

TECHNICAL TRANSACTIONS

CIVIL ENGINEERING

CZASOPISMO TECHNICZNE

BUDOWNICTWO

ISSUE 3-B (8)
YEAR 2014 (111)

ZESZYT 3-B (8)
ROK 2014 (111)

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 Wydawnictw
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
Typesetting

**Dorota Sapek
Aleksandra Urzędowska
Anna Pawlik
Tim Churcher
Cathal Gantley
Bart Kukula
Anna Miodus
Ron Mukerji
Richard Orange
Joel Paisley
Ian Transue**

Sekretarz Sekcji
Opracowanie redakcyjne
Skład i łamanie

Native Speakers

Weryfikacja językowa

Cover Design
Cover Photo

**Michał Graffstein
Jan Zych**

Projekt okładki
Zdjęcie na okładce

Pierwotną wersją każdego Czasopisma Technicznego jest wersja on-line
www.czasopismotechniczne.pl www.technicaltransactions.com

© Politechnika Krakowska
Kraków 2014

Civil Engineering series

Editorial Board

Editor-in-Chief:

Marek Piekarczyk, Cracow University of Technology, Poland

Editorial Board:

Andrzej Cholewicki, Building Research Institute, Poland
Wit Derkowski, Cracow University of Technology, Poland
Jean-François Destrebecq, French Institute for Advanced Mechanics, France
Dariusz Gawin, Lodz University of Technology, Poland
Jacek Gołaszewski, Silesian University of Technology, Poland
Bożena Hoła, Wrocław University of Technology, Poland
Maria E. Kamińska, Lodz University of Technology, Poland
Oleg Kapliński, Poznan University of Technology, Poland
Tadeusz Kasprówcz, 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
Charles Rodrigues, Universidade Nova de Lisboa, Portugal
Tomasz Siwowski, Rzeszow University of 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
Martins Vilnītis, Riga Technical University, Latvia
Szczepan Woliński, Rzeszow University of Technology, Poland

Executive Editor:

Tomasz Kisilewicz, Cracow University of Technology, Poland