymi zarysowaniami i deformacjami, b) skrajne pole nawy północnej z oznaczeniem uszkodzonych wysklepek sklepienia gwiaździstego, c) model H-BIM nawy północnej z oznaczonymi zarysowaniami – kolor czerwony, d) przekrój poprzeczny przez nawę północną, 1 – kierunek deformacji ściany północnej, 2 – linia referencyjna deformacji belki wiązarowej, 3 – hipotetyczny zasięg pierwotnej przypory, usuniętej w ramach powiększania obiektu [1]

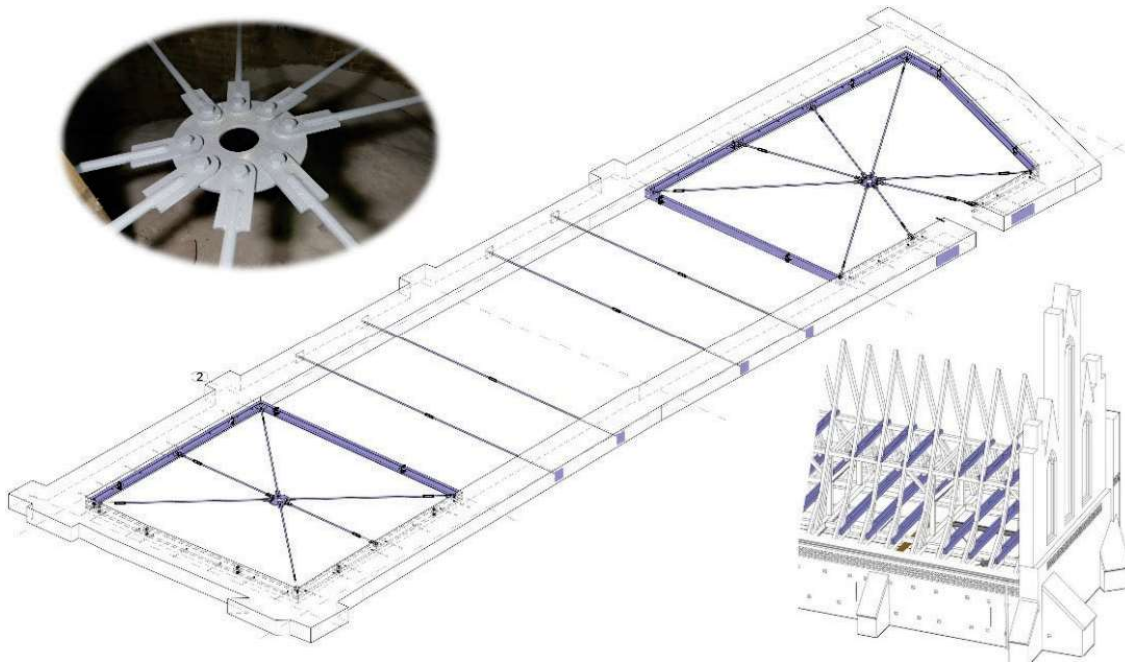
Wszystkie wysklepki zarysowane są w miejscach ich oparcia na ceglanej ścianie północnej w obrębie nadproży okiennych oraz łuków międzynawowych. Wystąpił jednak odmienny charakter zarysowań dla różnej geometrii sklepień gwiaździstych. Gdy nad oknem dominuje koncentracja żeber sklepiennych, wówczas spękania znajdują się blisko siebie i przechodzą przez grubość sklepienia. Jeśli natomiast do podpory dochodzi mniej żeber sklepiennych, wówczas spękania obejmują głównie wysklepki na kierunku równoległym do ściany północnej. Związane jest to z większą sztywnością sklepienia w przypadku intensywnego uźebrowania, które przejmuje znaczną część obciążenia. Taki stan zarysowania potwierdza zwykle globalne przyczyny uszkodzeń, gdyż rozkład spękań wynika wprost ze sztywności sklepienia (rys. 38).



Rys. 38 Zarysowania w strefie oparcia sklepień gwiaździstych na ścianie północnej kościoła w Świebodzinie: a) strefa koncentracji żeber sklepiennych, b) strefa zmniejszonej liczby żeber sklepiennych [1]

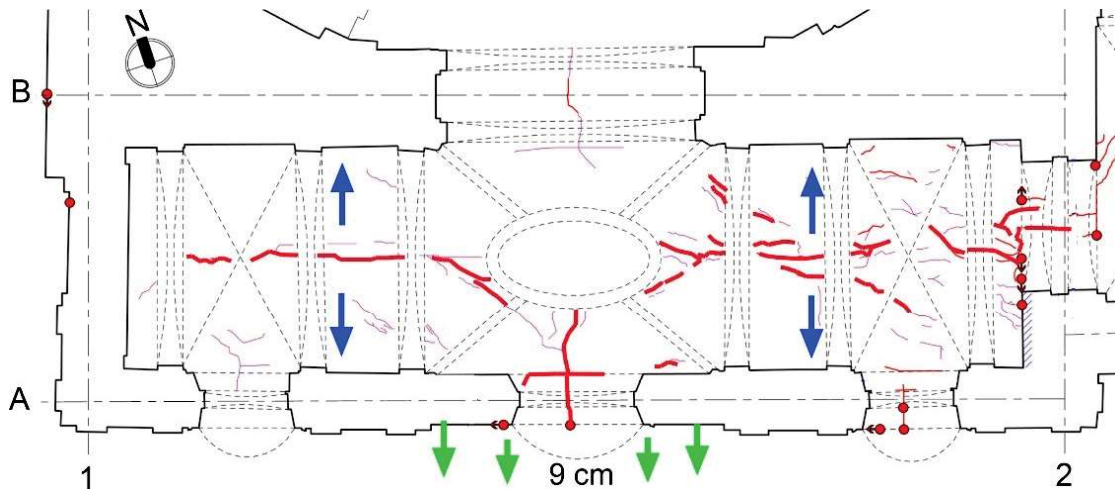
Wydaje się, że zasada powrotu do rozwiązań oryginalnych nie zawsze jest celowa, gdyż zdarza się, że pierwotne układy konstrukcyjne miały niewystarczającą sztywność już w fazie budowy i z uwagi na zapasy nośności dotrwały do czasów współczesnych, jednak powodują nadmiarowe siły rozporowe lub znaczne wykorzystanie (a nawet przekroczenie) stanów granicznych użytkowalności. Sytuację pogłębiła również XIX-wieczna przebudowa, kiedy to zredukowano znacznie układ konstrukcji więźby dachowej (zastosowano belki wiązarowe tylko w wiązarach pełnych). Zwiększyły się przez to siły rozporowe oddziałujące na mury zewnętrzne, co przyczyniło się do propagacji zarysowania. Mimo, iż mamy na obiekcie do czynienia z więźbą XIX – wieczną, to jest ona na tyle zredukowana konstrukcyjnie, że wymaga wzmocnienia. Aby zwiększyć sztywność konstrukcji, zaproponowano wprowadzenie wzmocnień powierzchniowych w obszarze sklepień gwiaździstych w systemie FRCM równoległe do ściany północnej oraz równoległe do łuku międzynawowego⁸. Ponadto dodano konstrukcję przestrzenną w formie układu wieńców stalowych i ściąągów wspomagających przenoszenie sił rozporowych ze sklepień i z dachu na ściany. Wzmocnienia konstrukcji w tym zakresie wykonano w ostatnich latach (rys. 39).

⁸ „Projekt budowlany zamienny. Prace zabezpieczające i ratujące konstrukcję ścian i więźby dachowej nawy północnej w celu poprawy stanu technicznego i utrwalenia substancji zabytkowej kościoła parafialnego p.w. św. Michała Archanioła w Świebodzinie”, projektant: Krzysztof Raszczyk, sprawdzający: Jan Raszczyk, 10.01.2023



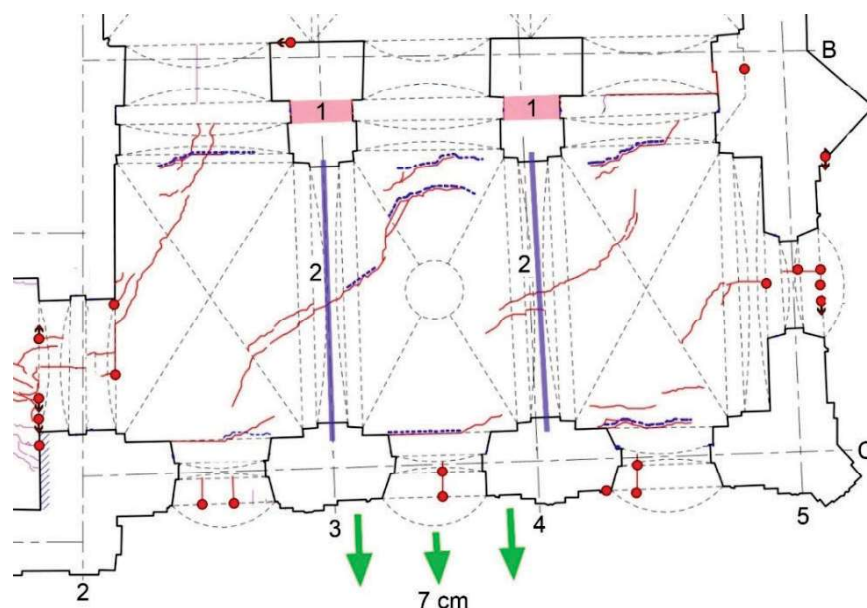
Rys. 39 Wzmocnienie konstrukcji nawy północnej kościoła w Świebodzinie na poziomie ścian i konstrukcji więźby dachowej [1]

Kolejny obiekt, w którym odkryto zjawisko związane z usuwaniem przypór był kościół we Wschowie. Zagadnienie to opisano w monografii [1] oraz w pracy [15]. Na fragmentach rzutów poddasza przedstawiono układ zarysowań z wychyleniem ściany południowej. Wykazano, że dla symetrycznych schematów zarysowań skorelowanych z deformacją stan zachowania wynika z lokalnych przeciążeń materiałowych (rys. 40).



Rys. 40 Konstrukcja nad nawą południową kościoła we Wschowie z oznaczeniem spękań (kolor czerwony), deformacji (kolor zielony) i sił rozporowych na kierunku poprzecznym (kolor niebieski) [1]

W przypadku układów asymetrycznych (skośnych) przy jednoczesnym występowaniu spękań przechodzących przez całą grubość sklepienia, ten stan ma swoje przyczyny w pierwotnej przebudowie kościoła w XVIII wieku i usunięciu przypory w jednej osi konstrukcyjnej (rys. 41).



Rys. 41 Konstrukcja nad nawą południową prezbiterium kościoła we Wschowie z oznaczeniem spękań (kolor czerwony i niebieski przerywany), deformacji (kolor zielony), usuniętych przypór (nr 1) oraz wprowadzonych ściągów stabilizujących (nr 2) [1]

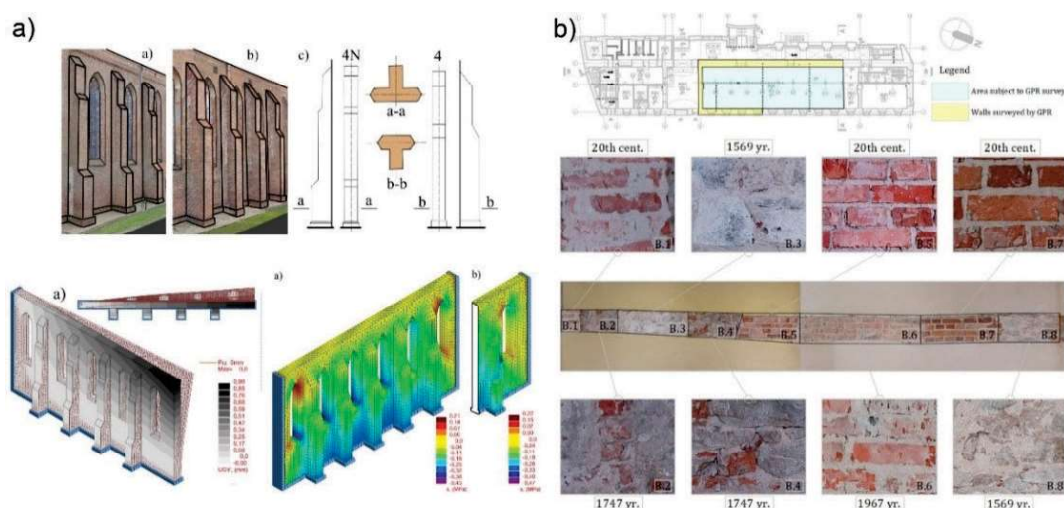
Stan ścian i sklepień kościoła wymaga przeprowadzenia prac wzmacniających, gdyż zagrożone jest bezpieczeństwo konstrukcji obiektu z uwagi na jednoczesne występowanie deformacji ściany południowej oraz asymetrycznych, przekątnych zarysowań sklepień, w znacznym stopniu przechodzących przez całą grubość powłok murowanych. Jednostronna redukcja konstrukcji obiektu zabytkowego na etapie przebudowy, wynikająca z usunięcia części przypór, zazwyczaj skutkuje obniżeniem sztywności konstrukcji, co może powodować zwiększoną podatność na propagację zarysowania i deformacji przy osłabieniu stanu technicznego. W monografii [1] sformułowano również wniosek, iż w przypadku występowania asymetrycznych układów deformacji (w szczególności w obiektach wielonawowych) lub asymetrycznych układów zarysowań, zwykle jedno z tych zjawisk ma charakter wiodący (np. znaczna rozwartość spękania powyżej 15 mm przechodzącego przez całą grubość sklepienia lub wychylenie ścian powyżej 2°), co stanowi przesłankę do wprowadzenia wzmocnień konstrukcyjnych zwiększających sztywność całego układu (np. wzmocnienia w systemie FRCM, układy ściągów i wieńców stalowych).

W monografii zdefiniowano wiele aspektów, dotychczas nieopisanych w literaturze. Zwrócono uwagę na fakt, że w przypadku obiektów gotyckich, na skutek przebudowy dochodziło często do usuwania przypór zewnętrznych, które stabilizowały konstrukcje. Przyczyną usuwania przypór była najczęściej konieczność rozbudowy obiektów sakralnych celem powiększania przestrzeni kościołów (głównie w kierunku północnym lub południowym dobudowując kaplice i nawy). Na skutek takiej rozbudowy zmieniał się układ sił wewnętrznych i dochodziło do deformacji poziomych (wychyleń) widocznych

współcześnie w obiektach. Konsekwencją deformacji poziomych było zakładanie ściągów drewnianych w przestrzeni poddasza celem zapewnienia stateczności przestrzennej. Takie zjawisko opisano w formie analizy porównawczej dla kościołów w Świebodzinie, Szprotawie, Wschowie i Drohobyczu [15], przez co udowodniono, że zjawisko ma charakter powtarzalny i może występować w innych obiektach. Ma to bezpośrednie przełożenie na decyzje dotyczące potencjalnych wzmocnień. Jeśli deformacje i spękania wystąpiły kilka wieków wcześniej, konieczność ich wzmacniania może być odłożona w czasie, a stan obiektu monitorowany. Spełnia to kryteria wytycznych ISCARSAH⁹ w kontekście minimalnej interwencji. Jeśli nie weźmie się pod uwagę przekształceń obiektu, w tym pierwotnego układu przypór wokół budynku, to widoczne deformacje i spękania mogą mylnie sugerować konieczność pilnego wzmocnienia, a takie działanie często może być nadmiarowe.

W ramach integracji dziedzin architektury i konstrukcji w obiektach historycznych opracowano we współpracy z Uniwersytetem Mikołaja Kopernika w Toruniu oraz Uniwersytetem w Zilinie na Słowacji publikację [16] zaprezentowaną na renomowanej, międzynarodowej konferencji naukowej SAHC2025 w Szwajcarii, w której przedstawiono jak analizy konstrukcyjne mogą wspomagać badania architektoniczne w kontekście odtworzenia przewidywanej formy dawnej katedry w średniowieczu. Z kolei w pracy [13] zidentyfikowano potencjał badawczy w zakresie powiązania badań diagnostycznych z badaniami architektonicznymi, a w pracy [14] opublikowano po raz pierwszy korelację między wynikami badań przy użyciu georadarowych fal elektromagnetycznych z interpretacją wyników badań architektonicznych. Indywidualnym wkładem w tą pracę było opracowanie koncepcji i założeń do badań, interpretacji badań architektonicznych, przeprowadzenie analizy porównawczej i sformułowanie wniosków łączących obie dziedziny. Wspomniane prace są osiągnięciem naukowym, gdyż przedstawiają metody prowadzenia wspólnych badań naukowych w obszarze konstrukcji i historii architektury (rys. 42).

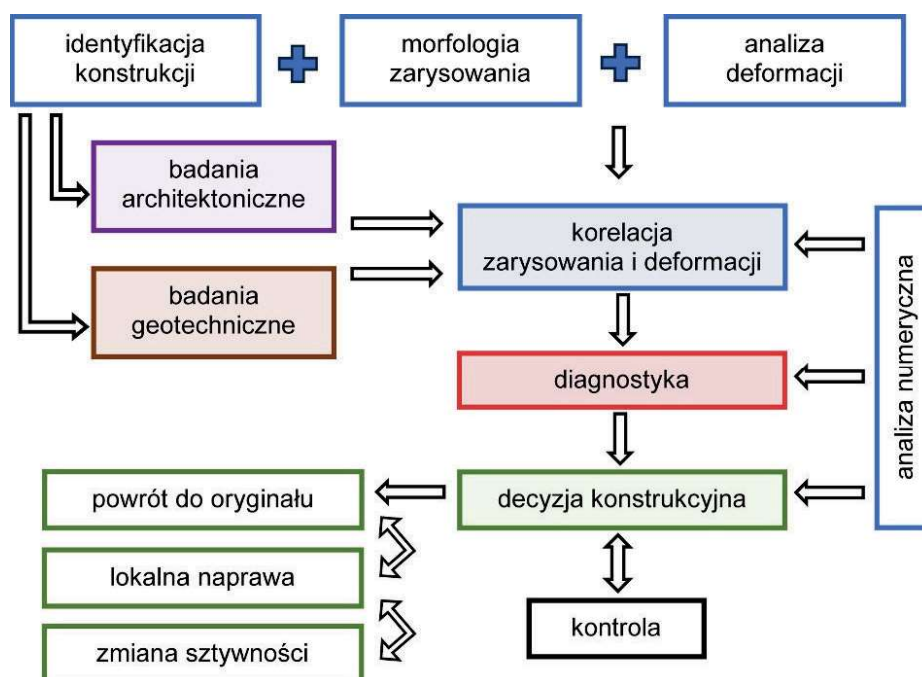
⁹ ICOMOS – ISCARSAH, *Guidelines for the analysis, conservation and structural restoration of architectural heritage*, ISCARSAH Annual General Meeting, Sinaia, Rumunia, 25 września 2024



Rys. 42 a) Analiza konstrukcyjna katedry w Chełmży w fazie rekonstrukcji [16], b) badania georadarowe w Gimnazjum Piastowskim w Brzegu skorelowane z wynikami badań architektonicznych [14]

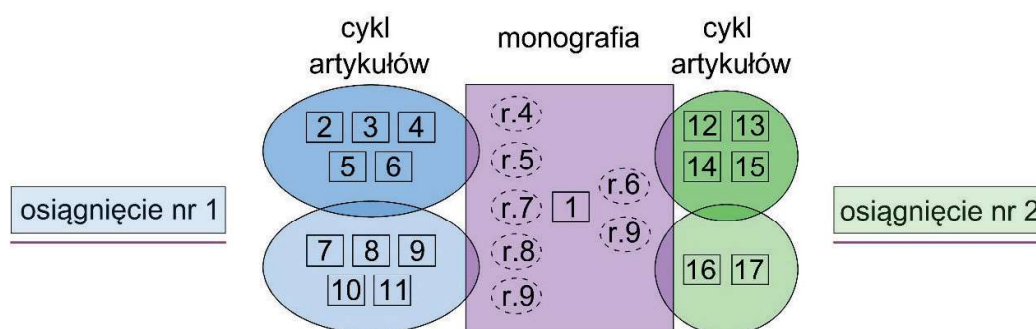
4.5. Podsumowanie osiągnięć naukowych nr 1 i 2

Zasadniczym celem przeprowadzonych badań i analiz naukowych była ocena stanu bezpieczeństwa konstrukcji historycznej wraz ze wskazaniem zakresu koniecznych prac naprawczych i wzmacniających (lokalnych lub globalnych), po to aby uniknąć zarówno działań nadmiarowych (np. znacznych wzmocnień) a także, aby decyzje podejmowane były odpowiednio szybko, celem unikania pogłębienia zniszczeń, co w konsekwencji może prowadzić do katastrof. W monografii [1], w rozdziale 9. *Podsumowanie*, sformułowano **17 szczegółowych wniosków, które wynikają z własnych badań i stanowią istotny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport**. Przedstawiono w tej pracy również autorski schemat badań konstrukcji historycznych zawierających zarysowania i deformacje (rys. 43).



Rys. 43 Schemat blokowy przedstawiający algorytm postępowania przy analizie obiektów zabytkowych posiadających zarysowania i deformacje układu konstrukcyjnego [1]

Przedstawione osiągnięcia naukowe zawarto zarówno w monografii jak i w dwóch cyklach artykułów naukowych, a wzajemne powiązanie poszczególnych rozdziałów monografii i pozostałych publikacji przedstawiono na poniższym schemacie (rys. 44).



Rys. 44 Schemat powiązania osiągnięć naukowych z publikacjami wykazanymi w autoreferacie (symbolami r.4, r.5, r.6 itd. oznaczono rozdziały w monografii)

Monografię [1] umieszczono w centralnej części schematu, gdyż łączy ona zagadnienia dla obu osiągnięć wraz z ich transformacją na aplikacje konserwatorskie. Stanowi syntezę obu osiągnięć naukowych i wnosi wartość dodaną do wspólnego myślenia o architekturze i konstrukcji obiektów historycznych. Dopełnieniem monografii są dwa cykle artykułów oraz projekty konstrukcyjne wykazane w załączniku nr 4 (punkt III.5), gdyż w ramach działań inżynierskich wdrożono wyniki analiz naukowych w dobór rozwiązań naprawczych i wzmacniających.

Poniżej przedstawiono podsumowanie obu osiągnięć:

Osiągnięcie nr 1

Identyfikacja znaczenia korelacji między złożonym układem zarysowania a globalną deformacją w ocenie stanu bezpieczeństwa konstrukcji historycznych, tj. w szczególności:

- 1) odtworzenie mechanizmu zniszczenia przed katastrofą murowanej wieży kościelnej,
- 2) opracowanie założeń do wyników symulacji numerycznych dwóch kopuł murowanych z uwzględnieniem analizy dostępnych danych historycznych dotyczących pierwotnych układów zarysowania wraz ze sformułowaniem wniosków z analiz,
- 3) opracowanie założeń i danych do analiz filarów ceglanych zawierających deformacji giętne, skrętne i giętno – skrętne dla celów analiz numerycznych określających wyężenie filarów dla metody rys rozmytych wraz z opracowaniem wniosków końcowych w kontekście redukcji nośności przy założonych parametrach imperfekcji i deformacji,
- 4) analiza mechanizmu zniszczenia i morfologii zarysowań swobodnych ścian zamku po usunięciu podpór pośrednich w stanie przed katastrofą na bazie analizy porównawczej wyników skanowania laserowego w różnych okresach, wraz ze wskazaniem spękań newralgicznych
- 5) identyfikacja układu spękań sklepień mogących świadczyć o wychyleniu ścian wraz z powiązaniem stanu zachowania obiektu z warunkami gruntowo – wodnymi,
- 6) opracowanie metody analizy deformacji sklepień z naniesionym układem zarysowań w kontekście identyfikacji przekrojów krytycznych dla powstania przegubów plastycznych, w oparciu o mapę współrzędnych punktów sklepienia w odniesieniu do płaszczyzny referencyjnej,
- 7) opracowanie metody polegającej na zamianie złożonego układu zarysowań sklepień w obiektach wielonawowych i wielotraktowych na wyidealizowane układy globalne i wnioskowanie na tej podstawie na temat przyczyn uszkodzeń i zakres koniecznych napraw i wzmocnień,
- 8) identyfikacja znaczenia symetrii i asymetrii spękań oraz deformacji w analizie stanu bezpieczeństwa konstrukcji.

Przedstawione w tym osiągnięciu przykłady badań i metodologie mogą stanowić podstawę do innych działań w obszarze oryginalnych prac konserwatorskich i wzmacniających w obiektach historycznych.

Osiągnięcie nr 2

Powiązanie rezultatów badań architektonicznych z analizą konstrukcyjną i diagnostyką obiektów historycznych, tj. w szczególności:

- 1) identyfikacja deformacji i zarysowań w murach kamiennych, które wynikają z historycznych procesów budowy murów miejskich i nie stanowią bezpośredniego zagrożenia bezpieczeństwa konstrukcji,
- 2) opracowanie metodyki analizy wyników badań architektonicznych w kontekście identyfikacji zarysowań, które nie wymagają wzmocnień konstrukcyjnych, lecz są wynikiem naturalnych procesów powstawania dylatacji wynikających z chronologii powstawania obiektów,
- 3) wykazanie ścisłego związku pomiędzy występowaniem wtórnych zarysowań i deformacji części konstrukcji obiektu na skutek zmniejszenia sztywności, a faktem wcześniejszego przekształcenia obiektów gotyckich w zakresie usuwania części jego przypór zewnętrznych przy konieczności rozbudowy obiektów o dodatkowe nawy i kaplice, wraz z identyfikacją celu stosowania wtórnych ściąągów drewnianych i stalowych,
- 4) opracowanie założeń do korelacji wyników badań georadarowych z badaniami architektonicznymi wraz z opracowaniem wniosków z przeprowadzonej analizy.

Przedstawione w tym osiągnięciu analizy podkreślają wagę powiązań badań architektonicznych i konstrukcyjnych w obszarze wyboru prac konserwatorskich i wzmacniających na obiektach historycznych.

5. Informacja o istotnej aktywności naukowej albo artystycznej

Rozdział dotyczy istotnej aktywności naukowej lub artystycznej realizowanej w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej, o których mowa w art. 219 ust. 1 pkt. 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571 z późn. zm.).

5.1. Instytut Badawczy CNR

Nazwa jednostki: Consiglio Nazionale delle Ricerche

(Instytut Badawczy CNR)

Adres: ul. Mikołaja Kopernika 36/40,
00 – 924 Warszawa



Rodzaj instytucji: instytucja naukowa

W latach 2018 – 2021 w ramach międzynarodowego grantu InnovaConcrete (*Innovative materials and techniques for the conservation of 20th century concrete – based cultural heritage*, numer projektu europejskiego: 760858) jako koordynator z ramienia Politechniki Wrocławskiej prowadziłem badania naukowe dotyczące naprawy i konserwacji historycznych obiektów betonowych i żelbetowych (umowa PWR nr: 93/P/2018 z 1.04.2018 r.). Projekt był realizowany w ramach programu Komisji Europejskiej Horyzont 2020 pod kierunkiem Uniwersytetu w Kadyksie z Hiszpani (koordynatorem była prof. Maria Mosquera) wraz z pozostałymi 28 partnerami z całego świata, w tym: Instytut Badawczy CNR (Włochy), Uniwersytet w Mainz (Niemcy), Uniwersytet Kreteński (Grecja), Politechnika w Delft (Holandia), Uniwersytet Łódzki, ICOMOS i inni. Celem projektu było opracowanie innowacyjnych metod naprawy i konserwacji historycznych obiektów betonowych i żelbetowych.

Jednym z etapów współpracy był udział w wyjeździe naukowym do siedziby Instytut CNR w Rzymie w lutym 2019 roku celem opracowania zakresu i szczegółów wspólnych metod badań naukowych, które następnie przeprowadzono na Hali Stulecia (załącznik Z6-1). W ramach współpracy zorganizowano również konferencję naukową we Wrocławiu w 2019 roku, gdzie byłem przewodniczącym Komitetu Naukowego i Organizacyjnego (rys. 45, rys. 46).



Rys. 45 Fotografia wykonana w trakcie badań betonu historycznego na Hali Stulecia (2018 rok)



Rys. 46 Fotografia z konferencji Naukowej z Wrocławia (2019)

Wyniki współpracy naukowo – badawczej opublikowano w czasopiśmie z listy filadelfijskiej w ramach pracy: Cristiano Riminesi, Oana Cuzman, Mateusz Moczko, **Krzysztof Raszczuk**: *Comparative interpretation of results after application of different non-destructive and portable techniques on historic concrete in the Centennial Hall in Wrocław, Case Studies in Construction Materials*. 2022, vol. 17, s. 1-10.

Potwierdzenie aktywności: wskazana wyżej publikacja naukowa oraz załącznik nr Z6-1 do autoreferatu

5.2. Narodowy Instytut Dziedzictwa

Nazwa jednostki: Narodowy Instytut Dziedzictwa

Adres: ul. Mikołaja Kopernika 36/40,
00 – 924 Warszawa



Rodzaj instytucji: instytucja kultury

Współpraca naukowo – badawcza związana z obiektami zabytkowymi jest realizowana głównie z inicjatywy Narodowego Instytutu Dziedzictwa. Głównym efektem tej współpracy jest opracowanie monografii (w koedycji z Oficyną Wydawniczą Politechniki Wrocławskiej) pod nazwą: „*Historyczne konstrukcje murowe. Ocena zagrożeń bezpieczeństwa*” wydaną w 2025 roku. Oprócz monografii współpraca naukowa dotyczyła również wygłoszenia referatów na zaproszenie NID w Mierzęcinie w 2024 roku, w ramach dwóch warsztatów ciesielskich z Grabiszycach Dolnych w 2025 roku oraz w ramach Dni Architektury Drewnianej w Krakowie w 2025 roku (rys. 47).



Rys. 47 Wykład w ramach Dni Architektury Drewnianej w Krakowie w 2025 roku

Ponadto współpraca stała dotyczy pełnienia funkcji recenzenta w czasopiśmie „Renowacja i zabytki”.

Potwierdzenie aktywności: wskazana monografia oraz załącznik Z6-2 do autoreferatu

5.3. Pozostałe instytucje

Współpraca naukowo – badawcza z różnymi instytucjami krajowymi i zagranicznymi (uczelnie, instytucje naukowe i instytucje kultury) jest stała od wielu lat. Poniżej (tabela 5) przedstawiono zbiorczą listę instytucji, a w dalszej części szczegółowo opisano aktywności.

Tabela 5 Zestawienie aktywności naukowej w poszczególnych instytucjach

Lp.	Nazwa i adres jednostki	Rodzaj instytucji
1	Muzeum Archeologiczne Środkowego Nadodrza w Zielonej Górze ul. Długa 27, 66 – 008 Świdnica	instytucja kultury
2	Muzeum Gross – Rosen w Rogoźnicy ul. Szarych Szeregów 9, 58 – 304 Wałbrzych	instytucja kultury
3	Narodowy Instytut Polskiego Dziedzictwa Kulturowego za Granicą Polonika ul. Madalińskiego 101, 02 – 549 Warszawa	instytucja kultury
4	Uniwersytet w Perugii (<i>Universita degli Studi di Perugia</i>) Piazza dell'Università, 1 – 06123 Perugia, Włochy	uczelnia wyższa
5	Uniwersytet w Padwie (<i>Universita degli Studi di Padova</i>) Via 8 Febbraio, 2, 35122 Padova, Włochy	uczelnia wyższa
6	Instytut Badawczy IETcc (<i>Instituto de Ciencias de la Construction</i>) Serrano Galvace, 4 Madrid, 28033, Hiszpania	instytucja naukowa
7	Politechnika Kreteńska (<i>Polytechnio Kritis</i>) Akrotiri Campus, Chania 731 00, Grecja	uczelnia wyższa
8	Uniwersytet w Lyon (<i>Ecole nationale des travaux publics de l'Etat</i>) 3 rue Maurice Audin – 69518 Vaulx – en – Velin Cedex, Francja	uczelnia wyższa
9	Uniwersytet w Rzymie (<i>Universita degli Studi di Roma „La Sapienza”</i>) Piazzale Aldo Moro 5, 00185 Roma, Włochy	uczelnia wyższa
10	Politechnika Mediolańska (<i>Politecnico di Milano</i>), Via Giuseppe Ponzio, 31 – 20133 Milano, Włochy	uczelnia wyższa
11	Uniwersytet w Splicie (<i>Sveuciliste u Splitu</i>) Livanjska 5, 21000 Split, Chorwacja	uczelnia wyższa
12	Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu ul. Gagarina 11, 87 – 100 Toruń	uczelnia wyższa
13	Uniwersytet w Zilinie (<i>Zilinska Univerzita v Zilinie</i>) Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Słowacja	uczelnia wyższa
14	Uniwersytet w Bologni (<i>Università di Bologna</i>) Via Zamboni 33, Bolonia, Włochy	uczelnia wyższa
15	Muzeum Piastów Śląskich w Brzegu plac Zamkowy 1, 49 – 300 Brzeg	instytucja kultury
16	Muzeum Pałac Saski w Kutnie adres: pl. Marszałka Józefa Piłsudskiego 20, 99 – 300 Kutno	instytucja kultury
17	Politechnika Krakowska, Wydział Architektury adres: ul. Podchorążych 1, 30 – 084 Kraków	uczelnia wyższa

Szczegółowy opis aktywności naukowej:

Ad. 1) Muzeum Archeologiczne Środkowego Nadodrza w Zielonej Górze

Współpraca naukowo – badawcza w latach obejmowała między innymi analizy konstrukcyjne konstrukcji murowanych i drewnianych z uwzględnieniem aspektów interdyscyplinarnych: architektonicznych, archeologicznych, historycznych i konserwatorskich. Efekty dotychczasowej współpracy naukowo – badawczej opublikowano w czasopiśmie z listy filadelfijskiej w ramach

pracy: Andrzej Legendziewicz, **Krzysztof Raszczuk**, Arkadiusz Michalak: *Municipal defensive walls in Western Poland: the example of Żagań. International Journal of Architectural Heritage*. 2024, s. 1-15, a także w ramach Krzysztof Raszczuk, Jan Raszczuk, Karol Błaszczuk, Andrzej Legendziewicz: *Interdyscyplinarne rozpoznanie zabytku na przykładzie badań byłego ratusza w Żaganiu*, Lubuskie Materiały Konserwatorskie (2022, t.19), gdzie uwzględniono wyniki badań konstrukcyjnych i archeologicznych.

Potwierdzenie aktywności: wskazane wyżej publikacje naukowe oraz załącznik nr Z6-3 do autoreferatu

Ad. 2) Muzeum Gross – Rosen w Rogoźnicy

We współpracy z Muzeum Gross – Rosen przeprowadzono prace badawcze słupów ogrodzeniowych na terenie dawnego Niemieckiego Nazistowskiego Obozu Koncentracyjnego i Zakładów w Rogoźnicy. Efektem tych działań był rozdział w rozprawie doktorskiej dra inż. Mateusza Moczko na temat konserwacji betonu historycznego, przy pełnionej funkcji promotora pomocniczego.

Potwierdzenie aktywności: wskazana praca doktorska oraz załącznik Z6-4 do Autoreferatu

Ad. 3) Narodowy Instytut Polskiego Dziedzictwa Kulturowego za Granicą Polonika

Badania i analizy konstrukcji obiektów zabytkowych na Ukrainie w latach 2019 – 2025. Przedmiotem badań były następujące obiekty: kaplica Sieniawskich w Brzeżanach, Archiwum Państwowe we Lwowie, Muzeum Historii Religii we Lwowie, kościół w Drohobyczu oraz kościół w Brzozdowcach. Wyniki badań uwzględniono w monografii.

Potwierdzenie aktywności: załącznik Z6-5 do Autoreferatu oraz monografia

Ad. 4) Uniwersytet w Perugii (Włochy)

W ramach współpracy z Uniwersytetem w Perugii, w szczególności z prof. Antonio Borri, prof. Marco Corradi (obecnie Uniwersytet Huddersfield, Wielka Brytania)), prof. Emanuela Speranzini oraz dr Giulio Castorim, został zorganizowany w 2012 roku kilkudniowy wyjazd naukowy do laboratorium w Terni wraz z wymianą doświadczeń naukowo – badawczych. Ponadto w 2018 roku został zorganizowany przyjazd prof. Speranzini, celem przeprowadzenia wykładu na Wydziale Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej jako profesor wizytującej. Temat wykładu dotyczył wzmacniania obiektów zabytkowych.

Potwierdzenie aktywności: delegacja potwierdzająca realizację wyjazdu w archiwum WBLiW PW

Ad. 5) Uniwersytet w Padwie (Włochy)

W ramach współpracy z Uniwersytetem w Padwie, w szczególności z prof. Claudio Modeną oraz prof. Maria Rosa Valuzzi został zorganizowany w 2013 roku kilkudniowy wyjazd naukowy do laboratorium w Padwie wraz z wymianą doświadczeń naukowo – badawczych. W ramach wyjazdu zapoznano się z systemem monitoringu historycznego stadionu w Veronie (*Roman Arena of Verona*).

Potwierdzenie aktywności: delegacja potwierdzająca realizację wyjazdu w archiwum WBLiW PWR

Ad. 6) Instytut Badawczy IETcc w Madrycie (Hiszpania)

W 2018 roku w ramach projektu InnovaConcrete (szczegółowo opisanego w punkcie 5.1 dotyczącym współpracy z CNR) został zrealizowany kilkudniowy wyjazd naukowy do Instytutu Badawczego IETcc celem zapoznania się z możliwościami laboratorium badawczego Torroja Institute oraz przedstawieniem dotychczasowych rezultatów badań naukowych dotyczących Hali Stulecia we Wrocławiu. Współpraca z prof. Maria Teresa Blanco Varela dotyczyła opracowania metod konserwacji betonu historycznego, w zakresie przygotowania tzw. próbek mock – up.

Potwierdzenie aktywności: delegacja potwierdzająca realizację wyjazdu w archiwum WBLiW PWR

Ad. 7) Politechnika Kreteńska w Chanii, (Grecja)

W 2020 roku w ramach projektu InnovaConcrete (szczegółowo opisanego w podpunkcie 1 dotyczącym współpracy z CNR) został zrealizowany kilkudniowy wyjazd naukowy na Uniwersytet Kreteński celem omówienia dotychczasowych wyników prac nad grantem europejskim. Współpraca z prof. Noni Pagona Maravelaki dotyczyła możliwości zastosowania konsolidantów typu TUC, w konserwacji betonu historycznego na Hali Stulecia we Wrocławiu.

Potwierdzenie aktywności: delegacja potwierdzająca realizację wyjazdu w archiwum WBLiW PWR

Ad. 8) Uniwersytet w Lyon (Francja)

W 2025 roku, z inicjatywy prof. Alireza Ture Savadkoohi (Uniwersytet w Lyon) przy udziale prof. Francesco Romeo (Uniwersytet w Rzymie) nawiązano współpracę naukową w ramach możliwości wykorzystania platformy BIM Revit przy monitorowaniu drgań historycznej hali sportowej Palazzetto dello Sport w Rzymie. Pierwszym etapem współpracy było wsparcie w ramach pracy magisterskiej studentki z Lyon, Pani Maud Leduc – Luczak, której obrona pracy miała miejsce 28 sierpnia 2025 roku, a w której byłem ekspertem jury.

Potwierdzenie aktywności: załącznik Z6-6 do Autoreferatu

Ad. 9) Uniwersytet w Rzymie (Włochy)

W 2024 roku z inicjatywy prof. Francesco Romeo został utworzony zespół naukowy opracowujący wniosek o grant europejski w ramach programu Horyzont, pod nazwą: FUNDAMENTA EUROPEA

– *Repowering Moden European Built Heritage For Sustainability and Belonging*. W ramach pracy nad wnioskiem odbyły się liczne spotkania on – line z przedstawicielami 23 instytucji, w tym Uniwersytet w Leuven, Uniwersytet w Madrycie, Politechnika Śląska czy organizacja UNESCO, celem wypracowania programu badań naukowych dotyczących zachowania dziedzictwa modernizmu europejskiego z uwzględnieniem procesów digitalizacji, w tym technologii BIM.

Potwierdzenie aktywności: potwierdzenie na portalu Funding & Tenders Komisji Europejskiej

Ad. 10) Politechnika Mediolańska (Włochy)

W 2025 roku, z inicjatywy dr Stefani Landi (Politechnika Mediolańska) i dr Cristiano Riminesi (CNR) został utworzony zespół naukowy opracowujący wniosek o grant europejski w ramach programu Horyzont, pod nazwą: *CONCLIMATE– Digitization and monitoring of concreto heriage in changing climates and environments*. W ramach pracy nad wnioskiem odbyły się liczne spotkania on – line z przedstawicielami 14 instytucji, w tym Uniwersytet Porto, Luxemburski Instytut Nauki i Techniki, Uniwersytet w Delft czy Fundacja Le Corbusiera, celem wypracowania programu badań naukowych dotyczących ochrony dziedzictwa modernizmu w zmieniającym się klimacie i środowisku.

Potwierdzenie aktywności: potwierdzenie na portalu Funding & Tenders Komisji Europejskiej

Ad. 11) Uniwersytet w Splicie (Chorwacja)

W 2014 roku w ramach kilkudniowego wyjazdu naukowego została nawiązana współpraca naukowo – badawcza z Uniwersytetem w Splicie, reprezentowanym przez prof. Alena Harapina. W ramach wyjazdu miały miejsce wizyty w laboratorium celem wymiany doświadczeń w zakresie badań laboratoryjnych historycznych konstrukcji murowych, w tym możliwości wykorzystania zaawansowanych stanowisk badawczych do badań dynamicznych (sejsmicznych) wpływów na konstrukcje murowe z prezentacją stanowiska typu „*shaking table*”. W trakcie wyjazdu przygotowano wystąpienie dotyczące badań naukowych historycznych pierścieni ceglanych, realizowanych w ramach rozprawy doktorskiej¹⁰.

Potwierdzenie aktywności: delegacja potwierdzająca realizację wyjazdu w archiwum WBLiW PW

Ad. 12) Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Aktywność naukowo – badawcza obejmuje badania konstrukcyjne obiektów zabytkowych z uwzględnieniem współpracy interdyscyplinarnej w dziedzinie konstrukcji, architektury i konserwacji zabytków. Z inicjatywy UMK w Toruniu przeprowadzono badania konstrukcyjne Pałacu w Łłowej (współpraca z prof. Joanną Kucharzewską oraz prof. Piotrem Niemcewiczem)

¹⁰ Krzysztof Raszczuk, *Efektywność wzmacniania historycznych pierścieni ceglanych*, rozprawa doktorska, Politechnika Wrocławska, raport serii PRE, 2016

oraz Katedry w Chełmży (współpraca z prof. Maciejem Praratem). Efektem współpracy jest przedstawienie wyników badań w monografii oraz publikacji: Maciej Prarat, Peter Krusinsky, Krzysztof Raszczuk, Krzysztof Wroński: *Correlation of Architectural, Metrological and Structural Analysis: The Case of the 13th – Century Cathedral in Chełmża (Northern Poland)*, zaprezentowana w ramach konferencji SAHC (*Structural Analysis of Historical Constructions*), Lozannie (Szwajcaria) w 2025 roku.

Potwierdzenie aktywności: monografia i wskazana publikacja

Ad. 13) Uniwersytet w Zilinie (Zilinska Univerzita V Zilinie)

Aktywność naukowo – badawcza obejmuje interdyscyplinarną współpracę w zakresie łączenia dziedzin inżynierii lądowej oraz metrologii a analizie obiektów historycznych. Efektem współpracy jest przedstawienie wyników badań w publikacji: Maciej Prarat, Peter Krusinsky, Krzysztof Raszczuk, Krzysztof Wroński: *Correlation of Architectural, Metrological and Structural Analysis: The Case of the 13th – Century Cathedral in Chełmża (Northern Poland)*, zaprezentowana w ramach konferencji SAHC (*Structural Analysis of Historical Constructions*), Lozannie (Szwajcaria) w 2025 roku.

Potwierdzenie aktywności: wskazana publikacja

Ad. 14) Uniwersytet w Bologni (Włochy)

Aktywność naukowo – badawcza obejmowała wspólne analizy dotyczące przyczyn katastrof wież w Polsce i we Włoszech. Efektem współpracy jest przedstawienie wyników badań w monografii oraz publikacji: Jerzy Jasieńko, Angelo di Tomasso, Łukasz Bednarz, Susanna Casacci, Krzysztof Raszczuk: *Comparative analysis of collapsing towers in Poland and Italy: different cause, similar problems*, Wiadomości Konserwatorskie - Journal of Heritage Conservation, 2015, nr 43.

Potwierdzenie aktywności: monografia i wskazana publikacja

Ad. 15) Muzeum Piastów Śląskich w Brzegu

Z inicjatywy Muzeum Piastów Śląskich (dr Andrzej Peszko) przeprowadzono badania georadarowe w budynku dawnego Muzeum Piastów Śląskich w Brzegu. Celem badań było skorelowanie wyników badań architektonicznych z metodami nieniszczącymi w ramach diagnostyki obrazowej. Efekty badań przedstawiono w pracy Piotr Frąckiewicz, Krzysztof Raszczuk, Jerzy Jasieńko: *Identification of alterations in the structure of historical masonry walls using the GPR method accompanied with architectural survey in the former Piast Gymnasium in Brzeg*, CEER 2024; 34 (4): 0032 – 0042 oraz w rozprawie doktorskiej Piotra Frąckiewicza, gdzie pełniłem funkcję promotora pomocniczego.

Potwierdzenie aktywności: wskazana publikacja oraz rozprawa doktorska

Ad. 16) Muzeum Regionalne w Kutnie

W 2017 roku przeprowadzono z inicjatywy Muzeum Regionalnego w Kutnie (dr Piotr Stasiak) badania pałacu saskiego dotyczące konstrukcji obiektu. W ramach współpracy zostały również zaprezentowane wyniki analiz w ramach publicznego seminarium, w ramach którego przeprowadzono interdyscyplinarną dyskusję naukową na temat wyników badań konstrukcyjnych z uwzględnieniem badań architektonicznych prowadzonych przez prof. Ulricha Schaafa z Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu.

Potwierdzenie aktywności: załącznik Z6-7 do Autoreferatu

Ad. 17) Politechnika Krakowska, Wydział Architektury

W 2021 nawiązano współpracę naukowo – badawczą z profesorem Andrzejem Kadłuczka z Wydziału Architektury Politechniki Krakowskiej celem wymiany doświadczeń w zakresie technik wznoszenia filarów ceglanych w konstrukcjach gotyckich kościołów. Efektem współpracy była publikacja: Dawid Wójcik, **Krzysztof Raszczuk**, Jerzy Jasieńko, Andrzej Kadłuczka: *Theoretical analysis of static behavior of masonry pillars with geometric imperfections*, Wiadomości Konserwatorskie = Journal of Heritage Conservation. 2021, vol. 68S, s. 72-82

Potwierdzenie aktywności: wskazana publikacja

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.

6.1. Osiągnięcia dydaktyczne

Głównym osiągnięciem dydaktycznym w ostatnich latach było prowadzenie trzech przewodów doktorskich w roli promotora pomocniczego, (tabela 6). Tematyka wszystkich przewodów doktorskich dotyczyła obiektów historycznych, a promotorem był prof. dr hab. inż. Jerzy Jasieńko. Głównym zadaniem było sprawowanie opieki naukowej nad przewodami doktorskimi, określenie zakresu badań i metodyki badawczej, zainicjowanie współpracy interdyscyplinarnej oraz umożliwienie badań na obiektach rzeczywistych.

Tabela 6 Zestawienie przewodów doktorskich z funkcją promotora pomocniczego

Imię i nazwisko doktoranta	Tytuł pracy doktorskiej	Okres
Piotr Frąckiewicz	Badania georadarowe zabytkowych konstrukcji murowych	od 7.11.2023 do 28.05.2026 (planowana obrona)
Mateusz Moczko	Diagnostyka i wybrane metody konserwacji historycznych konstrukcji betonowych	od 27.06.2018 do 20.11.2024
Dawid Wójcik	Praca statyczna historycznych filarów murowych wzmacnianych w spoinach wspornych przy użyciu cięgien	od 27.06.2018 do 10.05.2023

W wyniku współpracy naukowej z doktorantami powstały publikacje, które łączyły zagadnienia z przewodów doktorskich z tematyką spoza tego zakresu, co miało również wpływ na osiągnięcia naukowe opisane w pkt. 4.

Działalność dydaktyczna realizowana na Wydziale Budownictwa Lądowego i Wodnego oraz na Wydziale Architektury Politechniki Wrocławskiej jest ukierunkowana na przedmioty ściśle związane z pracą naukową, (tabela 7).

Tabela 7 Zestawienie prowadzonych przedmiotów

Przedmiot	Uwagi*
Recent research trends in civil engineering and transport	III stopień / język angielski / W
Conservation and strengthening of monumental heritage structures	II stopień / język angielski / W + P
Timber structures	II stopień / język angielski / W + P
Individual project	II stopień / język angielski / P
Naprawa, wzmacnianie i konserwacja konstrukcji historycznych	II stopień / Wydział Architektury / W
Trwałość i ochrona budowli	II stopień / W + S
Awarie i naprawy obiektów budownictwa ogólnego	II stopień / W + S
Materiały budowlane	I stopień / L
Technologia betonów i zapraw	I stopień / L

*W – wykład, P – projekt, L – laboratorium, S – seminarium

Prowadzono łącznie 13 kursów w formie wykładów, projektów, laboratoriów i seminariów. Przekazywana wiedza była stale wzbogacana o przykłady współczesnych rozwiązań projektowych stosowanych w budownictwie w oparciu o doświadczenia własne, a w przypadku przedmiotu „Materiały Budowlane” – również w oparciu o wiedzę z zakresu architektury. W ramach działalności dydaktycznej prowadzono nauczanie oparte o aktualny stan wiedzy, którego źródłem były przede wszystkim publikacje naukowe oraz normy i współczesne pozycje książkowe. W szczególności stałego uaktualniania stanu wiedzy wymagały przedmioty dotyczące naprawy i konserwacji konstrukcyjnej obiektów zabytkowych (zarówno w języku polskim jak i angielskim).

W zajęciach w języku angielskim pod nazwą „*Individual projects*” udział biorą przede wszystkim studenci zagraniczni. W ramach tego przedmiotu każdorazowo przygotowywano temat projektowy bazujący na obiekcie zabytkowym występującym w kraju pochodzenia studenta. Wymagało to zebrania odpowiednich danych technicznych na temat obiektów oraz często dodatkowych konsultacji, z wykładowcami z Wydziału Architektury. Podobnie, w ramach przedmiotu w języku angielskim: „*Conservation and strengthening of monumental heritage structures*” w każdym semestrze kładziono nacisk na indywidualne dobranie tematów

projektowych oraz przekazywanie wiedzy na wykładzie w oparciu o przykłady z kraju pochodzenia studentów.

W okresie pracy zdalnej w pandemii COVID (2020 rok) zostało przygotowanych wiele konspektów do zajęć dydaktycznych, które były udostępniane studentom w programie MS Teams. Potwierdzeniem jakości konspektów i prowadzonych zajęć były pozytywne opinie i komentarze przekazywane w ramach Narady Posesyjnej zorganizowanej przez Samorząd Studencki WBLiW.

W ramach zajęć z przedmiotu *“Conservation and strengthening of monumental heritage structures”* zorganizowano dla studentów wycieczkę do Hali Stulecia oraz Pawilonu Czterech Kopuł celem przedstawienia problematyki konserwacji i wzmacniania obiektów zabytkowych na przykładzie obiektu z listy UNESCO. Ponadto w ramach wykładu na Wydziale Architektury zorganizowana została wycieczka do Auli Leopoldina na Uniwersytecie Wrocławskim celem przedstawienia metod wzmacniania stropów drewnianych w trakcie realizacji inwestycji. W związku z pełnieniem funkcji koordynatora kursu: *„Conservation and strengthening of monumental heritage structures”*, jest stale opracowywana i uaktualniana karta przedmiotu zawierająca program, oczekiwane efekty kształcenia oraz literaturę do przedmiotu. W ramach dodatkowych form pracy na rzecz dydaktyki, prowadzono liczne konsultacje dla dyplomantów z Wydziału Architektury w zakresie doboru rozwiązań konstrukcyjnych w projektach architektonicznych.

Od momentu uzyskania stopnia doktora nauki technicznych byłem opiekunem prac dyplomowych (inżynierskich i magisterskich) w tematyce poświęconej ochronie zabytków, (tabela 8), a w latach 2020 – 2026 byłem recenzentem 8 prac inżynierskich i magisterskich.

Tabela 8 Zestawienie prac dyplomowych z pełnieniem funkcji opiekuna

Dyplomant / Dyplomantka	Tytuł pracy	Rok obrony
Magdalena Mioskowska	Wykorzystanie BIM przy wzmacnianiu i rekonstrukcji obiektów zabytkowych	w trakcie
Joanna Bukalska	Uwarunkowanie technologiczne przy rekonstrukcji sklepień w obiektach zabytkowych	2026
Julita Lemke	Wpływ badań architektonicznych na dobór rozwiązań konstrukcyjnych we wzmacnianiu obiektów zabytkowych	2024
Vanessa Ozgowicz	Dobór technologii wzmacniania fundamentów na podstawie analizy zarysowania obiektów zabytkowych	2023
Jakub Grochowski	Dobór technologii wzmacniania fundamentów na podstawie analizy zarysowania obiektów zabytkowych	2021
Mateusz Mielnik	Projekt wzmocnienia zabytkowej fasady kamienicy	2020
Kacper Sobiepanek	The formal and structural analysis of selected domes in the world	2019
Anna Kołodziej	Projekt wzmocnienia konstrukcji wieży murowanej	2019
Bogumiła Gasiewicz	Projekt rozbudowy pałacu	2019

Paulina Andruszko	Zachowanie statyczne historycznych wież murowanych w aspekcie ich modernizacji i wzmocnienia	2019
Sebastian Gotkiewicz	Analiza pracy statycznej kopuły Panteonu w Rzymie	2018

6.2. Osiągnięcia organizacyjne

Za osiągnięcia organizacyjne należy uznać członkostwo w komitetach organizacyjnych cyklicznych konferencji naukowych o zasięgu krajowym i międzynarodowym, takich jak SAHC, SHATIS, REMO (szczegółowy wykaz w załączniku nr 4, pkt.II.3). Ponadto współuczestniczyłem w organizacji szkoły letniej Summer School of Architecture we Wrocławiu w 2019 roku. Byłem również głównym organizatorem międzynarodowej konferencji naukowej we Wrocławiu w 2019 roku, w ramach europejskiego grantu InnovaConcrete (opisanego wcześniej).

Aktywnie działam również w organizacjach zawodowych takich jak Izba Inżynierów, Izba Architektów czy Stowarzyszenie Konserwatorów Zabytków biorąc udział w walnych zgromadzeniach (szczegółowy wykaz w załączniku nr 4, pkt. II.5). W ramach działalności w Międzynarodowej Radzie Ochrony Zabytków ICOMOS, aktywnie uczestniczę w pracy dwóch zasadniczych komisji: międzynarodowego Komitetu Naukowego Analizy i Konserwacji Konstrukcji Zabytków Architektonicznych (ISCARSAH) oraz krajowej Komisji Drewna.

Od 2025 jestem opiekunem koła naukowego HICOM, działającego na Wydziale Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej. Studenckie koło naukowe zrzesza studentów zainteresowanych tematyką badań obiektów historycznych, a celem funkcjonowania koła ma być rozszerzenie zagadnień dydaktycznych występujących w programie studiów I-go i II-go stopnia o tematykę spoza tego zakresu. Pozostali opiekunowie koła naukowego to dr hab. inż. Łukasz Bednarz oraz mgr inż. Piotr Frąckiewicz.

6.3. Osiągnięcia popularyzujące naukę lub sztukę

Rezultaty prowadzonych badań naukowych były przedstawiane na licznych spotkaniach, szkoleniach i warsztatach popularyzujących ochronę zabytków. Głównym celem takich spotkań było rozpowszechnianie wiedzy na temat badań diagnostycznych i konserwacji konstrukcyjnej dla audytorium składającego się z inżynierów budownictwa, architektów, przedstawicieli Wojewódzkich i Powiatowych Urzędów Ochrony Zabytków, Powiatowych Konserwatorów Zabytków, środowisk konserwatorskich, przedstawicieli gmin i powiatów, uczniów szkół podstawowych, ponadpodstawowych i wyższych oraz lokalnej społeczności. Wykłady dotyczyły popularyzacji nauki oraz sztuki, która jest integralną częścią ochrony dziedzictwa kulturowego. Prezentowane wykłady realizowane były na zaproszenie instytucji organizujących dane wydarzenie, zgodnie z poniższym zestawieniem (tabela 9).

Tabela 9 Zestawienie wykładów popularyzujących naukę lub sztukę

Tytuł wykładu / nazwa wydarzenia	Organizator	Miejsce / Data
tytuł: PFU prac zabezpieczających na zamku w Świebodzinie wydarzenie: Rewaloryzacja Zamku w Świebodzinie	PKZ Świebodzin	Świebodzin 10.02.2026
tytuł: <i>Złącza konstrukcji drewnianych</i> wydarzenie: Dni Architektury Drewnianej	NID	Kraków 21.11.2025
tytuł: <i>Analizy konstrukcyjne w obiektach zabytkowych</i> wydarzenie: szkolenie dla pracowników LWKZ	LWKZ	Rokitno 21.08.2025
tytuł: <i>Wybrane zagadnienia analizy statycznej – wytrzymałościowej historycznych konstrukcji drewnianych</i> wydarzenie: „Szkół Ciesielskie NID”	NID	Grabiszycie Dolne 21.06.2025
tytuł: <i>Mury miejskie w aspekcie ich ochrony, badań i opracowywania dokumentacji projektowej</i> wydarzenie: warsztaty specjalistyczne dla pracowników jednostek samorządu terytorialnego i lokalnej społeczności	LWKZ	Koźuchów 10.06.2025
tytuł: <i>Technologia H-BIM w wielobranżowej pracy projektanta przy obiektach zabytkowych</i> wydarzenie: seminarium lokalne dotyczące zastosowania nowych technologii w ochronie dziedzictwa kulturowego	Fundacja Pałac Bojadła	Bojadła 17.12.2024
tytuł: <i>Analiza deformacji i badania architektoniczne jako podstawa doboru rozwiązań budowlano – konserwatorskich w historycznych obiektach o konstrukcji drewnianej</i> wydarzenie: „Konfrontacje konserwatorskie – architektura i budownictwo”	NID	Mierzęcin 4.12.2024
tytuł: Wykorzystanie BIM w pracy z obiektami zabytkowymi wydarzenie: „BIM Meetup Polska”	BIM Meetup Polska	Wrocław 7.03.2024
tytuł: Architektoniczne i konstrukcyjne modelowanie przestrzenne obiektów zabytkowych jako podstawa ich analizy i diagnostyki wydarzenie: „Badania polskich strat wojennych”	Muzeum w Żarach	Żary 10.12.2022
tytuł: Badania konstrukcji pałacu Saskiego w Kutnie wydarzenie: „Pałac w Kutnie w świetle nowych badań”	Muzeum Pałac Saski w Kutnie	Kutno 30.05.2017

7. Pozostałe informacje dotyczące kariery zawodowej

Praktyczną wiedzę z zakresu wzmacniania historycznych konstrukcji murowanych przy użyciu materiałów kompozytowych oraz konserwacji betonu historycznego wdrażam jako autor rozwiązań eksperckich i projektowych. Było to możliwe z uwagi na uzyskanie uprawnienia budowlane do projektowania obiektów budowlanych bez ograniczeń zarówno w branży konstrukcyjnej jak i architektonicznej oraz dodatkowe uprawnienia i funkcje dla organów państwowych, które umożliwiły realizację również działań naukowych, gdzie za największe wyróżnienie uważam pełnienie funkcji Rzecznawcy Ministra Kultury i Dziedzictwa Narodowego. Od 2025 jestem Przewodniczącym Rady przy Lubuskim Wojewódzkim Konserwatorze Zabytków w Zielonej Górze, (tabela 10).

Tabela 10 Zestawienie uprawnień i pełnionych funkcji dla organów państwowych wraz z rokiem nadania

Upewnienia i funkcje	Rok
Rzeczoznawca Ministra Kultury i Dziedzictwa Narodowego w zakresie opieki nad zabytkami (załącznik Z7-1)	2025
Przewodniczący Rady przy Lubuskim Wojewódzkim Konserwatorze Zabytków w Zielonej Górze	2025
Upewnienia do wykonywania badań architektonicznych	2022
Ustanowienie przez Prezesa Sądu Okręgowego w Zielonej Górze, biegłym sądowym z dziedziny budownictwa w zakresie napraw i wzmacniania obiektów zabytkowych	2014
Upewnienia Budowlane w specjalności architektonicznej do projektowania bez ograniczeń (załącznik Z7-5)	2014
Upewnienia Budowlane do projektowania i kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń w specjalności konstrukcyjno - budowlanej (załącznik Z7-4)	2013

Wyniki badań naukowych przekładały się na opracowanie wytycznych i dobór rozwiązań projektowych w realizacji wielu obiektów zabytkowych takich jak: Aula Leopoldina – wybitne dzieło śląskiego baroku, Pałac w Kamieńcu Ząbkowickim projektu Karla Friedricha Schinkla (Pomnik Historii), Pawilon Czterech Kopuł projektu Hansa Poelziga (na liście UNESCO wraz z Halą Stulecia), kościół w Świebodzinie projektu Alexisa Langer, Kaplica Zamkowa rodu Sieniawskich w Brzeżanach na Ukrainie, Klasztor w Skępem, Klasztor Magdalenek w Szprotawie (inwestycja będąca laureatem konkursu „Zabytek Zadbane” w 2020 roku), Fabryka Scheiblera w Łodzi, Dwór Sarny w Ścinawce Górnej, Pałac Saski w Kutnie, Zamek Książąt Pomorskich w Szczecinie, Pałac w Miłowicach projektu Bruno Mohringa, zamek książęcy w Krośnie Odrzańskim, kościół we Wschowie projektu Pompeo Ferrariego, zamek w Sobótce – Górze, Gimnazjum Piastowskie w Brzegu, Muzeum Papiernictwa w Dusznikach Zdrój (Pomnik Historii), klasztor Augustianów w Żaganiu (Pomnik Historii) i wiele innych. W załączniku nr 4, pkt III-5 przedstawiono pełne zestawienie dorobku zawodowego w tematyce ściśle związanej z osiągnięciami naukowymi. Łącznie przedstawiono ponad 160 pozycji (projektów, ekspertyz i badań), które dotyczą tylko obiektów historycznych.

W trakcie kariery zawodowej uzyskałem również nagrody związane z działalnością naukową i inżynierską zgodnie z poniższym wykazem, gdzie za najważniejsze wyróżnienie należy uznać Złotą Odznakę za Opiekę nad Zabytkami przyznaną przez Ministra Kultury i Dziedzictwa Narodowego oraz Nagrodę Ministra Infrastruktury za pracę dyplomową, (tabela 11).

Tabela 11 Zestawienie nagród związanych z działalnością naukową oraz zawodową

Nazwa nagrody	Okres
Złota Odznaka Ministra Kultury i Dziedzictwa Narodowego za opiekę nad zabytkami	2025
„Primus” – Nagroda Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa i Transport	2021-2025

Nagroda Przewodniczącego Miasta Sopotu, w kategorii zabytki za Najlepszą Sopocką Inwestycję 2021 r. – projekt adaptacji zabytkowego zespołu willowo – parkowego przy ul. Jakuba Goyki 1 w Sopocie na potrzeby biblioteki publicznej	2024
Wyróżnienie w kategorii budownictwo mieszkaniowe – wielorodzinne w konkursie Lubuski Mister Budowy	2022
„Secundus” – laureat Nagrody Politechniki Wrocławskiej w dyscyplinie inżynieria lądowa i transport	2022
Nagroda Rektora Politechniki Wrocławskiej za wyróżniający wkład w działalność naukową Politechniki Wrocławskiej	2014-2018
Nagroda Ministra Infrastruktury w konkursie na Najlepszą Pracę Dyplomową w dziedzinie budownictwa za rok 2008	2009

W ramach aktywności zawodowej brałem również udział w następujących szkoleniach, seminariach i warsztatach specjalistycznych, (tabela 12).

Tabela 12 Zestawienie szkoleń, seminariów i warsztatów specjalistycznych

Nazwa szkolenia, seminarium lub warsztatu specjalistycznego	Rok
Wykorzystanie chmury punktów w środowisku Autodesk AutCad2D i 3D (Budikom)	2025
Revit Structure (PROCAD)	2014
BIM Roadshow	2013
The concept of Eurocode7 for harmonized geotechnical design in Europe (Trevor Orr)	2010
Projektowanie konstrukcji stalowych wg Eurokodu 3	2008
Autodesk 3DS Max Level I	2007
Projektowanie konstrukcji stalowych z uwzględnieniem rezerwy plastycznej	2007
Błędy projektowania stalowych konstrukcji na tle katastrofy hali MTK	2016



Signed by /
Podpisano przez:

KRZYSZTOF
RASZCZUK

Date / Data: 2026-
05-26 08:08

(podpis wnioskodawcy)