

TECHNICAL TRANSACTIONS

CIVIL ENGINEERING

CZASOPISMO TECHNICZNE

BUDOWNICTWO

ISSUE 3-B (23)
YEAR 2015 (112)

ZESZYT 3-B (23)
ROK 2015 (112)

Chairman of the Cracow University
of Technology Press Editorial Board

Jan Kazior

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 Kuśnierova
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
Typesetting
Native Speaker
Cover Design
Cover Photo

**Dorota Sapek
Aleksandra Urzędowska
Krystyna Gawlik
Tim Churcher
Michał Graffstein
Jan Zych**

Sekretarz Sekcji
Opracowanie redakcyjne
Skład i łamanie
Weryfikacja językowa
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/2015

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

Andrzej Łapko, Białystok University of Technology, Poland

Marco Menegotto, Sapienza University of Rome, Italy

Peter Mesároš, 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 Vilnitis, Riga Technical University, Latvia

Szczepan Woliński, Rzeszow University of Technology, Poland