

dr inż. Michał Marchacz^{1)*}

ORCID: 0000-0003-3275-1960

dr inż. Antonina Żaba²⁾

ORCID: 0000-0002-0096-4665

Model analysis of the church in Oborki taking into account its geometric and material parameters

Analiza modelu kościoła w Obórkach z uwzględnieniem parametrów geometrycznych i materiałowych

DOI: 10.15199/33.2025.10.13

Abstract. The paper presents the influence of the historical research carried out on the object on the possible directions for giving it a new function. Simulation studies of the acoustic parameters of the interior have made it possible to determine the impact of restoring the original emporium on the acoustic parameters of the building – the speech intelligibility index STI and clarity index C_{80} . The influence of filling the interior with listeners within the currently existing structure as well as the one modified by the formerly existing music choir was indicated. The study confirmed the good acoustic quality of the interior of St. Apostles Peter and Paul's Church in Oborki.

Keywords: reverberation time; room acoustics; historic wooden and brick church.

Throughout history, historic buildings have undergone changes to their original decor, furnishings, layout, and sometimes even their structure and materials. It would be good practice to ensure that the final state, as close as possible to the original, is adapted to the new function that the building is to serve. The article presents the impact of changes in the interior geometry caused by the addition of a wooden gallery, which was an original element of the Church of St. Peter and St. Paul in Oborki (Brzesko County, Opole Province) [1]. As a result of transferring the facility to a new administrator (the local community) and changing its functional purpose, preparatory work is underway. The new function envisages the use of the interior as a meeting place for the local community (lectures and musical performances). This requires the provision of appropriate acoustic parameters adapted to the type and volume of the interior and the manner of its use [1, 2]. The authors conducted a historical review of literary sources concerning the building. Based on historical materials, an acoustic model of the interior of this church was created, taking into account geometric and material changes related to the restoration of the choir loft. The article shows the impact of this intervention on the acoustic parameters of the interior. At the same time, it points to the advisability of conducting historical research in the process of revitalisation and change of function of buildings.

¹⁾ Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa

²⁾ Stowarzyszenie Konserwatorów Zabytków, Oddział Opole

^{*}) Correspondence address: michal.marchacz@polsl.pl

Streszczenie. W artykule zaprezentowano wpływ prowadzonych badań historycznych obiektu na możliwe kierunki nadania mu nowej funkcji użytkowej. Przeprowadzone badania symulacyjne dotyczące parametrów akustycznych wnętrza pozwoliły określić wpływ przywrócenia pierwotnie występującej we wnętrzu empory na parametry akustyczne obiektu – wskaźniki zrozumiałości mowy STI i klarowności C_{80} . Wskazano wpływ wypełnienia słuchaczami w obrębie obecnie istniejącej zabudowy wnętrza, jak i zmodyfikowanej o istniejący dawniej chór muzyczny. Prowadzone badania potwierdziły dobrą jakość akustyczną wnętrza kościoła Świętych Apostołów Piotra i Pawła w Obórkach.

Słowa kluczowe: czas pogłosu; akustyka wnętrz; zabytkowy kościół drewniano-murowany.

Na przestrzeni dziejów w zabytkowych obiektach budowlanych zmieniano pierwotny wystrój, wyposażenie, układ, a czasem konstrukcję i materiały, z których były wykonane. Dobrą praktyką byłoby, aby stan docelowy, możliwie bliski pierwotnemu, został dostosowany do nowej funkcji, którą obiekt ma pełnić. W artykule przedstawiono wpływ wprowadzenia zmian w geometrii wnętrza przez dodanie drewnianej empory, która stanowiła pierwotny element kościoła św. Apostołów Piotra i Pawła w Obórkach (pow. brzeski, woj. opolskie) [1]. W wyniku przekazania obiektu nowemu zarządcy (lokalnej społeczności) oraz zmiany jego funkcji użytkowej, prowadzone są prace przygotowawcze. Nowa funkcja przewiduje wykorzystanie wnętrza jako miejsca spotkań lokalnej społeczności (prelekcje słowne i odtworzenia muzyczne). Wymaga to zapewnienia odpowiednich parametrów akustycznych dostosowanych do rodzaju i kubatury wnętrza oraz sposobu jego wykorzystania [1, 2]. Autorzy przeprowadzili kwerendę historyczną źródeł literaturowych dotyczących obiektu. Na podstawie materiałów historycznych wykonano model akustyczny wnętrza tego kościoła z uwzględnieniem zmian geometrycznych i materiałowych związanych z przywróceniem chóru muzycznego. W artykule pokazano wpływ takiego zabiegu na parametry akustyczne wnętrza. Jednocześnie wskazano na celowość prowadzenia badań historycznych w procesie rewitalizacji i zmiany funkcji użytkowej obiektów budowlanych.

Historical researches

One of the activities undertaken by the authors was historical research of materials related to the building. The first mentions of the Roman Catholic church date back to the first half of the 14th century. In 1534, the building was taken over by Evangelicals and remained in their possession until 1945. Between 1945 and 1967, the building was located within the Roman Catholic parish in Przylesie and was not used for liturgical purposes. In 1967, a Polish Catholic parish was established in Obórki. Currently, no services are held there, and the costs of maintaining the building exceed the current owner's capabilities.

The church has been rebuilt, modernised and renovated many times. From the information contained in the building's green card [3], we know that in 1959 it was closed and in danger of collapsing. The first renovation and maintenance after World War II took place in the 1960s. The original Gothic altar was moved to the Museum of Silesian Piasts in Brzeg [4].

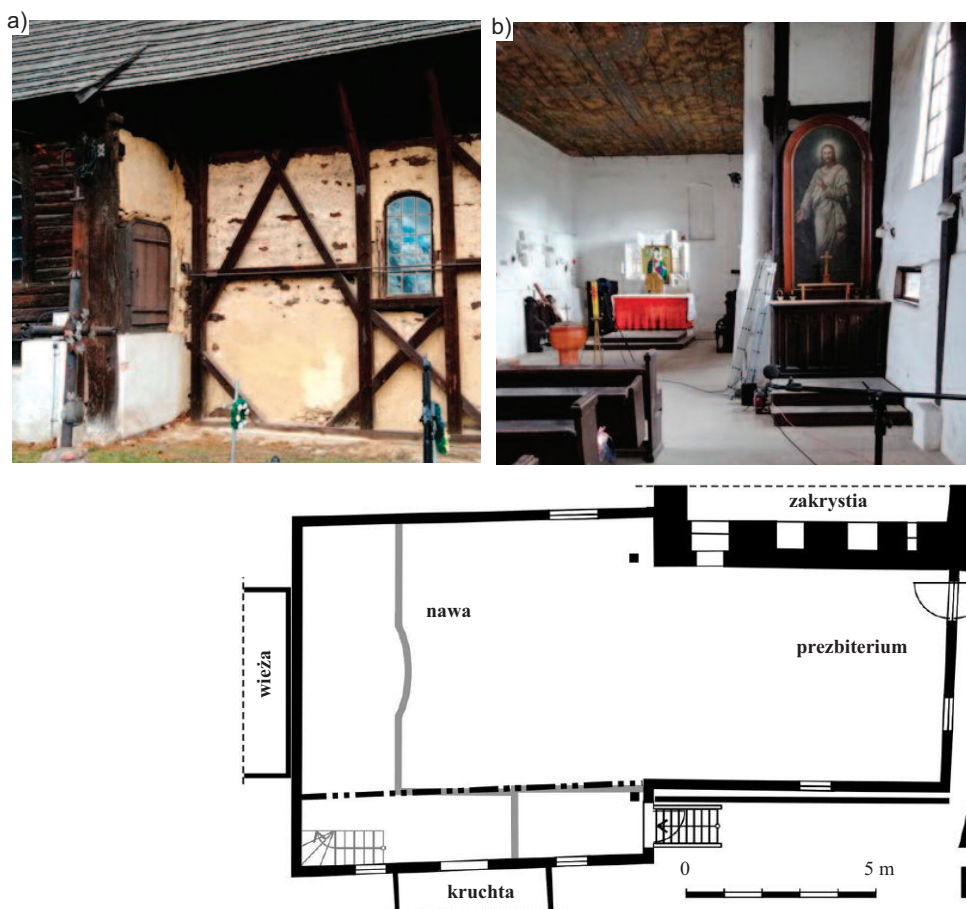
One of the interesting elements of the church is the wooden door located in the eastern wall (on the south side), which led to the gallery (photograph). The outline of the gallery is shown on the floor plan of the building included in the green card of the building. The high door led to the gallery (drawing 1). It has not survived to our times.

Badania historyczne

Jednym z działań podejmowanych przez autorów były badania historyczne materiałów związanych z obiektem. Pierwsze wzmianki o kościele rzymskokatolickim pochodzą z pierwszej połowy XIV w. W 1534 r. obiekt został przejęty przez ewangelików i pozostał w ich posiadaniu aż do 1945 r. W latach 1945–1967 obiekt znajdował się na terenie parafii rzymskokatolickiej w Przylesiu i nie był wykorzystywany do celów liturgicznych. W 1967 r. ustanowiona została w Obórkach parafia polskokatolicka. Obecnie nabożeństwa nie odbywają się, a koszty utrzymania obiektu przekraczają możliwości obecnego właściciela.

Kościół był wielokrotnie przebudowywany, modernizowany i remontowany. Z informacji zawartej w zielonej karcie obiektu [3] wiemy, że w 1959 r. był zamknięty i groził zawaleniem. Pierwszy remont i konserwację po II wojnie światowej przeprowadzono w latach 60. XX w. Oryginalny gotycki ołtarz przeniesiono do Muzeum Piastów Śląskich w Brzegu [4].

Jednym z ciekawych elementów kościoła są umiejscowione w ścianie wschodniej (od strony południa) drzwi drewniane, które prowadziły do empory (fotografia). Zarys empory uwidocznił na rzucie obiektu zamieszczonym w zielonej karcie obiektu. Wysoko umiejscowione drzwi prowadziły na emporę (rysunek 1). Nie zachowała się ona do naszych czasów.



Church of St. Peter and St. Paul the Apostles in Obórki: a) the entrance door (view from the outside) to the now defunct gallery that used to be located inside the nave of the church; b) the former entrance (view from the inside), now covered by a side altar Photo M. Marchacz
Kościół pw. Świętych Apostołów Piotra i Pawła w Obórkach: a) drzwi wejściowe (widok od zewnątrz) do nieistniejącej obecnie empory niegdyś znajdującej się wewnątrz nawy kościoła; b) zasłonięte obecnie ołtarzem bocznym dawne wejście (widok od wewnątrz)

Fot. M. Marchacz

Fig. 1. Diagram of the interior of the Church of St. Peter and St. Paul in Obórki. The grey line marks the outline of gallery built in the 18th century, and the dotted line marks the outline of the gallery used in the simulation

Fig. A. Żaba

Rys. 1. Schemat pomieszczeń kościoła pw. Świętych Apostołów Piotra i Pawła w Obórkach. Linia szarą oznaczono zarys empory, powstałej w XVIII w., a linią dwupunktową zarys empory przyjętej do symulacji

Rys. A. Żaba

Computer model of the object

The model of the church interior was created on the basis of an inventory carried out by the authors (Figure 2). The Odeon Acoustics programme was used. In order to calibrate the model, the furnishings were recreated, approximating their shapes [5]. The church furnishings consisted mainly of an altar with a tabernacle and a cross, a platform, two side altars, a baptismal font, a pulpit and church benches. The authors considered the area of the church benches as an element with variable absorption parameters due to the varying number of people filling the interior. One of the issues analysed was the introduction of a gallery on the south wall into the model.

The interior geometry adopted in the model, together with the church furnishings, was assigned material para-

Model komputerowy obiektu

Model wnętrza kościoła stworzono na podstawie inwentaryzacji wykonanej przez autorów (rysunek 2). Wykorzystano program Odeon Acoustics. W celu kalibracji modelu elementy wyposażenia odtworzono, przybliżając ich kształty [5]. Wyposażenie kościoła składało się głównie z ołtarza z tabernakulum i krzyżem, podestu, dwóch ołtarzy bocznych, chrzcielnicy, ambony oraz ławek kościelnych. Obszar ław kościelnych autorzy rozważali jako element o zmiennych parametrach pochłaniających ze względu na różne wypełnienie wnętrza ludźmi. Jednym z analizowanych zagadnień było wprowadzenie do modelu empy na ścianie południowej.

Przyjętej w modelu geometrii wnętrza wraz z wyposażeniem kościoła przypisano parametry materiałowe

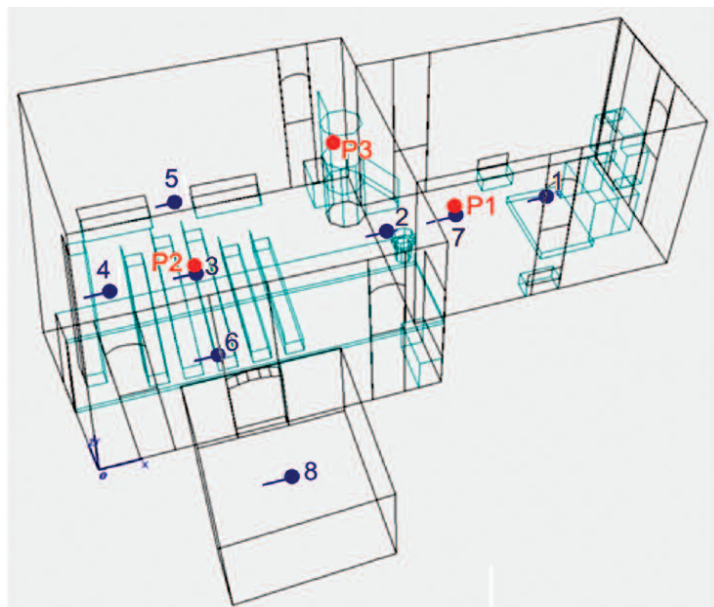


Fig. 2. Computer model of the interior of the nave, chancel and porch, showing the location of sound sources P1, P2, P3 and measurement points 1 to 8

Fig. M. Marchacz

Rys. 2. Model komputerowy wnętrza nawy, prezbiterium i kruchty wraz z umiejscowieniem źródeł dźwięku P1, P2, P3 oraz punktów pomiarowych 1 do 8

Rys. M. Marchacz

meters taking into account sound absorption coefficients as a function of frequency (in the case of empty benches and chairs, [6] was adopted, while for those filled with listeners, α_w was taken from the programme database – 0.5 and 0.7 for 1 and 2 persons/m², respectively). Due to the open passage between the vestibule and the nave of the church, the model also includes the vestibule area as connected to the main room. The simulation used the precise method settings in the Odeon programme (the following were adopted: number of rays 16,000; maximum number of bounces 10,000; impulse response resolution 1.0 ms).

Model validation

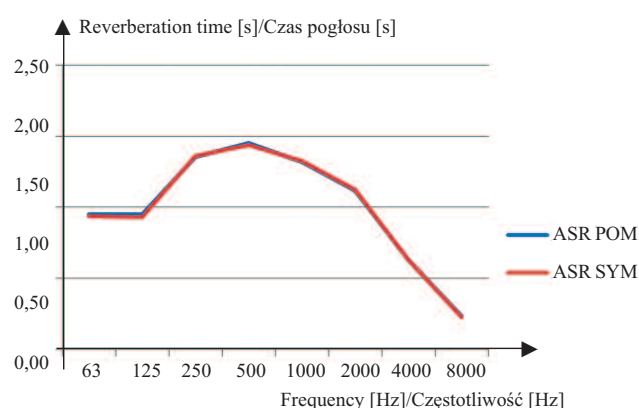
The model includes reception points and noise sources, reflecting the layout used for acoustic measurements inside the building. The measurements were carried out in accordance with industry standards [7, 8]. The field test method and the results obtained are described in detail in [9]. The average values of the measured reverberation time as a function of frequency are shown in Figure 3. Material characteristics representing sound absorption coefficients (63–8000 Hz for individual octaves) taken from the

uwzględniające współczynniki pochłaniania dźwięku w funkcji częstotliwości (w przypadku pustych ław i krzeseł przyjęto za [6], natomiast dla wypełnionych słuchaczami przyjęto z bazy programu – α_w odpowiednio 0,5 i 0,7 dla 1 i 2 osób/m²). Ze względu na otwarte przejście pomiędzy przedsionkiem a nawą kościoła, w modelu uwzględniono również obszar przedsionka jako sprzężony z głównym pomieszczeniem. W symulacji zastosowano ustawienia metody precyzyjnej w programie Odeon (przyjęto: liczbę promieni 16 tys.; maksymalną liczbę odbić 10 tys.; rozdzielczość odpowiedzi impulsowej 1,0 ms).

Walidacja modelu

W modelu wprowadzono punkty odbioru oraz punkty stanowiące źródła hałasu, odwzorowując układ zastosowany w przypadku pomiarów akustycznych wnętrza obiektu. Pomiar przeprowadzono zgodnie z zapisami w normach branżowych [7, 8]. Metodę badań terenowych, oraz uzyskane rezultaty dokładnie opisano w [9]. Średnie wartości zmierzonego czasu pogłosu w funkcji częstotliwości pokazano na rysunku 3. Do powierzchni modelu przypisano charakterystyki materiałowe obrazujące współczynniki pochłaniania dźwięku

programme's material database and the literature on the subject were assigned to the surface model. The problem of selecting material coefficients in the model being built is one of the difficult issues. In buildings composed of typical partitions containing basic and familiar materials, it is often possible to identify most of them with good results. When introduced into the model, they usually provide a good approximation of reality. In the case under consideration, the interior consists mainly of plaster-coated or wooden materials. However, they are arranged on structures of various designs or contain elements of empty spaces that allow acoustic waves to penetrate. Therefore, typical materials are not suitable for use, and the authors have used average sound absorption coefficients as a function of frequency. Knowing the average reverberation time in the room as a function of frequency, the average absorption coefficients in the model were selected to obtain calculation results similar to the measurements of an empty interior. Then, the average absorption coefficients were selected again for the interior surfaces, introducing absorption coefficients corresponding to empty church pews in the auditorium area [6]. In further considerations, these elements will undergo changes, e.g. as a result of the presence of people inside. With the actual measurement results available, the model's compliance with the actual measurement was checked iteratively in subsequent steps. Global averages (for all measurements in a given octave) as a function of frequency were used for comparison. The average relative error for individual octaves ranged from 0.24 to 0.03 (all measurement points in relation to the simulation average). The compliance of the averaged measurement values as a function of frequency with the simulation results for an empty interior is shown in Figure 3.



(63 – 8000 Hz dla poszczególnych oktaw) zaczerpnięte z bazy materiałowej programu oraz literatury przedmiotu. Problem doboru współczynników materiałowych w budowanym modelu jest jednym z trudnych zagadnień. W obiektach złożonych z typowych przegród budowlanych zawierających podstawowe i znane materiały często z dobrym skutkiem można rozpoznać większość z nich. Wprowadzone do modelu zwykle dają dobre przybliżenie rzeczywistości. W rozpatrywanym przypadku wnętrze składa się w większości z materiałów pokrytych tynkiem lub drewnianych. Jednak są one ułożone na konstrukcjach o różnej budowie lub zawierają elementy pustych przestrzeni umożliwiających wnikanie fal akustycznych. W związku z tym typowe materiały nie są odpowiednie do zastosowania i dlatego autorzy wykorzystali średnie współczynniki pochłaniania dźwięku w funkcji częstotliwości. Znając średni czas pogłosu w pomieszczeniu w funkcji częstotliwości, tak dobrano średnie wartości współczynników pochłaniania w modelu, aby uzyskać wyniki obliczeń zbliżone do pomiarów pustego wnętrza. Następnie ponownie dobrano średnie współczynniki pochłaniania do powierzchni wewnętrznych, wprowadzając w obszarze widowni współczynniki pochłaniania odpowiadające pustym ławom kościelnym [6]. W dalszych rozważaniach te elementy będą ulegały zmianom, np. w wyniku obecności we wnętrzu ludzi. Dysponując rzeczywistymi wynikami pomiarów w kolejnych krokach, iteracyjnie, sprawdzano zgodność modelu z rzeczywistym pomiarem. Do porównania przyjęto średnie globalne (dla wszystkich pomiarów w danej oktawie) w funkcji częstotliwości. Średni błąd bezwzględny dla poszczególnych oktaw przyjmował wartości od 0,24 do 0,03 (wszystkie punkty pomiarowe w odniesieniu do średniej z symulacji). Zgodność uśrednionych wartości pomiaru w funkcji częstotliwości z rezultatem obliczeń symulacyjnych w przypadku pustego wnętrza pokazano na rysunku 3.

Fig. 3. Average reverberation time as a function of frequency from measurements in the facility compared with simulation results (interior empty, not filled with listeners)

Rys. 3. Uśredniony czas pogłosu w funkcji częstotliwości z pomiaru w obiekcie zestawiony z wynikami symulacji (wnętrze puste, nie-wypełnione słuchaczami)

Calculation result

In accordance with the assumptions adopted in the model, simulations were performed for various calculation scenarios. Two acoustic quality indicators characterising the interior were analysed: the **speech intelligibility index STI**, which describes the interior in terms of spoken words, and the **clarity index C_{80}** , which describes the interior in terms of music. A mathematical description of the indicators can be found

Wyniki obliczeń

Zgodnie z przyjętymi założeniami w modelu wykonano symulację dla różnych sytuacji obliczeniowych. Analizowano dwa wskaźniki jakości akustycznej charakteryzujące wnętrze; **wskaźnik zrozumiałości mowy STI** – obrazujący wnętrze pod kątem słowa mówionego oraz **wskaźnik przejrzystości C_{80}** – obrazujący wnętrze pod kątem muzyki. Opis matematyczny wskaźników można znaleźć w literaturze [10, 11].

in the literature [10, 11]. The computational situations presented concern changes to the interior by adding a gallery and the participation of listeners. It was assumed that S1 refers to a building with a virtually recreated gallery that no longer exists; S2 – the existing state with listeners filling the pews in the nave of the church; S3 – with listeners filling the nave and gallery. The reverberation times obtained from the model calculations were compared to the measurement for an empty interior (Figure 4). The STI and C_{80} indicators for the above calculation situations are summarised in the table.

Summary

Historical research on the historic building became the basis for simulating the impact of introducing an additional interior element in the form of a gallery on the acoustics. The results obtained regarding the perception of spoken word and music made it possible to assess whether this direction of revitalisation measures, aimed at creating a new functional use for the existing church, is appropriate. The introduction of an additional element in the form of a gallery (S1) into the empty interior has a slight impact on the parameters obtained in relation to speech and music perception (table). The average reverberation time $TsSR$ (63–8,000 Hz) was 1.41 seconds. This is approximately 0.1 seconds less than in the case of measuring an empty interior without a gallery. Measurements and model tests taking into account the gallery concerned an interior not filled with listeners. In practice, due to the way the facility is used, it should be assumed that events will take place with an audience, therefore calculation scenarios taking into account the impact of listeners on the acoustic parameters of the interior were presented. In situation S2, i.e. after filling the benches with listeners, a significant reduction in reverberation time was obtained, which is related to the increase in the acoustic absorbency of the interior as a result of it being filled with people. The average reverberation

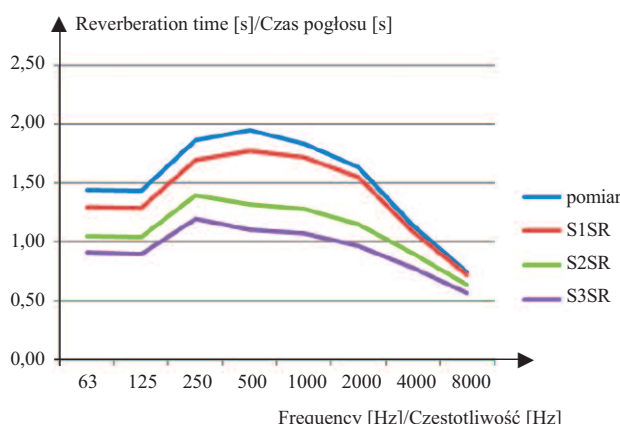


Fig. 4. Average reverberation time as a function of frequency for different calculation situations (S1 to S3) and measurement

Rys. 4. Uśredniony czas pogłosu w funkcji częstotliwości w przypadku różnych sytuacji obliczeniowych (S1 do S3) oraz pomiar

Summary of interior acoustic assessment parameters for three calculation situations (S1 to S3); (STI – speech intelligibility index, C_{80} – clarity, P1 to P3 – successive sound source settings are shown in Figure 2)

Zestawienie parametrów oceny akustycznej wnętrza w przypadku trzech sytuacji obliczeniowych (S1 do S3); (STI – wskaźnik zrozumiałości mowy, C_{80} – klarowność, P1 do P3 – kolejne ustawienia źródła dźwięku przedstawiono na rysunku 2)

Parametr	Average value/ Wartość średnia	Subjective assessment/Ocena subiektywna w odniesieniu do średniej
S1 STI P1	0,54	zadowalająca
S1 STI P2	0,53	zadowalająca
S1 STI P3	0,53	zadowalająca
S1 C_{80} P1	-0,29	-3 do +3
S1 C_{80} P2	-0,32 [dB]	-3 do +3
S1 C_{80} P3	-0,30 [dB]	-3 do +3
S2 STI P1	0,59	zadowalająca
S2 STI P2	0,58	zadowalająca
S2 STI P3	0,59	zadowalająca
S2 C_{80} P1	1,52 [dB]	-3 do +3
S2 C_{80} P2	1,52 [dB]	-3 do +3
S2 C_{80} P3	1,55 [dB]	-3 do +3
S3 STI P1	0,62	dobra
S3 STI P2	0,63	dobra
S3 STI P3	0,63	dobra
S3 C_{80} P1	2,54 [dB]	-3 do +3
S3 C_{80} P2	2,61 [dB]	-3 do +3
S3 C_{80} P3	2,61 [dB]	-3 do +3

w przypadku pomiaru pustego wnętrza bez empory. Pomiar i badania modelowe z uwzględnieniem empory dotyczyły wnętrza niewypełnionego słuchaczami. W praktyce, ze względu na sposób użytkowania obiektu należy zakładać, iż wydarzenia będą odbywały się z udziałem publiczności, dlatego przedstawiono sytuacje obliczeniowe uwzględniające wpływ słuchaczy na parametry akustyczne wnętrza. W przypadku sytuacji S2, czyli po wypełnieniu ław słuchaczami, uzyskano dość

Przedstawione sytuacje obliczeniowe dotyczą wprowadzenia zmian we wnętrzu przez dodanie empory oraz udział słuchaczy. Przyjęto, że S1 dotyczy obiektu z odtworzoną wirtualnie, nieistniejącą obecnie, emporą; S2 – stanu istniejącego z wypełnieniem słuchaczami w obrębie ławek nawy kościoła; S3 – z wypełnieniem słuchaczami w obrębie nawy oraz empory. Uzyskane z modelowych obliczeń czasy pogłosu odniesiono do pomiaru w przypadku pustego wnętrza (rysunek 4). Wskaźniki STI i C_{80} w przypadku wymienionych sytuacji obliczeniowych zestawiono w tabeli.

Podsumowanie

Badania historyczne dotyczące obiektu zabytkowego stały się podstawą do wykonania symulacji wpływu wprowadzenia dodatkowego elementu wnętrza w postaci empory na akustykę. Uzyskane wyniki dotyczące odbioru słowa mówionego i muzyki pozwoliły ocenić, czy taki kierunek działań rewitalizacyjnych, mających na celu stworzenie nowej funkcji użytkowej obecnego kościoła, jest odpowiedni. Wprowadzenie do pustego wnętrza elementu dodatkowego w postaci empory (S1) w nieznacznym stopniu wpływa na uzyskane parametry związane z oceną słowną i muzyczną (tabela). Średni czas pogłosu $TsSR$ (63 – 8000 Hz) wyniósł 1,41 s. Jest to ok. 0,1 s mniej niż

time TsSR (63–8000 Hz) was reduced to approx. 1.1 s, while TsSR (500–1000 Hz) was reduced to approx. 1.3 s, which corresponds to the recommended values for this type of facility with a similar volume [12]. Speech intelligibility indicators improved. The average STI value reached approx. 0.59, almost reaching the ‘good’ level [13]. The C_{80} indices shifted in a positive direction. Situation S3 concerned the interior filled with listeners in the pews and in the gallery. This further reduced the reverberation time of the interior. TsSR (63–8000 Hz) was approx. 0.95 s, while TsSR (500–1000 Hz) was approx. 1.1 s. The average STI indicator was classified as ‘good’. It is worth noting that STI in point 6 (located in the area under the added emporium) also achieved a ‘good’ rating. The C_{80} index shifted towards a value of approx. 2.6 [dB]. The subjective assessment ranges given in the table indicate that the preferred type of music remained the same, but the C_{80} index range shifted to the limit for opera music. In summary, the introduction of an empty gallery into the interior of the church did not significantly affect the reverberation characteristics of the interior in the simulation. At the same time, the presence of listeners had an impact on the perception of both the spoken word and music. In this context, the gallery (which allows for a larger number of listeners to be accommodated inside) will be an element influencing the acoustics of the facility when the interior is significantly filled with listeners. In the case of low occupancy, it would be optimal to introduce mobile absorption systems. Field and simulation studies indicate that the building has good acoustic properties. This gives hope for an effective change in the building's functional use, thus ensuring that it remains in good condition.

Received: 21.04.2025

Revised: 30.06.2025

Published: 23.10.2025

znaczne zmniejszenie czasu pogłosu, co jest związane ze zwiększeniem chłonności akustycznej wnętrza w wyniku wypełnienia ludźmi. Uśredniony czas pogłosu TsSR (63 – 8000 Hz) uległ zmniejszeniu do ok. 1,1 s, natomiast TsSR (500 – 1000 Hz) do ok. 1,3 s, co odpowiada zalecanym wartościom dla tego typu obiektów o podobnej kubaturze [12]. Poprawie uległy wskaźniki zrozumiałości mowy. Średnia wartość STI osiągnęła ok. 0,59, prawie osiągając poziom „dobry” [13]. Wskaźniki C_{80} uległy przesunięciu w kierunku dodatnim. Sytuacja S3 dotyczyła wnętrza wypełnionego słuchaczami w obrębie ław oraz na emporze. Wpłynęło to na dalsze zmniejszenie czasu pogłosu wnętrza. TsSR (63 – 8000 Hz) wyniósł ok. 0,95 s, natomiast TsSR (500 – 1000 Hz) ok. 1,1 s. Uśredniony wskaźnik STI został zaklasyfikowany jako „dobry”. Warto zauważyć, że STI w punkcie 6 (znajduje się on w obszarze pod dodaną emporą) również osiągnęło wartość „dobrą”. Wskaźnik C_{80} uległ przesunięciu w kierunku wartości ok. 2,6 [dB]. Zakresy oceny subiektywnej podane w tabeli wskazują, iż preferowany rodzaj muzyki pozostał taki sam, jednak zakres wskaźnika C_{80} przesunął się do granicy dotyczącej muzyki operowej. Reasumując, wprowadzenie do wnętrza kościoła pustej empory nie wpłynęło w wykonanej symulacji w sposób istotny na charakterystykę pogłosową badanego wnętrza. Jednocześnie obecność słuchaczy miała wpływ na odbiór zarówno słowa mówionego, jak i muzyki. W tym kontekście empora (pozwalająca na wprowadzenie do wnętrza większej liczby słuchaczy) będzie stanowiła element wpływający na akustykę obiektu w warunkach istotnego wypełnienia wnętrza słuchaczami. W przypadku słabego wypełnienia słuchaczami optymalne byłoby wprowadzenie mobilnych ustrojów pochłaniających. Przeprowadzone badania terenowe i symulacyjne wskazują na dobre właściwości akustyczne obiektu. Pozwala to mieć nadzieję na skuteczną zmianę funkcji użytkowej obiektu, a tym samym zapewnienie zachowania stanu obiektu w dobrej kondycji.

Artykuł wpłynął do redakcji: 21.04.2025 r.

Otrzymano poprawiony po recenzjach: 30.06.2025 r.

Opublikowano: 23.10.2025 r.

Literature

- [1] Loreto S, Pierantozzi M i inni. Impact of Architectural Styles on Acoustic Characteristics in Selected European Churches, Architecture. 2025; <https://doi.org/10.3390/architecture5010005>.
- [2] Sadeaho P, Kylläinen M, Lietzen J. An archaeoacoustic analysis of the late medieval st. Mary's church of Sastamala, Forumacusticum. 2023. DOI: 10.61782/fa.2023.0716.
- [3] https://zabytek.pl/pl/obiekty/oborki-kościół-ewangelicki-ob-pol-kat-par-pw-sw-sw-ap-p/dokumenty/PL.1.9.ZIPOZ.NID_N_16_EN.67720/1, dostęp: luty 2022.
- [4] <https://radio.opole.pl/548,6403,muzeum-piastow-slaskich-trwaja-prace-nad-renowac>, dostęp: 9 kwiecień 2024.
- [5] ODEON Room Acoustics Software. User's Manual. Chapter 2, s. 27-28, https://odeon.dk/wp-content/uploads/2017/09/ODEON_Manual.pdf.
- [6] Carvalho A, Pino J. Sound absorption of church pews. Inter. noise 19-22 sierpień 2012, New York City.

- [7] PN-EN ISO 3382-1: 2009 Akustyka – Pomiar parametrów akustycznych pomieszczeń – Część 1: Pomieszczenia specjalne.
- [8] PN-EN ISO 3382-2:2010 Akustyka – Pomiar parametrów akustycznych pomieszczeń – część 2: Czas pogłosu w zwyczajnych pomieszczeniach.
- [9] Marchacz M, Żaba A. Akustyka wnętrza kościoła w kontekście jego parametrów geometryczno-materiałowych. Materiały Budowlane. 2025; 8: 120 – 123.
- [10] Marchacz M, Żaba A. Wpływ pokryć ław kościelnych na charakterystyki pogłosowe wnętrza zabytkowego kościoła drewnianego. Fiz. Bud. Teor. Prakt. 2017; t. 9 nr 3: 27 – 32.
- [11] Marchacz M, Żaba A. Pilotażowe badania akustyczne zabytkowych kościołów drewnianych na terenie Górnego Śląska. Czas. Inż. Łąd. Środ. Archit. 2016; t. 33 z. 63, nr 3/16: 255 – 262.
- [12] Doelle L. Acoustics in Architectural design, (Montreal: Master of Architecture at McGill University, 1964) 127.
- [13] Kulowski A. Akustyka sal (Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, 2007), s. 236.