

# Diagnostyka cienkościennych żelbetowych sklepień kolebkowych w budynku zabytkowym

mgr inż. Tomasz Majewski, Pracownia Projektowo-Inżynierska Tomasz Majewski, dr hab. inż. Maciej Niedostatkiewicz, prof. uczelni, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska

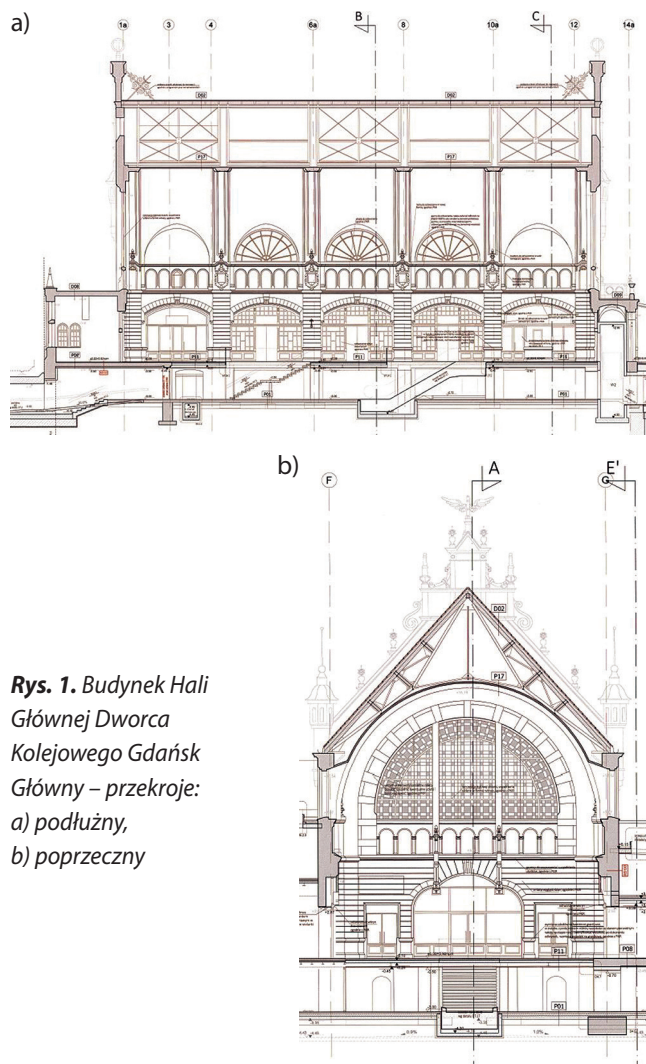
## 1. Wprowadzenie

Prace remontowe w obiektach budowlanych prowadzone są najczęściej jako planowane remonty okresowe [19], czasami jednak realizowane są jako interwencyjne prace zabezpieczające. Często zakres prac remontowych wynika z faktu, iż obiekt budowlany poddawany jest remontowi kapitalnemu obejmującemu gruntowną przebudowę, a nierzadko i rozbudowę, połączoną z jego modernizacją [2, 3]. W każdym z tych przypadków określenie zakresu prac powinno być poprzedzone dogłębnym i rzetelnym rozpoznaniem stanu technicznego obiektu budowlanego [24, 25], gdyż prawidłowo przyjęty program prac remontowych pozwala na uniknięcie podczas prowadzenia robót budowlanych sytuacji mogących spowodować ich spowolnienie [7, 17]. Dlatego też właściwe rozpoznanie stanu technicznego układu konstrukcyjnego, jak również elementów wykończeniowych ma bardzo istotny wpływ zarówno na opracowanie właściwej technologii prac remontowych [20], jak również na określenie ich realnych kosztów. Sytuacja ta jest szczególnie istotna w przypadku obiektów zabytkowych, w których działania remontowe wymagają dodatkowych uzgodnień ze służbami konserwatorskimi [13, 26].

Artykuł stanowi studium przypadku dotyczące oceny stanu technicznego konstrukcji przekrycia Hali Głównej Dworca Kolejowego Gdańsk Główny [1]. Ze względu na prowadzone prace związane z remontem kapitalnym zabytkowego budynku Dworca Głównego PKP w Gdańsku zaistniała konieczność przeprowadzenia rewitalizacji poddasza Hali Głównej, obejmującej między innymi jego termomodernizację (ocieplenie wysklepek) oraz zabezpieczenie elementów więźarów dachowych przed pożarem. Ze względu na zabytkowy charakter budynku planowane do realizacji roboty budowlane musiały uwzględniać zalecenia i ścisłą współpracę z konserwatorem zabytków. Zakres artykułu odnosi się tylko i wyłącznie do zagadnienia diagnostyki cienkościennych żelbetowych sklepień kolebkowych typu Rabitza [6, 21, 22].

## 2. Dane ogólne

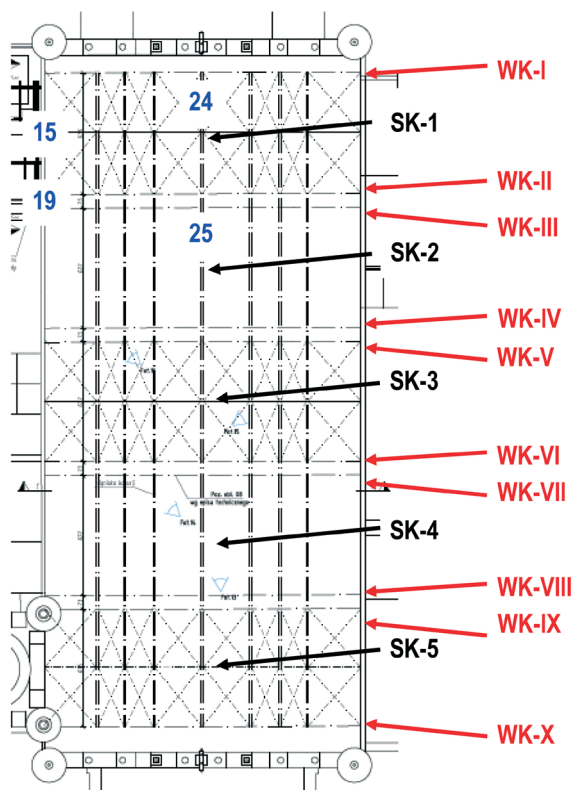
Dach Hali Głównej Dworca Kolejowego Gdańsk Główny składa się z 2 części: górnej, w postaci metalowych więźarów kratowych z pokryciem ceramicznym oraz dolnej, w postaci



**Rys. 1.** Budynek Hali Głównej Dworca Kolejowego Gdańsk Główny – przekroje: a) podłużny, b) poprzeczny

żelbetowych sklepień kolebkowych (łupin). Elementami nośnymi (konstrukcyjnymi) dachu są metalowe dźwigary kratowe, do których podwieszono jest łukowe, żelbetowe sklepienie typu Rabitza (rys. 1) [6, 21, 22]. W niniejszym artykule kratownice dachowe oznaczone zostały od WK-I do WK-X, natomiast łupiny żelbetowe od SK-1 do SK-5. Zgodnie z przyjętymi w dokumentacji projektowej oznaczeniami obszar dachu opisany jest osiami konstrukcyjnymi: podłużnymi F-G oraz poprzecznymi 1A-13.

Stalowe więźary kratowe (SK) zrealizowane zostały jako kratownice płaskie, z elementów wielogłęziowych (profilu



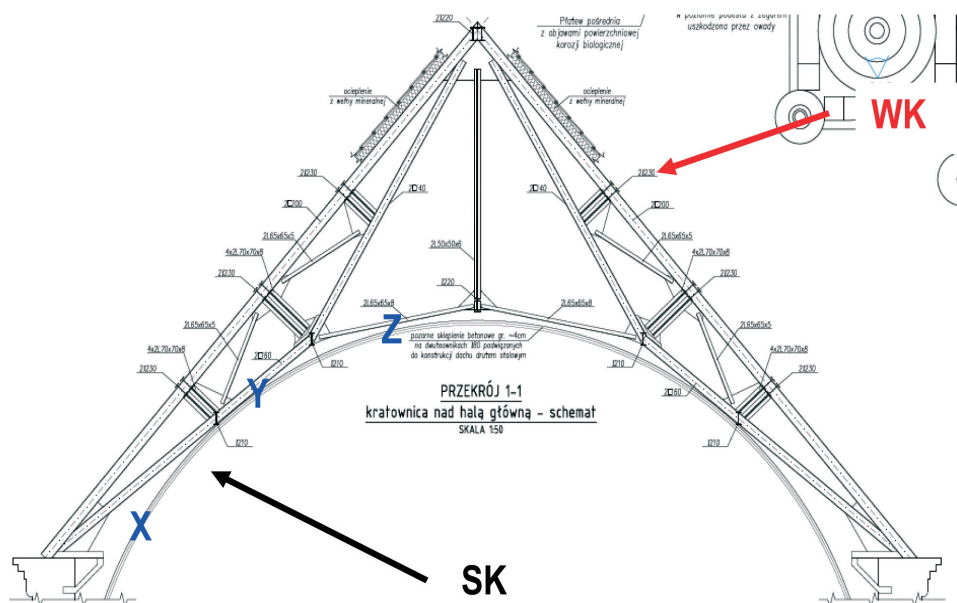
**Rys. 2.** Plan konstrukcji dachu nad Halą Główną Dworca Kolejowego Gdańsk Główny: WK – stalowy więźar kratowy (I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X); SK – żelbetowe sklepienie kolebkowe (łupina) (1, 2, 3, 4, 5); nr – lokalizacja miejsca pomiarowego na powierzchni sklepienia kolebkowego (łupiny)

walcowanych, dwuteowych, ceowników i kątowników) łączonych przewiązkami i blachami węzłowymi za pomocą nitów. Dwa skrajne więzary dachowe: przy ścianach szczytowych, wzdłuż osi 13 oraz 1A wykonano jako pojedyncze

(WK-I oraz WK-X), natomiast więzary środkowe (WK-II i WK-III, WK-IV i WK-V, WK-VI i WK-VII oraz WK-VIII i WK-IX) jako podwójne w osiowym rozstawie, co  $\sim 75$  cm (rys. 2). Rozstaw osiowy (odległość) pomiędzy poszczególnymi więzarami podwójnymi wynosi  $\sim 630$  cm. Wzdłuż kalenicy dachu przebiega płatew wielogałęziowa wykonana z dwóch teowników I220 (2xI220). Wszystkie więzary kratowe mają identyczną konstrukcję, złożone są z dwóch kratownic trójkątnych (z prostym pasem górnym i ukośnym pasem dolnym), spiętych ściągiem w miejscu załamania pasa dolnego. Pas górny kratownic wykonany jest z dwóch ceowników C200 (2xC200), natomiast pas dolny (ukośny, trójkątny) wykonany jest w części z dwóch ceowników C160 (2xC160 na dole) oraz dwóch ceowników C140 (2xC140 na górze). Słupki więzarów trójkątnych wykonane są jako czterogałęziowe (4 kątowników L70x70x8). W linii słupków w płaszczyźnie pasa górnego (połaci dachowej) zamocowane są metalowe płatwie z dwóch ceowników (2xC230). Krzyżulce pomiędzy słupkiem środkowym a bocznymi wykonano z kątowników 2xL65x65x5. W środku rozpiętości więzara między pasami dolnymi trójkątnych kratownic zamocowany jest ściąg z kątowników 2xL65x65x8. Ściąg w kierunku podłużnym spięty jest dwuteownikiem I220 i podwieszony do górnej krawędzi konstrukcji dachu za pomocą wieszaka z 2L50x50x6. W płaszczyźnie dolnej części pasa dolnego wykonano płatwie z I210. Płatwie usytuowane są w osi słupków: środkowego oraz bocznego.

W obszarze dachu wykonano 5 sklepień: od SK-1 (od strony osi 13) do SK-5 (od strony osi 1A) (rys. 2, 3). Sklepienia wykonano jako cienkościennie łupiny żelbetowe, zgodnie z dokumentacją archiwalną o grubości 3 cm. Grubość łupin jest jednakowa na całej długości pobocznicy. Do dolnych pasów, trójkątnych kratownic (w kierunku podłużnym budynku) zamocowane są płatwie podłużne

**Rys. 3.** Przekrój poprzeczny konstrukcji dachu nad Halą Główną Dworca Kolejowego Gdańsk Główny: WK – stalowy więźar kratowy (I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X); SK – żelbetowe sklepienie kolebkowe (łupina) (1, 2, 3, 4, 5); X, Y, Z – położenie miejsca pomiarowego na powierzchni sklepienia kolebkowego (łupiny)



z dwuteowników I210 (dwuteowniki painerowskie nr 21) do których zamocowane zostały dwuteowniki I80 (nr 8) wyprofilowane w kształcie łuku wysklepek (łupiny). Osiowy rozstaw dwuteowników I80 między dźwigarami pojedynczymi wynosi ~170 cm, a między podwójnymi ~190 cm. Na dolnych półkach łukowych dwuteowników I80 oparte są żelbetowe wysklepki (łupiny) typu Rabitza [21, 22]. Przestrzeń pomiędzy poszczególnymi dźwigarami podwójnymi jest podzielona za pomocą I80 (dwuteowników painerowskich nr 8) na pola wewnątrz o szerokości ~171 cm (3 szt.) i pola skrajne (zewnątrzne) o szerokości ~51 cm. Wysklepki (łupiny) zbrojone są prętami ze stali gładkiej rozmieszczonymi w dwóch kierunkach: głównym (podłużnym do osi budynku) oraz rozdzielczym (w kierunku prostopadłym do osi budynku). Archiwalna dokumentacja projektowa nie określała średnicy wbudowanych prętów. W linii wiązarów podwójnych (WK-II i WK-III, WK-IV i WK-V, WK-VI i WK-VII oraz WK-VIII i WK-IX) wykonano tzw. gurtę, pasy o głębokości 26 cm i zmiennej szerokości na głębokości (od 130 cm przy wysklepkach do 90 cm w poziomie spodu gurtu). Gurty wykonano również przy ścianach szczytowych (1A i 13), jako jednostronne.

Na pochyłych połączach dachowych wykonano stężenia dachowe (zwiatrowania) w postaci tzw. Krzyży św. Andrzeja. Wykratowania wykonano z płaskowników 60x8 mm na całej długości pasa górnego, w polach skrajnych, bezpośrednio nad sklepieniem kolebkowym SK-1 (w przestrzeni ograniczonej wiązarami kratowymi WK-I oraz WK-II i WK-III) oraz nad sklepieniem SK-5 (w przestrzeni ograniczonej wiązarami kratowymi WK-VIII i WK-IX oraz WK-X),

wykonstrowania otworów okiennych w przestrzeni pomiędzy kratowymi wiązarami dachowymi.

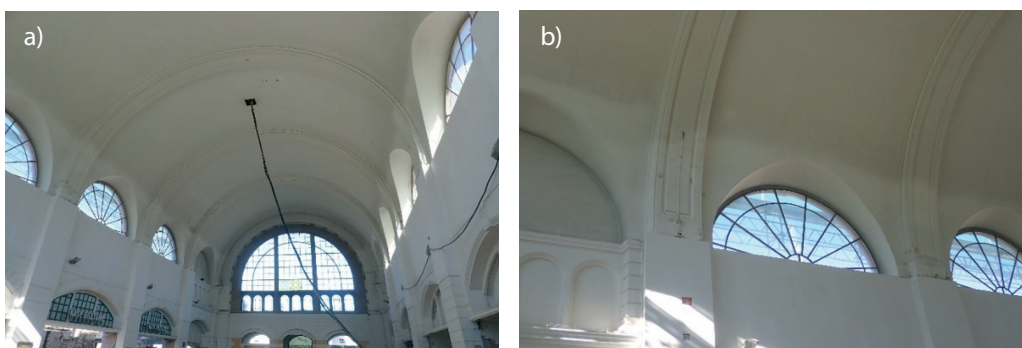
W widoku od strony poddasza żelbetowe łupiny SK-2, SK-3, SK-4 oraz SK-5 na górnej powierzchni nie wykazywały uszkodzeń w postaci rys i pęknięć. Analiza górnej powierzchni pozwoliła stwierdzić, że pochodzą one z tego samego okresu i prawdopodobnie zostały wykonane w okresie budowy Dworca Kolejowego, w końcu XIX wieku.

W sąsiedztwie lokalizacji podwójnych dźwigarów dachowych żelbetowe sklepienie ma wykonstrowane tzw. gurtę, w których żelbetowa wysklepka zmienia kształt przekroju z płaskiego na przekrój zbliżony do litery „U”. Osiowy rozstaw gurtów odpowiada osiowemu rozstawowi podwójnych dźwigarów kratowych ~700 cm. W poziomie wierzchu łupin (wysklepek), na ich płaskiej powierzchni między łukowymi dwuteownikami brak było widocznych ubytków betonu i odkrytych prętów zbrojeniowych (rys. 5a). Natomiast w miejscach zakrzywienia łupin, w gurtach, na zewnętrznej stronie pobocznic, w strefach posadowienia na ścianach podłużnych (wzdłuż osi F i G) widoczne były lokalne ubytki betonu i odsłonięte pręty zbrojenia (siatki zbrojeniowej).

Na górnej powierzchni wysklepek, w strefach oparcia na ścianach podłużnych, w szczególności na (prawie) pionowej części wysklepki widoczne były nierówności i sfałowania, z dużym prawdopodobieństwem będące następstwem zsuwania się narzucanej ręcznie zaprawy cementowej w trakcie realizacji kolebki (rys. 5b).

W widoku od spodu w dolnej części łupin (wysklepek) gurtę zlokalizowane są w linii słupków międzyokiennych, co odpowiada lokalizacji podwójnych dźwigarów kratowych

**Rys. 4.** Żelbetowe sklepienia kolebkowe (łupiny) nad Halą Główną Dworca Kolejowego Gdańsk Główny – widok: a) ogólny, b) w miejscu oparcia stalowych wiązarów konstrukcji dachu



jak również nad łupiną SK-3 w polu środkowym (w przestrzeni ograniczonej wiązarami kratowymi WK-IV i WK-V oraz WK-VI i WK-VII).

### 3. Opis stanu istniejącego żelbetowych sklepień kolebkowych

Widok ogólny żelbetowych sklepień kolebkowych od strony Hali Głównej Dworca Kolejowego Gdańsk Główny przedstawiono na rysunku 4a, natomiast rysunek 4b przedstawia widok gurtów w zbliżeniu, w miejscu oparcia stalowych wiązarów dachowych na ścianach podłużnych oraz szczegóły



**Rys. 5.** Widok wierzchu żelbetowego sklepienia kolebkowego SK-2: a) w kluczu, b) w poziomie posadowienia

**Rys. 6.** Gurt pomiędzy łupinami SK-2 i SK-3-widok:  
a) ogólny, b) w zbliżeniu



**Rys. 7.** Widok wierzchu żelbetowego sklepienia kolebkowego SK-1:  
a) w kluczu, b) wzdłuż gurtu pomiędzy łupinami SK-1 i SK-2



(WK-II i WK-III, WK-IV i WK-V, WK-VI i WK-VII oraz WK-VIII i WK-IX). Na powierzchni sklepienia od spodu nie stwierdzono widocznych okiem nieuzbrojonym rys i pęknięć. Sytuacja ta dotyczyła również gurtu (obniżenia pod więzarem kratowym) przy WK-X, wzdłuż ściany szczytowej w osi 1A. Szczegółowa analiza sposobu wykonania gurtu (obniżenia) wskazała, że pochodzą one z tego samego okresu i zostały wykonane wraz z łupinami SK-2, SK-3, SK-4 oraz SK-5.

W poziomie wierzchu obniżenia łupin (gurtów) brak było widocznych odkrytych prętów zbrojeniowych, nie stwierdzono spękania i zarysowania, jak również odpadania otuliny betonowej (rys. 6a). Zbrojenie gurtów podwieszane jest do więzarów kratowych za pomocą prętów stalowych o średnicy  $\varnothing 3$  mm. Pręty nie wykazywały uszkodzeń korozją wżerową, widoczne były lokalne ślady korozji powierzchniowej. Nie stwierdzono korozji prętów podtrzymujących zbrojenie gurtów (obniżenia) usytuowanych zarówno w kluczu, jak również w strefach przy murach ścian podłużnych.

Na zewnętrznej stronie poboczniczy wysklepek w gurtach (wzdłuż osi F i G), w przybliżeniu poniżej połowy odległości pomiędzy płatwiami I210 widoczne były lokalne ubytki betonu i odkryte pręty zbrojenia (siatki zbrojeniowej) (rys. 6b). Elementy stalowe pokryte były korozją powierzchniową, nie stwierdzono rozwoju korozji wżerowej. Na powierzchni zewnętrznej w strefach styku z murami ścian podłużnych, w szczególności na fragmentach zbliżonych do pionowych widoczne były bardzo intensywne sfałowania powierzchni betonu.

W widoku od strony wierzchniej łupina SK-1 oraz obniżenie pod więzarem kratowym WK-I, wzdłuż ściany szczytowej w osi 1A również nie wykazywały uszkodzeń w postaci rys i pęknięć (rys. 7a). Szczegółowa analiza sposobu

ich wykonania wskazała, że pochodzą one z późniejszego okresu niż pozostałe łupiny, prawdopodobnie zostały zrealizowane w okresie powojennym jako element odbudowy Dworca Głównego ze zniszczeń po II wojnie światowej. Łupina SK-1 oraz obniżenie przy ścianie szczytowej charakteryzowały się niską jakością wykonania. Widoczne były intensywne nierówności górnej powierzchni sklepienia oraz rozległe i intensywne sfałowanie powierzchni betonu na pochyłych (niemal pionowych) fragmentach wysklepki. Jednak pomimo niskiej jakości wykonania łupiny SK-1, na jej górnej powierzchni brak było widocznych odkrytych prętów zbrojeniowych, nie stwierdzono ubytków i odpadania otuliny betonowej, nie zaobserwowano również spękania betonu. W dolnych partiach łupiny SK-1, przy gurtach przy ścianie szczytowej widoczne były intensywne wady betonu w postaci raków (rozsegregowania betonu) (rys. 7b). Nie stwierdzono rys i pęknięć betonu wysklepek od spodu.

**Dalsza część artykułu będzie opublikowana w następnym numerze "Przeglądu Budowlanego".**

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] Bajno D., Utrzymanie i naprawy dachów oraz stropodachów, XXX Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji WPPK-2015, Szczyrk, 2015
- [2] Baryłka A., Baryłka J., Diagnostyka techniczna obiektu budowlanego, Budownictwo i Prawo, 4/2015, str. 19–22
- [3] Bednarz Ł., Metody wzmocnienia zabytkowych, zakrzywionych konstrukcji ceglanych, Wiadomości Konserwatorskie, 14/2003, str. 34–42
- [4] Drobiec Ł., Metody wzmocnienia murowanych sklepień, Materiały Budowlane, 6–7/2017, str. 5
- [5] Drobiec Ł., Przyczyny zniszczeń i sposób remontu murów Bazyliki matki Boskiej Anielskiej w Dąbrowie Górniczej, Czasopismo Techniczne, 9, 106, 2009, str. 25–36

- [6] Drobiec Ł., Renowacje konstrukcji obiektów zabytkowych. Systematyka-uszkodzenia-naprawy. Część II. Monografia, Archmedia Grażyna Gałka, 2019
- [7] Gajownik R., Jarmontowicz R., Sieczkowski J., Diagnostyka i metody oceny bezpieczeństwa konstrukcji mурowych, XXII Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji WPPK-2007, Szczyrk, 2007
- [8] Guide to design and construction of externally bonded Fabric-Reinforced Cementitious Matrix (FRCM) systems for repair and strengthening concrete and masonry structures. Reported ACI Committee 549. ACI 549.4R-13, December 2013
- [9] Guide for the design and construction of externally bonded Fiber-Reinforced Polymer Systems for strengthening unreinforced masonry structures. Reported by ACI Committee 440. ACI 440.7R-10, April 2010
- [10] Halicka A., Ocena istniejących konstrukcji budowlanych według normy ISO 13822-2010, V Ogólnopolska Konferencja Problemy techniczno-prawne utrzymania obiektów budowlanych, Warszawa, 2019
- [11] Janowski Z., Hojdys Ł., Krajewski P., Analiza oraz naprawa i rekonstrukcja sklepień w obiektach historycznych, XXIII Konferencja Naukowo-Techniczna Awarie Budowlane-2007, Szczecin-Międzyzdroje, 2007
- [12] Janowski Z., Hojdys Ł., Krajewski P., Sklepienia zabytkowe – klasyfikacja, ocena stanu technicznego i nośności, naprawy i wzmocnienia, XXII Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji WPPK-2007, Szczyrk, 2007
- [13] Jasieńko J., Rapp P., Konserwacja konstrukcyjna i wzmocnianie wybranych, historycznych konstrukcji ceglanych, XXII Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji WPPK-2007, Szczyrk, 2007
- [14] Jeż J., Przyrodnicze aspekty bezpiecznego budownictwa, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 1998
- [15] Jeż J., Suwalski J., Wpływ nieprawidłowego zaдрzewienia osiedla na rysowanie się ścian budynków, VII Konferencja Naukowo-Techniczna Problemy Remontowe w Budownictwie Ogólnym, Wrocław-Szklarska Poręba, 1996
- [16] Jeż J., Wojtasik A., Wpływ drzew na awarię budynku posadowionego na gruncie pęczniącym. Inżynieria i Budownictwo, Warszawa, 7/89, 1989
- [17] Kamiński M., Jasiczak J., Buczkowski W., Błaszczczyński T., Praca zbiorowa: Trwałość i skuteczność napraw obiektów budowlanych, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław, 2007
- [18] Karczmarczyk S., Jurczakiewicz S., Zabezpieczanie historycznych sklepień przed deformacjami pochodzącymi od rozporu, Czasopismo Techniczne, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, 2-B, 106, 9, 2009
- [19] Kucharska-Stasiak E., Metody pomiaru zużycia obiektów budowlanych, Materiały Budowlane, 2/1995, str. 29–38
- [20] Markiewicz P., Detale projektowe dla architektów, Wydawnictwo Archiplus, Warszawa, 2009
- [21] Pająk Z., Stan zachowania sklepień Rabitza w wybranych obiektach zabytkowych, Wiadomości Konserwatorskie, 26/2009, str. 574–583
- [22] Praca zbiorowa pod redakcją dr ing. R. Saligera Der Eisenbeton in Theorie und Konstruktion, Stuttgart 1906
- [23] Praca zbiorowa: Kalendarz techniczno-budowlany na rok 1929, Wydawnictwo Architektura i Budownictwo Warszawa, 1927
- [24] Substyk M., Utrzymanie i kontrola okresowa obiektów budowlanych, Wydawnictwo ODDK, Warszawa, 2012
- [25] Szer J., Jeruzal J., Szer I., Filipowicz P., Kontrole okresowe budynków – zalecenia, wymagania i problemy, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź, 2020
- [26] Terlikowski W., Diagnostowanie konstrukcji budynków zabytkowych, XXX Ogólnopolska Konferencja Warsztat Pracy Projektanta Konstrukcji WPPK-2015, Szczyrk, 2015