

Tomasz Nowak\*, Łukasz Bednarz\*, Jerzy Jasieńko\*, Anna Karolak\*, Justyna Kiedrzyń\*

## Badania i analiza stanu technicznego ścian drewnianej konstrukcji zrębowej kościoła św. Jana Nepomucena we Wrocławiu

### Research and analysis of the technical condition of material in the log frame walls of the wooden church of St. John Nepomuk in Wrocław

**Słowa kluczowe:** zabytkowa konstrukcja drewniana, konstrukcja zrębowa, metody nieniszczące, metody quasi-nieniszczące, opór wiercenia, metoda fali sprężystej, naprawa

**Key words:** historical timber structures, log structure, non-destructive methods, semi-destructive methods, resistance drilling, stress wave method, repair

#### WPROWADZENIE – KRÓTKA HISTORIA OBIEKTU I OSTATNIA RENOWACJA

Drewniany kościół św. Jana Nepomucena (znany także jako kościół św. Mikołaja), położony w Parku Szczytnickim we Wrocławiu od 1962 r. (ryc. 1), wpisany jest do rejestru zabytków. Obiekt zalicza się do grupy śląskich kościołów renesansowych i prezentuje nowożytnie budownictwo drewniane z terenu Górnego Śląska. Został zbudowany z drewna modrzewiowego. Obiekt jest jedynym zachowanym przykładem śląskiego kościoła drewnianego z wieżą o konstrukcji zrębowej ścian. Kościół przeniesiony został ze Starego Koźła na Górny Śląsk, dzięki czemu został uratowany przed zniszczeniem. Była to pierwsza tego rodzaju manifestacja ochrony zabytków na Śląsku i jedna z pierwszych w całych Niemczech [1].

Budynek wzniesiony został na przełomie XVI i XVII w. w miejscowości Stare Koźle (dokładny okres powstania to lata 1600–1640 [2]). Następnie, pod koniec XVIII w., został rozebrany i, zgodnie z przekazem historycznych kronik parafialnych, przewieziony na furmankach chłopskich do Kędzierzyna, gdzie służył parafii do lat 40. XIX w. Wówczas obiekt był w dolnej części

#### INTRODUCTION – SHORT HISTORY AND THE LATEST RENOVATION

The wooden church of St. John of Nepomuk (known also as the church of St. Nicholas), located in Szczytnicki Park in Wrocław, has been listed as a heritage building since 1962 (fig. 1). The building is one of the Silesian Renaissance churches and is an example of the modern era timber construction in Upper Silesia. It was built with larch timber. The building is the only preserved example of a Silesian wooden church with a with log frame tower walls. The church was moved from Stare Koźle to Upper Silesia, which saved it from destruction. This was the first action of this kind to protect heritage buildings in Silesia and one of the first in Germany [1].

The building was constructed at the turn of the 17<sup>th</sup> century in Stare Koźle (the precise construction date was in the years 1600–1640 [2]). Towards the end of the 18<sup>th</sup> century it was dismantled and, according to historical records contained in parish chronicles, transported on wagons to Kędzierzyn, where it served the parish until 1840. At this time, the lower part of the church was covered with plaster, it had windows of a different shape and

\* Politechnika Wrocławska, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego

\* Wrocław University of Technology, Faculty of Civil Engineering

**Cytowanie / Citation:** Nowak T., Bednarz Ł., Jasieńko J., Karolak A., Kiedrzyń J. Research and analysis of the technical condition of material in the log frame walls of the wooden church of St. John Nepomuk in Wrocław. *Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation* 2018;55:105-120

**Otrzymano / Received:** 01.08.2018 • **Zaakceptowano / Accepted:** 15.08.2018

**doi:**10.17425/WK55NEPOMUK

Praca dopuszczona do druku po recenzjach

Article accepted for publishing after reviews



Ryc. 1. Budynek kościoła w trakcie ostatniego remontu. Fotografia z 2015 roku

Fig. 1. The church building during the latest renovation. Photograph from 2015



Ryc. 2. Widok kościoła znajdującego się jeszcze w Kędzierzynie. Widoczne otynkowane ściany partii dolnej. Fotografia z 1903 r. (źródło: <http://dolny-slask.org.pl>)

Fig. 2. The church building in its first location in Kędzierzyn. The plastered walls in the lower part are visible. Photograph from 1903 (Source: <http://dolny-slask.org.pl>)

otynkowany, miał okna w innej formie i nie miał sobót, (ryc. 2). W czasie wojen napoleońskich był kilkakrotnie niszczony. Z czasem przestał być użytkowany.

W 1908 r. śląski konserwator zabytków Ludwig Burgermeister, aby zachować kościół, zaproponował przeniesienie go na pobliski stary cmentarz, a następnie do Wrocławia. Do relokacji doszło w 1913 r., kiedy we Wrocławiu organizowana była Wystawa Stulecia, częściowo odbywająca się w Parku Szczytnickim [3]. Dzięki staraniom Śląskiego Stowarzyszenia Ochrony Kultury Regionalnej, szczególnie dyrektora sanatorium w Sokołowcu dra Adolfa Weickerta, oraz wsparciu władz lokalnych i państwowych zgromadzono fundusze na przeprowadzenie transferu pochodzący od dra Weickerta oraz od władz lokalnych i państwowych. Prace montażowe po przeniesieniu kościoła do Wrocławia kierowane były przez cenionego wrocławskiego architekta Theo Effenberga. Do rekonstrukcji kościoła wykorzystano głównie oryginalne drewniane elementy, jedynie nieliczne wymieniono na nowe, m. in. gontowe pokrycie dachu oraz deskowanie stropu. Zamontowana została także nowa stolarka okienna i drzwiowa. Aby przywrócić pierwotny wygląd, zrezygnowano z tynku na ścianach. Obiekt został ogrodzony, a od północnej strony dobudowane zostały tzw. soboty – podcienia wzorowane na dawnych formach architektury Śląska. Do renowacji wnętrza, wyposażenia i witraży zatrudniono studentów Państwowej Akademii Sztuk i Rzemiosła Artystycznego

it had no so called ‘soboty’ arcades (‘Saturday’ arcades’) (fig. 2). The church was damaged several times during the Napoleonic wars. Over time it fell into disuse.

In 1908, Ludwig Burgermeister, the heritage conservator for Silesia Province, proposed moving the church to an old cemetery nearby, and then to Wrocław. The relocation took place in 1913 when Wrocław organised the Centennial Exhibition, which took place in part in the Szczytnicki Park [3]. Thanks to the efforts of the Silesian Regional Heritage Conservation Association, especially dr Adolf Weickert, director of the sanatorium in Sokolowiec, and support of local and state authorities, funds were gathered to enable the relocation. Reconstruction work following the relocation of the church to Wrocław was overseen by the acclaimed Wrocław architect Theo Effenberg. The reconstruction work used mostly the original timber elements, only a few elements were replaced with new ones, among other things – the shingle roof covering and the ceiling boards. New windows and doors were installed. To restore the original look of the church, the walls were left unplastered. The building was surrounded with a fence and so called ‘soboty’ arcades, modelled on an old Silesian architectural form, were added on the north side. Students from the Academy of Arts and Crafts in Wrocław were recruited to undertake renovation of the church interior, furnishings and stained-glass windows under the supervision of Professor Frederick Pautsch. Inside

we Wrocławiu pod przewodnictwem profesora Fryderyka Pautscha. We wnętrzu wzniesione zostały nowa balustrada empory i dwa nowe słupy.

Szczęśliwie, obiekt nie został uszkodzony w czasie II wojny światowej. Pierwsza powojenna konserwacja, której dokładny zakres nie jest jednak znany, została wykonana na zlecenie Dyrekcji Odbudowy Wrocławia w 1947 r. W latach 1957–1966, kiedy kościół był pod opieką wrocławskiej parafii Matki Boskiej Pocieszenia, przeprowadzane były niewielkie prace naprawcze, jak zabezpieczenie okien oraz częściowa wymiana desek podłogowych. W 1966 r., po przekazaniu kościoła Muzeum Śląskiemu, poddano go renowacji. Wówczas powstało też nowe drewniane ogrodzenie. Kolejnym użytkownikiem zabytku został Wrocławski Park Kultury i Wypoczynku. W 1970 r. nowym użytkownikiem obiektu zostało PTTK (*Polish Tourist and Sightseeing Society*) Oddział Wrocław, a administracją zajął się Zarząd Zieleni Miejskiej Wrocławia.

Jako ciekawostkę można przytoczyć fakt, że o drewnianym kościółku głośno było pod koniec lat 50. XX w. Odkryto, że przetrzymywano w nim skradzione w 1957 r. obrazy z Muzeum Narodowego we Wrocławiu (m. in. obrazy Matejki, Kossaka czy Gierymskiego).

Dokładna inwentaryzacja i ocena stanu technicznego zostały wykonane w latach 1978–1979. Stwierdzono wówczas zły stan techniczny obiektu i zalecono przeprowadzenie generalnego remontu, który odbył się w roku 1980. W kolejnych latach, aż do roku 2014, nie wykonywano żadnych istotnych prac naprawczych ani konserwacyjnych [4].

W 2014 r. obiekt poddano remontowi, który trwał cztery lata. Ze względu na jego stan i ilość zniszczeń prace naprawcze podzielono na trzy etapy. W pierwszym etapie, od września 2014 r. do maja 2015 r., wyremontowany został dach świątyni. Wówczas m.in. wymieniono gontowe pokrycie na nowy gont modrzewiowy ręcznie łupany, wykonano nową warstwę izolacyjną i odpływ wody opadowej. W następnym etapie, od października 2015 r. do marca 2016 r., przeprowadzono remont ścian zrębowych wieży kościoła polegający na ich usztywnieniu oraz wymianę zniszczonych belek podwalinowych. Wykonano hydroizolację fundamentu obiektu i zamontowano nową instalację odgromową. Odnowiono także zabytkowe drzwi wejściowe (ryc. 3). Ostatni etap remontu od sierpnia 2017 r. do czerwca 2018 r. obejmował dalsze naprawy drewnianych ścian zrębowych, renowację elewacji, impregnację biologiczną konstrukcji kościoła, a także renowację wnętrz (w tym absydy, chóru, stropów, sufitów, posadzki). Wykonano także nową instalację elektryczną i system przeciwpożarowy, zamontowano nowe wkłady okienne antywłamaniowe. Zadbano również o otoczenie obiektu – zaplanowano nowe nasadzenia, elementy małej architektury, jak ławki czy kosze na śmieci, wymieniono nawierzchnię alejek spacerowych oraz zaprojektowano oświetlenie terenu i iluminację obiektu. Drewniane ogrodzenie (ryc. 2), wykonane w 1966 roku i nie stanowiące tkanki zabytkowej, a mogące zaburzać

the building, a new railing was added to the tribune and two new posts were installed.

Fortunately, the building was not damaged during World War Two. The first post-war conservation work, the scope of which is unknown, was commissioned by the Directorate for the Reconstruction of Wrocław in 1947. In the years 1957–1966, the church was administered by the St Mary of Consolation parish in Wrocław. Small-scale repairs were carried out during this time, which involved securing the windows and partial replacement of floor boards. In 1966, the church was handed over to the Silesian Museum in Wrocław and more renovation work was carried out. New wooden fencing was built around the church. The next user of the heritage building was the Wrocław Culture and Leisure Park. In 1970, the new user was the Wrocław Branch of the Polish Tourist and Sightseeing Society (PTTK) and administered by the Wrocław City Green Areas Authority.

An interesting fact is that the wooden church attracted media attention towards the end of the 1950s. It was discovered that paintings stolen from the National Museum in Wrocław (including paintings by Matejko, Kossak and Gierymski) were kept in the church.

A detailed building survey and an assessment of its technical condition was carried out in 1978–79. The church building was deemed to be in poor technical condition and major renovation was recommended. The work was carried out in 1980. In the years that followed no significant repair or conservation work was carried out until 2014 [4].

In 2014, building renovation began and lasted for four years. Due to the condition of the building and the various damage sustained, renovation work was divided into three phases. The first phase from September 2014 to May 2015 involved renovation of the church roof. At this time, the shingle roof was covered with a new hand-spliced larch shingle, a new insulation layer was introduced and a rainwater outflow drain. The next phase from October 2015 to March 2016 involved renovation of the log frame walls of the church tower through stiffening and replacement of damaged foundation beams. Hydro-insulation of the building foundations was also carried out and new lightning protection was installed. The historical front-door was also renovated (fig. 3). The last phase of renovation was completed in the period August 2017 to June 2018 and involved further repairs to the log-frame walls, façade renovation, biological impregnation of the church structure, as well as renovation of the church interiors (including apses, choir, ceilings, floors). A new electrical installation and a fire protection system were installed, as well as new anti-burglar windows. The surroundings of the building were also taken care of – new plantings were planned, as well as small-scale architecture, such as benches and wastebins, walking paths were resurfaced and lighting was planned along with illumination of the building itself. The wooden fencing (fig. 2) which had been introduced in 1966 was removed as it did not form part



Ryc. 3. Budynek kościoła po ostatniej renowacji – elewacje, wnętrze i drzwi. Fotografie z sierpnia 2018 r.  
 Fig. 3. The church building after the latest renovation. Exterior, interior and doors. Photographs – August 2018

obieg powietrza i powodować dodatkowe zawilgocenie budulca, zostało usunięte.

Obecnie kościół służyć ma mieszkańcom miasta i odwiedzającym Park Szczytnicki. Organizowane będą w nim różnego rodzaju wydarzenia kulturalne i rozrywkowe. Uroczyste otwarcie odbyło się 14 lipca 2018 r.

## ARCHITEKTURA I KONSTRUKCJA OBIEKTU

Architektura kościoła jest dość surowa, bez dekoracji ornamentalnej. Bryłę budynku stanowi trójbocznie zamknięte prezbiterium od strony wschodu, nawa główna o kształcie rzutu zbliżonym do kwadratu oraz wieża od strony zachodniej (ryc. 4).

Pod względem architektoniczno-konstrukcyjnym posiada zarówno typowe cechy tradycyjnego śląskiego budownictwa drewnianego, takie jak zrębowa konstrukcja ścian, jak też mniej typowe dla tego regionu rozwiązania, jak wieńcowo-słupowa konstrukcja części wieży (dolna kondygnacja wieży zespolona jest ze

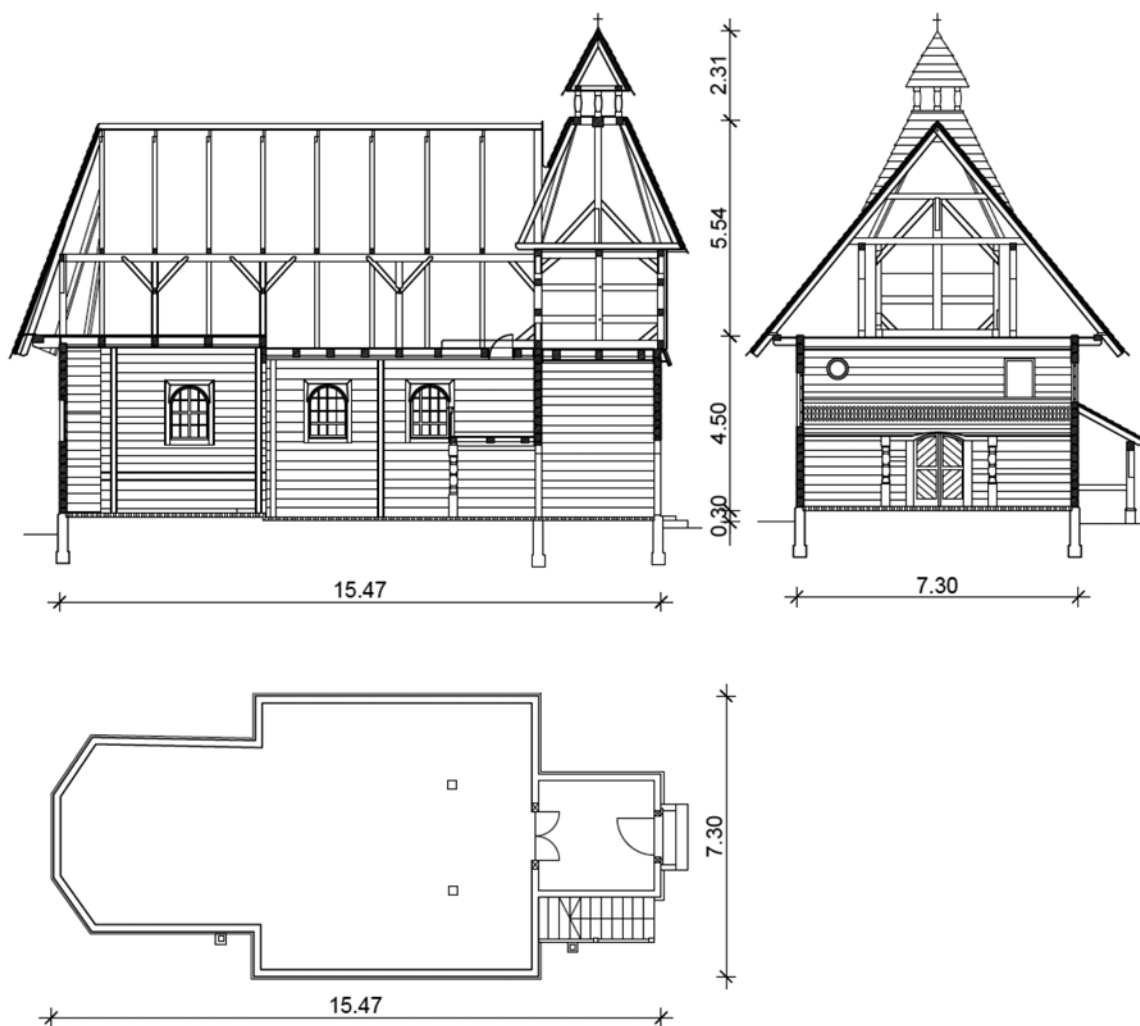
of the heritage complex, and was potentially disruptive of air circulation and generating additional damp of building materials.

Currently, the church serves city residents and those visiting Szczytnicki Park. Various kinds of cultural and recreational events are to be organised here. The official inauguration took place on 14<sup>th</sup> July 2018.

## BUILDING ARCHITECTURE AND STRUCTURE

The architecture of the church is rather plain, without ornamental decorations. The body of the building includes a three-sided chancel on the east side, a main nave with a floorplan approximating a square and the tower on the west side (fig. 4).

Structurally and architecturally, the church building brings together features typical of traditional Silesian timber construction, such as log structure of walls, and other solutions seen less frequently in the region, such as the tower built using log frame and post and beam



Ryc. 4. Przekrój podłużny, poprzeczny oraz rzut przyziemia kościoła, [m] (źródło: Projekt budowlany remontu kościoła pw. św. Jana Nepomucena autorstwa P. Frieda, Wrocław, 2015)

Fig. 4. Longitudinal section, cross section and floor plan of the church building, [m] (Source: Construction plans for the renovation of the church of St. John of Nepomuk by P. Fried, Wrocław, 2015)

zrębem ścian nawy, konstrukcja szkieletowa występuje w górnej części) czy wspólna konstrukcja dachu dla nawy i prezbiterium. Także trójboczna absyda jest cechą charakterystyczną bardziej dla regionu Małopolski niż Śląska. Rozwiązanie nieczęsto spotykane w tego typu obiektach drewnianych stanowi też zwieńczenie wieży stożkowym hełmem o ośmiobocznej podstawie.

Wejście do kościoła znajduje się od strony północnej przez dolną kondygnację wieży, do której przylegają drewniane podcienia oraz zewnętrzne schody prowadzące na emporę chóru, umieszczonego po tej stronie.

Drewniane ściany obiektu ułożone są na murowanym cokole. Ściany wykonane zostały w tradycyjnej konstrukcji zrębowej (wieńcowej) z ciosanych belek z drewna modrzewiowego o szerokości ok. 16–17 cm i wysokości 15–28 cm. Po przeprowadzonych pracach naprawczych wymieniono część belek ściennych na nowe elementy z drewna sosnowego i świerkowego. Belki w narożach ścian łączone są na tradycyjne cieślińskie złącza węglowe – na nakładkę prostą prawdopodobnie wzmocnioną kołkowaniem, bez ostatków (ryc. 5). Obecnie część złączy wzmocniona jest dodatkowo gwoździami stalowymi. Poziome styki elementów wzmocniają pionowe kołki, zapewniając ich współpracę. Ściany prezbiterium i nawy wzmocnione są od wewnątrz pionowymi słupkami – tzw. lisicami, mocowanymi za pomocą śrub. Daty wykonania powyższych wzmocnień nie są znane. W kilku miejscach w ścianach zauważalne są wstawki w węglach i nowsze wstawki belek oraz styki belek na długości, co świadczy o wykonywaniu napraw ścian w międzyczasie.

Strop nad nawą i prezbiterium to belkowy strop wykonany podczas remontu w 1980 r. z drewna sosnowego. Belki stropowe, wysunięte poza obrys ścian, stanowią podparcie dla belki okapowej dachu (ryc. 6).

Drewniana konstrukcja empory chóru ma postać stropu nagiego. Podłoga z desek ułożona została na trzech trójprzęsłowych belkach biegnących równolegle do ściany szczytowej, wspartych w gniazdach ścian podłużnych nawy i pośrednio na dwóch podciągach i słupkach.

Posadzka we wnętrzu wykonana jest z cegły ceramicznej kładzionej na płask i spoinowanej zaprawą.

Przekrycie stanowi jednolity dach siodłowy ze wspólną kalenicą dla nawy i prezbiterium. Dach jest dwuspadowy, z pionowym szczytem od strony wieży i stożkową wyokrągloną połączy nad prezbiterium. Wieżę kryje dach namiotowy, zaś podcienia dach pulpitowy. Wieżbę dachową z drewna sosnowego wykonano jako nową w trakcie prac remontowych w 1980 r. Ma konstrukcję krokwiowo-jętkową z dwoma ściankami stolcowymi. Krokwie wystają poza belkę okapową (ryc. 6), co stanowi kolejny przykład nietypowego rozwiązania na tym obszarze. W tego typu wieżbach krokwie osadzano tradycyjnie w belce okapowej lub w belkach stropowych w celu zapewnienia przeniesienia sił poziomych [5]. Wieża kościoła ma wieżbę dwukondygnacyjną z pośrednim stropem. Górna część to krokwie oparte na słupie centralnym – tzw. królu, z dolnymi zastrzałami,

structures (the lower part of the tower is integrated with the log walls of the nave, whereas the upper part is a frame structure) or a common roof structure of the nave and chancel. The three-sided end of the chancel is a feature more characteristic of Malopolska than Silesia. A solution not seen often in this type of wooden building is the tower crowned with a conical steeple on an octagonal base.

The entrance to the church is on the north side, leading through the ground floor of the tower, which is adjoined by wooden arcades and external stairs leading to the choir tribune located on this side.

The wooden walls have been built on a masonry plinth. The walls were constructed as a traditional log structure making use of hewn larch wood beams approx. 16–17 cm wide and 15–28 cm high. Following on from repair work, some of the wall beams were replaced with new elements made of pine and spruce. The wall beams in the corners are joined together by traditional carpentry quoin joints – using lap joints, probably strengthened with dowels but without protruding log ends (fig. 5). Some of the joints are now strengthened additionally with steel nails. The horizontal element joint interfaces are strengthened with dowels, which ensure they work together. The walls of the chancel and the nave are supported on the inside with vertical studs fastened with steel screws. It is not known when these reinforcements were introduced. In several places, there are visible inserts in quoins and newly introduced beams and lengthwise beam joints, which is the evidence of repair work that had been carried out in the intervening period.

The log ceiling over the nave and chancel is made of pine wood introduced during renovation work in 1980. The ceiling logs extend outside the walls, serving as a support for the eaves purlin (fig. 6).

The choir tribune consists of a wooden structure in the form of an open floor made of wooden boards laid across three triple-bay beams laid out in parallel to the gable wall, which are supported by means of sockets in the nave side walls and indirectly by two binding joists and posts.

The floor of the church interior is made of ceramic bricks laid flat and pointed with mortar.

The building is covered with a shared pitched roof over the chancel and the nave. The two-sided roof comprises a vertical gable on the side of the tower and a conical rounded slope over the chancel. The tower is covered with a tented roof and the arcades are covered with a shed roof.

The roof framing was replaced during renovation work in 1980 with pinewood. It is a rafter and collar beam structure with two queen-post walls. The rafters protrude beyond the eaves beam (fig. 6), which is another example of an atypical solution in this area. In this type of roof framing, rafters were embedded traditionally in the eaves beam or in structural ceiling joists to carry the horizontal loading [5]. The tower roof framing is a two-storey structure with an intermediate floor. The



Ryc. 5. Połączenie ścian zrębowych na nakładkę prostą  
 Fig. 5. Lap joints in the wooden log walls



Ryc. 6. Krokwie wystające poza belkę okapową. Belka okapowa dachu oparta na wysuniętych wspornikowo belkach stropowych  
 Fig. 6. Rafters protruding beyond the eaves beam. The eaves beam is supported by protruding structural ceiling joists

zaś dolna to szkieletowa konstrukcja wsparta na zrębie ścian przyziemia, stężona mieczami narożnymi. Połączenia między elementami więźby to tradycyjne złącza ciesielskie: połączenia wrębowe i połączenia czopowe wzmocnione dębowymi kółkami. Pokrycie dachu stanowi modrzewiowy gont.

#### **BADANIE STANU TECHNICZNEGO MATERIAŁU KONSTRUKCJI DREWNIANEJ ŚCIAN KOŚCIOŁA PRZED OSTATNIM REMONTEM**

Przed remontem przeprowadzone zostały badania stanu materiału konstrukcji drewnianej ścian kościoła. Badania miały na celu oszacowanie stanu i właściwości drewna wybranych elementów, niewykazujących uszkodzeń przy ocenie wizualnej. Pomimo braku zewnętrznych objawów przewidywano, iż ze względu na wiek i historię obiektu niektóre elementy konstrukcji lub ich części mogły ulec znaczącemu zniszczeniu. Do badań zastosowano metody nieniszczące lub quasi-nieniszczące: metodę fali sprężystej oraz metodę oporu wiercenia.

Stan techniczny ścian wieńcowych oceniono jako zróżnicowany: od średniego do złego. Miejscowo występowały porażenia spowodowane działalnością owadów – technicznych szkodniki drewna, przede wszystkim przez spuszczela pospolitego (*Hylotrupes bajulus* L.).

Oznaki korozji były szczególnie widoczne w obszarze spoin (ryc. 7), jednak część belek była całkowicie skoro-

upper part of the structure consists of rafters supported by a central post – the so-called king post – with braces, whereas the lower part is a frame structure resting on the logs comprising the ground floor and braced with angle ties. Joints used in the roof framing are traditional carpentry joints: notched joint and mortise and tenon joints. The roof covering is made from larch shingle.

#### **TESTING OF THE TECHNICAL CONDITION OF BUILDING MATERIALS OF THE CHURCH WALLS WOODEN STRUCTURE PRIOR TO THE LAST RENOVATION**

Prior to renovation work, testing was carried out on the condition of the building materials of the wooden church walls. The purpose of the testing was to assess the condition and properties of the wood in selected building elements not showing damage on the basis of a visual assessment. Despite the lack of external signs, it was anticipated that due to the age and history of the building, some of the construction elements were in part or wholly damaged. The testing involved applying non-destructive and quasi-non-destructive methods: stress-wave and resistance drilling.

The technical condition of log walls varies and can be classified as ranging from average to poor. In places, the timber in the walls is infected with insects – wood pests, mostly the old-house borer (*Hylotrupes bajulus* L.).



Ryc. 7. Połączenie w narożu ścian prezbiterium przed (zdjęcie górne) i po renowacji (zdjęcie dolne)

Fig. 7. Joint in the quoin of the chancel before (up) and after the renovation (bottom)



Ryc. 8. Wypełnienie spoin pomiędzy belkami ściany zewnętrznej kitem trwale plastycznym – przed renowacją (zdjęcie górne) oraz fugą mierzalną po remoncie (zdjęcie dolne)

Fig. 8. Filling of space between the beams of exterior walls with permanently plastic putty – before the renovation (top) – and with mineral grout – after the renovation (bottom)



Ryc. 9. Deformacja łuku tęczowego. Widoczne wewnętrzne słupy mocowane do ścian przed renowacją (zdjęcie z lewej strony). Widok po renowacji na zdjęciu z prawej strony

Fig. 9. Deformation of the rood arch. The posts fastened to the inside of the walls are visible – before the renovation (left). The rood arch after the renovation (right)

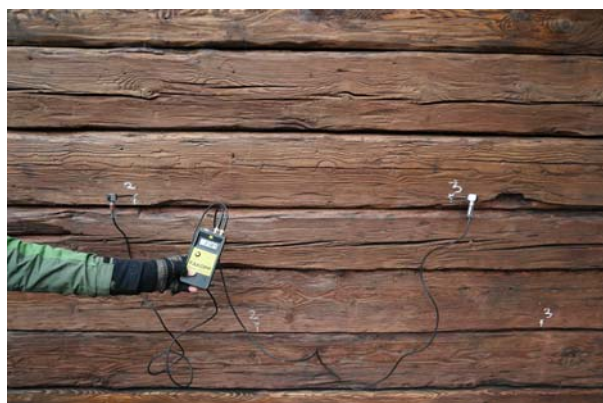


dowana prawie na całym swoim przekroju. W większości elementów zaobserwować można spękania podłużne. Od strony zewnętrznej spoiny pomiędzy belkami zostały wypełnione kitem trwale plastycznym (ryc. 8a). W czasie ostatniego remontu wykonano uszczelnienie ścian fugą mineralną (ryc. 8b). Ściany były wcześniej wielokrotnie naprawiane. Świadczyły o tym licznie występujące drewniane wstawki oraz maskownice. Część belek była także sztukowana na długości. Ze względu na rozluźnienie złączy naroży ścian zostały one częściowo wzmocnione gwoździami stalowymi. We wnętrzu ściany nawy, prezbiterium oraz łuku tęczowego wykazywały znaczne deformacje. Ściany nawy i prezbiterium wzmocnione zostały umieszczonymi od wewnątrz słupami skręconymi śrubami z belkami ścian (ryc. 9). Ze względu na występujące deformacje – odchylenia od pionu – ściany nawy głównej i wieży kościoła zostały podparte drewnianymi przyporami skręconymi z istniejącymi słupami wewnętrznymi w 2014 r. (ryc. 1, ryc. 9).

Wg [6] około 30% wad i uszkodzeń drewna występuje wewnątrz elementów i jest niemożliwa do wykrycia konwencjonalnymi metodami oceny wizualnej.

W celu określenia stanu zachowania tkanek drzewnej w elementach konstrukcyjnych, poza badaniami wizualnymi, wykonano badanie metodą fali sprężystej oraz badanie oporu wiercenia.

Pomiary prędkości rozchodzenia się fali dźwiękowej w drewnie wykonano za pomocą urządzenia Fakopp Microsecond Timer (ryc. 10). Pomiar oporów wiercenia w drewnie wykonano za pomocą urządzenia IML RESI F-400S (ryc. 11).



Ryc. 10. Urządzenie Fakopp Microsecond Timer podczas pomiaru  
Fig. 10. Fakopp Microsecond Timer device during testing

## METODA AKUSTYCZNA

Do przeprowadzenia badania metodą fali sprężystej zastosowano urządzenie Fakopp Microsecond Timer firmy Fakopp Enterprise Bt. Jego działanie polega na pomiarze czasu rozchodzenia się w materiale fali dźwiękowej. W skład zestawu badawczego wchodzi zakończony grubymi igłami głowice nadawcza (start) i odbiorcza (stop), przewody łączące je z urządzeniem rejestrującym oraz młotek o masie 100 g służący do

Signs of damage are especially visible where elements are joined (fig. 7), but some of the beams have been almost completely corroded in the cross-section. Most of the wall beams have longitudinal cracks. Most joints between the beams on the exterior side of the walls have been filled in with a permanently plastic putty (fig. 8a). As part of the last renovation, the walls were sealed with mineral grout (fig. 8b). The walls have been repaired on numerous occasions in past years, which is evidenced by numerous wooden inserts and patches. Some of the beams have been pieced together along their whole length. Due to the loosening of the wall corner joints, steel nails were introduced to strengthen them in part.

The walls of the nave and the chancel and the rood arch are significantly deformed. The walls of the nave and the chancel have been reinforced on the inside with posts screwed to the wall beams (fig. 9). Due to the deformations – deviation from the vertical – the walls of the nave and the tower of the church were provided with support in the form of counterforts fastened to internal posts in 2014 (fig. 1, fig. 9).

According to [6], 30% of imperfections and damage in wood occurs inside timber elements and cannot be detected with conventional methods of visual assessment. To determine the condition of wood tissue in structural elements, aside from visual inspection, tests were carried out using the stress-wave method and the resistance drilling method.

Measurement of the speed of the sound stress wave was carried out using the Fakopp Microsecond Timer



Ryc. 11. Urządzenie do pomiaru oporu wiercenia. Kształt i wymiary wiertła w [mm] pokazano w prawym dolnym rogu  
Fig. 11. Resistance drilling device during testing. Drill shape and dimensions in mm are shown in the lower right corner

(fig. 10). Resistance drilling tests were carried out using an IML RESI F-400S resistance drilling device (fig. 11).

## ACOUSTIC METHOD

The Fakopp Microsecond Timer made by Fakopp Enterprise Bt. was used for stress-wave method testing. It measures the time it takes a sound wave to propagate through the material. The testing equipment comprises a transmitting head (start) and a receiver (stop), both

wzbudzenia fali. W celu wykonania pomiaru głowice są wbijane bezpośrednio w badane miejsca. Podczas badania fala wzbudzana jest przez jednokrotne uderzenie młotkiem w głowicę nadawczą. Następnie, po przebyciu najkrótszej drogi, fala dociera do głowicy odbiorczej, a urządzenie rejestruje czas, jaki był do tego potrzebny.

Urządzenie jest w stanie zarejestrować uszkodzenie wewnątrz próbki tylko wtedy, gdy znalazło się ono dokładnie na drodze między głowicami, w związku z tym zalecane jest wykonanie pomiarów w wielu różnych miejscach i kierunkach. W badaniach z wykorzystaniem urządzenia Fakopp Microsecond Timer wilgotność drewna ma znaczenie tylko w przypadku wartości poniżej nasycenia włókien. Wpływ temperatury jest niewielki: wzrost o 1°C powoduje spadek prędkości propagacji fali o ok. 3 m/s w zakresie od 0 do 40°C. Na podstawie zarejestrowanych przez urządzenie czasów przejścia fali przez materiał na drodze o znanej długości możliwe jest wyznaczenie prędkości rozchodzenia się fali. Prędkość ta silnie zależy od struktury materiału. W przypadku drewna jej wartość jest kilkakrotnie wyższa dla kierunku propagacji fali wzdłuż niż w poprzek włókien. Dla zdrowego elementu możliwe jest określenie prędkości charakterystycznej przy danym gatunku drewna i kierunku rozchodzenia się fali. Przy porównaniu wartości tej z wartością osiągniętą przez próbkę z uszkodzeniami spadek prędkości o 30% szacować można jako obniżenie wytrzymałości o 50%, a spadek o 50% jako znaczące zniszczenie i drastyczny spadek wytrzymałości [7].

Dzięki tej metodzie możliwe jest wykrywanie nieciągłości, pęknięć, sęków, zgnilizn i innych wad.

Możliwe jest także oszacowanie wartości modułu sprężystości i wytrzymałości na zginanie.

Przy znanej gęstości drewna i zmierzonej prędkości rozchodzenia się fali dźwiękowej możliwe jest obliczenie wartości dynamicznego modułu sprężystości ( $MOE_{dynamic}$ ) na podstawie wzoru

$$MOE_{dynamic} = v^2 \cdot \rho, \quad (1)$$

gdzie:

$v$  – prędkość rozchodzenia się fali dźwiękowej w materiale,

$\rho$  – gęstość badanego elementu.

Dynamiczny moduł sprężystości jest silnie powiązany ze statycznym modułem sprężystości i może być przedstawiony jako liniowo od niego zależny parametr [8]. Wartość statycznego modułu sprężystości ( $MOE_{static}$ ) dla kierunku równoległego dla włókien można obliczyć na podstawie wzoru

$$MOE_{static} = 579,5 + 0,7548 \cdot MOE_{dynamic} \quad (2)$$

Badanie metodą fali akustycznej ścian zrębowych obiektu odbyło się w styczniu 2016 r. przy temperaturze zewnętrznej 2°C. Pomiarów wykonano na wybranych belkach ścian B, D, F, J i K (ryc. 12). Na badanych belkach wyznaczono od 3 do 4 punktów pomiarowych w odległości 1000 mm wzdłuż elementów i dla każdej pary punktów

with thick spikes, cables linking the heads to a registering device and a hammer of 100 g mass, which serves to initiate the wave. To carry out a test, the heads are inserted directly into the tested areas. During testing, the wave is initiated through a single blow of the hammer on the transmitting head, the wave travels via the shortest and most direct distance to the receiving head, whereas the device registers the time needed to complete the journey.

The device is capable of registering damage inside a sample, only when the damage is located on the route travelled between the heads, so it is recommended to carry out several measurements in different places and direction. For testing using the Fakopp Microsecond Timer, moisture of the wood has significance only if values are lower than saturation level of the fibres. The influence of temperature is not large: an increase of 1°C slows down the wave being propagated by approx. 3 m/s within the temperature range between 0 and 40°C. Based on the time registered by the device for propagation of the wave through the material of a known distance it is possible to determine the speed of wave propagation. The speed is strongly dependent on the material structure. In the case of wood, the speed value is several times higher when wave propagation is along the grain than across the grain. It is possible to determine the wave speed characteristic for a healthy element of a specific species and for direction of wave propagation. When comparing this value to the value in the damaged sample a 30% reduction in speed translates into an estimated 50% reduction in strength, whereas a 50% reduction indicates a significant destruction and drastic reduction in resilience [7].

Thanks to this method it is possible to detect discontinuities, cracks, knots, decay and others.

It is also possible to estimate the modulus of elasticity and bending strength.

When wood density is known and the sound wave propagation speed is measured, it is possible to calculate the dynamic value of the modulus of elasticity ( $MOE_{dynamic}$ ) according to the following formula

$$MOE_{dynamic} = v^2 \cdot \rho, \quad (1)$$

where:

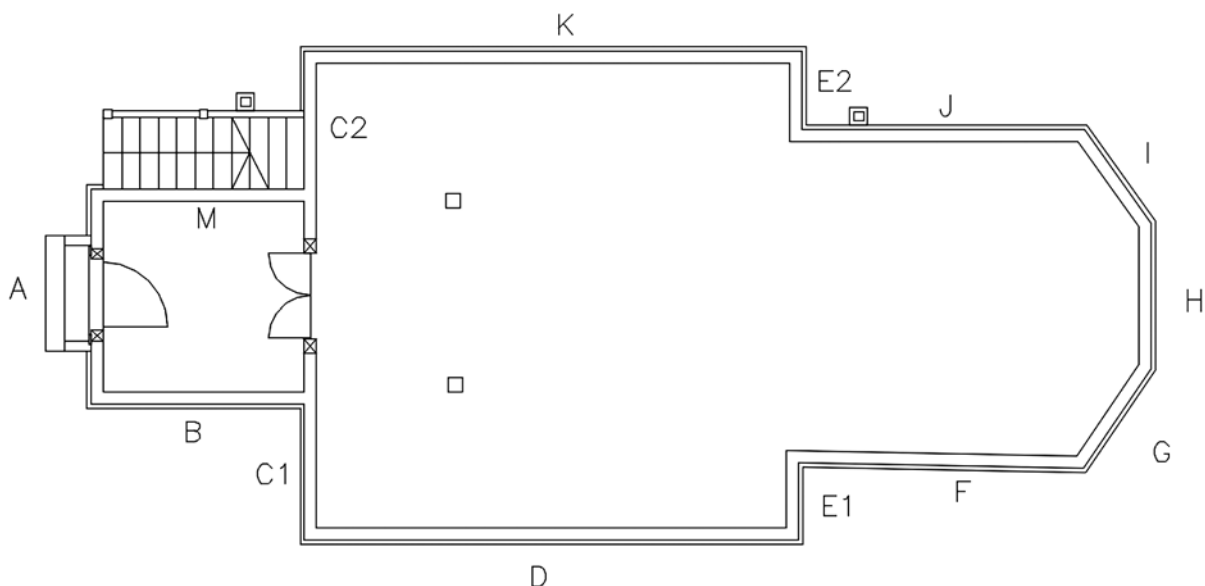
$v$  – speed of sound wave propagation in the material,

$\rho$  – density of the tested material.

The dynamic modulus of elasticity is closely tied to the static module of elasticity and can be presented as a linearly dependent parameter [8]. The value of the static module of elasticity ( $MOE_{static}$ ) can be calculated for the direction in line with the grain according to the following formula

$$MOE_{static} = 579.5 + 0.7548 \cdot MOE_{dynamic} \quad (2)$$

Testing of the timber walls of the building using the acoustic wave method was carried out in January 2016 with an external temperature of 2°C. The measurements were carried out on selected wall beams B, D, F, J and K (fig. 12). On the beams tested, 3 to 4 measure-



Ryc. 12. Oznaczenie ścian, które były badane metodą fali sprężystej  
 Fig. 12. Description of walls which were tested with the stress wave method

zostały wykonane trzy pomiary. Na podstawie odczytanych czasów rozchodzenia się fali akustycznej i znanych odległości między punktami pomiarowymi wyznaczono prędkość rozchodzenia się fali dźwiękowej w materiale.

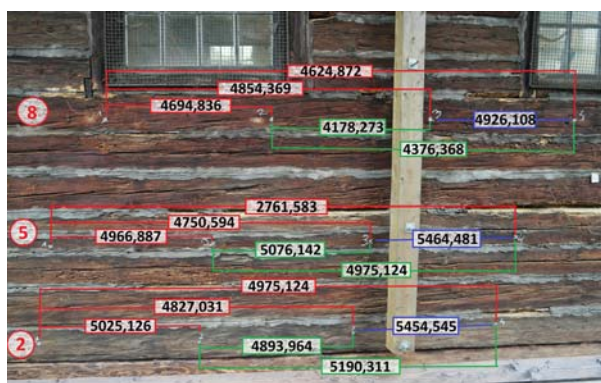
Poniżej, na widoku ściany D przedstawiono obliczone prędkości propagacji fali między ustalonymi punktami (ryc. 13).

Poniżej przedstawiono wykres regresji liniowej zależności czasu od drogi dla wykonanych pomiarów dla belek ścian B, D, F, J oraz K (ryc. 14). Współczynnik determinacji  $R^2$  wyniósł 0,97.

ment points spaced at 1000 mm along the element and three measurements were carried out for each of the points. Based on readings of the timing of propagation of the acoustic wave and known distance between the measurement points, the speed of propagation of the sound wave through the material was estimated.

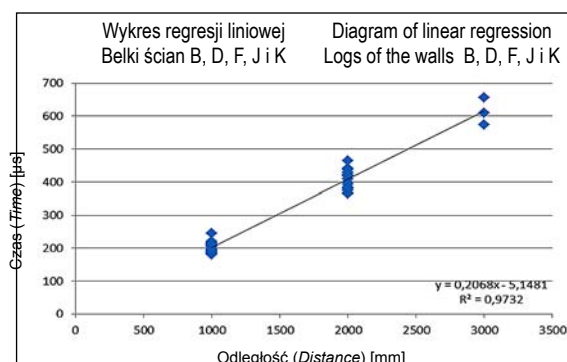
Below is a view of wall D for which the speed of propagation of the wave between predetermined points was calculated (fig. 13).

Below is a diagram showing linear regression relationship dependency on time of route based on



Ryc. 13. Przedstawienie wyników pomiarów dla ściany D – prędkość rozchodzenia się fali dźwiękowej pomiędzy badanymi punktami w [m/s]

Fig. 13. Example of results for the wall D. Values of wave propagation velocity in wood between measurement points are shown in m/s



Ryc. 14. Wykres regresji liniowej zależności czasu od drogi dla pomiarów belek ścian B, D, F, J i K

Fig. 14. Diagram of linear regression of time-to-distance relationship for measurement points in elements of the walls B, D, F, J and K

Na podstawie prędkości propagacji fali dźwiękowej obliczony został dynamiczny moduł sprężystości  $MOE_{dynamic}$ , a następnie statyczny moduł sprężystości  $MOE_{static}$ . Do obliczeń przyjęto gęstość drewna modrzewiowego  $\rho = 590 \text{ kg/m}^3$ . Wyniki przedstawiono w poniższej tabeli (tab. 1).

measurements for beam walls B, D, F, J and K (fig. 14). The determining co-efficient  $R^2$  was 0.97.

The velocity of propagation of the sound wave allowed calculation of the dynamic modulus of elasticity ( $MOE_{dynamic}$ ) and also the static module of elasticity ( $MOE_{static}$ ). For the purposes of the calculation, the

Tab. 1. Rezultaty badań metodą fali sprężystej

Tab. 1. Summary of results from the stress wave method

|  |       | Średnia<br>Average | Odchyl. stand.<br>Standard<br>deviation | Wsp. zmienności<br>Coefficient of<br>variations | Wartość minimalna<br>Minimum value | Wartość maksymalna<br>Maximum value |
|--|-------|--------------------|---|---|------------------------------------|-------------------------------------|
| Prędkość fali dźwiękowej<br>Velocity of sound wave                                       | [m/s] | 5097               | 363                                     | 7,1%  | 4178                               | 5747                                |
| Dynamiczny moduł sprężystości<br>Dynamic modulus of elasticity<br>MOE <sub>dynamic</sub> | [GPa] | 15404              | 2177                                    | 14,1%   | 10300                              | 19487                               |
| Statyczny moduł sprężystości<br>Static modulus of elasticity<br>MOE <sub>static</sub>    | [GPa] | 12206              | 1643                                    | 13,4%   | 8354                               | 15288                               |

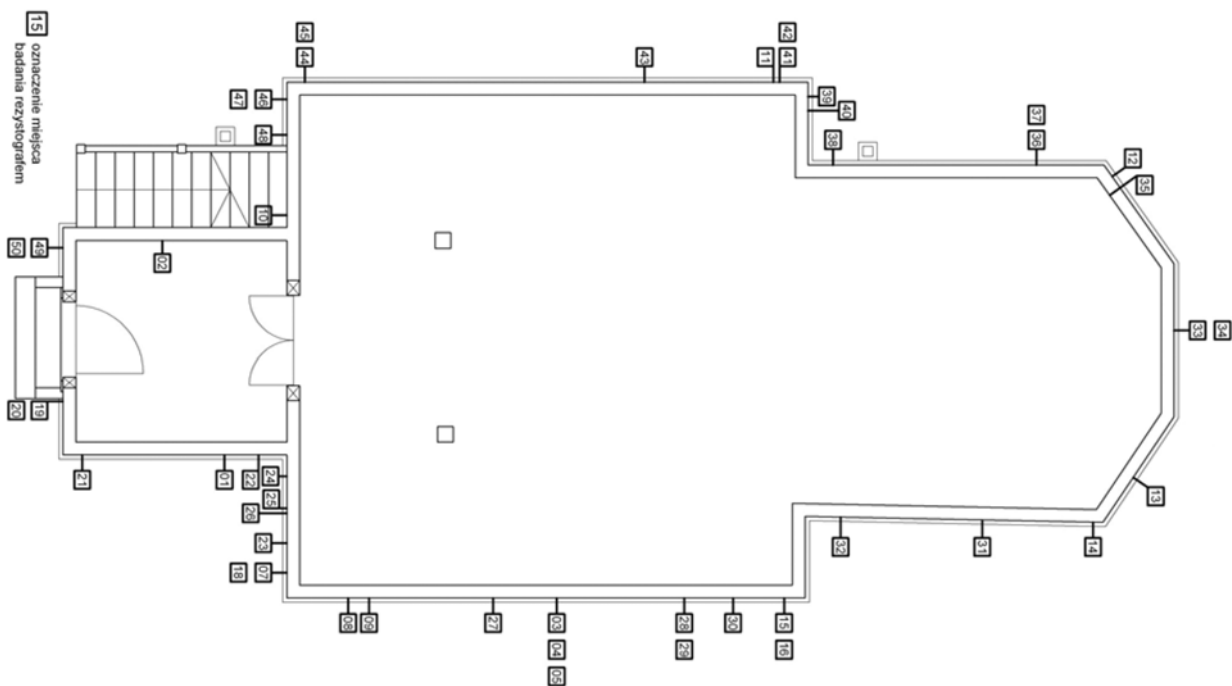
## METODA OPORU WIERCENIA

Urządzenie do pomiaru oporu wiercenia mierzy opory wiercenia obracającego się ze stałą prędkością ok. 1500 obrotów na minutę wiertła o średnicy od 1,5 do 3 mm na jego końcu i długości ok. 300–500 mm (ryc. 11), ujawniając kolejne przyrosty roczne oraz zmiany gęstości drewna powodowane m.in. destrukcją biologiczną. Średnica otworu po wykonanym badaniu jest nie większa niż otwory wylotowe szkodników drewna (ok. 3 mm). Z tego względu tę metodę można uznać za quasi-nieniszczącą [6]. Zastosowanie urządzenia pozwala na lokalizację wad i nieciągłości struktury w elementach drewnianych bez naruszania ich właściwości użytkowych, co jest szczególnie ważne w przypadku badań obiektów zabytkowych [9], [10], [11], [12]. Urządzenie pozwala na rejestrację wyników co 0,1 mm. Wyniki pomiarów rejestrowane są jako wykresy zależności oporu od głębokości odwiertu.

density of larch wood was taken to be  $\rho = 590 \text{ kg/m}^3$ . The results are presented in the table below (tab. 1).

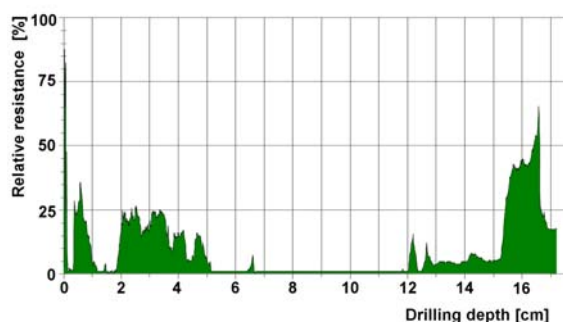
## RESISTANCE DRILLING METHOD

The resistance drilling device measures resistance to drilling with a drill rotating at a constant speed of approximately 1500 rotations per minute. The drill is 300 to 500 mm long and its ending has a diameter of 1.5 to 3 mm (fig. 11). Measurements reveal the sequence of annual wood growth and changes in density caused *inter alia* by biological degradation. The diameter of the drilling hole is no larger than holes made by wood pests (approximately 3 mm). For this reason the method can be regarded as quasi-non destructive [6]. The use of the resistance drilling device serves to identify internal flaws and discontinuities of structure in timber elements without impacting their usability, which is extremely important in the case of heritage buildings [9], [10], [11], [12]. The device allows for registra-



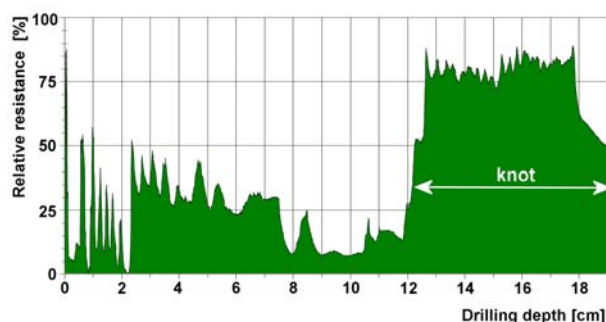
Ryc. 15. Rozmieszczenie punktów badań rezystograficznych

Fig. 15. Location of resistance drilling measurement points



Ryc. 16. Przykładowy wykres oporu wiercenia (korozja biologiczna wewnątrz przekroju na głębokości 5–12 cm)

Fig. 16. Example of drilling resistance profile (section with decayed wood inside at the depth of 5–12 cm)



Ryc. 17. Przykładowy wykres oporu wiercenia (na głębokości 12–18,5 cm sęk)

Fig. 17. Example of drilling resistance profile (with a knot at the depth of 12–18.5 cm)

Kształt wykresu zdrowego materiału jest ściśle związany z różnicą gęstości stref drewna wczesnego i późnego [13], ze strukturą słoików przyrostu rocznego [14], [15] oraz z kątem wiercenia. Piki na wykresie odpowiadają wysokiemu oporowi i dużej gęstości. Spadki i niskie punkty odpowiadają niskiemu oporowi i małej gęstości. Natomiast płaska linia na wykresie oznacza drewno, które uległo całkowitemu rozkładowi i nie wykazuje żadnego oporu wiercenia. W strefach wyjściowej i wejściowej podczas wiercenia pomiar ulega zakłóceniu ze względu na czas potrzebny do właściwego ułożenia się wiertła oraz przejście na prawidłowe obroty. Dla tych stref wykres ma najczęściej charakter płynnej krzywej rosnącej lub opadającej. Wyniki badania przy zastosowaniu metody oporu wiercenia pozwalają na ocenę zasięgu ewentualnej destrukcji oraz wstępną ocenę jego wytrzymałości.

Badanie oporu wiercenia drewna belek ścian zrębowych kościoła przeprowadzone zostało w lutym i kwietniu 2015 r. Odwierty wykonano w wybranych 50 punktach pomiarowych (ryc. 15). Wilgotność drewna mierzona wilgotnościomierzem oporowym FME Brookhuis wahała się od 19 do 22%. W pomiarach zastosowano ustawienie twardości drewna SOFT dla drewna iglastego.

Przykładowe wykresy oporu wiercenia zostały pokazane na ryc. 16 (całkowicie skorodowane biologicznie drewno wewnątrz przekroju na głębokości od 5 do 12 cm) i na ryc. 17 (widoczny wyraźny wzrost oporu, na głębokości od 12 do 18 cm, wskazujący na występowanie sęka, a nie na lokalnie podwyższone wyższe parametry drewna).

Badania oporu wiercenia wskazały lokalne uszkodzenia przekrojów w badanych elementach drewnianych. Niektóre belki były skorodowane wewnątrz przekroju, co było niemożliwe do stwierdzenia jedynie na podstawie oceny wizualnej. W belkach o wyraźnie widocznych miejscach korozji biologicznej na powierzchni nie wykonywano pomiarów.

Podjęmowane są także próby korelacji wyników badań metodą oporu wiercenia z wynikami badań wytrzymałościowych w celu szacowania gęstości a dalszej kolejności parametrów mechanicznych drewna w konstrukcji. Wy-

tion of results every 0.1 mm. The measurements are registered as graphic profiles showing dependency of resistance to depth of the drilling. The shape of healthy material is closely associated with the differences between early and late timber [13], the annual growth of the tree-ring structure [14], [15] and the angle of drilling. Peaks in the profile correspond to high resistance and high density, whereas troughs correspond to low resistance and low density. Timber subjected to complete disintegration offers no drill resistance. In such a situation, the graph is a flat horizontal line. During drilling, the exit and entry area generate distortions due to the time needed for an appropriate set up of the drill bit and the correct rotation. Results obtained using resistance drilling enable assessment of potential wood degradation and provide a preliminary assessment of wood strength.

Testing of the log-frame beams of the church walls using resistance drilling was carried out in February and April 2015. Drill holes were located in 50 selected measurement points (fig.15). The wood moisture as measured with a moisture measuring device FME Brookhuis varied from 19 to 22%. Measurements adopted the SOFT setting for wood strength.

Example graphic profiles for resistance drilling are presented in fig. 16 (timber completely corroded biologically in its cross-section to a depth from 5 to 12 cm) and in fig. 17 (a clear increase of resistance is visible at a depth of 12–18 cm, indicating the presence of a knot and not a locally increased wood parameters).

The timber elements tested using resistance drilling indicate localised damage in their cross-sections. Some beams were corroded in their interior, which was impossible to detect through visual inspection alone. Beams which were visibly corroded biologically on their surface, were not subjected to testing.

There are also attempts to correlate results obtained through resistance drilling testing with strength tests in order to assess mechanical properties of timber in building structures. The results presented in the form of graphs depict the relationship between relative resistance ( $RA$ ) and drilling depth ( $H$ ), which allows for evaluation of wood parameters as a correlation of

kresy przedstawiające zależności oporu wiercenia ( $RA$ ) od głębokości wiercenia ( $H$ ) pozwalają na ocenę parametrów drewna poprzez korelację średniej wartości parametru średniej wartości oporu wiercenia ( $RM$ ) z gęstością, wytrzymałością oraz modułem sprężystości [16]:

$$RM = \frac{\int_0^H RA \cdot dh}{H} \quad (3)$$

W celu obliczenia wartości parametru średniego oporu wiercenia ( $RM$ ) przyjęto strefę wejścia i wyjścia o głębokości 3 mm, która nie była uwzględniana w obliczeniach. Do obliczeń nie wliczano stref skorodowanych oraz sęków.

Resistance Measure ( $RM$ ) mean value with density, strength and modulus of elasticity [16]:

$$RM = \frac{\int_0^H RA \cdot dh}{H} \quad (3)$$

To calculate the Resistance Measure ( $RM$ ) value 3 mm deep entrance and exit zones were assumed. These were not considered in calculations. Decayed wood zones and knots were also excluded from calculations.

The coefficient of variation for obtained  $RM$  values equals to 40.5% (table 2) and it calls into question the possibility of correlating  $RM$  values with mechanical

Tab. 2. Wyniki badań średniego oporu wiercenia –  $RM$

Tab. 2. Summary of average resistance –  $RM$

| Liczba pomiarów<br><i>No. measurements</i> | Gatunek drewna<br><i>Wood species</i>                         | Średni opór wiercenia $RM$ (%)<br><i>Resistance Measure <math>RM</math> (%)</i> |                        |                                 |  |
|--|---|---|------------------------|---------------------------------|--|
|  |   | Wartość średnia<br><i>Mean value</i>  | Zakres<br><i>Range</i> | Odch. Stand.<br><i>Std dev.</i> | Wsp. zmienności<br><i>Coefficient of variation</i> |
| 50   | Modrzew europejski<br><i>European larch<br/>Larix decidua</i> | 29,7  | 12,7–67,4              | 12,0                            | 40,5   |

Współczynnik zmienności dla uzyskanych wartości parametru  $RM$  wynosi 40,5% (tab. 2) i poddaje w wątpliwość możliwość korelowania wartości  $RM$  z cechami mechanicznymi drewna i wykorzystania tej metody do ich szacowania.

## WNIOSKI

W wyniku wykonanych inwentaryzacji i pomiarów stwierdzono odchyłki od pionu istniejących ścian. Jako tymczasowe podparcie zastosowano w 2014 r. drewniane przypory (ryc. 1, ryc. 9) skrócone z istniejącymi słupami wewnętrznymi.

Połączenia belek w węglach były w dużej mierze w złym stanie technicznym i wymagały prac naprawczych poprzez flekowanie końcówek belek, impregnację strukturalną oraz zastosowanie łączników mechanicznych, np. sworzni samowiercących, pozwalających zapewnić odpowiednią współpracę łączonych ścian.

W modrzewiowych belkach ścian wieńcowych nawy, prezbiterium i wieży kościoła występowały liczne ogniska korozji biologicznej. Do oceny stanu technicznego ich materiału, poza oceną wizualną, wykorzystano metody nieniszczące lub quasi-nieniszczące.

Badania wykonane metodą oporu wiercenia miały charakter jakościowy, a nie ilościowy. Pozwoliły na ocenę stopnia korozji materiału elementów, których wygląd

properties of wood and hence the application of this method for their assessment.

## CONCLUSIONS

Based on the testing and measurements completed, deviations were determined from the vertical of existing walls. A temporary support was introduced in 2014 in the form of wooden buttresses (fig. 1, fig. 9) bolted onto existing internal posts.

The quoin joints of beams were mostly in a poor technical condition and required repair work involving infilling spaces in the beam ends, structural impregnation and application of mechanical joining elements, e.g. self-drilling bolts which would ensure mutual support of joined walls.

Numerous centres of biological decay were identified in the larch log walls of the nave, the chancel and the tower. Assessment of the condition of the materials making up the decayed walls was carried out using visual inspection and non-destructive or quasi-destructive methods.

The resistance drilling testing provided a qualitative rather than quantitative perspective. This allowed assessment of the degree of corrosion of the elements, which externally did not generate concern in visual inspection. Numerous elements are decayed not only

zewnątrzny przy ocenie wizualnej nie budził zastrzeżeń. Wiele elementów było skorodowanych, nie tylko powierzchniowo, ale, jak wykazały badania, również wewnątrz przekrojów. Stosowanie metody oporu wiercenia uzasadnione jest przy jakościowej ocenie struktury elementu. Metoda pozwala jedynie na wstępne szacowanie parametrów drewna (wysoki współczynnik zmienności dla *RM*). W tym przypadku dzięki tej metodzie oceniony został stan badanych elementów drewnianych ścian, co umożliwiło podjęcie decyzji o naprawie lub wymianie danego elementu.

Badanie metodą propagacji fali dźwiękowej pozwoliło na oszacowanie modułu sprężystości podłużnej wybranych belek. Uzyskane wyniki miały sporą rozbieżność, np. przy analizie prędkości fali, które pomiędzy kolejnymi punktami pomiarowymi nie wykazywały oczekiwanej zależności. Wynikać to mogło ze znacznych uszkodzeń i nieciągłości struktury badanych elementów. W związku z tym właściwości mechaniczne materiału określane na podstawie wyników badań tą metodą powinny być weryfikowane za pomocą badań innymi metodami.

Żadna z obecnie znanych i stosowanych do oceny stanu elementów konstrukcji drewnianych metod nieniszczących lub quasi-nieniszczących nie pozwala na jednoznaczne oszacowanie cech wytrzymałościowych drewna [17]. W celu uzyskania jak największej liczby jak najlepszych informacji o strukturze materiału zaleca się, aby w badaniach na obiekcie stosować i łączyć ze sobą różne metody NDT [18, 19, 20].

## ACKNOWLEDGEMENTS

Autorzy dziękują projektantom i wykonawcom wzmocnienia kościoła, Panom Pawłowi Friedowi, Danielowi Żugajowi oraz Kamilowi Zarembie za udostępnione materiały, w tym inwentaryzację kościoła.

on the surface but also on the inside as indicated by the testing. Applying the resistance drilling method is justified when there is a qualitative assessment of structural elements. This approach provides only a preliminary assessment of wood parameters (high coefficient of variation for *RM*). In this case, the method allowed to assess the condition of timber wall elements, which subsequently resulted in decisions having been made on whether to repair or replace specific elements.

Testing using the method of propagating sound waves provided a basis for estimating the longitudinal modulus of elasticity of selected beams. The results obtained indicated considerable variation e.g. while analyzing velocity of the wave, which did not show the expected dependency between measurement points. This could be the result of extensive damage and lack of continuity in the structure of the tested elements. As a result, mechanical properties determined based on measurements obtained using this method need to be verified through testing using other methods.

It should be noted, however, that none of the non-destructive or quasi-destructive methods which are currently used for assessment of the condition of timber structures allow for an unambiguous estimation of wood strength properties [17]. In order to obtain the largest possible amount and greatest quality of information concerning the material structure of the church building investigated, it is recommended to use and link together different NDT methods [18,19, 20].

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank the planners and contractors, who carried out the church reinforcement – Paweł Fried, Daniel Żugaj and Kamil Zaremba – for making available research material, including inventory of the church.

---

## BIBLIOGRAFIA / REFERENCES

- [1] Matuszczak J. Kościoły drewniane na Śląsku. Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław, 1975.
- [2] Rybka-Celecka I. Kościół św. Mikołaja, zwany św. Jana Nepomucena. In: R. Eysymontt, J. Ilkosz, A. Tomaszewicz, J. Urbanik (eds) Leksykon architektury Wrocławia. Wydawnictwo Via Novia, Wrocław, 2011, 750–751.
- [3] Ilkosz J. Max Berg's Centennial Hall and Exhibition Grounds in Wrocław, Wydawnictwo. Muzeum Architektury we Wrocławiu, Wrocław, 2006.
- [4] Nowak T., Jasieńko J., Karolak A., Bednarz Ł. Analysis of the condition of material and proposal for reinforcing the log frame walls of the wooden church of st. John of Nepomuk in Wrocław, Poland. In: Jasieńko J. & Nowak T. (eds) Proc. of the International Conference on Structural Health Assessment of Timber Structures – SHATIS'15, Wrocław, 9–11 September 2015, 313–321.
- [5] Jasieńko J, Nowak T., Karolak A. Historical carpentry joints. *Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation* 2014;40:58–82.
- [6] Tannert T., Anthony R.W., Kasal B., Kloiber M., Piazza M., Riggio M., Rinn F., Widmann R., Yamaguchi N. In situ assessment of structural timber using semi-destructive techniques. *Materials and Structures* 2014;47(5):767–785.
- [7] Nowak T., Hamrol-Bielecka K., Jasieńko J. Experimental testing of glued laminated timber members using ultrasonic and stress wave techniques. In: Jasieńko J. & Nowak T. (eds) Proc. of the International Conference on Structural Health

- Assessment of Timber Structures – SHATIS'15, Wrocław, 9–11 September 2015, 523–533.
- [8] Johansson, M., Suikki, J. Non-destructive evaluation of timber floors structure at Skansen Lejonet. MSc Thesis, Chalmers University of Technology, Gothenburg, 2013.
- [9] Branco J.M., Piazza M., Cruz P.J.S. Structural analysis of two King-post timber trusses: Nondestructive evaluation and load-carrying tests. *Construction and Building Materials* 2010;24(3):371–383.
- [10] Jasieńko J., Nowak T., Bednarz Ł. The baroque structural ceiling over the Leopoldinum Auditorium in Wrocław University – tests, conservation and a strengthening concept, *International Journal of Architectural Heritage* 2014;8(2):269–289.
- [11] Ericsson K., Karawajczyk E., Kliger R., Lechner T., Lukaszewska E., Misztal W., Nowak T. Non-destructive Testing Of The Historic Timber Roof Structures Of The National Museum In Stockholm, Sweden. *International Journal of Heritage Architecture* 2018;2(2):218–229.
- [12] Lechner T., Nowak T., Kliger R. In situ assessment of the timber floor structure of the Skansen Lejonet fortification. *Construction and Building Materials* 2014;58:85–93.
- [13] Rinn F. Practical application of micro-resistance drilling for timber inspection. *Holztechnologie* 2013;54(4):32–38.
- [14] Hiroshima T., 2014: Applying age-based mortality analysis to a natural forest stand in Japan. *Journal of Forest Research* 2014;19(4):379–387.
- [15] Wang S.Y., Chiu C.M., Lin C.J. Application of the drilling resistance method for annual ring characteristics: evaluation of *Taiwania* (*Taiwania cryptomerioides*) trees grown with different thinning and pruning treatments, *Journal of Wood Science* 2003;49(2):116–124.
- [16] Feio A.O., Machado J.S., Lourenço P.B. Compressive behavior and NDT correlations for chestnut wood (*Castanea sativa* Mill.). In: Modena C., Lourenço P. B., Roca P. (eds) *Structural Analysis of Historical Constructions*, 2005, 369–375.
- [17] Jasieńko J., Nowak T., Hamrol K., Selected methods of diagnosis of historical timber structures – principles and possibilities of assessment. *Advanced Materials Research* 2013;778:225–232.
- [18] Ilharco T., Lechner T., Nowak T. Assessment of timber floors by means of non-destructive testing methods. *Construction and Building Materials* 2015;101(2):1206–1214.
- [19] Nowak T., Jasieńko J., Hamrol – Bielecka K. In situ assessment of structural timber using the resistance drilling method – Evaluation of usefulness. *Construction and Building Materials* 2016;102:403–415.
- [20] Tomaszek T. The application of the resistography for examination of the scope of wood tissue degradation in cross-sections of polychrome elements of wooden historic building in order to optimize the area of polychrome transfer (case study of orthodox church in Mięksiz Stary). *Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation* 2015;42:80–90.

---

## Streszczenie

W artykule przedstawiono zarys historii obiektu drewnianego o konstrukcji zrębowej oraz krótki opis wykonanych prac budowlano-konserwatorskich. Zły stan techniczny obiektu przed remontem był skutkiem między innymi dwóch jego wcześniejszych przenosin. Ostatni transfer obiektu miał miejsce w 1913 roku do Wrocławia na Wystawę Stulecia. Przed wykonaniem remontu obiektu przeprowadzono badania stanu materiału ścian kościoła przy zastosowaniu metod nieniszczących lub quasi-nieniszczących, takich jak metoda oporu wiercenia oraz metoda fali sprężystej. W artykule zaprezentowano opis i wyniki przeprowadzonych badań oraz analizę stanu materiału drewnianych ścian obiektu.

## Abstract

The paper presents the history of a timber log frame building and a short description of the conservation and renovation work completed. The poor technical condition of the building prior to renovation work resulted, among other things, from two earlier relocations. The last relocation of the building was in 1913 when it was moved to the Centennial Exhibition in Wrocław. Prior to renovation work, the condition of materials of the church walls was tested using non-destructive or quasi non-destructive methods, including resistance drilling and stress wave methods. A description and results of the testing, along with the analysis of the condition of the timber walls of the building, are presented in this paper.