

Łukasz Drobiec\*, Zbigniew Pająk\*\*, Radostaw Jasiński\*\*\*

## Problemy napraw konstrukcji drewnianych kościołów

## Repair problems of the wooden structure of churches

**Słowa kluczowe:** naprawa konstrukcji drewnianych, drewniane kościoły, historyczne konstrukcje drewniane

**Key words:** wooden structures repair, wooden churches, historical timber structures

### 1. WPROWADZENIE

Stare drewniane obiekty budownictwa sakralnego, których około 850 zachowało się w kraju [1], stanowią niezaprzeczalną wartość historyczną i tworzą niepowtarzalny klimat polskiego krajobrazu. Pomimo że obiekty te podlegają z urzędu ochronie konserwatorskiej, ich stan techniczny najczęściej nie jest dobry. Do tego zaniedbania przyczyniają się brak wiedzy, nieodpowiedzialne działania, a także brak wystarczających środków na konserwację i utrzymywanie obiektów na odpowiednim poziomie. Do prac konserwatorskich często przystępuje się dopiero w ostatniej chwili, gdy zniszczenie konstrukcji lub jej części staje się zupełnie realne. Niezbędne jest wówczas podejmowanie szybkich działań zmierzających do zabezpieczenia i wzmocnienia, które w jak najmniejszym stopniu powinny ingerować w historyczną strukturę i architektoniczny wizerunek zabytkowych obiektów [2, 3, 4]. W artykule na przykładzie wybranych kościołów z terenu Śląska przedstawiono sposoby zastosowanych rozwiązań konstrukcyjnych, związanych ze wzmocnieniami i zabezpieczeniami obiektów.

### 2. TYPOWE USZKODZENIA DREWNIANYCH KONSTRUKCJI KOŚCIOŁÓW

Drewniane kościoły usytuowane na Śląsku mają podobną budowę. Są to zazwyczaj obiekty jednawowe (nawa i prezbiterium), z dobudówką miesz-

### 1. INTRODUCTION

Old wooden sacral buildings, of which around 850 have survived in the country [1], have undeniable historical value and create unique atmosphere of the Polish landscape. Although these buildings are subject to the conservation protection, their technical condition is usually not good. Lack of knowledge, irresponsible actions as well as the lack of sufficient funds for conservation, protection and maintenance of these buildings at the appropriate level contribute to this negligence. Conservation works are often undertaken only at the last minute, when the damage of the structure, or its part, becomes quite real. Swift protection and reinforcement actions, interfering as little as possible with the historic structure and the architectural image of the historic buildings [2, 3, 4], are then required. On the example of selected churches located in Silesia the methods of used structural solutions associated with reinforcing and protecting the buildings were described in this paper.

### 2. TYPICAL DAMAGES OF WOODEN STRUCTURES OF CHURCHES

Wooden churches located in Silesia have a similar construction. These are usually one-nave buildings (nave and presbytery) with an extension housing the vestry and the tower, in which the vestibule is located. Similar construction and inadequate maintenance of the buildings (lack of ad hoc repairs or their improper performance) often generate the occurrence of dam-

\* dr hab. inż., prof. PŚl, Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa

\*\* dr inż., ATH Bielsko-Biała

\*\*\* dr inż., Politechnika Śląska, Wydział Budownictwa

\* *Phd DSc CEng, Associate Professor, Silesian University of Technology*

\*\* *Phd DSc CEng, ATH Bielsko-Biała*

\*\*\* *Phd DSc CEng, Department of Building Structures, Silesian University of Technology*

czącą zakrytą oraz wieżą, w której zlokalizowana jest kruchta. Podobna budowa oraz nieodpowiednie utrzymanie obiektów (brak doraźnych remontów lub ich niewłaściwe prowadzenie) generują często występowanie uszkodzeń w typowych miejscach. Wszędzie tam, gdzie drewniane elementy konstrukcji mogą mieć kontakt z wodami opadowymi penetrującymi przez nieszczelności pokrycia lub spływającymi po terenie w bezpośredniej bliskości obiektu, istnieje duże ryzyko wystąpienia korozji biologicznej – butwienia drewna. Do takich miejsc zaliczyć można elementy konstrukcji dachu zabudowane w miejscach załamania połączeń dachowych, miejsca oparcia krokwi i belek stropowych na ścianach, podwaliny ścian naw i wież czy naroża ścian wieńcowych. W miejscach występowania zawilgoceń należy również spodziewać się występowania grzybów i pleśni oraz owadów – technicznych szkodników drewna.

Nośność istniejących nieuszkodzonych konstrukcji kościołów drewnianych jest zazwyczaj zachowana z dużym zapasem. W chwili wystąpienia uszkodzeń korozyjnych i osłabienia przekroju może jednak dojść do wyczerpania nośności uszkodzonego elementu. Naprawa uszkodzonych elementów polega najczęściej na ich częściowej wymianie albo wzmacniającej impregnacji, co nie zwalnia projektanta od obliczeniowego sprawdzenia nośności wymienianych lub wzmacnianych elementów. W drewnianych obiektach sakralnych bardzo rzadko występuje konieczność wprowadzania nowych elementów konstrukcyjnych.

### 3. NAPRAWA USZKODZONYCH WIEŻB DACHOWYCH

Elementami wieżb dachowych szczególnie narażonymi na uszkodzenia są końce krokwi, namurnice oraz krokwie koszowe i narożne. Na skutek wieloletniej penetracji wód opadowych i zawilgoceń tych elementów dochodzi często do zaawansowanych procesów korozyjnych. Naprawa polega zazwyczaj na wymianie całego elementu lub jego fragmentu. W wypadku częściowej wymiany uszkodzonego elementu należy odpowiednio zespolić stary element z nowym. Zazwyczaj wykonuje się połączenia ciesielskie: styk tępy na skos lub na kliniec, połączenie na nakładkę prostą, na nakładkę prostą ze skosem, na nakładkę skośną z ząbieniem lub bez, na zamki proste i skośne oraz na hak i nakładkę. W razie potrzeby połączenia wzmacnia się śrubami. Współczesne rozwiązania techniczne umożliwiają wykonanie połączeń również za pomocą stalowych wkładek, pierścieni zębatych czy odpowiednio profilowanych blach, lecz w obiektach zabytkowych rozwiązań tych z reguły nie stosuje się, aby nadmiernie nie ingerować w ich historyczny wizerunek. Przed przystąpieniem do zaprojektowania wszystkie wzmocnienia należy sprawdzić obliczeniowo. Przykład uszkodzeń i wykonanego wzmocnienia elementów wieżby w kościele pw. św. Bartłomieja w Gliwicach pokazano na ryc. 1 i 2. Na ryc. 3 pokazano wymienione namurnice i przypustnice.

ages in the typical places. Wherever wooden structural elements may be in contact with rainwater penetrating through leaks of the roof cover or flowing down the area in the immediate vicinity of the building, there is a high risk of biological corrosion – timber rotting. Such places include the elements of the roof structure built up in the folds of roof slopes, places where rafters and joists rest upon the walls, ground beams of walls of aisles and towers, or the corners of the crowned construction walls. The occurrence of mould, mildew and insects – technical wood pests – should also be expected in damp places.

The load-bearing capacity of existing undamaged structures of wooden churches is usually maintained by a wide safety margin. The occurrence of corrosion damages and weakening of the cross-section can, however, lead to the exhaustion of the load-bearing capacity of a damaged element. The repair of damaged elements most often involves their partial replacement or reinforcing impregnation, which does not exempt the designer from the obligation to verify the load-bearing capacity of the replaced or reinforced elements by calculation. The need to introduce new structural elements in wooden sacral buildings is very rare.

### 3. REPAIR OF DAMAGED RAFTER FRAMINGS

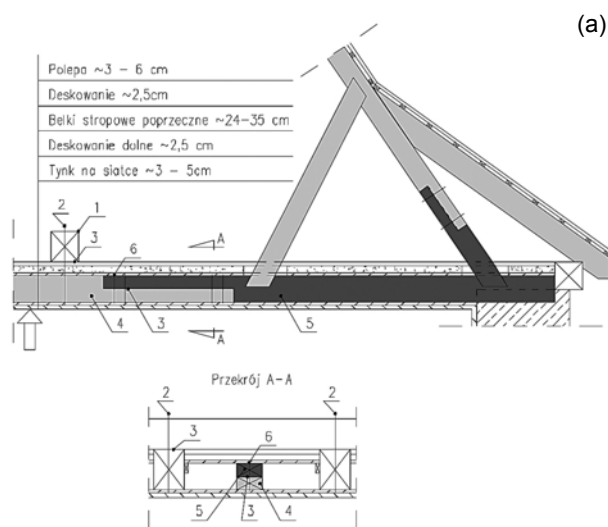
Particularly vulnerable to damage are such elements of rafter framings as ends of rafters, wall plates as well as valley and angle rafters. Advanced corrosion processes often occur as a result of long-term penetration of rainwater and dampness of these elements. The repair typically involves replacing the entire element or its part. In the case of partial replacement of the damaged part the old element should be properly joined with the new one. The following are typical carpentry joints: scarf joint, butt joint, half lap joint, mitred half lap joint, bevelled lap joint with/without teeth, simple and angled scarf joints as well as tabled scarf joints and lap scarf joints. If necessary, the joints are reinforced with bolts. Modern technical solutions enable the execution of joints also with steel inserts, gear rings and suitably profiled sheet, however, these solutions are generally not used in historic buildings as this may excessively interfere with their historical image. All reinforcements should be verified by calculation prior to designing. Fig. 1 and 2 show an example of damages and made reinforcement of the elements of the rafter framing in the Church of St. Bartholomew in Gliwice. Fig. 3 shows the replaced wall plates and false rafters.

During the research in the Church of St. Nicholas in Borowa Wieś near Gliwice dating from the early eighteenth century, the collar beam rafter framing was found to be in poor condition. There were significant corrosion damages caused mainly by insects – technical wood pests – fig. 4. Deflections of rafters and separations of joints were visible. Static calculations showed that, even assuming full sections of elements (without reducing the cross area by corrosive damages), there were shortages of calculated load-bearing capacities in some



Ryc. 1. Uszkodzenie elementów więźby dachowej przez korozję biologiczną (kościół pw. św. Bartłomieja z XVII w.)

Fig. 1. The destruction of the rafter framing elements by biological corrosion (St. Bartholomew church in Gliwice from the sixteenth century)



(a)



(b)

Ryc. 2. Zaprojektowana (a) i wykonana (b) naprawa krokwi i belki więzarowej: 1 – istniejąca belka podłużna, 2 – śruby stalowe, 3 – stalowe pierścienie łącznikowe, 4 – uszkodzona belka więzarowa, 5 – wstawka drewniana, 6 – stalowe śruby

Fig. 2. Designed (a) and made (b) repairs of wall plates and false rafters: 1 – existing longitudinal beam, 2 – steel screws, 3 – steel rings liaison, 4 – damaged beams, 5 – inset wood, 6 – steel screws

W kościele pw. św. Mikołaja w Borowej Wsi koło Gliwic, pochodzącym z początku XVIII w., podczas prowadzonych badań stwierdzono zły stan jętkowej konstrukcji więźby. Występowały znaczne zniszczenia korozyjne, spowodowane głównie przez owady – techniczne szkodniki drewna (ryc. 4). Widoczne były ugięcia krokwi i rozwarstwienia w złączach. Z obliczeń statycznych wynikało, że nawet przy założeniu pełnych przekrojów elementów (bez redukcji pola poprzecznego zniszczeniami korozyjnymi) występowały niedobory nośności obliczeniowej w niektórych przekrojach, a zwłaszcza w elementach dźwigarów obciążonych wieżyczką sygnaturki. Zaprojektowano wzmocnienia dolnych odcinków krokwi oraz jętek nakładkami jedno- lub dwustronnymi, z drewna modrzewiowego,



Ryc. 3. Namurnice i przypustnice oraz pokrycie dachu w trakcie remontu w kościele pw. św. Bartłomieja w Gliwicach

Fig. 3. Wall plates and roof covering during renovation in the St. Bartholomew church in Gliwice

łączonymi z oryginalnymi elementami pierścieniami GEKA i śrubami.

#### 4. NAPRAWA PODWALIN

Podwaliny są w drewnianych kościołach szczególnie narażone na uszkodzenia korozyjne. Związane jest to z częstym brakiem poziomej izolacji pomiędzy nimi i kamiennymi zazwyczaj murami fundamentowymi. Zdarza się również, że belki podwalinowe układane są nie na ciągłych podmurówkach, ale na kamiennych stopach i na odcinkach między stopami stykają się bezpośrednio z gruntem. W takich przypadkach wody opadowe mają bezpośredni kontakt z podwalinami i przyczyniają się do powstania uszkodzeń biologicznych. Uszkodzenia podwalin bywają dodatkowo niefachowo naprawiane, na przykład przez zastąpienie ubytków podwalin zaprawą cementową lub nawet fragmentami muru. Na ryc. 5 pokazano przykłady uszkodzeń korozyjnych podwalin, a na ryc. 6 niefachowe naprawy przez wypełnienie ubytków zaprawą lub cegłą.

W pierwszym etapie robót należy usunąć znacznie uszkodzone podwaliny. W celu umożliwienia wyjęcia uszkodzonych elementów stosuje się stalowe konstrukcje wsporcze przejmujące ciężar ścian na czas wymiany (ryc. 7). Następnie należy dokonać remontu murków fundamentowych, który polega zazwyczaj na ich odtworzeniu, czyli przemurowaniu z użyciem jak największej możliwej liczby elementów oryginalnych.



sections, especially in the elements of girders loaded down by the weight of a flèche. Reinforcements of the lower sections of rafters and collar beams with single – or double-sided lap splices made of larch wood, connected with the original GEKA rings and bolts, were designed.

#### 4. REPAIR OF GROUND BEAMS

Ground beams of wooden churches are particularly vulnerable to corrosion damages. This is due to the frequent lack of horizontal insulation between them and, usually, stone foundation walls. It also happens that ground beams are not laid on continuous supporting masonry walls, but on stone footings, and in the sections between the footings they are in direct contact with the ground. In such cases, rainwater has direct contact with ground beams, which contributes to the occurrence of biological damages. Damages to ground beams also tend to be improperly repaired, for instance, by replacing the material losses in ground beams with cement mortar or even with fragments of the wall. Fig. 5 shows examples of corrosion damages to ground beams. Fig. 6 shows improper repairs by replenishing material losses with mortar or brick.

Significantly damaged ground beams should be removed during the first stage of the works. Steel supporting structures taking over the weight of the walls for the time of replacement are used to enable the removal of damaged elements (fig. 7). Subsequently, it is necessary to repair the foundation walls, which usually involves their reconstitu-



Ryc. 4. Uszkodzenia spowodowane działaniem owadów (kościół pw. św. Mikołaja w Borowej Wsi koło Gliwic z początku XVIII w.)

Fig. 4. Damages caused by insects (church of St. Nicholas in Borowa Wieś near Gliwice from the beginning of the eighteenth century)



Ryc. 5. Korozja biologiczna podwalin: a) kościół pw. św. Marii Magdaleny w Bełku (XVIII w.) – podwalina na podmurówce kamiennej, b) kościół pw. św. Bartłomieja w Smolnicy (XVII w.) – podwalina na gruncie (w narożach ścian fundamentowe bloki kamienne)

Fig. 5. Biological corrosion of Ground beams: a) church of St. Mary Magdalene in Bełk (the eighteenth century) – ground beam on stone masonry, b) church of St. Bartholomew in Smolnica (the seventeenth century) – foundation stone blocks in the corners of the walls



Ryc. 6. Niefachowe naprawy podwalin przez wypełnienie ubytków: a) naprawy ubytków zaprawą cementową – kaplica pw. św. Jadwigi Śląskiej w Wiśle Czarnem (XX w.), b) kościół pw. św. Michała Archanioła w Żernicy (XVII w.) – murowana ściana w miejscu uszkodzonej podwaliny i bali ścian wieńcowych

Fig. 6. Improper repair of ground beams by filling cavities: a) repair cavities with cement mortar – Chapel of St. Hedwig in Wisła Czarne (the twentieth century), b) brick wall at the site of damaged ground beams – church of St. Michael the Archangel in Żernica (the seventeenth century)



Ryc. 7. Wymiana belki podwalinowej – kościół w Żernicy

Fig. 7. Replacing the ground beam – church in Żernica



Ryc. 8. Otynkowane mury fundamentowe wraz z obróbką blacharską – rozwiązanie zgodne ze sztuką budowlaną, lecz sprzeczne z kanonami sztuki konserwatorskiej (kościół pw. Najświętszej Marii Panny w Szalszy z XVII w.)

*Fig. 8. Foundation walls plastered with flashing – solution in accordance with the construction, but contrary to the canons of the conservation art (church of Blessed Virgin Mary in Szalsza of the seventeenth century)*



Ryc. 9. Wymiana podwalin wieży kościoła w Smolnicy

*Fig. 9. Replacing the ground beams of the church tower in Smolnica*

Do przemurowań stosuje się gotowe zaprawy do renowacji zabytkowych murów. Nie jest właściwe zastępowanie kamiennych murów fundamentowych ścianami betonowymi.

W wypadku braku murów fundamentowych i związanego z tym zagrożenia dla obiektu dopuszcza się wykonanie betonowych ław pod belki podwalinowe, jednak

namely rebuilding, using as many original elements as possible. Ready-made mortars suitable for renovation of historic walls are used for this purpose. It is not appropriate to substitute stone foundation walls with concrete walls.

In the absence of foundation walls and the related risk for the building, concrete footings under ground beams are allowed, but they must remain invisible and,



Ryc. 10. Stan poziomej izolacji z blachy miedzianej po 15 latach eksploatacji – kościół pw. św. Michała Archanioła w Katowicach (XVI w.)  
 Fig. 10. Condition of horizontal insulation from copper sheet after 15 years of service – church of St. Michael the Archangel in Katowice (The sixteenth century)

muszą one pozostać niewidoczne i dlatego wykonuje się je do poziomu terenu. Murowanych ścian fundamentowych nie należy tynkować, a obróbki blacharskie nie powinny być zbyt eksponowane (ryc. 8).

Podobnie jak w wypadku podwalin ścian wieńcowych, często zachodzi potrzeba wymiany podwalin w wieżach. Wiąże się to z demontażem poszycia wież i podłóg w kruchtach. Nowe podwaliny posadawia się na narożnych stopach lub murach fundamentowych z przekładkami poziomej izolacji z pasów papy, folii lub blachy nierdzewnej. Na ryc. 9 przedstawiono wymianę zupełnie zbutwiałych podwalin wieży kościoła w Smolnicy.

Izolację poziomą na murach fundamentowych, z uwagi na długą trwałość, wykonuje się zazwyczaj z blachy. Dawniej stosowano blachę miedzianą, a obecnie najczęściej wykorzystuje się blachę tytanowo-cynkową. Na ryc. 10 pokazano widok izolacji z blachy miedzianej grubości 1 mm po 15-letnim okresie eksploatacji.

## 5. NAPRAWA I WZMOCNIENIA ŚCIAN

Ściany drewnianych kościołów mają najczęściej konstrukcję zrębową z bali. Wymiana bardzo uszkodzonych elementów polega tu, podobnie jak w wypadku podwalin, na usunięciu uszkodzonych elementów i zastąpieniu ich nowymi. Na ryc. 11 pokazano widok wymienionych fragmentów ścian kaplicy pw. św. Jadwigi Śląskiej w Wiśle Czarnem przed i po impregnacji, natomiast na ryc. 12 wymienione elementy w kościele pw. św. Michała Archanioła w Żernicy.

Zrębowe konstrukcje ścian często wykazują znaczne deformacje na wysokości w postaci wybrzuszeń, które mogą zagrażać stateczności konstrukcji. Stosuje się wówczas wzmocnienia drewnianymi pionowymi przykładkami, tak zwanymi lisicami. Lisice mogą być dwu- lub jednostronne. Lisice jednostronne stosuje się w przypadku występowania na wewnętrznych powierzchniach ścian polichromii. Przykład wzmocnienia znacznie zdeformowanych ścian kościoła św. Mikołaja w Borowej Wsi koło Gliwic dwustronnymi drewnianymi lisicami przedstawiono na ryc. 13a. Na ryc. 13b pokazano natomiast wzmocnienie jednostron-

therefore, they are made up to the ground level. Masonry foundation walls should not be plastered and flashings should not be excessively exposed (fig. 8).

As in the case of ground beams of crowned construction walls, it is often necessary to replace ground beams of the towers. This involves dismantling the panelling of the towers and floors in the vestibules. New ground beams are founded on corner footings or foundation walls with horizontal insulation dividers made of strips of felt, foil or stainless steel. Fig. 9 shows the replacement of completely rotten ground beams of the church tower in Smolnica.

The horizontal insulation on foundation walls is usually made of sheet due to long durability. Former practice consisted in using copper sheet, whereas currently titanium-zinc sheet is most often used. Fig. 10 shows a view of insulation made of 1 mm thick copper sheet after 15-year period of use.

## 5. REPAIR AND REINFORCEMENT OF THE WALLS

The walls of wooden churches have usually bonded construction made of logs. Replacement of very damaged elements involves, as in the case of ground beams, the removal of damaged elements and their replacement with new ones. Fig. 11 shows a view of replaced parts of the walls of the Chapel of St. Hedwig of Silesia in Wisła Czarnie before and after impregnation. Fig. 12 shows replaced elements in the Church of St. Michael the Archangel in Żernica.

Bonded construction of walls often exhibit significant deformations at a height in the form of bulges that may threaten the stability of the structure. Thus, they are reinforced with wooden vertical dividers, the so-called lisice (vertical wooden logs twisted by screws). Lisice can be single – or double-sided. Single-sided lisice are used if there is polychrome on the internal surfaces of the walls. Fig. 13a shows an example of reinforcement of significantly deformed walls of the Church of St. Nicholas in Borowa Wieś near Gliwice with double-sided wooden lisice. Fig. 13b shows reinforcement of the bonded construction walls of the Church of St.



Ryc. 11. Wymiana uszkodzonych bali ścian – kaplica pw. św. Jadwigi Śląskiej w Wiśle Czarnem  
 Fig. 11. Replacement of damaged walls elements in the chapel of St. Hedwig in Wisła Czarnem



Ryc. 12. Wymiana elementów ścian i lisic w kościele pw. św. Michała Archanioła w Żernicy  
 Fig. 12. Replacing parts of the walls of the St. Michael the Archangel church in Żernica

nymi lisicami zrębowych ścian kościoła św. Katarzyny Aleksandryjskiej w Sierakowicach – od wewnętrznej strony zastosowano stalowy płaskownik skręcony

Catherine of Alexandria in Sierakowice with single-sided lisice – a steel stirrup twisted with an external lisica was used from the inside. In St. Martin Church in





Ryc. 13. Wzmocnienie ścian: a) lisciami dwustronnie, b) lisciami jednostronnie, c) konstrukcją szkieletową

Fig. 13. Strengthening of the walls: a) by wooden double-sided vertical dividers, b) by single-sided vertical dividers, c) by skeleton framework construction

z zewnętrzną lisią. W kościele pw. św. Marcina w Pszczynie-Ćwiklicach z XVI wieku wzmocnienie ścian zrealizowano przez konstrukcję szkieletową od zewnątrz (ryc. 13c).

## 6. NAPRAWA I WZMOCNIENIA ŚCIAN

Wzmocnienia konstrukcji drewnianych obiektów sakralnych wykonuje się rzadko. Zabiegi takie bywają z reguły konieczne jedynie w wypadku powstania znacznych uszkodzeń konstrukcji, na przykład w wyniku korozji biologicznej lub przeprowadzenia nieodpowiednich napraw. Przykładem takich działań może być wymiana fragmentu więźby dachowej nad zakrystią w kościele pw. św. Bartłomieja w Gliwicach, gdzie pod-

Pszczyna-Ćwiklice dating from the sixteenth century the strengthening of significantly damaged walls by skeleton framework construction was used. This strengthening was hidden beneath the cover of the boards (fig. 13c).

## 6. REPAIR AND REINFORCEMENT OF THE WALLS

The reinforcements of wooden structures of sacral buildings are rarely performed. Such treatments are often necessary only in the case of occurrence of considerable structural damage, for example, due to biological corrosion or carrying out inappropriate repairs. The replacement of part of the rafter framing over the vestry in the Church of St. Bartholomew in Gliwice, where during

czas wcześniejszego remontu zabudowano elementy o niewystarczającej nośności (ryc. 14). Zbutwiałe belki nośne w strefach oparcia na murach wzmacniać można stalowymi profilami skręconymi z belkami w nieuszkodzonych miejscach – ryc. 15. Rozwiązań takich, z uwagi na zaburzenie historycznej konstrukcji, należy unikać i stosować je tylko w uzasadnionych wypadkach.

Widoczny na ryc. 12 kościół pw. św. Michała Archaniola w Żernicy wzniesiony został na wzgórzu. Duża ekspozycja, a co za tym idzie, znaczne obciążenie parciem i ssaniem wiatru, powiązane z korozją biologiczną drewna podwalin i bali ścian wieńcowych, doprowadziły do wychylenia ścian o blisko 40 cm na wysokości 5,0 m. Kościół był już w przeszłości wzmacniany – lisice założono po raz pierwszy w XVIII w. Podczas renowacji obiektu profilaktycznie zastosowano dodatkowe wzmocnienia jego konstrukcji na obciążenia poziome od parcia wiatru. Zaprojektowano i wykonano 3 drewniane ramy usztywniające, posadzone na niezależnych żelbetowych fundamentach. Ramy zaprojektowano w miejscach niewidocznych dla wiernych oraz osób zwiedzających zabytek: w składziku, przedsionku zakrystii i zakrystii. Dodatkowo zaprojektowano ponadto stalowy ściąg średnicy 25 mm ukryty w ścianie nad posadzką chóru. Projektowane rozwiązanie pokazano na ryc. 16, a wykonane wzmocnienie na ryc. 17.

previous renovation elements of insufficient load-bearing capacity were built up (fig. 14), may serve as an example of such activities. Rotten load-bearing beams in areas based on walls can be reinforced with steel profiles twisted with beams at undamaged areas – fig. 15. Such solutions, due to disturbance to the historic structure, should be avoided and used only in justified cases.

The church of St. Michael the Archangel in Żernica in fig. 12 was built on the hill. High exposure, and thus a significant wind pressure and suction load associated with the biological corrosion of wooden ground beams and logs of crowned construction walls, led to almost 40 cm deflection of the walls at a height of 5.0 m. The church was already reinforced in the past – lisice were installed for the first time in the eighteenth century. Additional reinforcements of its structure against horizontal wind pressure loads were used as a preventive measure during the renovation of the building. Three wooden stiffening frames founded on independent concrete foundations were designed and made. The frames were designed in places not visible to the members of the church and visitors of the monument: in a storeroom, the vestibule of the vestry and the vestry. In addition, a steel tension tie with a diameter of 25 mm, hidden in the wall above the floor of the matroneum, was designed. Fig. 16 shows the proposed solution. Fig. 17 shows the reinforcement made.

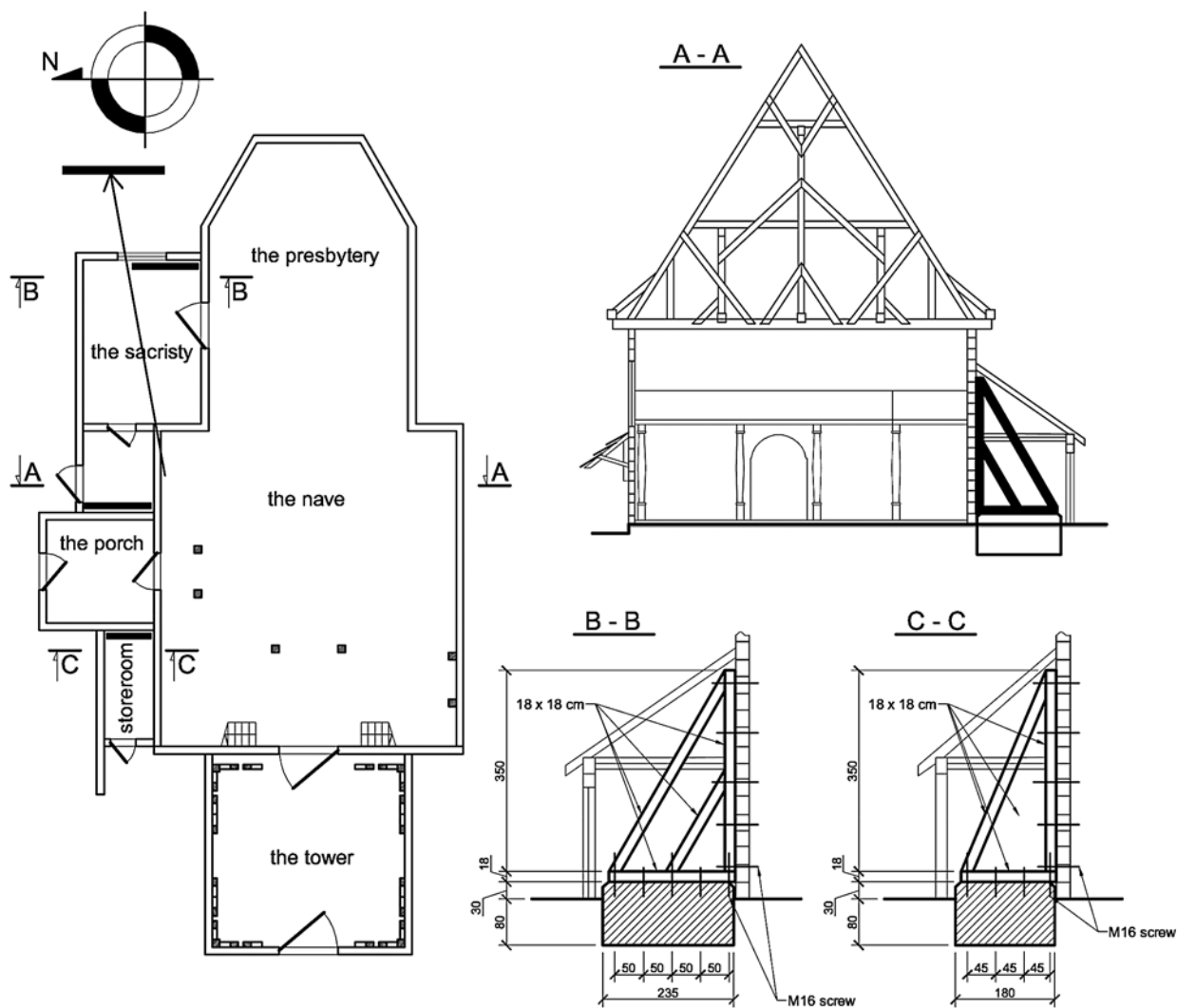


Ryc. 14. Kościół pw. św. Bartłomieja w Gliwicach: a) ugięcie krokwi i płatwi dawnej więźby, b) wymienione elementy  
 Fig. 14. St. Bartholomew church in Gliwice: a) deflection of the old truss elements, b) elements after re-exchange



Ryc. 15. Wzmocnienia stref oparcia zbutwiałych belek nośnych elementami stalowymi w kościele pw. Podwyższenia Krzyża Świętego w Sławkowie (XIII w.)

Fig. 15. Strengthen the support zones of timber beams with steel elements in the Holy Cross church in Sławków



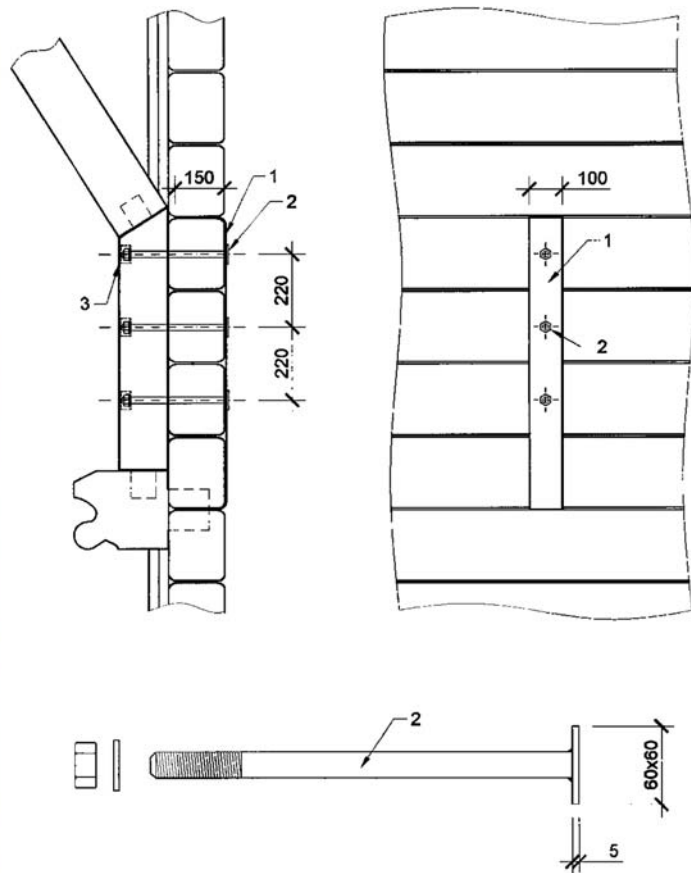
Ryc. 16. Wzmocnienie konstrukcji ścian na poziome działanie wiatru w kościele pw. św. Michała Archanioła w Żernicy  
 Fig. 16. Strengthening of the walls on the horizontal wind in the church in Żernica



Ryc. 17. Wykonane wzmocnienie ścian kościoła pw. św. Michała Archanioła w Żernicy: a) rama w zakrystii, b) rama w przedsionku zakrystii, c) rama w składziku  
 Fig. 17. Realized strengthening of the walls in Żernica: a) in the sacristy, b) in the vestibule, c) in store room



Ryc. 18. Wykonane stężenie wieszarów stropowych nawy kościoła pw. Podwyższenia Krzyża Świętego w Sławkowie  
 Fig. 18. Strengthening of load-bearing trapezoidal girders in the Holy Cross church in Sławkowie



Ryc. 19. Naprawa uszkodzonego wspornika pod zastrzał więzby dachowej: a) widok obróconego wspornika, b) sposób naprawy  
 Fig. 19. Repair of the support of the pillars of braces of main trusses: a) rotated view of the bracket, b) repair method

Zdarza się także, że konstrukcje mają wadliwe rozwiązania zastosowane jeszcze w czasie budowy. Z takim wypadkiem spotkano się w zabytkowym kościele pw. Podwyższenia Krzyża Świętego w Sławkowie. W stropie nawy głównej pasy górne nośnych trapezowych wieszarów nie zostały zabezpieczone przed wyobczeniem i doszło do lokalnej utraty stateczności – wychylenia pasów z płaszczyzny. Konstrukcję wzmocniono przez wprowadzenie dodatkowych kratowych stężeń pasów – ryc. 18.

Czasem wzmocnienia wymaga pojedynczy element konstrukcji. Tak było w wypadku kaplicy pw. św. Jadwigi Śląskiej w Wiśle Czarnem, gdzie stwierdzono uszkodzenia sposobu podparcia słupków zastrzałów wiązarów głównych. Drewniane wsporniki, na których opierają się zastrzały, były obniżone o ok. 1 cm i obrócone (ryc. 19a). W związku z tym większość reakcji z dachu przejmowana była przez ściągi. Zaprojektowano sposób kotwienia wsporników do ścian wieńcowych (ryc. 19b).

## 7. IMPREGNACJA KONSTRUKCJI

Podczas renowacji należy zwrócić szczególną uwagę na odpowiednie zaimpregnowanie drewnianych elementów konstrukcji. Procesowi impregnacji wglębnej poddać należy stare, osłabione elementy. Impregnacja powinna być prowadzona starannie, zapewniając pełne nasycenie konstrukcji (ryc. 20).

## 8. PODSUMOWANIE

W pracy przedstawiono przykłady napraw drewnianych konstrukcji kościołów z terenu Śląska. W większości takich obiektów występują podobne, typowe uszkodzenia. Nie znaczy to jednak, że ich naprawa powinna być prowadzona zawsze w ten sam sposób. Przeciwnie, do każdego obiektu podchodzić należy indywidualnie, przeprowadzając pełną analizę dokumentacji, stanu i uszkodzeń obiektu. Jedynie na tej podstawie można bowiem zaprojektować odpowiedni sposób naprawy i wzmocnienia.

It also happens that during the construction flawed solutions are used in the structures. This was the case for the historic Church of the Exaltation of the Holy Cross in Sławków. On the ceiling of the nave upper strips of load-bearing trapezoidal girders were not protected against buckling and there was a local loss of stability – deflection of the strips from the plane. The structure was reinforced by introducing additional lattice bracings of the strips – fig. 18.

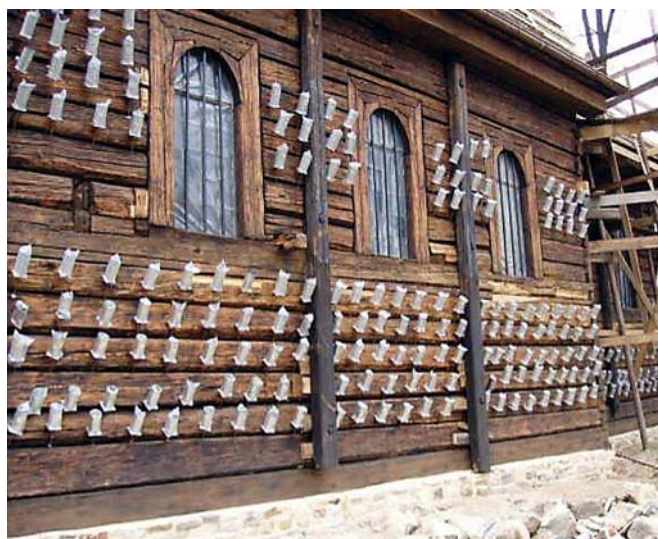
Sometimes only one structural element needs to be reinforced. This was the case for the Chapel of St. Hedwig of Silesia in Wisła Czarne, where damages to the support of the pillars of braces of main trusses were found. Wooden brackets, on which braces are based, were lowered by approx. 1 cm and rotated (fig. 19a). Therefore, tension ties took over most of the roof reactions. A method of anchoring the brackets to the crowned construction walls was designed (fig. 19b).

## 7. STRUCTURE IMPREGNATION

During the renovation special attention should be paid to the appropriate impregnation of wooden elements of the structure. Old and weakened elements should undergo the deep impregnation process. The impregnation should be carried out carefully, ensuring complete saturation of the structure (fig. 20).

## 8. SUMMARY

This paper presents examples of repairs of wooden structures of churches of Silesia. In most of these buildings typical damages occur. This does not mean, however, that their repair should always be carried out in the same way. On the contrary, every building should be treated individually by carrying out a complete analysis of the documentation, condition and damages of the building. Only on this basis it is possible to design a suitable manner of repair and reinforcement.



Ryc. 20. Widok i szczegół ścian kościoła pw. św. Michała Archanioła w Żernicy podczas impregnacji grawitacyjnej  
Fig. 20. View and detail of the walls of the St. Michael the Archangel church in Żernica during the gravity impregnation

## BIBLIOGRAFIA / REFERENCES

- [1] Brykowski R. Ochrona i konserwacja architektury cerkiewnej na południowo-wschodnim obszarze Polski (Protection and preservation of Orthodox church architecture in the south-eastern area of Poland). In: Materiały Międzynarodowej Konf. „Ochrona Wspólnego Dziedzictwa Kulturowego”, SKZ, PKN ICOMOS, Krasieczyn, 1992 [in polish].
- [2] Jasięńko 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.
- [3] Jasięńko J., Nowak T., Mroczek P., Bednarz Ł. Construction conservation using new technologies on the example of St. Anna’s Church in Ząbkowice Śląskie. *Wiadomości Konserwatorskie – Journal of Heritage Conservation* 2010;28:18–30.
- [4] Jasięńko J. Połączenia klejowe i inżynierskie w naprawie, konserwacji i wzmacnianiu zabytkowych konstrukcji drewnianych. (The glue and mechanical joints in repair, conservation and strengthening of timber historical structures). DWE, Wrocław, 2003 [in polish].

---

## Streszczenie

Drewniane kościoły ze względu na szczególną konstrukcję narażone są na powstanie uszkodzeń związane z utratą własności materiału. W referacie przedstawiono problemy konstrukcyjne, z którymi spotykali się autorzy w drewnianych kościołach usytuowanych na Śląsku (Polska). Na przykładzie kościołów w Gliwicach, Żernicy, Smolnicy, Katowicach, Sławkowie, Wiśle, Rachowicach, Pielgrzymowicach, Księżylesie, Ćwiklicach i Bełku opisano typowe uszkodzenia, przyczyny ich powstania oraz przyjęty sposób naprawy. Opisano metody wymiany ścian i belek podwalinowych, sposoby napraw konstrukcji drewnianych wież i więźb dachowych, a także sposoby impregnacji wzmacniającej strukturę drewna. Praca została zilustrowana wieloma zdjęciami z wykonanych prac naprawczych.

## Abstract

The wooden churches due to the peculiar structure are exposed to damage associated with the decline of material. In the paper structural problems, with which authors encountered at wooden churches located in Silesia (Poland) were presented. On the example of churches located in Gliwice, Żernica, Smolnica, Katowice, Sławków, Wisła, Rachowice, Pielgrzymowice, Księżylas, Ćwiklice and Bełk typical damage, reasons for their coming and the manner of repair were described. Methods of the replacement of walls and ground beams, manners of repairs of the structure of wooden towers and rafter framings, as well as ways of the impregnation enhancing the structure of wood were described. The work was illustrated with many photographs from performed repair work.