

**TECHNICAL
TRANSACTIONS**
CIVIL ENGINEERING

**CZASOPISMO
TECHNICZNE**
BUDOWNICTWO

ISSUE 3-B (9)
YEAR 2016 (113)

ZESZYT 3-B (9)
ROK 2016 (113)

Chairman of the Cracow
University of Technology
Press Editorial Board

Tadeusz Tatar

Przewodniczący Kolegium
Redakcyjnego Wydawnictwa
Politechniki Krakowskiej

Chairman of the Editorial
Board

Józef Gawlik

Przewodniczący Kolegium
Redakcyjnego Wydawnictwa
Naukowych

Scientific Council

**Jan Błachut
Tadeusz Burczyński
Leszek Demkowicz
Joseph El Hayek
Zbigniew Florjańczyk
Józef Gawlik
Marian Giżejowski
Sławomir Gzell
Allan N. Hayhurst
Maria Kušnierova
Krzysztof Magnucki
Herbert Mang
Arthur E. McGarity
Antonio Monestiroli
Günter Wozny
Roman Zarzycki**

Rada Naukowa

Civil Engineering Series Editor

Marek Piekarczyk

Redaktor Serii Budownictwo

Section Editor
Editorial Compilation
Proofreading
Native Speaker
Typesetting
Cover Design
Cover Photo

**Dorota Sapek
Aleksandra Urzędowska
Alicja Pietrzyk
Justin Nnorom
Anna Basista
Michał Graffstein
Jan Zych**

Sekretarz Sekcji
Opracowanie redakcyjne
Korekta
Weryfikacja językowa
Skład i łamanie
Projekt okładki
Zdjęcie na okładce

Basic version of each Technical Transactions magazine is its online version
Pierwotną wersją każdego zeszytu Czasopisma Technicznego jest jego wersja online
www.ejournals.eu/Czasopismo-Techniczne www.technicaltransactions.com www.czasopismotechniczne.pl

Civil Engineering Series

3-B/2016

Editor-in-Chief:

Marek Piekarczyk, Cracow University of Technology, Poland

Editorial Board:

Marek Cała, AGH University of Science and Technology, Poland
Roberto Capozucca, Marche Polytechnic University, Italy
Andrzej Cholewicki, Building Research Institute, Poland
Wit Derkowski, Cracow University of Technology, Poland
Jean-François Destrebecq, French Institute for Advanced Mechanics, France
Grzegorz Dzierżanowski, Warsaw University of Technology, Poland
Andrzej Flaga, Cracow University of Technology, Poland
Dariusz Gawin, Lodz University of Technology, Poland
Jacek Gołaszewski, Silesian University of Technology, Poland
Kocsán Lajos György, University of Miskolc, Hungary
Klaudiusz Holeczek, Dresden University of Technology, Germany
Bożena Hoła, Wrocław University of Technology, Poland
Hartwig Künzel, Fraunhofer Institute for Building Physics, Germany
Maria E. Kamińska, Lodz University of Technology, Poland
Oleg Kapliński, Poznan University of Technology, Poland
Tadeusz Kasprowicz, Military University of Technology, Poland
Renata Kotynia, Lodz University of Technology, Poland
Robert Kowalski, Warsaw University of Technology, Poland
Mária Kozlovská, Technical University of Košice, Slovakia
Marco Menegotto, Sapienza University of Rome, Italy
Peter Mesáros, Technical University of Košice, Slovakia
Piotr Noakowski, TU Dortmund University, Germany
Andrzej Nowak, University of Michigan, United States
Zygmunt Orłowski, AGH University of Science and Technology, Poland
Hartmut Pasternak, Brandenburg University of Technology Cottbus–Senftenberg, Germany
Edyta Plebankiewicz, Cracow University of Technology, Poland
Maria Polak, University of Waterloo, Canada
Elżbieta Radziszewska-Zielina, Cracow University of Technology, Poland
Charles Rodrigues, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Tomasz Siwowski, Rzeszow University of Technology, Poland
Anna Sobotka, AGH University of Science and Technology, Poland
Marcela Spišáková, Technical University of Košice, Slovakia
Zuzana Struková, Technical University of Košice, Slovakia
Maria Szerszeń, University of Nebraska – Lincoln, United States
Jolanta Tamošaitienė, Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania
Alena Tažiková, Technical University of Košice, Slovakia
Balázs Tóth, University of Miskolc, Hungary
Martins Vilnītis, Riga Technical University, Latvia
Szczepan Woliński, Rzeszow University of Technology, Poland

Executive Editors:

Filip Pachla, Cracow University of Technology, Poland
Tadeusz Tatara, Cracow University of Technology, Poland