

Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne

 budownictwo
inzynieryjne.pl



nbimedia
nowoczesne media



DROGI • GEOINŻYNIERIA • GEOTECHNIKA • HYDROTECHNIKA • INŻYNIERIA BEZWYKOPOWA • INŻYNIERIA ŚRODOWISKA • MOSTY • PRZEPUSTY • TUNELE

Rok X, lipiec – sierpień 2015, nr 4 (61)

Cena 24,90 zł (w tym 8% VAT)

Niekonwencjonalne mosty podwieszane i extradosed

Prefabrykaty w budownictwie infrastrukturalnym



Infrastruktura kolejowa

Kruszywa w budownictwie

Technologie bezwykopowe

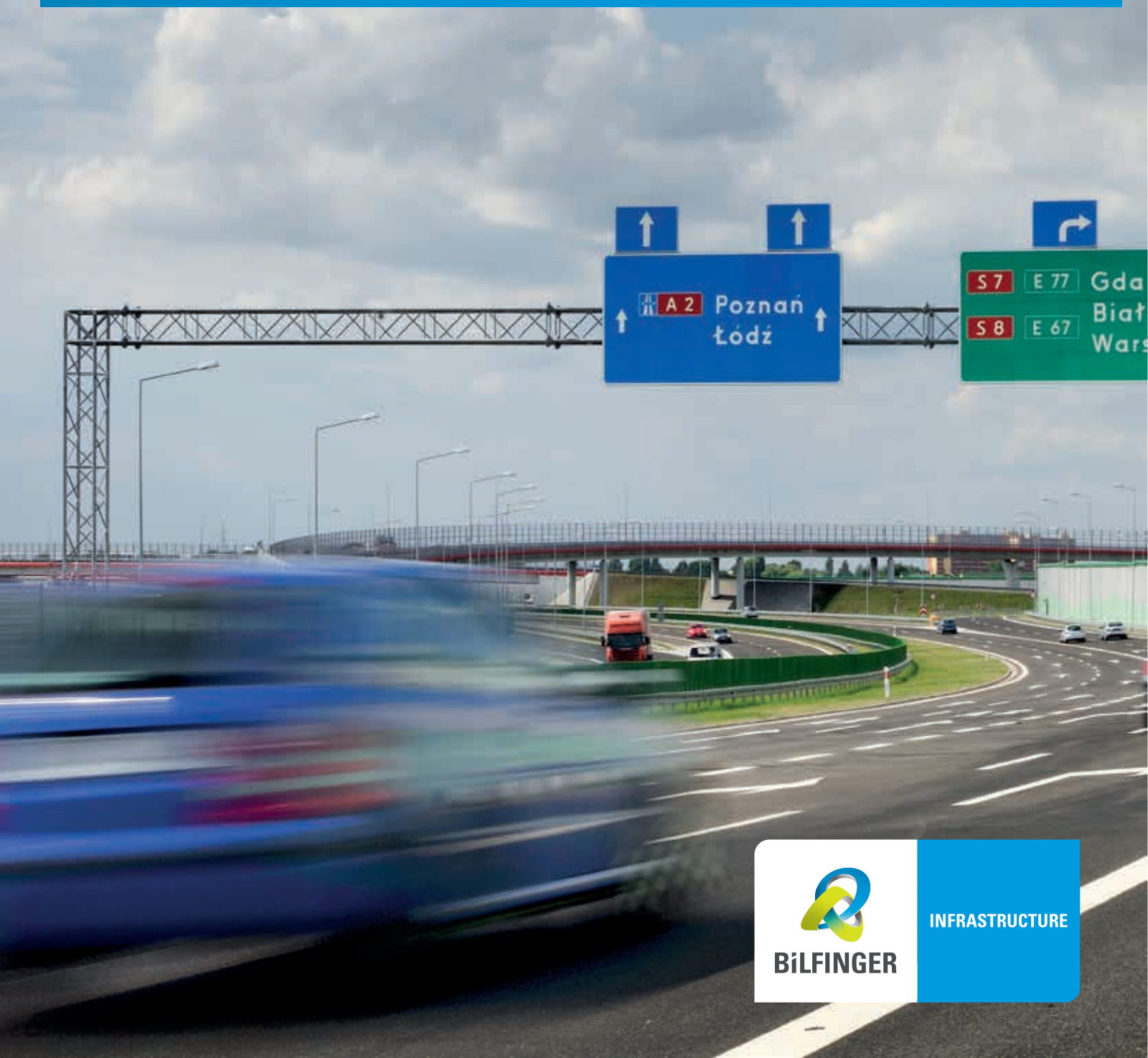


WE MAKE IT WORK

WE WSPÓŁCZESNYM ŚWIECIE WSZYSTKO MUSI DZIAŁAĆ SPRAWNIE.

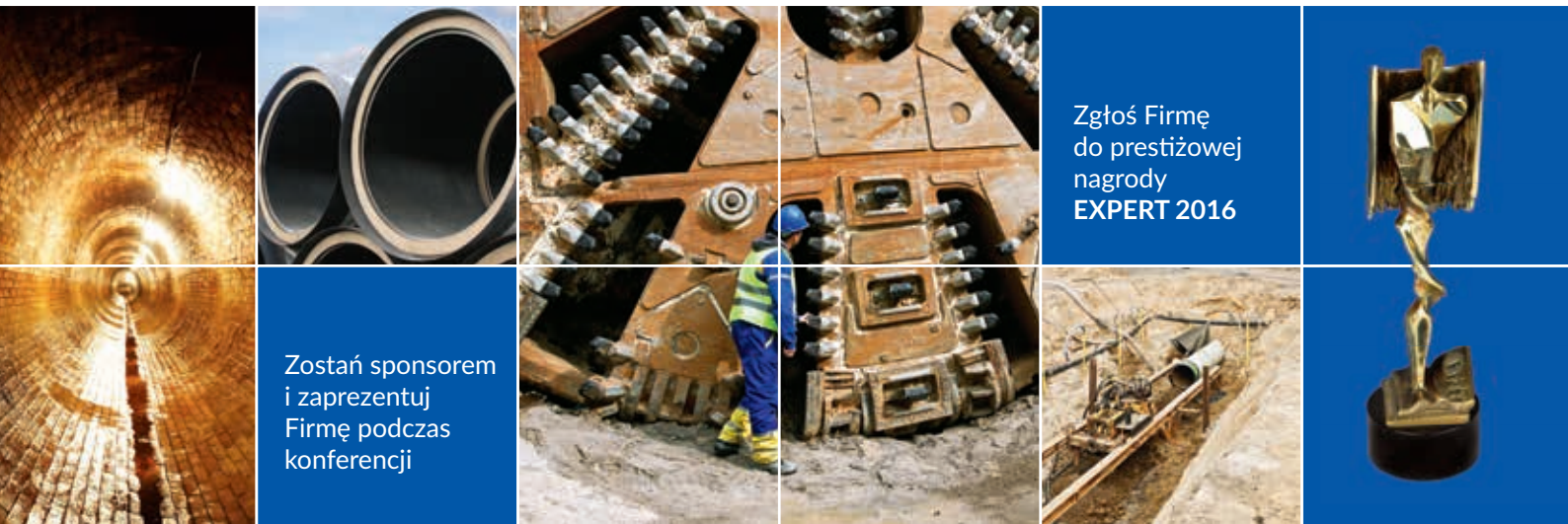
W BILFINGER PROJEKTUJEMY, BUDUJEMY, DOSTARCZAMY I OBSŁUGUJEMY.
SPRAWIAMY, ŻE WSZYSTKO DZIAŁA.

BILFINGER INFRASTRUCTURE S.A.
www.infrastructure.bilfinger.com





VII Międzynarodowa Konferencja TECHNOLOGIE BEZWYKOPOWE NO-DIG POLAND 2016 12-14 kwietnia 2016, Cedzyna



Zgłoś Firmę
do prestiżowej
nagrody
EXPERT 2016

Zostań sponsorem
i zaprezentuj
Firmę podczas
konferencji

TEMATYKA KONFERENCJI

- Awarie przewodów wodociągowych i kanalizacyjnych, przyczyny i konsekwencje
- Stan techniczny sieci podziemnych (oceny i zarządzanie)
- Eksploatacja przewodów infrastruktury podziemnej
- Monitoring sieci, badania diagnostyczne
- Bezwykopowa budowa sieci podziemnych: HDD, mikrotunelowanie, przeciski i inne (przykłady realizacyjne)
- Bezwykopowa odnowa sieci podziemnych: naprawy, uszczelnienia, renowacje, rekonstrukcje, wymiany (przykłady realizacyjne)
- Rury stosowane w technologiach bezwykopowych
- Materiały stosowane do napraw i renowacji przewodów oraz budowli infrastruktury podziemnej
- Urządzenia stosowane w technologiach bezwykopowych
- Urządzenia do czyszczenia i diagnostyki sieci podziemnych
- Zagadnienia związane z planowaniem i projektowaniem bezwykopowej budowy i odnowy sieci podziemnych
- Przepusty drogowe
- Tunele wielkogabarytowe, m.in. przejścia podziemne dla pieszych, drogowe i kolejowe tunele komunikacyjne, metro
- Geotechniczne aspekty związane z projektowaniem i wykonywaniem budowli podziemnych

STATUETKI EXPERT 2016

W trakcie konferencji zostaną wręczone statuetki EXPERT 2016 firmom z branży technologii bezwykopowych za innowacyjność ich produktów i technologii z zakresu budowy i odnowy sieci podziemnych. Zapraszamy wszystkie firmy i instytucje do wzięcia udziału w konkursie. Firmy mogą zgłaszać swoje produkty i technologie w następujących kategoriach:

- I Bezwykopowa budowa w latach 2014-2015
- II Bezwykopowa odnowa (naprawa, renowacja, rekonstrukcja, wymiana) w latach 2014-2015
- III Innowacyjne rozwiązanie w zakresie urządzeń, produktów lub technologii stosowanych w bezwykopowej budowie lub odnowie oraz diagnostyce sieci podziemnych w latach 2014-2015

ADRES KOMITETU ORGANIZACYJNEGO

Wydawnictwo NBI Media
ul. Zakopiańska 9/101, 30-418 Kraków
tel.: 12 292 70 70
fax: 12 292 70 80
e-mail: kontakt@nodigpoland.pl



ORGANIZATORZY I WSPÓŁORGANIZATORZY



Politechnika
Świętokrzyska



Polska Fundacja
Techniki Bezwykopowych



Międzynarodowe
Stowarzyszenie Technologii
Bezwykopowych



Świętokrzyska Okręgowa
Izba Inżynierów
Budownictwa



Wodociągi Kieleckie
Sp. z o.o.



Europejskie Forum
Budowli Podziemnych



WOD-KAN Consulting
Andrzej Kuliczkowski



Wydawnictwo
nbi media

PATRONAT HONOROWY



Izba Gospodarcza
„Wodociągi Polskie”



Generalna Dyrekcja Dróg
Krajowych i Autostrad

PATRONAT MEDIALNY



Nowoczesne
Budownictwo
Inżynierskie



budownictwo
inżynierskie.pl



TRENCHLESS



INSTAL



forum



WODOCIĄGI
KANALIZACJA



KIERUNEK
WOD-KAN



kierunekwodkan.pl



www.maszyny24.com

Zapraszamy na nową stronę internetową konferencji www.nodigpoland.pl



Od lewej: Mariusz-Karpiński-Rzepa i Zbigniew Kotlarek, Kielce, 13 maja 2015 r.



Od lewej: prof. Kazimierz Flaga, Mariusz Karpiński-Rzepa, prof. Andrzej Wysokowski, Międzyzdroje, 20 maja 2015 r.



Od lewej: prof. Maria Kaszyńska i Mariusz Karpiński-Rzepa, Międzyzdroje, 20 maja 2015 r.

W maju obchodziliśmy jubileusz 10-lecia czasopisma „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” oraz wydawnictwa NBI Media. Chwalimy się, bo jest czym – 61 wydań, 438 000 egzemplarzy, 1430 artykułów, 410 wydarzeń z naszym patronatem medialnym i 17 851 opublikowanych fotografii – łącznie 5170 stron o budownictwie inżynieryjnym.

Nasze starania na rzecz propagowania dokonań branży zostały docenione przez biznes i świat nauki. Jest mi miło poinformować, że Targi Kielce SA, organizator Międzynarodowych Targów Budownictwa Drogowego *Autostrada-Polska*, *Maszbud*, *Rotra*, *Traffic-Expo-Til* i *Europarking*, wręczyły nam 13 maja na uroczystej gali w hotelu Kongresowym statuetkę z okazji jubileuszu wydawnictwa z życzeniami dalszych sukcesów.

Tydzień później w hotelu Aurora w Międzyzdrojach, dzięki uprzejmości organizatorów konferencji *Awarie budowlane*, mogliśmy poczęstować naszych czytelników i zarazem uczestników konferencji jubileuszowym tortem. Uroczystego pokrojenia tortu dokonali obecni na konferencji przedstawiciele Rady Naukowej „NBI”: prof. dr hab. inż. Kazimierz Flaga oraz prof. dr hab. inż. Adam Wysokowski. Wieczór upłynął z lampką wina przy owacyjnie witanym występie Teatru Polskiego w Szczecinie. Pani prof. Maria Kaszyńska wręczyła nam okolicznościową statuetkę oraz złożyła gratulacje i życzenia dalszego rozwoju.

Kolejne wyróżnienie odebraliśmy 26 maja z rąk członków Zarządu Izby Gospodarczej „Wodociągi Polskie” na targach *Wod-Kan* na gali w Filharmonii Pomorskiej im. Ignacego Jana Paderewskiego. W uroczystym adresie napisano: „Pismo »Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne« prezentuje na swoich łamach tematy ze wszystkich obszarów inżynieryjnych sztuki budowlanej, a także inżynierii środowiska. Przedstawia kluczowe projekty budowlane i nowoczesne rozwiązania techniczne, które zmieniają krajobraz Polski. Podejmuje również ważne dla środowiska dyskusje i prezentuje poglądy i wiedzę ekspertów branży wodociągowo-kanalizacyjnej. Jesteśmy pewni, iż dzięki Państwa wiedzy, doświadczeniu i przedsiębiorczości Wydawnictwo NBI Media będzie nadal umacniało swoją pozycję w branży i osiągało kolejne sukcesy. Władzom Wydawnictwa NBI Media i jego Pracownikom życzymy pomyślności w realizacji zamierzonych planów zawodowych i osobistych, wielu kolejnych sukcesów oraz nieustającej satysfakcji z wykonywanej pracy”.

Wszystkie wyróżnienia są dla nas powodem do dumy, podziękowania za akceptację i uznanie, a także okazją do złożenia deklaracji, że w przyszłości będziemy dla Państwa pracować z tą samą pasją, która towarzyszy nam od początku.

A w aktualnym wydaniu „NBI” polecam rozmowę z Jego Magnificencją prof. dr. hab. inż. Kazimierzem Furtakiem, rektorem Politechniki Krakowskiej, który opowiada m.in. o jubileuszu 70-lecia Politechniki Krakowskiej pod skrzydłami bogini NIKE (to nie tylko imię greckiej bogini zwycięstwa, która wskazuje uczelni cele i zadania prowadzące do wygranej przyszłości, ale też skrót jubileuszowego hasła: „Nauka – Innowacje – Kształcenie – Ekologia”) oraz kondycji polskiego mostownictwa i budownictwa podziemnego.

Jubileusz 10-lecia istnienia obchodzi w tym roku także Polski Kongres Drogowy, który swoją działalnością nawiązuje do tradycji Polskich Kongresów Drogowych, powołanych do życia w 1925 r. Wspaniałe karty z historii tej organizacji oraz przebieg obchodów jubileuszowych przedstawia na naszych łamach Tomasz Orłowski.

Mateusz Gdowski pisze o aktualnych realizacjach Bilfinger Infrastructure SA, który obecnie buduje i remontuje m.in. trzy obiekty mostowe w Norwegii (Tresfjord, Harpe, Farris) oraz dwa obiekty mostowe w kraju (most Łazienkowski w Warszawie, most przez Wisłok w Rzeszowie). Firma zmienia właściciela. Przedstawiciele austriackiego koncernu PORR podpisali z zarządem Bilfinger SE wstępną umowę kupna Bilfinger Infrastructure SA. Nowy branżowy inwestor to szansa na dalszy rozwój spółki oraz wykorzystanie wzajemnych potencjałów przy kompleksowej realizacji dużych kontraktów.

Publikujemy ponadto tematy specjalne i raporty, w których m.in. poruszymy kwestie prefabrykatów w budownictwie infrastrukturalnym, podtorza i nawierzchni torowej infrastruktury szynowej, technologii bezwypadkowych oraz rynku kolejowego i kruszyw w budownictwie.

„NBI” zawsze chętnie opisuje na swoich łamach nietypowe, skomplikowane budowle inżynieryjne, wymagające szczególnych umiejętności i doskonałych technologii. Przykładem takich inwestycji prezentowanych na łamach tego wydania jest m.in. budowa Muzeum II Wojny Światowej w Gdańsku oraz modernizacja największego w Europie zbiornika odpadów poflotacyjnych Żelazny Most, należącego do KGHM Polska Miedź SA.

W ten nurt wpisuje się również tekst Dawida Kisały o niekonwencjonalnych mostach podwieszonych i *extradosed*. Autor podkreśla, że od kilkunastu lat w światowym mostownictwie pojawiają się nowe konstrukcje, które są ewolucją rozwiązań belkowych i podwieszonych. Nowe trendy w kształtowaniu mostów kładą nacisk na konstrukcje typu *extradosed*, *under-deck*, podwieszane z kablami umieszczonymi ponad i pod pomostem oraz *extra-intradosed* z uwzględnieniem ich zastosowania oraz charakteru pracy.

Serdecznie zapraszam do zapoznania się z zawartością całego numeru „NBI”.

Mariusz Karpiński-Rzepa



Politechnika
Wroclawska

WROCŁAWSKIE DNI MOSTOWE



MOSTY ŁUKOWE DZIEŁA KULTURY

projektowanie, budowa, utrzymanie

25–27 LISTOPADA 2015

www.wdm.pwr.edu.pl

18 Bilfinger Infrastructure buduje mosty w Norwegii i Polsce

10 Agenda

WYWIAD

12 Jubileusz 70-lecia Politechniki Krakowskiej pod skrzydłami bogini NIKE



Z Jego Magnificencją prof. dr. hab. inż. Kazimierzem Furtakiem, rektorem Politechniki Krakowskiej, rozmawia Mariusz Karpiński-Rzepa

14 W skrócie

WYWIAD

17 Kopalnia zdrowia i atrakcji



Z dr. hab. inż. Kajetanem D'Obyrnm, prezesem zarządu Kopalni Soli „Wieliczka” SA, rozmawia Joanna Koterska

18 Bilfinger Infrastructure buduje mosty w Norwegii i Polsce

Mateusz Gdowski

20 Niekonwencjonalne mosty podwieszane i extradosed

Dawid Kisała

26 Łukowe obiekty inżynieryjne z prefabrykatów żelbetowych typu TechSpan®

Marcin Chudek



29 V konkurs Pontifex Cracoviensis

Grażyna Czopek

30 Na budowie Muzeum II Wojny Światowej w Gdańsku

Alicja Bittner

34 Kotwienie płyty dennej budynku Muzeum II Wojny Światowej w Gdańsku

Jakub Sierant

38 Pale przemieszczeniowe

Gollwitzer Polska Sp. z o.o.

41 Autostrada-Polska 2015

Targi Kielce SA

42 III Śląskie Forum Drogownictwa

Tomasz Orłowski

43 10 lat działalności Polskiego Kongresu Drogowego

Tomasz Orłowski

TEMAT SPECJALNY

44 Prefabrykaty w budownictwie infrastrukturalnym

Marian Kowacki

49 Mosty i wiadukty ważnym elementem kształtowania krajobrazu

Edyta Kaniuk

50 Intermasz 2015

MTP SA

RAPORT

51 Rynek budownictwa kolejowego przekroczy 6 mld zł

Bartłomiej Sosna

54 Wzmocnienie nasypu kolejowego w stanie awaryjnym w ciągu linii E65 w miejscowości Jurkowice

Oskar Mitrosz

TEMAT SPECJALNY

60 Podtorze i nawierzchnia torowa infrastruktury szynowej

Maria Szruba



51 Rynek budownictwa kolejowego przekroczy 6 mld zł



74

66 Track Tec – innowacyjność w kolejnictwie

Maria Szruba

68 Stabilizacja podsypki kolejowej – zabezpieczenie stref przejściowych oraz newralgicznych punktów nawierzchni kolejowej

Tomasz Szczepański

71 Autodesk Day 2015 – BIM dla infrastruktury

Joanna Borowska, Dorota Sapija

72 Przepiskanie rur HOBAS CC-GRP DN 3000 pod torami kolejowymi w Cikowicach

Hobas System Polska Sp. z o.o.

74 Rury produkcji Uponor Infra w prototypowej instalacji ujęcia wód nadosadowych w zbiorniku Obiektu Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych (OUOW) Żelazny Most

Anna Siedlecka

78 Ważne inwestycje wodno-kanalizacyjne w Krakowie sfinansowane przez Unię Europejską

MPWiK SA w Krakowie

80 Najwyższa jakość wody z ZUW Raba w Dobczycach

MPWiK SA w Krakowie

WYWIAD

82 Metody oceny stanu rurociągów i kanałów podziemnych



Z dr inż. Emilią Kuliczowską, adiunktem na Politechnice Świętokrzyskiej, rozmawia Marian Kowacki

DODATEK SPECJALNY

86 Technologie bezwykopowe na sześciu kontynentach, cz. 8

Joanna Król

91 Horyzontalne przewiertki kierunkowe

Maria Szruba

94 Pionierzy wiertnictwa HDD w Polsce

RAPORT

98 Kruszywa w budownictwie. Cz. 1. Kruszywa naturalne

Wiesław Kozioł, Andrzej Ciepliński, Łukasz Machniak, Adrian Borc

102 Systemy maszynowe w górnictwie odkrywkowym. Cz. 1. Maszyny w górnictwie polskim

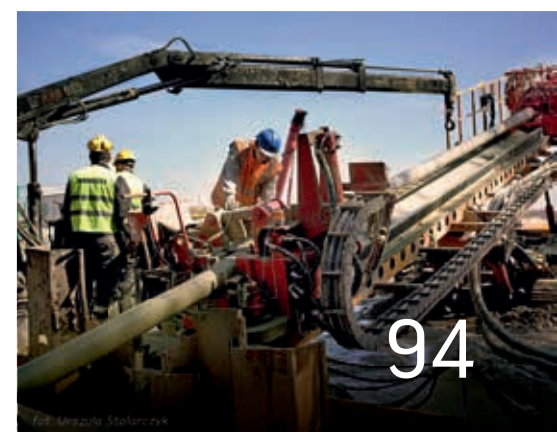
Adrian Borc, Wiesław Kozioł



30



60



94

WYDAWCA

nbimedia
nowoczesne media

ul. Zakopiańska 9/101, 30-418 Kraków
tel.: 535 889 852, fax: 12 292 70 80
wydawnictwo@nbimedia.pl
www.nbimedia.pl

**Nowoczesne
Budownictwo
Inżynieryjne**

Biurow redakcji:

ul. Zakopiańska 9/101, 30-418 Kraków
tel.: 12 292 70 70, fax: 12 292 70 80
redakcja@nbi.com.pl
www.budownictwoinzynieryjne.pl

Redaktor naczelny:

Mariusz Karpiński-Rzepa
karpinski@nbi.com.pl

Redaktor wydania:

Lena Bełdan
lena.beldan@nbi.com.pl

Redaktor językowy:

Anna Biedrzycka
anna.biedrzycka@nbi.com.pl

Dziennikarze:

Marian Kowacki, Jan Marek, Joanna Miciak,
Anna Siedlecka, Maria Szruba

Reklama i marketing:

Anna Karpińska-Rzepa
tel. kom: 784 086 077
anna.karpinska@nbi.com.pl

Małgorzata Piechota
tel. kom: 601 310 465
malgorzata.piechota@nbi.com.pl

Lidia Pobidyńska
tel. kom: 666 834 087,
lidia@nbi.com.pl

Skład i przygotowanie do druku:
Ararat Design Studio

Redaktor serwisu internetowego:

Damian Karpiński
portal@nbi.com.pl

Redaktor statystyczny:

Krzysztof Sikora

ICT & Internet Manager:

Łukasz Jezierski
biuro@jezierski.IT

Sprzedaż i dystrybucja:

Kolporter, Garmond Press, RUCH,
Salony Empik oraz redakcja NBI

Prenumerata:

Teresa Siedlecka
prenumerata@nbi.com.pl

Poglądy wyrażone w artykułach są osobistymi przekonaniami ich autorów i nie zawsze są zgodne z zapatrywaniami wydawcy. Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za treść reklam, artykułów firmowych, sponsorowanych i ogłoszeń oraz zastrzega sobie prawo do skracania i redakcji nadesłanych tekstów i opatrywania ich własnymi tytułami. Materiałów redakcyjnych wydawnictwo nie przesyła do autoryzacji. Materiały niezamówione nie są zwracane. Jakiegokolwiek wykorzystywanie w całości lub w fragmencie materiałów zawartych w ogólnopolskim magazynie branżowym „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” bez zgody wydawcy jest zabronione.
© NBI Media, Kraków, 2015

RADA NAUKOWA

Samuel Ariaratnam, Ph.D.

School of Sustainable Engineering and the Built Environment, Arizona State University, USA

prof. dr hab. inż. Jan Biliszczuk

Katedra Mostów i Kolei, Instytut Inżynierii Lądowej Politechniki Wrocławskiej

dr hab. inż. Marek Ȕała, prof. AGH

Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki Wydział Górnicztwa i Geoinżynierii Akademii Górniczo-Hutniczej

dr hab. Lidia Dąbek, prof. PŚk

Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki Politechniki Świętokrzyskiej

prof. dr hab. inż. Józef Dubiński

Główny Instytut Górnicztwa

prof. dr hab. inż. Józef Dziopak

Katedra Infrastruktury i Ekorożwoju, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej

prof. dr hab. inż. Kazimierz Flaga

Katedra Budowy Mostów i Tuneli Wydział Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej

prof. dr hab. inż. Kazimierz Furtak

rektor Politechniki Krakowskiej

prof. dr hab. inż. Andrzej Gonet

Katedra Wiertnictwa i Geoinżynierii Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu Akademii Górniczo-Hutniczej

prof. dr hab. inż. Kazimierz Gwizdała

Katedra Geotechniki, Geologii i Budownictwa Morskiego, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej

prof. dr hab. inż. Zbigniew Kledyński

Wydział Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej

dr hab. inż. Kazimierz Kłosek, prof. PŚI

Zakład Dróg i Kolei Wydział Budownictwa Politechniki Śląskiej

prof. dr hab. inż. Wiesław Koziół

Katedra Górnicztwa Odkrywkowego Wydział Górnicztwa i Geoinżynierii Akademii Górniczo-Hutniczej

prof. dr hab. inż. Andrzej Kuliczowski

prezes Polskiej Fundacji Technik Bezwykopowych; Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki Politechniki Świętokrzyskiej

dr inż. Emilia Kuliczowska

Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki Politechniki Świętokrzyskiej

Tetsuya Kusuda, Ph.D.

Research Institute on Environment in East Asia Environments Kyushu University, Japan

dr hab. inż. Marek Łągoda, prof. IBDiM

Instytut Badawczy Dróg i Mostów

prof. dr hab. inż. Maciej Mazurkiewicz

Katedra Ekologii Terenów Górniczych Wydział Górnicztwa i Geoinżynierii Akademii Górniczo-Hutniczej

prof. dr hab. inż. Piotr Noakowski

Technische Universität Dortmund, Niemcy

Andrzej S. Nowak, Ph.D.

The University of Nebraska-Lincoln, USA

Vladimir Orlov, Ph.D.

Moscow State University of Civil Engineering; wiceprezes zarządu Russian Society for Trenchless Technology

prof. dr hab. inż. Krystian Probiez

Wydział Górnicztwa i Geologii Politechniki Śląskiej

prof. dr hab. inż. Jakub Siemek

Katedra Inżynierii Gazowniczej, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu Akademii Górniczo-Hutniczej

prof. Keh-Jian (Albert) Shou

National Chung Hsing University Department of Civil Engineering, China

prof. dr hab. inż. Tadeusz Słomka

rektor Akademii Górniczo-Hutniczej

prof. dr hab. inż. Stanisław Strzycek

Katedra Wiertnictwa i Geoinżynierii Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu Akademii Górniczo-Hutniczej

prof. dr hab. inż. Antoni Tajduś

Wydział Górnicztwa i Geoinżynierii Akademii Górniczo-Hutniczej

prof. dr hab. inż. Andrzej Wichur

Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki Wydział Górnicztwa i Geoinżynierii Akademii Górniczo-Hutniczej

dr hab. inż. Adam Wysokowski, prof. UZ

Zakład Dróg i Mostów Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska Uniwersytetu Zielonogórskiego

REDAKTORZY TEMATYCZNI

mgr inż. Grażyna Czopek

(budownictwo mostowe)

dr inż. Piotr Gwoździewicz

(konstrukcje sprężone)



„Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” jest wpisane na listę czasopism punktowanych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego – lista B, poz. 1463. Podstawową formą czasopisma jest wersja drukowana. Czasopismo jest indeksowane w BazTech. Artykuły zgłaszane do publikacji należy przesyłać drogą elektroniczną na adres: redakcja@nbi.com.pl. Warunki publikacji dla autorów znajdują się pod adresem: www.nbi.com.pl/dla-autorow.

P A R T N E R Z Y M E R Y T O R Y C Z N I



Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH
Politechnika Krakowska
Politechnika Świętokrzyska
Politechnika Śląska Wydział Górnicztwa i Geologii
Związek Mostowców Polskiej
Związek Mostowców Oddział Małopolski
Instytut Badawczy Dróg i Mostów
Polska Fundacja Techniki Bezwykopowych
Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczypospolitej Oddział w Krakowie
Polski Komitet Geotechniki Oddział Małopolski
Podkomitet Budownictwa Podziemnego
Polski Kongres Drogowy



Technologie wiertnicze

Śląskie Towarzystwo Wiertnicze
DALBIS Spółka z o.o.

ul. Hutnicza 5-9
42-600 Tarnowskie Góry
tel. +48 (32) 289 67 39
fax: +48 (32) 289 82 15
e-mail: info@dalbis.com.pl

www.dalbis.com.pl

Usługi wiertnicze

- > Wiercenia pionowe oraz poziome – z powierzchni oraz wyrobisk górniczych,
- > Wiercenia hydrogeologiczne – poszukiwawcze i rozpoznawcze wraz z obsługą geologiczną,
- > Wiercenia otworów inżynierskich dla odwadniania wentylacji, podszadzenia pustek, itp.,
- > Wiercenia otworów wielkośrednicowych (do średnicy 2,0 m),
- > Budowa studni.

Usługi geotechniczne

- > Iniekcje cementowe i środkami chemicznymi,
- > Kotwienie,
- > Zabezpieczanie skarp, zboczy oraz nasypów,
- > Wypełnianie pustek poeksploacyjnych,
- > Odwodnienia.

Oferujemy

Kompleksowe wykonawstwo robót wg projektów zleconych lub własnych z zastosowaniem nowoczesnych technologii robót wiertniczych i z wykorzystaniem własnego sprzętu.



10 Key dates

INTERVIEW

12 70th anniversary celebration of Kraków University of Technology under the wings of goddess NIKE

Mariusz Karpiński-Rzepa talks to His Magnificence-Professor Kazimierz Furtak, Rector of the Kraków University of Technology

14 In short

INTERVIEW

17 Mine of health and attractions

Joanna Koterska talks to PhD. Eng. Kajetan D'Obryn, the CEO Wieliczka Salt Mine.

18 Bilfinger Infrastructure builds bridges in Norway and in Poland

Mateusz Gdowski

20 Unconventional cable-stayed and extradosed bridges

David Kisafa

In the recent years in the global and Polish bridge engineering we can observe new type of the constructions, which are an evolution of girder and cable-stayed bridges. Currently, as the most recognizable extradosed bridges can be considered, which are proposed for spans up to 200.0 m. However, this is not the solution that now sees dynamic growth. The article discusses new trends in the bridge design with the emphasis on extradosed, under-deck, cable-stayed with cables placed above and below the deck and extra-intradosed bridges.

26 Arc engineering structures with precast concrete elements TechSpan® type

Marcin Chudek

TechSpan® arches are an efficient and cost-effective way to build buried arches for many types of applications. The structures consist of precast reinforced concrete arch and connecting elements. Techspan® structures can be used to carry out the road, rail-track, foot-biking track, the watercourse, migration routes for wild animals or other communication activity or production (eg. pipelines, conveyor) through or under obstructions in the terrain. Tech-Span® technology does not require bearings and expansion joints, significantly reduces the cost of the investment, is quick and easy to install, requires no scaffolding or formwork, is resistant to corrosion and the work can be carried out regardless of the time of year and weather conditions. The article presents an example of building a railway arc viaduct in TechSpan® technology in Kraków along the railway line No. 8 Kozłów – Kraków.

29 5th Pontifex Cracoviensis

Grażyna Czopek

30 Visiting the construction site of the World War II Museum in Gdańsk

Alicja Bittner

At the construction site of the World War II Museum at Wałowa street in Gdańsk, works under the second stage of the project are underway, including comprehensive construction of the Museum seat. External walls, pillars and structural floors of the building and the tower are being erected. An

outline of the future seat of the Museum begins to emerge from the excavation.

34 Anchoring the building bottom slab of the World War II Museum in Gdańsk

Jakub Sierant

TITAN, the self drilling micro pile technology present in the market for over a decade, has proven its usefulness and effectiveness in construction engineering. The micro piles have been successfully used not only for supporting and reinforcing foundations, but also as fully functional foundation elements, one of the methods of stabilisation of landslides, excavation wall support (sheet piling) or technology for special purposes.

38 Displacement piles

Gollwitzer Polska Sp. z o.o.

Piling technologies have been used in the construction industry since the introduction of deep foundations. Modern pile classifications take into account the nature of the technology, action on the ground and material of which the piles are formed. Valid standards introduce a division to drilled and displacement piles. The article presents the selected group of displacement pile technology, known as SDP (Soil Displacement Piles), FDP (Full Displacement Piles) or CMC (Controlled Modulus Column). The differences are in drill design, rotation direction in plunging and lifting the drill, drilling with lost tip, pile core forming into a straight cylinder or screw.

41 21st International Road Construction Industry Autostrada-Polska

Targi Kielce SA

42 3rd Silesian Road Construction Forum

Tomasz Orłowski

43 10 years of the activity of Polish Road Congress

Tomasz Orłowski

SPECIAL TOPIC

44 Precast components in infrastructure construction

Marian Kowacki

Although concrete is the most commonly used construction material in the world, its importance is often overlooked. Meanwhile, the concrete precast industry has a lot to offer to architects, investors, customers, financiers, insurers and the the environment. Prefabrication includes a large variety of factory made products, from side walk blocks manufactured on a mass scale to massive custom-made components. Their uses in infrastructure construction and in the water and sewage industry significantly enhances the construction works and thus reduces the time of building construction.

49 Bridges and viaducts as an important element of landscaping

Edyta Kaniuk

50 International Fair for Construction Machinery, Vehicles and Specialized Equipment – Intermasz 2015

MTP SA

RAPORT

51 The market for railway construction to exceed PLN 6 billion

Bartłomiej Sosna

The new EU budget sets new challenges for the railway construction industry in Poland. Although PKP PLK has not yet successfully dealt with all projects from the previous budget, the moment is approaching inevitably in which a more dynamic tender procedure for projects financed by the 2014-2020 budget will have to be initiated.

54 Soil improvement of embankment in failure state along railway line E65 in Jurkowice

Oskar Mitrosz

The article presents the methods of ground treatment and stabilization of embankment in failure state along the railway line E65 in Jurkowice as a part of national programme of high-speed rail construction. Three key components of the scheme have been presented: the causes of failure, the role of site investigation in the context of an adequate determination of geotechnical properties and design solutions. The methods of monitoring the active landslide and reconstructing the embankment dependent on the achieved results have been discussed according to conscious designing philosophy as well as the possible and accepted repair solutions.

SPECIAL TOPIC

60 Railroad bed and railroad surface of rail infrastructure

Maria Szruba

The railroad bed has to provide firm foundation for the surface, thus it can neither deform nor subside excessively. It should also have sufficient rigidity, since the rail flexure and extent of dynamic effects depend on it. Susceptibility of the railroad bed to deformation depends on a number of factors, including the quality of materials used, reliability of reinforcing and securing structures, technical expertise of construction works, the value and frequency of vehicle load, scope of repair and finally, the quality of maintenance of the railroad bed and surface.

66 Track Tec – synonym of innovation in railway industry

Maria Szruba

68 Ballast stabilisation – protection of transition zones and critical points of railroad surface

Tomasz Szczepański

71 Autodesk Day 2015 – BIM for infrastructure

Joanna Borowska, Dorota Sapija

72 HOBAS CC-GRP DN 3000 tube ramming under railway track in Cikowice

Hobas System Polska Sp. z o.o.

When a pipeline route passes under a railway embankment, usually the best method for tube installation is hydraulic ramming, since it does not disturb the railway traffic. In Cikowice, south of Poland, in a railway embankment, four culverts diameter 3000 mm and 34-metre long each were

installed for drainage of flood water. The GRP tubes used for this demanding project were supplied by HOBAS System Polska.

74 Uponor Infra tubes in prototype installation of supernatant water intake in a reservoir of the Mining Waste Disposal Facility (OUOW) Żelazny Most

Anna Siedlecka

The so far positive experiences of KGHM Polska Miedź SA in the transport of post-flotation waste with PEHD pipelines have been conclusive for the choice of this technology, also in the scope of prototype installation in context of the upgrade of supernatant water intake located in the shell of the reservoir located at OUOW Żelazny Most. The reservoir, with an average capacity 8 million cubic metres has also an important function of a retention facility in the process system. After eighteen months of operation, a complete success can be confirmed. The PEHD pipelines manufactured by Uponor Infra Sp. z o.o. have proven ideally in those severe conditions.

78 Important water and sewerage projects in Kraków financed by the European Union

MPWiK SA in Kraków

The new sewerage system, catchment station at Płaszów Sewage Treatment Plant, UV system in Water Treatment Facility Raba and, finally the water supply system - the following water and sewerage projects in Kraków were refunded by the EU funds.

80 Top quality of water in ZUW Raba in Dobczyce

MPWiK SA in Kraków

Environmental consciousness and care for the comfort of living of the residents of Kraków are the objectives of the Municipal Water and Sewerage Company. With the project co-financed by the EU funds, named „Water and sewerage management in Kraków - Stage 4”, the UV system in the Water Treatment Facility Raba ensures a very high standard of drinking water supplied to the residents of Kraków and surroundings.

INTERVIEW

82 Methods for assessment of pipeline and underground channel condition

Marian Kownacki talks to Emilia Kuliczowska PhD. Eng. assistant professor at the Kielce University of Technology.

SPECIAL FEATURE

86 Trenchless technologies in six continents, part 8

Joanna Król

As a part of the series „Trenchless technologies in six continents”, prepared together with the Polish Foundation for Trenchless Technologies, we present the topics of the first in 2015 issue of *Trenchless International* magazine.

91 Horizontal directional drilling

Maria Szruba

Started in the 1960's the technology of horizontal directional drilling, was initially an alternative to standard methods with excavations. The development of the HDD technology has been revolutionary for installation of underground infrastructure and pipelines in cities and under natural obstacles, thus making it the only feasible solution where the use of conventional methods is impossible for a number of reasons.

94 HDD drilling pioneers in Poland

RAPORT

98 Aggregates in construction. Part 1. Natural aggregates

Wiesław Kozioł, Andrzej Ciepliński, Łukasz Machniak, Adrian Borc

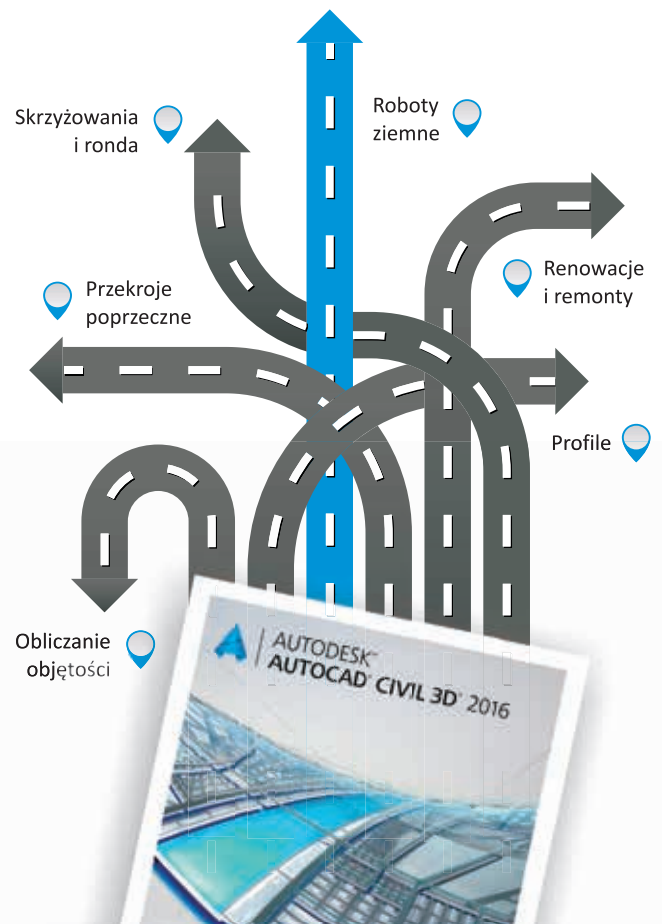
Aggregates are a basic raw material used by humanity almost from the beginning of civilization development and the demand for them is still increasing. They are used mainly in construction. The use of sand is also necessary in the industry for the production of silicon chips, solar panels, glass, electronic components, cosmetics, etc.

102 Machine systems in surface mining. Part 1. Machines in polish mining

Adrian Borc, Wiesław Kozioł

Since the dawn of humanity the surface mining, besides the basic activities necessary for its survival, in some way formed the basis of everyday of man life. The ongoing development necessitates the creation of new tools and their improvement. Successive increase in the extraction of basic and strategic raw materials requires also the modification of methods and mining technology, namely the tools and ways of using them. Extraction with the development mutually affected each other until the present day, when surface mining on a global scale is a huge source of raw materials for various uses, in the era of „thinking” machines which, without human intervention, are performing a scheduled task.

DROGA DOBREJ INWESTYCJI



4x25%

oferta ratalna zakupu oprogramowania
bez dodatkowych kosztów

AUTODESK®
AUTOCAD® CIVIL 3D® 2016

www.procad.pl/droga

01

styczeń

**XVII Krajowa Konferencja
Mechaniki Gruntów i Inżynierii
Geotechnicznej *Problemy
geotechniczne i środowiskowe
na terenach zurbanizowanych***

Architektury i Inżynierii
Środowiska Uniwersytetu
Technologiczno-Przyrodniczego
w Bydgoszczy
www.bydgoszcz.krynica.utp.edu.pl

**I Targi Gospodarki Komunalnej
*EkoMiasto***

8–9 X 2015, Sosnowiec

Expo Silesia Sp. z o.o.
www.exposilesia.pl

02

lutyc

**VI Ogólnopolska Konferencja
Młodych Geotechników
7–10 VII 2015, Łódź**

Polski Komitet Geotechniki;
Oddział Łódzki Polskiego
Komitetu Geotechniki;
Katedra Geotechniki i Budowli
Inżynierskich Politechniki
Łódzkiej
www.bais.p.lodz.pl

**II Konferencja Naukowo-
-Techniczna *Sorbenty mineralne
– surowce, energetyka, ochrona
środowiska, nowoczesne
technologie***

21–23 IX 2015, Kraków

Wydział Geologii, Geofizyki
i Ochrony Środowiska Akademii
Górnictwo-Hutniczej; Kopalnia
Wapienia Czatkowice Sp. z o.o.;
Wydział Inżynierii Materiałowej
i Ceramiki Akademii Górnictwo-
Hutniczej; Fundacja dla
Akademii Górnictwo-Hutniczej
www.sorbenty2015.pl

**Międzynarodowe Targi
Technologii i Produktów dla
Zrównoważonego Rozwoju
i Usług Komunalnych
*Pol-Eco-System***

27–30 X 2015, Poznań

Międzynarodowe Targi
Poznańskie Sp. z o.o.
www.polecosystem.pl

04

kwiecień

**No-Dig Down Under 2015
8–11 IX 2015, Australia**

Australasian Society for
Trenchless Technology; Great
Southern Press
www.nodigdownunder.com

**XI Międzynarodowe Targi
Kolejowe *Trako***

22–25 IX 2015, Gdańsk

Międzynarodowe Targi
Gdańskie SA; Grupa PKP SA
www.trakotargi.amberexpo.pl

**LVIII Techniczne Dni Drogowe
18–20 XI 2015, Białystok**

Stowarzyszenie Inżynierów
i Techników Komunikacji RP
Zarząd Krajowy, Krajowa Sekcja
Drogowa; Generalna Dyrekcja
Dróg Krajowych i Autostrad
www.sitk.org

05

maj

**X Seminarium *Wpływ
hałasu i drgań wywołanych
eksploatacją transportu
szybnego na budynki i ludzi
w budynkach – diagnostyka
i zapobieganie. Wibroszyn 2015***

10–11 IX 2015, Kraków

Institut Mechaniki Budowli
Politechniki Krakowskiej
www.l4.wil.pk.edu.pl

**XVI Międzynarodowa
Konferencja Technicznej
Kontroli Zapór TKZ 2015
*Eksploracja budowli
piętrzących – diagnostyka
i zapobieganie zagrożeniom***

29 IX–2 X 2015, Wierchomla

Institut Meteorologii
i Gospodarki Wodnej – PIB;
Polski Komitet Wielkich
Zapór; Sekcja Konstrukcji
Hydrotechnicznych Komitetu
Inżynierii Łądowej PAN
www.imgw.pl

**VIII Międzynarodowa
Konferencja Naukowo-
-Techniczna *Polityka
parkingowa w miastach***

16–17 XI 2015, Kraków

Stowarzyszenie Inżynierów
i Techników Komunikacji RP
Oddział w Krakowie; Zakład
Transportu Politechniki
Krakowskiej; Zakład Systemów
Komunikacyjnych Politechniki
Krakowskiej
www.sitk.org.pl

06

czerwiec

**III Polski Kongres Górniczy
14–16 IX 2015, Wrocław**

Wydział Geoinżynierii,
Górnictwa i Geologii Politechniki
Wrocławskiej; Komitet
Górnictwa PAN; Komitet
Zrównoważonej Gospodarki
Surowcami Mineralnymi PAN;
Komisja Nauk Górniczych
Oddziału PAN we Wrocławiu;
Stowarzyszenie Inżynierów
i Techników Górnictwa Oddział
Wrocławski
www.pkg2015.pwr.wroc.pl

**II Warmińsko-Mazurskie
Forum Drogowe
5–7 X 2015, Lidzbark
Warmiński**

Polski Kongres Drogowy; Zarząd
Dróg Wojewódzkich w Olsztynie
www.pkd.org.pl

**II Ogólnopolska Konferencja
*Konstrukcje budowlane***

20 XI 2015, Warszawa

Wydawnictwo Naukowe
PWN SA
www.konferencje.pwn.pl

08

sierpień

**61. Konferencja Naukowa
Komitetu Inżynierii Łądowej
i Wodnej PAN oraz Komitetu
Nauki PZITB *Krynica 2015.
Budownictwo energooszczędne
w Polsce – stan i perspektywy***

20–25 IX 2015, Krynica

Komitet Inżynierii Łądowej
i Wodnej PAN; Komitet Nauki
Polskiego Związku Inżynierów
i Techników Budownictwa;
Wydział Budownictwa,

**VII Targi Urzędzeń i Technologii
Branży Wodociągowo-
-Kanalizacyjnej *HydroSilesia
2015***

**V Targi Melioracji
i Urzędzeń Wodnych,
Infrastruktury i Urzędzeń
Przeciwpowodziowych
*Melioracje 2015***

**Seminarium Wrocławskie Dni
Mostowe 2015 *Mosty łukowe
dzieła kultury. Projektowanie,
budowa, utrzymanie***

26–27 XI 2015, Wrocław

Katedra Mostów i Kolei na
Wydziale Budownictwa
Łądowego i Wodnego
Politechniki Wrocławskiej;
Dolnośląska Okręgowa Izba
Inżynierów Budownictwa;
Związek
Mostowców RP
www.wdm.pwr.wroc.pl



TRAKO 2015

11. Międzynarodowe Targi Kolejowe

Gdańsk, AmberExpo

22-25.09
trakotargi.pl



Patronat Honorowy Minister Infrastruktury i Rozwoju

organizacja



miejsce



Centrum Wystawienniczo-Kongresowe
80-560 Gdańsk, ul. Żaglowa 11

współorganizacja



współpraca



patronat medialny



Jubileusz 70-lecia Politechniki Krakowskiej **pod skrzydłami** **bogini NIKE**



Z Jego Magnificencją **prof. dr. hab. inż. KAZIMIERZEM FURTAKIEM**, rektorem Politechniki Krakowskiej, rozmawia **MARIUSZ KARPIŃSKI-RZEPA**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne

*Cała nasza
działalność
– badawcza
i edukacyjna –
musi uwzględniać
szacunek dla
ludzi i przyrody.*

gini zwycięstwa, jest z jednej strony podsumowaniem 70 lat historii Politechniki Krakowskiej, a z drugiej – wskazuje nam cele i zadania prowadzące do wygranej przyszłości.

W 1921 r. na Akademii Górniczej powstała Katedra Budownictwa i Inżynierii. Podczas ubiegłorocznej inauguracji roku akademickiego powiedział Pan, że dziś jak nigdy odczuwamy, że inżynier jest naprawdę kreatorem zmian. Czyba rzadko docenia się ten aspekt pracy inżyniera, kojarząc ten zawód raczej z pragmatyzmem i rozsądkiem niż kreacjonizmem.

To szerszy problem. Proszę zauważyć, że media, które przecież opisują rzeczywistość, zwracają większą uwagę na nieprawidłowości, przypadki negatywne. Dotyczy to nie tylko mostownictwa, ale praktycznie wszystkich obszarów naszego życia. Dobre informacje przebijają się

znacznie rzadziej. Proszę sobie przypomnieć ile dni a nawet tygodni, analizowany jest temat usunięcia nierzetelnego wykonawcy zagranicznego z budowy, a ile linijek tekstu poświęca się – i to tylko jednorazowo – oddaniu kilku kilometrów drogi. Pokazywanie „ludzi dobrej roboty” kojarzy się z tzw. minioną epoką i jest praktycznie zaniechane. Oczywiście, są i pozytywne przykłady, ale jest ich mniej. Tylko niektóre publikatory pokazują z satysfakcją polskie osiągnięcia. Czasopismo, które Pan reprezentuje, do takich należy.

Jest Pan, Panie Rektorze, związany z Politechniką Krakowską od lat studenckich. Czym z Pańskiej perspektywy dzisiejsi studenci różnią się od tych sprzed kilkudziesięciu lat? Czy mając na uwadze współczesny postęp w zakresie technologii i materiałów w porównaniu z niegdyś dostępnymi narzędziami, można powiedzieć, że ich praca będzie łatwiejsza?

To są zupełnie inne światy. Dzisiejsi studenci zgłębiają nowe obszary wiedzy, nowe przedmioty, a robią to w nowoczesniejszych laboratoriach i salach dydaktycznych, korzystając z nowych środków przekazu. Mają dostęp do wiedzy przez Internet, uczestniczą w wymianie międzynarodowej, kształceniu na odległość, mają pełny dostęp do literatury światowej. Praca inżyniera też wygląda inaczej. Postęp w zakresie technologii i materiałów czy w zakresie metodologii obliczeń to tylko zmiana akcentów. Teraz większe jest zapotrzebowanie na wiedzę inży-

Hasło przewodnie jubileuszu 70-lecia Politechniki Krakowskiej brzmi: „Nauka – Innowacje – Kształcenie – Ekologia”. Czy mógłby Pan Rektor je rozwinąć?

W hasle jubileuszu 70-lecia Politechniki Krakowskiej zawierają się nasze osiągnięcia i zadania. Nauka, a więc twórcze idee – od nich się wszystko zaczyna, one są gwarantem godnego funkcjonowania i rozwoju. Z idei rodzą się innowacje – teorie i rozwiązania technologiczne, które zmieniają świat; mamy nadzieję, że na lepszy, bardziej przyjazny. Z nich z kolei rodzi się wiedza, którą możemy przekazywać studentom, dając im dostęp do najnowszych osiągnięć nauki i motywując do odkrywania nowych idei i rozwiązań determinujących rozwój. Cała nasza działalność – badawcza i edukacyjna – musi uwzględniać szacunek dla ludzi i przyrody. Skrót hasła jubileuszowego – NIKE, imię greckiej bo-

Jest duże zapotrzebowanie na wiedzę inżynierską, ale też duża jest konkurencja i oczekiwania społeczne.

nierską, ale też większa jest konkurencja i oczekiwania społeczne, a postawy konsumpcyjne i roszczeniowe bardzo częste. To wszystko sprawia, że nie jest łatwo, zresztą nigdy nie było (choć z różnych powodów). Współczesny inżynier ma do dyspozycji lepsze materiały i sprzęt, ale działa w większym niż kiedyś stresie. Praca na budowie nie kojarzy się już z błotem i gumowymi butami, ale z presją czasu, wskaźnikami, zyskiem, wyścigiem w wymiarze lokalnym i globalnym.

Obecny stan techniki i technologii w mostownictwie jest efektem wieloletnich prac badawczych. Czy zgodziłby się Pan Rektor ze stwierdzeniem, że wszelki postęp i innowacje są możliwe jedynie przy ścisłej współpracy nauki i biznesu?

Tak. Dlatego w obecnej perspektywie finansowej Unii Europejskiej duże pieniądze dla nauki są do pozyskania w ramach współpracy z podmiotami gospodarczymi. Nawet więcej – to podmioty gospodarcze mają być liderami projektów innowacyjnych. Przecież to przedstawiciele firm wiedzą najlepiej, jakie problemy trzeba rozwiązać, aby następował rozwój gospodarczy i cywilizacyjny, wiedzą też, jakie rozwiązania technologiczne pozwolą uzyskać lepszy produkt finalny. Wiedzą, jakie kwestie trzeba rozwiązać, aby być bardziej konkurencyjnym na trudnym przecież rynku. Oczywiście, aby mogły rozwijać się badania stosowane, finansowanie badań podstawowych musi pozostać na wystarczająco wysokim poziomie. Mówię w uproszczeniu, gdyż taki prosty podział na badania podstawowe i stosowane nie odzwierciedla w pełni istoty nauki, która jest przecież jedna.

Mosty często są obiektami tak charakterystycznymi, że stają się znakami rozpoznawczymi miast, jak np. Golden Gate dla San Francisco. Czy o polskich obiektach inżynierskich można powiedzieć, że stają się świadomym elementem kształtowania krajobrazu?

Kiedy porównuję polskie mostownictwo sprzed pół wieku z dzisiejszym, to – podobnie jak w przypadku kształcenia studentów – widzę dwa światy. Nie oznacza to, że pół wieku temu byli gorsi inżynierowie, wykonawcy czy projektanci. Były po prostu inne możliwości materiałowe, sprzętowe, technologiczne. Niewątpliwą zasługą polskiego środowiska mostowego jest bardzo szybkie zaadaptowanie najnowszych osiągnięć światowej techniki mostowej na grunt



Gmach główny Politechniki Krakowskiej, fot. J. Zych

polski. Zwiedziłem wiele krajów Europy i świata. Mogę z całą odpowiedzialnością stwierdzić, że jakość współczesnego polskiego mostownictwa dorównuje standardom światowym. Jest wiele obiektów mostowych w Polsce, które są ważnymi elementami krajobrazu, ikonami miejsca, celami podróży i spacerów. Obiektami, na których robi się pamiątkowe zdjęcia. To bardzo ważne, że polskie mosty są nie tylko bezpieczne, ale i coraz piękniejsze.

Ostatnie lata przyniosły dynamiczny rozwój geotechniki i budownictwa tunelowego. W sytuacji kurczącej się przestrzeni w miastach tunele rozwiązują problemy komunikacyjne, na terenach pozamiejskich z kolei mogą rozwiązywać problemy środowiska. Czy w Polsce dostrzega się w praktyce te zalety?

Problem budowy tuneli w Polsce jest dostrzegany. Są jednak bardzo rzadko budowane. W Warszawie są już dwie linie metra; druga będzie rozbudowywana. Krakowianie w referendum też opowiedzieli się za budową metra. Wybudowany został tunel w Lalikach. Będzie budowany kolejny – w ciągu zakopianki. Krótkie tunele buduje się w miastach: w Krakowie pod Dworcem PKP, w Gdańsku pod Martwą Wisłą. To jednak znacznie mniej niż w krajach zachodnich i Azji, a nawet na Słowacji. Problemem są koszty, które są większe niż w przypadku budowy ciągu komunikacyjnego naziemnego z estakadami i wiaduktami o takiej samej długości.

Mosty, drogi, tunele, sieć kolei – wszystkie te elementy powinny tworzyć spójną

To bardzo ważne, że polskie mosty są nie tylko bezpieczne, ale i coraz piękniejsze.

infrastrukturę. Co stanowi o sukcesie ich koegzystencji?

Racjonalność. Żaden z wymienionych elementów układu komunikacyjnego nie może występować samodzielnie, jeżeli ma właściwie służyć społeczeństwu.

W jakim kierunku powinna w najbliższym czasie zmierzać polska infrastruktura, co powinno być priorytetem?

Polska infrastruktura – tak jak każdego innego państwa – powinna jak najlepiej służyć człowiekowi, a powstawać z poszanowaniem praw przyrody. Jak zawsze potrzebna jest wieloletnia strategia rozwoju, konsekwentnie realizowana. Powinna ona obejmować cały system i cały kraj, z uwzględnieniem połączeń międzynarodowych; drogowych i kolejowych. To proste, ale jednocześnie trudne. Jednym z problemów jest wielość administratorów infrastruktury komunikacyjnej. Wynika ona z podziału zadań administracji rządowej i samorządowej różnych szczebli. Nie od razu można wszystko zbudować. W tym przypadku istnieją jak gdyby dwie prędkości – jedna mierzona tempem i czasem życia człowieka, a druga czasem właściwym dla państw i narodów. Bądźmy cierpliwi, konsekwentni i wytrwali.

Dziękuję za rozmowę.

STRABAG BUDUJE INFRASTRUKTURĘ DROGOWĄ DLA LOTNISK

Strabag Sp. z o.o. zaangażowany jest w budowę i remont infrastruktury lotniskowej w Bydgoszczy, Łodzi i Poznaniu. Umowy zostały podpisane w pierwszym kwartale 2015 r. na łączną kwotę ok. 83,5 mln zł netto. Realizowane inwestycje zakończą się najpóźniej styczniu 2016 r.

GRUPA POLIMEX-MOSTOSTAL ZARABIŁA W PIERWSZYM KWARTALE 2015 R. BLISKO 10 MLN ZŁ



Zysk netto Grupy Polimex-Mostostal za pierwszy kwartał 2015 r. wyniósł 9,9 mln zł. Grupa pierwszy raz od trzech lat rozpoczęła rok pozytywnymi wynikami. „To był dla nas dobry kwartał. Cieszę się, że wyniki zostały wypracowane dzięki bieżącej działalności operacyjnej, a nie poprzez zdarzenia jednorazowe. Wyniki za pierwszy kwartał tego roku to efekt ciężkiej pracy naszej załogi, a także całkowitej zmiany sposobu zarządzania organizacją” – powiedziała Joanna Makowiecka-Gaca, p.o. prezesa zarządu Polimeksu-Mostostalu. Przychody ze sprzedaży Grupy w pierwszym kwartale 2015 r. wyniosły 511 mln zł i były wyższe od przychodów w analogicznym okresie 2014 r. o prawie 100 mln zł. Zysk operacyjny był dodatni, osiągnął poziom 17,5 mln zł. Dla porównania, w pierwszym kwartale zeszłego roku strata operacyjna przekroczyła 27 mln zł.

BUDOWA BLOKU O MOCY 450 MW W ELEKTROWNI TURÓW

18 maja 2015 r. na budowie nowego bloku energetycznego w Elektrowni Turów odbyła się uroczystość wbicia pierwszej łopaty. Inwestycję o wartości 3,250 mld zł netto realizuje konsorcjum firm Mitsubishi Hitachi Power Systems Europe GmbH (lider konsorcjum z 55,38% udziałów), Budimex SA (partner konsorcjum z 22,31% udziałów) oraz Tecnicas Reunidas SA (partner konsorcjum z 22,31% udziałów).



DROGI BETONOWE CZAS DOBRZE WYKORZYSTANY

„Czas, który poświęciliśmy na popularyzowanie idei budowy dróg betonowych, został dobrze wykorzystany. Dzisiaj chcemy pokazać, co dzieje się w związku z budową dróg betonowych, poznać doświadczenia wykonawców, porozmawiać o faktach i mitach związanych z tego typu nawierzchniami” – mówił Andrzej Ptak, przewodniczący Stowarzyszenia Producentów Cementu, otwierając 14 maja 2015 r. seminarium *Drogi betonowe – dokonania i wyzwania*. W spotkaniu wzięło udział ponad 400 osób. Zorganizowane przez SPC seminarium odbyło się na terenie Targów Kielce podczas Międzynarodowych Targów Budownictwa Drogowego *Autostrada-Polska*. Andrzej Ptak poinformował, że wykorzystując nie tylko doświadczenia polskie, ale także niemieckie, czeskie i austriackie, Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Au-

tostrad zdecydowała o wybudowaniu ok. 810 km dróg ekspresowych i autostrad z betonu w nowej perspektywie unijnej. Na zakończenie seminarium prof. Jan Deja odniósł się do faktów i mitów dotyczących nawierzchni betonowych. „Możemy śmiało powiedzieć, że mamy do czynienia z zaawansowaną technologią, która w pełni uzasadnia decyzje, jakie zapadły w kwestii wyboru rodzaju nawierzchni dróg budowanych w Polsce. Znamy technologię i potrafimy ją realizować w Polsce siłami rodzimych wykonawców. Trwałość sięgająca 50 lat i większe bezpieczeństwo dróg betonowych przemawiają za ich realizacją. Z niemieckich danych wynika, że po 23 latach eksploatacji jedynie 5% nawierzchni betonowych wymaga naprawy. W przypadku nawierzchni asfaltowych ten cel jest nieosiągalny. Jasność nawierzchni betonowych, lepsza widoczność, brak zjawiska koleinowania i lepsza przyczepność to niezaprzeczalne argumenty” – mówił prof. Jan Deja.



ĆWIERĆ WIEKU DLA ROZWOJU POLSKIEJ GOSPODARKI

„Przemysł cementowy potrzebuje stabilnych warunków gospodarowania, aby mógł rozwijać się przez następnych 25 lat” – powiedział Andrzej Ptak, przewodniczący Stowarzyszenia Producentów Cementu, podczas obchodów 25-lecia SPC, które odbyły się w Warszawie 28 maja 2015 r. Obchody ćwierćwiecza działalności Stowarzyszenia zgromadziły przedstawicieli administracji państwowej, branży cementowej oraz firm, uczelni wyższych, instytutów i stowarzyszeń współpracujących z kraju i zagranicy.

DROGI BETONOWE TRWAŁOŚĆ I BEZPIECZEŃSTWO

DROGI BETONOWE SĄ ZNANE I CENIONE NA CAŁYM ŚWIECIE

W Polsce ok. 600 km autostrad i dróg ekspresowych z betonu

Mamy 120 km autostrad betonowych w budowie. Do 2020 r. ma ich powstać ponad 800 km!

TRWAŁOŚĆ NA DŁUGIE LATA

Drogi betonowe mają trwałość 2,5-3,5 razy większą niż te z nawierzchnią asfaltową. max. 7 razy trwalsze

7 procent niemieckich dróg, 40 procent austriackich i 78 procent czeskich autostrad posiada nawierzchnię betonową

5% nawierzchni betonowych wymaga naprawy, 80-100% nawierzchni asfaltowych

Zapoczątkowane w Niemczech, Austrii i Czechach, w Polsce rozpowszechnione

żywołność 50 lat

siła nacisku obciążeniowa: 130 kN/cm²

NAWIERZCHNIE BETONOWE GWARANTUJĄ WYSOKIE BEZPIECZEŃSTWO UŻYTKOWNIA

- Są jasne i dobrze widoczne
- Nie występuje na nich efekt koleinowania
- Charakteryzują się dużą przyczepnością

Niemieckie badania wykazały, że wskaźnik „wypadkowość” jest o ok. 32% niższy na autostradach betonowych niż na nawierzchniach asfaltowych.

FAKTY I MITY NA TEMAT DRÓG BETONOWYCH

MIT: większy koszt	MIT: brak recyklinga
FAKT: koszt budowy dróg betonowych jest niższy, niż koszt budowy dróg asfaltowych	FAKT: istnieje możliwość recyklingu całego betonu
MIT: szybsze złyżenie opon	MIT: wyższe koszty budowy
FAKT: nie ma większego zużycia opon na drogach betonowych, niż na drogach asfaltowych	FAKT: koszty budowy dróg betonowych są niższe, niż koszty budowy dróg asfaltowych
MIT: mniejsze zużycie paliwa jest faktem	MIT: relatywnie tańsze
FAKT: zużycie paliwa jest faktem, ale nie jest większe na drogach betonowych, niż na drogach asfaltowych	FAKT: koszty budowy dróg betonowych są niższe, niż koszty budowy dróg asfaltowych

Nawierzchnie z betonu są uzasadnioną alternatywą dla nawierzchni asfaltowych. Porównawcze analizy łącznych kosztów budowy i późniejszej eksploatacji dróg wskazują, że często wybór technologii betonowej jest dużo bardziej uzasadniony.

XXXVIII ZIMOWA SZKOŁA MECHANIKI GÓROTWORU I GEOINŻYNIERII



9-13 marca 2015 r. w Karpaczu odbyła się XXXVIII Zimowa Szkoła Mechaniki Górniczej i Geoinżynierii. Wzięło w niej udział 150 osób. Organizatorami Szkoły byli Instytut Geotechniki i Hydrotechniki

Politechniki Wrocławskiej, oraz Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki Wydziału Górniczego i Geoinżynierii Akademii Górniczo-Hutniczej, Centrum Badawczo-Rozwojowe KGHM Cuprum Sp. z o.o., dolnośląski oddział Polskiego Komitetu Geotechniki oraz Polskie Towarzystwo Mechaniki Skał. Tematyka tegorocznego spotkania dotyczyła głównie zagadnień stateczności wyrobisk górniczych i budowli geotechnicznych, modeli konstytutywnych geomateriałów, metod numerycznych

w geotechnice, teoretycznych i praktycznych aspektów konstrukcji geoinżynierskich, procesów dynamicznych w górotworze, budownictwa podziemnego i tunelowego, badań doświadczalnych i ich interpretacji, prognozowania i zwalczania zagrożeń naturalnych w górnictwie i geotechnice, nowych materiałów i technologii w geoinżynierii oraz zastosowań SIP/GIS w geoinżynierii.

Sponsorami konferencji były firmy: Titan Polska Sp. z o.o., ZPPUH Budkop Sp. z o.o., Keller Polska Sp. z o.o., Przedsiębiorstwo Realizacyjne Inora Sp. z o.o., Geobrugg Polska Sp. z o.o. oraz Geosoft Sp. z o.o.



FUNDAMENTY PALOWE 2015

Zagadnienia związane z geotechniką i posadowieniem konstrukcji – jako dotyczące tego, co ukryte głęboko pod ziemią, a więc niedostrzegalne dla użytkowników budynków – nie budzą powszechnego zainteresowania. Skomplikowane podziemne struktury ustępują pola obiektom znajdującym się na powierzchni, bo te da się zobaczyć, wejść do nich, ocenić jakość i estetykę wykonania. Jednak żaden z tych obiektów nie mógłby właściwie (i odpowiednio długo) pełnić swojej funkcji, gdyby nie stał na solidnych podstawach.



Inżynierów rozumiejących wagę tego problemu nie brakuje, czego dowodem jest wysoka frekwencja podczas seminariów geotechnicznych organizowanych przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów oraz Polskie Zrzeszenie Wykonawców Fundamentów Specjalnych. 5 marca odbyło się XIV spotkanie z tego cyklu – *Fundamenty palowe 2015*. Do warszawskiego Domu Technika NOT przybyło tym razem 230 osób, a wśród nich przedstawiciele firm wykonawczych, biur projektowych, uczelni i ośrodków naukowo-



-badawczych, inspektorzy nadzoru oraz pracownicy administracji. W ramach seminarium zaprezentowano osiem referatów w dwóch sesjach. Organizatorzy dołożyli wielu starań, by zebrać zespół wysokiej klasy autorów – specjalistów i ekspertów. Wykłady zostały zatem przygotowane przez doświadczonych pracowników firm zajmujących się fundamentowaniem i autorytety ze świata nauki.



Kopalnia zdrowia i atrakcji

Z dr. hab. inż. KAJETANEM D'OBYRNEM, prezesem zarządu Kopalni Soli „Wieliczka” SA, rozmawia JOANNA KOTERSKA

Kopalnia Soli „Wieliczka” jest turystyczną atrakcją przynajmniej od czasów Mikołaja Kopernika. Co sprawia, że mimo upływu wieków zainteresowanie nią nie słabnie, ale wzrasta?

Każdego roku notujemy ponad milion zwiedzających z całego świata, w 2014 r. solnymi podziemiami wędrowało aż 1,3 mln osób. Wynik ten pozwala bez fałszywej skromności powiedzieć, że kopalnia pozostaje jednym z najświetniejszych zabytków Polski. Tajemnica sukcesu tkwi w umiejętnym łączeniu tradycji z nowoczesnością. Goście przyjeżdżają do nas w poszukiwaniu wiedzy o minionych stuleciach, chcą zobaczyć obiekt wpisany jako jeden z pierwszych na listę UNESCO. Turyści pragną zaznać atmosfery podziemi, doświadczyć czegoś niezwykłego, niedostępnego w żadnym innym miejscu na ziemi, ale też oczekują komfortowego zwiedzania. Kopalnia Soli „Wieliczka” jest piękna w sposób ponadczasowy, uniwersalny, dlatego właśnie podobała się Kopernikowi, podoba się też współczesnym turystom. Wśród soli każdy znajdzie coś dla siebie. Proponujemy różne szlaki zwiedzania, m.in. Trasę Turystyczną, Trasę Górniczą, Szlak Pielgrzymkowy, trasy dla dzieci, podziemne noclegi, gastronomię, szeroki wachlarz wydarzeń kulturalnych. Organizujemy bankiety, śluby, wesela, konferencje, szkolenia i wiele innych imprez.

Do zabytkowej kopalni wkraczają multimedia...

Tak, bowiem starannie i uważnie dobrane podkreślają walory zabytkowej przestrzeni. W ub.r. do Trasy Turystycznej włączyliśmy komory Lill Górna i Kazanów, w których na turystów czeka

multimedialna ekspozycja. Interaktywne stanowiska pozwoliły nam w atrakcyjny sposób przekazać sporo wiedzy na temat soli, która nie jest wszak tylko przyprawą, ale też niezbędnym do życia związkem chemicznym, surowcem przemysłowym, potężnym symbolem znanym przynajmniej od czasów biblijnych. Na głębokości 125 m uruchomiliśmy pierwsze podziemne kino 5d, które zabiera widzów w podróż rozpoczynającą się na dnie mioceńskiego morza.

Skarb kultury, przyrody, ale i podziemne sanatorium. Dlaczego do kopalni tak chętnie przybywają również kuracjusze?

Renesansowy humanista Adam Schröter pytał: „Czyż można by w lecznictwie bez soli się obchodzić?”. I wtedy, i dzisiaj odpowiedź brzmi: nie, a najlepszym dowodem są pacjenci pierwszego w Polsce podziemnego Uzdrowiska Kopalnia Soli „Wieliczka”. W górniczych wyrobiskach znajdujących się na głębokości 135 m odzyskują zdrowie osoby cierpiące na choroby dróg oddechowych, alergicy. Doskonałe wyniki daje połączenie leczniczego mikroklimatu solnych komór z aktywną rehabilitacją układu oddechowego.

Lecznicza działalność kopalni nie ogranicza się jednak wyłącznie do podziemi. W pejzażu Wieliczki pojawił się nowy element – tężnia solankowa.

Tężnia wpisuje się w sięgającą XIX w. uzdrowską tradycję Wieliczki. Do produkcji dobrego aerozolu wykorzystujemy pochodzącą z wielickiej kopalni solankę, która posiada certyfikat leczniczej wody mineralnej. Wielicką tężnię zbudowano z odpornego na działanie wilgoci drewna modrzewiowego. Konstrukcję wyłożono wiązkami tarniny, po



których spływa zateżniana solanka. Woda pod wpływem warunków atmosferycznych częściowo paruje i nasycza powietrze bogatym w mikroelementy aerozolem. W tężni i wokół niej tworzy się mikroklimat znacznie zdrowszy niż ten nadmorski.

Kto powinien wybrać się do tężni?

Solankowe inhalacje przynoszą ulgę pacjentom zmagającym się z dolegliwościami układu oddechowego. Niemniej spacer po tężni lekarze zalecają również osobom zdrowym. Solny aerozol oczyszcza drogi oddechowe, łagodzi stany zapalne, co ma niebagatelne znaczenie w obliczu coraz bardziej dokuczliwego smogu. Wizyta w tężni Kopalni Soli „Wieliczka” to również dobry pomysł na rodzinną wycieczkę oraz sposób, by zrelaksować się, wypocząć. Z tarasów na szczycie muru oraz wysokiej na ponad 20 m wieży rozpościera się ładny widok na okolicę. Wielicka tężnia jest największym tego typu obiektem na południu Polski.

Dziękuję za rozmowę.

Tężnia solankowa



Trasa Górnicza



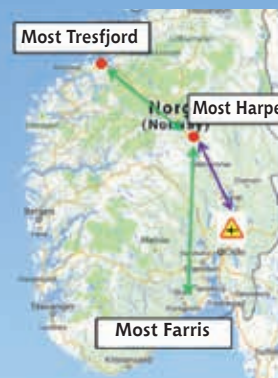
Trasa Turystyczna





Most Tresfjord na tle fiordu i gór, miejscowość Molde, Norwegia

Bilfinger Infrastructure buduje mosty w Norwegii i Polsce



tekst: **MATEUSZ GDOWSKI**, Bilfinger Infrastructure SA
zdjęcia: **NBI Media** i **BILFINGER INFRASTRUCTURE SA**



Przedstawiciele austriackiego koncernu PORR podpisali z zarządem Bilfinger SE wstępną umowę kupna Bilfinger Infrastructure SA. Nowy branżowy inwestor to szansa na dalszy rozwój spółki oraz wzajemne wykorzystanie potencjałów przy kompleksowej realizacji dużych kontraktów.

„Jesteśmy bardzo zadowoleni, że znaleźliśmy inwestora branżowego z tak dobrą reputacją i jasną wizją rozwoju. Razem z PORR liczymy na dalszy rozwój naszej spółki oraz wzajemne wykorzystanie potencjałów przy kompleksowej realizacji dużych kontraktów. Jestem pewien, iż wspólnie możemy osiągnąć bardzo dużo” – powiedział Piotr Kledzik, prezes zarządu Bilfinger Infrastructure SA.

Firma buduje obecnie m.in. trzy obiekty mostowe w Norwegii (Tresfjord, Harpe, Farris) oraz dwa obiekty mostowe w kraju (most Łazienkowski w Warszawie, most przez Wisłok w Rzeszowie).



Budowa most Harpe w Norwegii



Odbudowa mostu Łazienkowskiego w Warszawie

Budowy w Norwegii

Bilfinger Infrastructure SA jest w trakcie realizacji mostu Tresfjord w pobliżu miejscowości Molde na środkowym wybrzeżu Morza Norweskiego. Podpisany w październiku 2012 r. kontrakt obejmuje budowę 19-przęsłowego mostu z betonu sprężonego. Główne przęsło ma rozpiętość 160 m, a całkowita długość mostu wynosi 1290 m. Przeprowadza on drogę E136 przez fiord Tresfjord pomiędzy miejscowościami Vestnes i Vikebuk. Maksymalna głębokość wody w rejonie przeprawy wynosi 45 m, zaś fiordu dochodzi do 100 m. Wartość kontraktu to ok. 320 mln zł. Inwestycja jest realizowana w konsorcjum: BB Civil (lider) oraz Bilfinger Infrastructure SA (partner).

Firma buduje również dwa inne mosty w Norwegii. Pierwszym jest obiekt Harpe typu *extradosed* o całkowitej długości 320 m. Inwestorem jest norweski zarząd dróg – Statens vegvesen. Projekt zakłada wykonanie konstrukcji mostu jako żelbetowej skrzynki o szerokości 20,65 m oraz pylonów o wysokości 16,25 m każdy. Wartość umowy to ok. 75 mln zł (153 mln NOK). Prace rozpoczęły się w kwietniu 2014 r., a ich zakończenie nastąpi w październiku 2015 r.

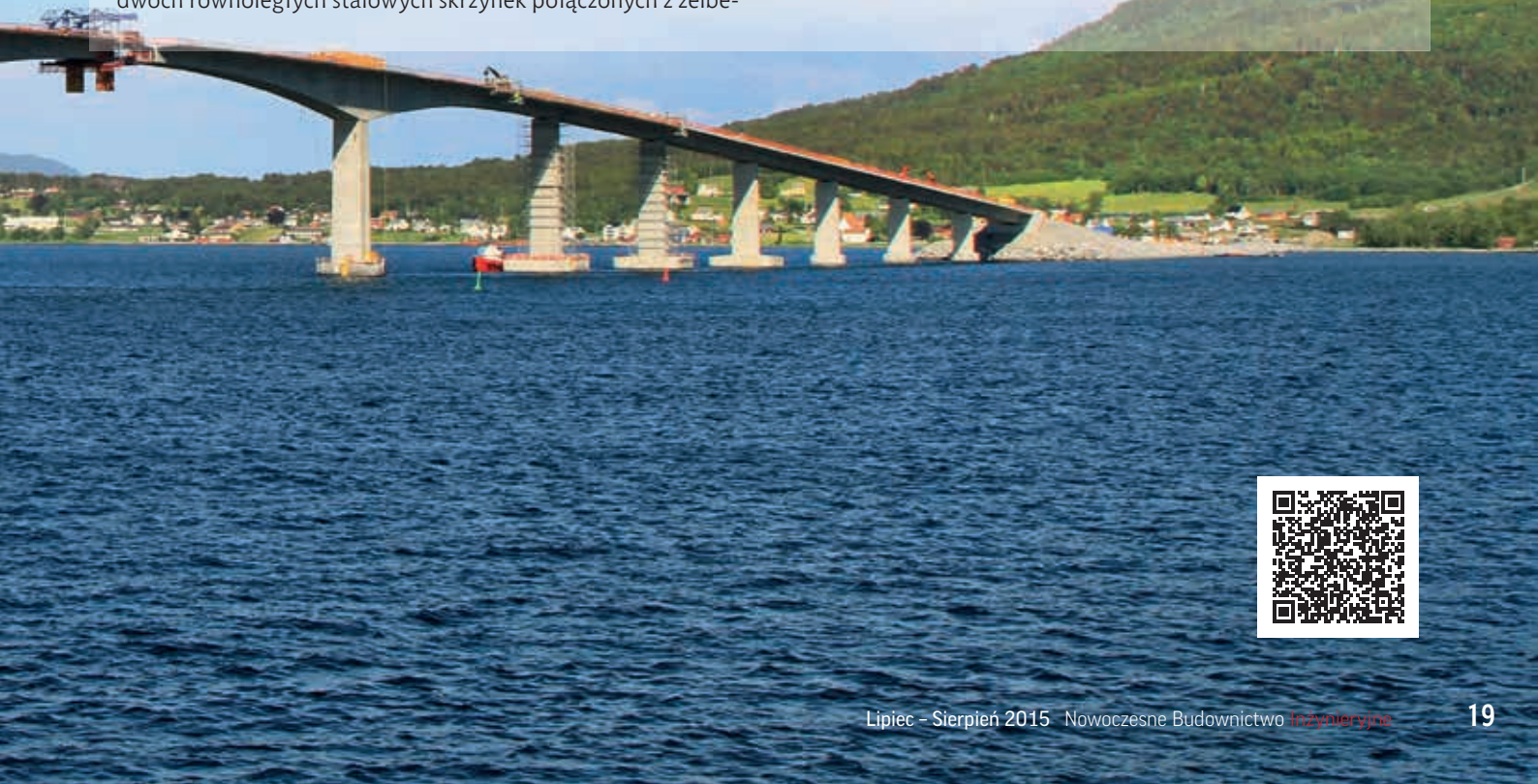
Kolejnym obiektem jest most Farris, który stanowi część inwestycji polegającej na budowie drogi ekspresowej E18 pomiędzy Bommestad i Sky w regionie Larvik. Kontrakt zakłada wykonanie mostu podwieszono-łęcznej długości 570 m. Most składa się z przęsła głównego o długości 120 m o konstrukcji dwóch równoległych stalowych skrzynek połączonych z żelbe-

tową płytą współpracującą oraz pylonów o wysokości 75 m, a także dwóch estakad dojazdowych o długości 280 m i 170 m. Bilfinger Infrastructure SA realizuje zadanie wspólnie z Bilfinger Construction GmbH. Inwestorem jest Statens vegvesen. Wartość umowy wynosi ok. 360 mln zł (719 mln NOK). Planowany termin realizacji inwestycji to styczeń 2014 r. – lipiec 2017 r.

Odbudowa w Polsce

10 kwietnia br. Bilfinger Infrastructure SA i Przedsiębiorstwo Usług Technicznych Intercor Sp. z o.o. oraz Zarząd Dróg Miejskich w Warszawie podpisali umowę na remont mostu Łazienkowskiego. Remont tego obiektu jest aktualnie jedną z najważniejszych inwestycji w stolicy.

Metoda przebudowy zaproponowana przez Bilfinger Infrastructure SA jest nowatorska, przygotowana specjalnie dla mostu Łazienkowskiego. Pozwala jednocześnie rozbierać zniszczone elementy i montować nowe. Rozbiórka starej konstrukcji będzie się odbywać na środku przeprawy. Do montażu konstrukcji stalowej zostanie zastosowana metoda nasuwania. Służą do tego dwa specjalne stanowiska, zamontowane po obu stronach mostu w czerwcu. Następnym etapem jest nasuwanie nowej konstrukcji i demontaż starej. Od połowy września będą trwały prace na nasuniętej konstrukcji, czyli izolacje, układanie masy asfaltowej, roboty antykorozyjne. Umowa zakłada uzyskanie przejezdności do 31 października 2015 r.



Niekonwencjonalne mosty podwieszane i extradosed

tekst: mgr inż. DAWID KISAŁA, Politechnika Krakowska

Od kilkunastu lat w światowym i polskim mostownictwie pojawiają się nowe konstrukcje, które są ewolucją rozwiązań belkowych i podwieszonych. Obecnie za najbardziej rozpoznawalne uważać możemy mosty typu *extradosed*, które coraz częściej proponowane są jako obiekty o rozpiętości do 200,0 m. Jednak to nie jedyne rozwiązania, których dynamiczny rozwój można obecnie obserwować. W artykule omówiono nowe trendy w kształtowaniu mostów, kładąc nacisk na konstrukcje typu *extradosed*, *under-deck*, podwieszane z kablami umieszczonymi ponad i pod pomostem oraz *extra-intradosed* z uwzględnieniem ich zastosowania oraz charakteru pracy.

Wstęp

W ostatnich latach widać wyraźny rozwój niekonwencjonalnych konstrukcji mostowych. Najbardziej dynamiczny postęp daje się zauważyć w przypadku konstrukcji typu *extradosed*, które charakteryzują się zastosowaniem zewnętrznego sprężenia dźwigarów głównych mostu. Zastosowanie tego zabiegu powoduje, że wyglądem przypominają konstrukcje podwieszane, podczas gdy charakter ich pracy bardziej zbliża je do obiektów belkowych. Z tego względu początkowo były opory przez wyróżnianiem kolejnego typu konstrukcji, jednak dzisiaj ten podział wydaje się niezaprzeczalny.

Analiza powstających na świecie konstrukcji oraz nowych koncepcji obiektów mostowych ujawnia jeszcze inne nietypowe projekty, które w przyszłości będą częściej pojawiać się jako propozycje przekraczania przeszkód w ciągach dróg kołowych czy linii kolejowych. Zestawienie tych obiektów pokazuje wyraźną tendencję wśród naukowców i projektantów, że mosty typu *extradosed* to tylko pierwszy krok ewolucji. W związku z pojawianiem się kolejnych koncepcji i nowych konstrukcji wydaje się, że obecnie należy dokonać kolejnego zaszeregowania, ponieważ typowy podział (wyróżniający mosty belkowe, *extradosed* i podwieszane) nie bierze pod uwagę położenia kabli sprężających w stosunku do pomostu obiektu [1].

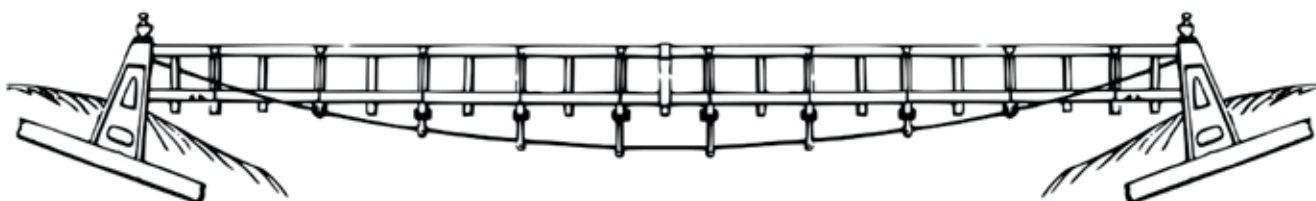
Mosty *extradosed*

Ich początek datuje się na rok 1988, kiedy to francuski inżynier Jacques Mathivat zaproponował nowy typ mostów z betonu sprężonego. Głównym powodem powstania tych struktur było dążenie do zwiększenia mimośrodowość działania siły sprężającej w taki sposób, aby ograniczenia geometryczne w postaci wymiarów przekroju poprzecznego sprężonej belki nie były kluczowe. Pomysłodawca mostów *extradosed* mówił

o nich, że są naturalną kontynuacją, wynikającą z lepszego poznania działania konstrukcji belkowych. Zaskutkowało to wyprowadzeniem kabli sprężających poza obrys przekroju, z zastosowaniem dewiatorów w postaci pylonów analogicznych do mostów podwieszonych. Jednak w porównaniu do nich obiekty *extradosed* charakteryzują się znacznie niższymi pylonami, których wysokość stanowi ok. $(\frac{1}{10} + \frac{1}{13})L_c$ (rozpiętości teoretycznej) [2]. Analizy tego typu obiektów wskazują również na ekonomicznie uzasadnione rozpiętości, które zazwyczaj kształtują się w przedziale **(100 ÷ 200) m**. Dźwigary główne mogą mieć stałą wysokość konstrukcyjną lub też zmienną w zależności od przebiegu momentów zginających. Najczęściej wartości te przyjmowane są z przedziału $(\frac{1}{10} + \frac{1}{25})L_c$. Smukłość konstrukcji rozumiana jako stosunek rozpiętości przęsła do wysokości ustroju nośnego wynosi ok. 35 [3]. Wszystko to powoduje, że są coraz chętniej stosowaną alternatywą dla drogowych mostów podwieszonych w miejscach, gdzie ze względu na konieczność zastosowania dużych rozpiętości nie jest ekonomicznie uzasadnione zaprojektowanie mostu belkowego.

Mosty *under-deck*

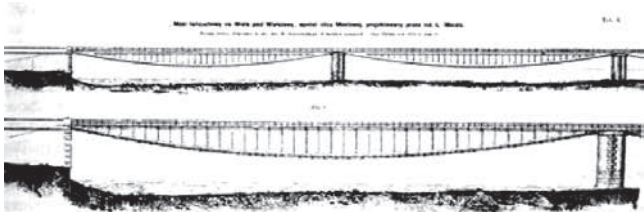
Według angielskiej literatury, pomysł na stworzenie mostu typu *under-deck* (*under-deck / under-spanned cable-stayed bridges*) wywodzi się bezpośrednio z idei zaproponowanej blisko 150 lat wcześniej przez Roberta Stevensona. Zaprojektował on w 1821 r. nad rzeką Almond w Edynburgu łańcuchową konstrukcję wiszącą z cięgnami poprowadzonymi poniżej poziomu pomostu (*under-deck suspension bridge*). Ten obiekt jednak nigdy nie został zbudowany. Dopiero po 11 latach udało się urzeczywistnić ten pomysł w innym obiekcie – w moście Micklewood o rozpiętości ok. 35,0 m, zbudowanym w Doune w Szkocji, a zaprojektowanym przez Jamesa Smitha (ryc. 1) [4]. Analo-



Ryc. 1. Micklewood Bridge, rys. Ch. Drewry, commons.wikimedia.org

giczny pomysł wykorzystał Guillaume Henri Dufour w moście Bergues powstałym w 1834 r. [5].

Warto jednak zwrócić uwagę na podobne idee, które nawet wcześniej, bo 1820 r. pojawiały się już w Polsce [6]. Jednym z nich jest łańcuchowy most wiszący z elementami umieszczonymi poniżej płyty pomostu, zaprojektowany przez Ludwika Metzla (ryc. 2).



Ryc. 2. Projekt łańcuchowego mostu wiszącego Ludwika Metzla z 1820 r. [6]

Mosty z kablami umieszczonymi poniżej pomostu nie są obiektami często pojawiającymi się w światowym mostownictwie. W ostatnich 30 latach powstało ok. 20 konstrukcji, których nie można zakwalifikować do jednej z podstawowych kategorii budowli mostowych [7]. Pierwszym z tej klasy obiektów był wiadukt Weitingen przez rzekę Necker w Niemczech, zaprojektowany przez Fritza Leonhardta w 1978 r. (ryc. 3).



Ryc. 3. Wiadukt Weitingen, fot. K. Gotsch, structurae.net

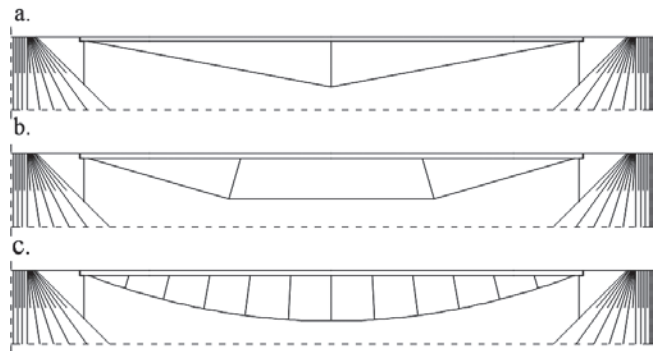
Zbudowanie tego obiektu było konsekwencją rozwiązania zaproponowanego przez projektanta w związku ze złymi warunkami gruntowymi. Pozwoliło na wyeliminowanie końcowych filarów wiaduktu. Konstrukcja została tak zaprojektowana, aby pionowa siła w zastrzale była co do wielkości równa pionowej reakcji wynikającej z wyeliminowanego filara, na który oddziaływałyby ciężar własny oraz inne obciążenia stałe. Również inni autorzy w ostatnich latach proponowali tego typu rozwiązania [5]. Michael Virlogeux w 1993 r. zaprojektował wiadukt Truc de la Fare na autostradzie A75 o rozpiętości 53,0 m (ryc. 4).



Ryc. 4. Wiadukt Truc de la Fare, fot. Mossot, fr.wikipedia.org

Konstrukcje typu *under-deck* z wyglądu przypominają historyczne obiekty wiszące z cięgnami poprowadzonymi poniżej płyty pomostowej, zakrzywionymi na zastrzałach. Cięgna są elementami zakotwionymi w pomoście i pracującymi na rozciąganie, podczas gdy zastrzały poddane są ścisnaniu i wprowadzają siły pionowe w pomost.

Oczywistym wymaganiem oraz w pewnych okolicznościach wadą przy tego typu obiektach jest zachowanie odpowiedniej skrajni, aby nie doszło do kolizji z kablami znajdującymi się pod ustrojem nośnym. Jak pokazuje historia, może być to również czynnik, który zaważy o decyzji o budowie mostu tego typu, ponieważ w 1987 r. projekt wiaduktu Kirchheim Jörga Schlaicha został odrzucony. Władze obawiały się zawalenia obiektu w przypadku uderzenia ciężarówki z wysokim ładunkiem [8].



Ryc. 5. Schematy przykładowych rozwiązań mostów typu *under-deck*: a) z jednym zastrzałem, b) z dwoma zastrzałami, c) z 11 zastrzałami

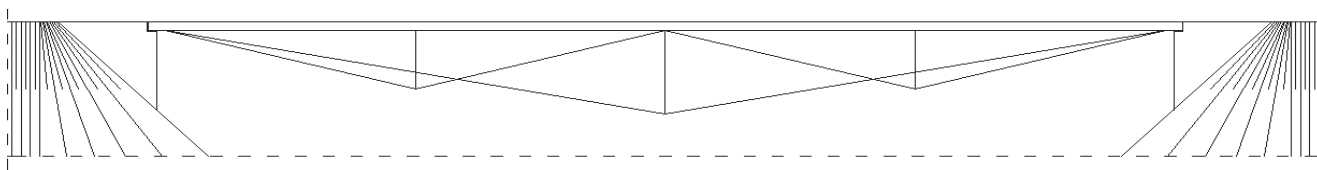
Mosty tego typu uważa się za najbardziej ekonomiczne w przypadku jednoprzęsłowych obiektów o rozpiętości do 80,0 m [9]. Mają one liczne zalety, które mogą przesądzić o ich zastosowaniu. Należą do nich: zwiększenie efektywności poprzez zmianę zasady pracy konstrukcji w stosunku do obiektu belkowego, poszerzenie możliwości konstrukcyjnych, zmniejszenie materiałochłonności ze względu na smuklejsze przekroje, a dodatkowo (co jest oczywiście poglądem subiektywnym) niekonwencjonalny i estetyczny wygląd. Główni autorzy badań nad tymi obiektami dowodzą również, że mogą być one z powodzeniem projektowane z wykorzystaniem liniowej analizy konstrukcji [5]. Kolejną zaletą, której można upatrywać w tego typu obiektach, jest zabezpieczenie systemu kabli przed niekorzystnymi czynnikami atmosferycznymi, a także przed atakami wandalizmu. Ponadto z powodu słabego upowszechnienia takich rozwiązań konstrukcje tego typu będą



Ryc. 6. Kładka dla pieszych w miejscowości Ortisei we Włoszech, fot. dr inż. K. Ryz

Tab. 1. Zestawienie przykładowych mostów typu *under-deck*

Lp.	Nazwa obiektu	Typ	Długość całkowita [m]	Liczba przęseł	Rozpiętość przęsła [m]	Szerokość [m]	Materiał	Rok otwarcia	Kraj
1.	Wiadukt Weitingen nad rzeką Neckar	<i>under-deck</i>	900,0	5	234–3 x 134–264	31,50	stal	1978	Niemcy
2.	Wiadukt Truc de la Fare	<i>under-deck</i>	53,0	1	53,0	5,00	beton sprężony	1993	Francja
3.	Wiadukt Osormort	<i>under-deck</i>	504,0	13	31,7–11 x 39,7–31,7	12,00	beton sprężony	1995	Hiszpania
4.	Most Glacis przez rzekę Danube	<i>under-deck</i>	185,0	3	42–76–46	19,65	beton sprężony	1998	Niemcy
5.	Wiadukt Meaux przez rzekę Marnę	<i>under-deck</i>	1196,0	22	–	31,10	beton sprężony	2004	Francja


 Ryc. 7. Schemat mostu *under-deck* z dwoma poziomami kabli sprężających

z pewnością obiektami wyjątkowymi, przez co mogą stać się ważnymi miejscami z punktu widzenia urbanistyki. Mosty *under-deck* charakteryzują się ciekawym ukształtowaniem, który dodatkowo może być różnicowany przez zastosowanie różnej liczby zastrzałów o zmiennej wysokości. Zwiększenie liczby zastrzałów pozwala na znacznie „gładsze” przejście pomiędzy sąsiednimi segmentami kabli, co poprawia odbiór wrażeń estetycznych całej konstrukcji.

W celu zaprojektowania efektywnego systemu kabli sprężających musimy zapewnić ich duży mimośród w krytycznych przekrojach poniżej pomostu oraz ukształtować ustrój nośny w taki sposób, aby miał względnie małą sztywność giętą – im mniejsza, tym większa jest efektywność systemu kabli i mniejsze straty sprężenia. Niestety zwiększanie smukłości konstrukcji ma też swój punkt graniczny, który wiąże się z odpowiedzią dynamiczną i wibracjami. Redukcja wysokości przekroju zwykle wynosi do 20% (co skutkuje zmniejszeniem ciężaru własnego o ok. 30% oraz redukcją ilości stali sprężającej pomostu w przybliżeniu o 30%) w stosunku do obiektów konwencjonalnych, ponieważ dalsze zmniejszanie wysokości pomostu prowadzi do znacznego zwiększenia przyspieszeń drgań w związku z przejazdem ciężkich pojazdów [5].

Konstrukcje tego typu są kształtowane z użyciem standardowych materiałów, takich jak stal, beton sprężony czy przez zespolenie betonu ze stalą. Spotyka się jednak również nietypowe obiekty, wykonane z drewna, aluminium czy szkła konstrukcyjnego. Zostały one już kilkakrotnie z sukcesem zastosowane w przypadku wiaduktów autostradowych. Jednakże w związku z tym pojawiły się wątpliwości o bezpieczeństwo takich konstrukcji na okoliczność wypadku i uszkodzenia kabli w związku z kolizją z przejeżdżającym pojazdem. Badania [8] pokazują jednak, że nawet w przypadku uszkodzenia 40% kabli przy 100-procentowym obciążeniu użytkowym analizowany obiekt nie powinien ulec katastrofie. Dodatkowo w przypad-

kach mniej ekstremalnych prace naprawcze obiektu mogą odbywać się bez ingerencji w ruch pojazdów odbywający się po pomoście.

W 2012 r. zaprezentowana została nowa koncepcja dwupoziomowych mostów typu *under-deck*, jednak do tej pory nie została ona zrealizowana w rzeczywistości (ryc. 7) [10]. Jej ukształtowanie podłużne jest analogiczne do dawnych konstrukcji kratownicowych typu Finka i Bollmanna [11].

Do rozwoju tego typu konstrukcji oprócz Fritza Leonhardta przyczynił się w dużym stopniu również Jörg Schlaich. Ponadto jako pierwszy zaproponował on nowy typ obiektu łączący most typu *under-deck* z konstrukcją podwieszoną – most podwieszony z kablami znajdującymi ponad i poniżej płyty pomostu (*combined cable-stayed bridges*).

Mosty podwieszane z kablami ponad i poniżej pomostu

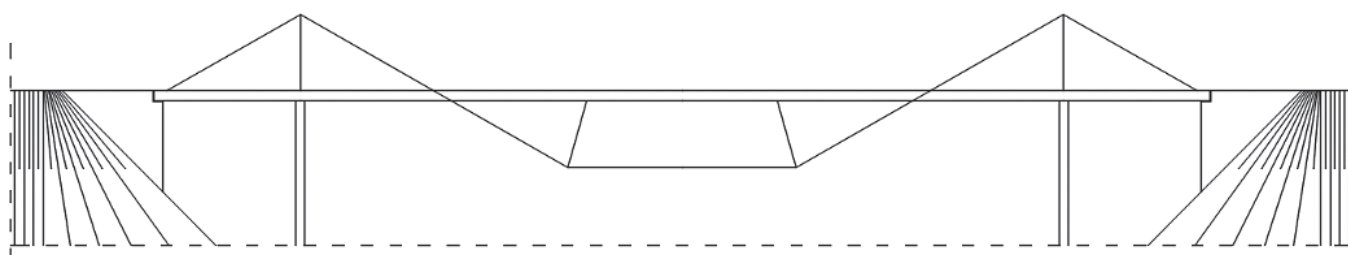
W 1991 r. został wybudowany wiadukt Obere Argen, zaprojektowany przez Jörga Schlaicha, który wyznaczył nowy trend



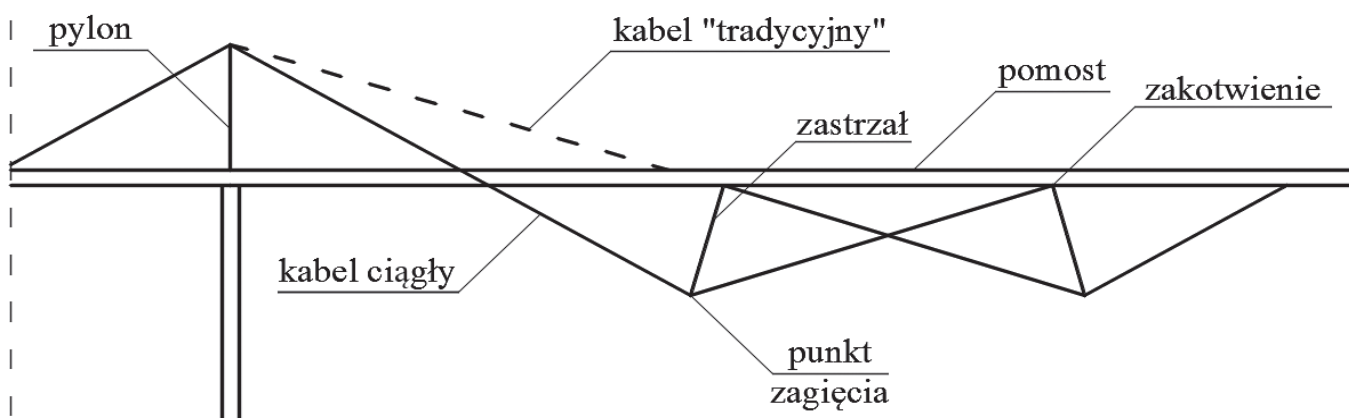
Ryc. 8. Wiadukt Obere Argen, fot. Schlaich, Bergermann und Partner, structurae.net

Tab. 2. Zestawienie przykładowych mostów podwieszonych z kablami poniżej pomostu

Lp.	Nazwa obiektu	Typ konstrukcji	Długość całkowita [m]	Liczba przęseł	Rozpiętość przęseł [m]	Szerokość [m]	Materiał	Rok otwarcia	Kraj
1.	Wiadukt Obere Argen	hybrydowy	770,0	7	42-5 x 86-250	29,00	stal	1990	Niemcy
2.	Most Ayumi przez rzekę Kanogawa w mieście Numazu	hybrydowy	178,1	4	16,6-79,5-2 x 41	7,80	beton sprężony	1999	Japonia
3.	Most Awa Shirasagi	hybrydowy	366,0	4	140-260-105-70	26,30	beton sprężony	-	Japonia
4.	Kładka Valmy	hybrydowy	90,0	1	90,0	4,50	stal	2008	Francja
5.	Kładka Miho	hybrydowy	120,0	1	120,0	7,50	stal	1997	Japonia
6.	Most Springs Hiyoshi	hybrydowy	90,0	1	90,0	5,00	-	1998	Japonia



Ryc. 9. Schemat mostu podwieszonych z kablami ponad i poniżej płyty pomostowej

Ryc. 10. Koncepcja rozwiązania systemu sprężania mostu *extra-intradosed* [13]

w kształtowaniu konstrukcji podwieszonych (ryc. 8). Obiekt ten odznacza się poprowadzeniem systemu kabli nie tylko ponad, ale i pod płytą pomostową. Wiadukt ten o długości 770,0 m przeprowadza sześciopasmową drogę ponad doliną, jednak tak jak w przypadku konstrukcji Leonhardta i tutaj napotkano problemy związane z warunkami gruntowymi. Zaproponowany system pozwolił na eliminację kłopotliwych podpór i osiągnięcie rozpiętości głównego przęsła na poziomie 255,0 m na wysokości 55,0 m ponad dnem doliny, przy zastosowaniu stalowego przekroju skrzynkowego w celu zmniejszenia ciężaru własnego.

Obiekt ten jako pierwszy wpisuje się w nową kategorię mostów podwieszonych z kablami znajdującymi się nie tylko ponad, ale i pod płytą pomostową (ryc. 9). Są one najczęściej przeprowadzone bez zakotwienia przez płytę pomostową, a następnie zakrzywione na zastrzale i zakotwione w płycie bądź poprowadzone do kolejnego zastrzału. Elementy te pracują najkorzystniej, gdy są połączone przegubowo z pomostem. Wynika to

z chęci nieprzekazywania znacznych momentów zginających na płytę pomostową. Zaleca się również zaprojektowanie w tych przekrojach poprzecznic, a nachylenie zastrzałów powinno pokrywać się z dwusieczną kąta wynikającego z przebiegu kabli.

Mosty podwieszane z kablami ponad i pod płytą pomostu (konstrukcja hybrydowa) są bardzo efektywne, ponieważ pozwalają na uzyskanie bardzo smukłych przekrojów o wysokości rzędu $\frac{1}{100}$ rozpiętości przęsła. Zaprojektowanie obiektu wymaga jednak oprócz analizy nośności wzięcia pod uwagę również stanu granicznego użytkowalności ze względu na drgania. Mimośród działania siły sprężającej poniżej płyty pomostu powinno się przyjmować na ok. $\frac{1}{10}$ rozpiętości przęsła, ale każdorazowo decyzja ta powinna zostać poddana analizie zarówno pod względem mechaniki, jak i estetyki konstrukcji.

Za wykorzystaniem tego typu konstrukcji przemawia wiele względów, np. możliwość łatwej wymiany cięgien, zmniejszenie ciężaru własnego oraz redukcja grubości środków, w których

ciągna nie są prowadzone [12]. Dodatkowo pośredni podział przęsła przez zastosowanie zastrzałów korzystnie wpływa na rozkład momentów zginających.

Mosty extra-intradosed

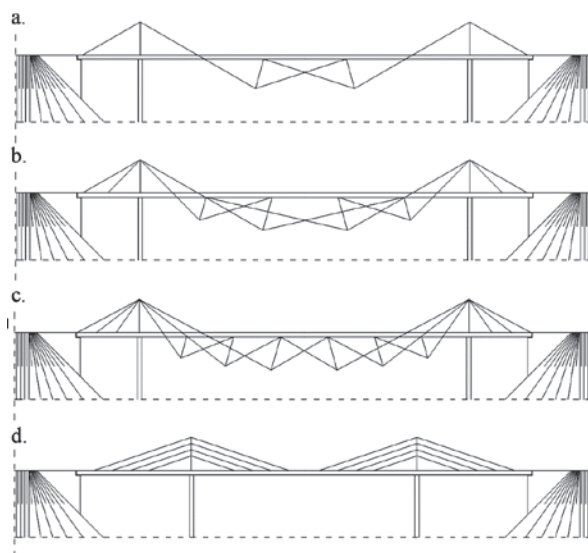
Obecnie rozwijana jest nowa koncepcja stanowiąca ewolucję kształtowania mostów typu *extradosed*, pozwalająca na maksymalizację ramienia siły sprężającej. Nazwa nowego typu obiektów nie jest jeszcze jednoznacznie określona, ale w literaturze angielskojęzycznej można zauważyć tendencję do stosowania określenia mosty *extra-intradosed* (ryc. 10). Charakteryzują się prowadzeniem kabli sprężających nie tylko ponad pomostem, ale i pod nim.

Pierwsze wzmianki o pomysłach na tego typu obiekty można znaleźć w pracach Any M. Ruiz-Teran i Angela C. Aparicio z 2008 r. Proponują oni zastosowanie zwiększonego mimośrodu cięgien w taki sposób, aby ich układ charakteryzował się kształtem zbliżonym do przebiegu momentów zginających. Ostatnią innowacją – zaproponowaną, by jeszcze bardziej poprawić pracę konstrukcji – jest nowy typ zakotwienia, który pozwala tak zmodyfikować tradycyjne mosty *extradosed*, aby dźwigar były podparty zarówno nad, jak i pod pomostem. Dodatkowo zakotwienia umieszczane są w przekroju, w którym znajdują się również zastrzały, zaprojektowane w sposób zapewniający ich stateczność pod wpływem sił ściskających. Skutkuje to tym, że pionowa siła skierowana w dół, wynikająca z obecności zakotwienia, jest równoważona przez pionową siłę skierowaną do góry, pochodzącą z zastrzału. Powoduje to powstanie interakcji pomiędzy kablami i okazuje się, że pozytywnie wpływa na wiele aspektów pracy takiej konstrukcji, m.in. zmniejszenie momentów zginających i ugięć ze względu na większą sztywność, ograniczenie sił w kablach, lepsze parametry dynamiczne oraz mniejszą materiałochłonność [13]. Oczywiście, w miejscu skrzyżowania kabli i zastrzałów należy w projekcie przewidzieć odpowiednie przesunięcie tych dwóch elementów w kierunku poprzecznym. Może to doprowadzić do powstania dodatkowych sił poprzecznych, ale wpływ ten może być zredukowany przez zastosowanie symetrii lub parzystej liczby kabli. Użycie gęstszego rozstawu zakotwień pozytywnie wpływa na rozkład momentów zginających.

Zakrojone na szerszą skalę badania tego typu konstrukcji pokazują, że mogą stać się one w niedługim czasie ciekawą alternatywą dla typowych konstrukcji *extradosed* (ryc. 11). Dodatkowo przemawia za tym znacznie większa możliwość kształtowania tego typu obiektów, chociaż kwestie estetyczne są tutaj sporne. Należy jednak zawsze brać również pod uwagę wady, do których zaliczają się zwiększona liczba kabli sprężających i zakotwień, nieefektywne wykorzystanie kabli wynikające z istnienia pionowej siły skierowanej w dół w miejscu lokalizacji zakotwienia, znacznie bardziej skomplikowane podejście obliczeniowe, konieczność zapewnienia odpowiedniej skrajni pod obiektem oraz dyskusyjny z punktu widzenia estetyki wygląd.

Podsumowanie

Zaprezentowane przykłady pokazują potencjalne kierunki rozwoju dzisiejszych konstrukcji podwieszonych oraz *extradosed*. Zaznacza się wyraźny trend do jeszcze lepszego wykorzystania możliwości sprężania konstrukcji przez zastosowanie zwiększonego mimośrodu działania siły sprężającej dzięki wykorzystaniu nie tylko przestrzeni ponad obiektem, ale również pod nim. Przy



Ryc. 11. Schematy przykładowych rozwiązań mostów: a., b. i c. typu *extra-intradosed* oraz d. typu *extradosed*

założeniu, że nie ma ograniczeń wynikających ze skrajni, tego typu rozwiązania pozwalają na zwiększenie efektywności oraz zmniejszenie materiałochłonności w stosunku do konstrukcji belkowych, podwieszonych lub *extradosed*.

Literatura

- [1] Ruiz-Teran A.M.: *Unconventional cable-stayed bridges. Structural behaviour and design criteria*. „Structural Concrete” 2010, Vol. 11, Issue 1, pp. 25–34.
- [2] Flaga K., Torba-Ruchwa J.: *Europa kolebką konstrukcji mostowych typu extradosed*. „Czasopismo Techniczne” 2004, z. 14–B, s. 39–52.
- [3] Kisała D.: „Nowa generacja mostów betonowych – mosty extradosed. Analiza sztywności poprzecznej mostów typu extradosed”. Praca inżynierska. Politechnika Krakowska, 2012.
- [4] Drewry C.S.: *Memoir on Suspension Bridges*. Longman, Rees, Orme, Brown, Green & Longman, London 1832.
- [5] Ruiz-Teran A.M., Aparicio A.C.: *Developments in under-deck and combined cable-stayed bridges*. „Bridge Engineering” 2010, Vol. 163, pp. 67–78.
- [6] Niemierko A.: *Rys historii mostów warszawskich na Wiśle*. „Drogownictwo” 2003, nr 5, s. 145–153.
- [7] Ruiz-Teran A.M., Aparicio A.C.: *Two new types of bridges: under-deck cable-stayed bridges and combined cable-stayed bridges – the state of the art*. „Canadian Journal of Civil Engineering” 2007, Vol. 7, pp. 1003–1015.
- [8] Ruiz-Teran A.M., Aparicio A.C.: *Response of under-deck cable stayed bridges to the accidental breakage of stay cables*. „Engineering Structures” 2009, Vol. 31, pp. 1425–1434.
- [9] Camara A., Ruiz-Teran A.M., Stafford P.J.: *Structural behaviour and design criteria of under-deck cable-stayed bridges subjected to seismic action*. „Earthquake Engineering and Structural Dynamics” 2013, Vol. 42, pp. 891–912.
- [10] Misiunaite I., Daniunas A., Juozapaitis A.: *Unconventional Double-Level Structural System for Under-deck Cable-Stayed Bridges*. „Journal of Civil and Management” 2012, Vol. 18, pp. 436–443.
- [11] Niemierko A.: *Rzecz o kratownicach*. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1987.
- [12] Aravinthan T., Witchukreangkrai E., Mutsuyoshi H.: *Flexural behaviour of two-span continuous prestressed concrete girders with highly eccentric external tendons*. „ACI Structural Journal” 2005, Vol. 102, Issue 3, pp. 402–411.
- [13] Xiangbo Meng, Chonghou Zhang: *Extradosed and Intradosed Cable-Stayed Bridges with Continuous Cables: Conceptual Consideration*. „Journal of Bridge Engineering” 2014, Vol. 1, pp. 5–14.



Kładka dla pieszych na DK nr 7 (Zakopianka)



Most na Wiśle w Nowym Korczynie - wizualizacja



Kładka dla pieszych na DK nr 7 (Zakopianka) - wizualizacja



Most autostradowy
w Mszanie MA-532

DOŚWIADCZENIE TECHNOLOGIA ZESPÓŁ

- mosty extradosed
- mosty extra-intradosed
- mosty powieszzone z kablami ponad i pod pomostem
- mosty under-deck

Element stalowej
głowicy zakotwień
kabli

Łukowe obiekty inżynieryjne z prefabrykatów żelbetowych typu TechSpan®

tekst: mgr inż. MARCIN CHUDEK, zdjęcia: FREYSSINET POLSKA Sp. z o.o.

Inwestorzy przykładają coraz większą wagę do kosztów społecznych budowy nowej infrastruktury komunikacyjnej w Polsce. Większy nacisk kładziony jest również na czas realizacji inwestycji. Chociaż nowo budowanych lub modernizowanych dróg i linii kolejowych przybywa, to jednak w tym samym czasie w szybkim tempie wzrasta również grono ich użytkowników. Fakt ten powoduje, że w debacie społecznej liczba i tempo prowadzonych inwestycji są wciąż powodem do wielu dyskusji. Współczesne technologie budowy mostów wychodzą naprzeciw tym oczekiwaniom i są narzędziem wspierającym inwestorów w ich staraniach o sprawną realizację planów.

Charakterystyka systemu TechSpan®

System budowy łukowych obiektów inżynieryjnych z prefabrykatów żelbetowych typu TechSpan® należy do kategorii łukowych konstrukcji sklepionych. Składa się z żelbetowych prefabrykatów łukowych oraz elementów uciągających służących do budowy obiektów inżynieryjnych dwu- i trójprzegubowych, zaprojektowanych i wykonanych z pojedynczego lub podwójnego elementu łuku. Z oczywistych względów konstrukcje typu TechSpan® nie wymagają łożysk ani dylatacji. Jest to konstrukcja o przekroju zamkniętym, która służyć może do przeprowadzania drogi, szlaku kolejowego, samodzielnego ciągu pieszego lub pieszo-rowerowego, cieku wodnego, szlaku wędrówek zwierząt dziko żyjących lub innego rodzaju komunikacji gospodarczej lub produkcyjnej (np. rurociąg, taśmociąg) przez lub pod przeszkodą terenową.



Ryc. 1. Kolejowy i drogowy tunel wiaduktu ekologicznego w technologii TechSpan® w Mosinie koło Poznania

Kształt obiektów inżynieryjnych może być kołowy lub paraboliczny, jest on każdorazowo optymalizowany w zakresie skrajni ruchu, rozpiętości, wyniosłości oraz wymaganych obciążeń. Zastosowanie w projektowaniu MES umożliwia optymalny dobór krzywizny łuku, tak aby był on zgodny z tzw. linią ciśnień, która znajduje się w rdzeniu przekroju. W takiej sytuacji cały przekrój, niezależnie od obciążeń, jest zawsze ściskany. Cecha

ta jest charakterystycznym wyróżnikiem łukowych mostów sklepionych.

Konstrukcja żelbetowa typu TechSpan® jako klasyczne sklepienie łukowe nie jest konstrukcją podatną, a więc nie występuje w niej zjawisko tzw. przesklepienia zasyпки, charakterystyczne dla konstrukcji gruntowo-powłokowych. Zasyпка w moście łukowym pełni rolę podłoża pod nawierzchnię, a dla samej konstrukcji jest wypełnieniem i stanowi obciążenie stałe. Konstrukcja sama w sobie jest konstrukcją sztywną. W odróżnieniu od konstrukcji gruntowo-powłokowych podczas układania zasyпки nie mamy do czynienia z deformacją elementów. Wykazują to zarówno obliczenia teoretyczne, jak i wyniki uzyskane z pomiarów wykonanych już obiektów. Po uciągnięciu prefabrykatów w kluczu konstrukcja Techspan® jest w sensie statycznym identyczna jak łukowa konstrukcja monolityczna wykonywana na szalunkach na budowie.

Przykład realizacji wiaduktu kolejowego w technologii TechSpan®

W kwietniu 2014 r. w północnej części Krakowa w ramach rewitalizacji linii kolejowej nr 8 Kozłów – Kraków Główny rozpoczęto przebudowę znajdującego się w złym stanie technicznym żelbetowego wiaduktu kolejowego przekraczającego ul. Opolską, ciąg pieszo-jezdny oraz niewielką rzekę Białuchę. Linia kolejowa ma w tym miejscu przekrój dwutorowy i przebiega w odcinku prostym, który tuż za wiaduktem przechodzi w łagodny łuk poziomy.

Jednym z warunków, jakie inwestor postawił przed wykonawcą, było stałe utrzymanie ruchu pociągów w czasie przebudowy po jednym z dwóch torów. Oznaczało to konieczność pozyskania odpowiedniej dla tego celu technologii oraz podział etapów budowy na kilka faz. Generalny wykonawca zdecydował o wyborze technologii z prefabrykatów żelbetowych typu TechSpan®.

Po przełożeniu ruchu pociągów na jeden tor pierwszy etap robót obejmował wyburzenie połowy wiaduktu znajdującego się pod wyłączonym z ruchu torem, przebudowę podpór i odbudowę nowej konstrukcji obiektu, a także ścian czołowych wykonanych z gruntu zbrojonego Freyssisol, na których bez-



Ryc. 2. Wiadukt kolejowy w Krakowie przed przebudową

pośrednio ułożono nawierzchnię kolejową. Następnie ruch pociągów przełożono na nowo wybudowaną połowę wiaduktu i rozpoczęto rozbiórkę drugiej części obiektu. Należy dodać, że cała operacja montażu konstrukcji przeszła z elementów TechSpan® pod pierwszym torem zajęła zaledwie 5 godzin. Przygotowane transporty z prefabrykatami TechSpan® oraz dźwigi do montażu w godzinach późnowieczornych zajęły północną część jezdni ul. Opolskiej, by już po kilku godzinach, nad ranem, wycofać się po zakończeniu operacji zamontowania gotowej konstrukcji przeszła. Dzięki temu okoliczni mieszkańcy oraz użytkownicy jednej z głównych arterii komunikacyjnych Krakowa nie odczuli żadnych utrudnień. Za całość robót związanych z zaprojektowaniem, wykonaniem oraz montażem i uszczelnieniem konstrukcji odpowiedzialna była firma Freyssinet Polska Sp. z o.o. Po zamontowaniu konstrukcji przeszła łukowego rozpoczęto montaż zamykających ścian czołowych.



Ryc. 3. Wiadukt łukowy TechSpan® – strona zewnętrzna ze ścianami z gruntu zbrojonego TerraClass®

Od strony docelowej wiaduktu wykonano konstrukcję z gruntu zbrojonego Freyssisol w systemie TerraClass® z panelami prefabrykowanymi ze zbrojeniem nasypu w postaci żebrowanych pasów stalowych.

Dzięki temu, tak jak w przypadku całej konstrukcji przeszła, prace nie wymagały użycia rusztowań, szalunków, wykonywania robót zbrojarskich, betoniarskich itd. Od strony wewnętrznej dla zamknięcia korony wiaduktu ścianę czołową wykonano



Ryc. 4. Wiadukt łukowy TechSpan® – strona wewnętrzna ze ścianami z gruntu zbrojonego TerraTrel®

jako tymczasową, stosując technologię konstrukcji z gruntu zbrojonego Freyssisol w systemie TerraTrel®, której elementem okładzinowym jest panel z siatki stalowej, a zbrojeniem nasypu są, tak jak w przypadku systemu TerraClass®, żebrowane pasy stalowe (ryc. 4).

W analogiczny sposób w lipcu 2014 r. wykonana została druga część konstrukcji wiaduktu kolejowego pod torem nr 2 (ryc. 7 i 8). Zwraca uwagę fakt, że szerokość konstrukcji podtrzymującej tor wykonany w pierwszym etapie wynosiła zaledwie 4,5 m (ryc. 4 i 5). Całość oparta została na czterech elementach typu TechSpan®, które w kluczu zwieńczono żelbetową belką uciągającą. Nasyp wiaduktu zwieńczono ścianami z gruntu zbrojonego w rozstawie niespełna 4,5 m (ryc. 9), na których ułożono nawierzchnię kolejową. Przy wyniosłości konstrukcji łukowej mierzącej zaledwie 3,58 m rozpiętość przeszła wynosi 14,34 m.



Ryc. 5 i 6. Konstrukcja TechSpan® pod torem nr 1



Ryc. 7 i 8. Wykonanie drugiego etapu montażu – konstrukcja TechSpan® pod torem nr 2



V konkurs PONTIFEX CRACOVIENSIS

tekst: **GRAŻYNA CZOPEK**, przewodnicząca Oddziału Małopolskiego ZMRP

Z inicjatywy Oddziału Małopolskiego Związku Mostowców Rzeczypospolitej Polskiej odbyła się jubileuszowa V edycja konkursu Pontifex Cracoviensis im. Sebastiana Sierakowskiego. Nagrody wręczono podczas gali, która miała miejsce 19 marca 2015 r. w Filharmonii Krakowskiej i zgromadziła ponad 600 gości. Konkurs honoruje osoby, które swoją działalnością przyczyniają się w sposób szczególny do rozwoju polskiego mostownictwa.

Część oficjalną gali rozpoczął Janusz Chwa-
joł, doradca prezydenta miasta Krakowa
ds. przedsiębiorczości, który w imieniu
prof. Jacka Majchrowskiego powitał gości
gali. Następnie przemawiali reprezentanci
Oddziału Małopolskiego ZMRP: przewod-
nicząca Grażyna Czopek oraz wiceprzewod-
niczący Tomasz Szuba, którzy w sposób
szczególny podziękowali osobom i firmom
od początku wspierającym ideę konkursu.

Kapituła złożona z przedstawicieli za-
rządu ZMRP i zarządu Oddziału Małopol-
skiego ZMRP przyznała nagrody w czterech
kategoriach. Budowniczym Roku został Ja-
cek Pysz, który buduje mosty od 25 lat.
Nagrodę odebrał z rąk prof. Tadeusza Ta-
tary, dziekana Wydziału Inżynierii Lądowej
Politechniki Krakowskiej. Laureat, obecnie
pracownik Skanska SA, został doceniony
m.in. za budowę obiektów mostowych na
obwodnicy Wrocławia oraz budowę mostu
przez Odrę w Brzegu Dolnym.

Nagroda Projektanta Roku trafiła do
Andrzeja Mikulaścika, który projektuje
mosty od 30 lat. Obecnie jest współwła-
ścicielem biura projektowego WANTA
Projektowanie Dróg i Mostów. Nagrodę
wręczył prof. Wojciech Radomski z Po-
litechniki Warszawskiej. Zwycięzca za-

projektował w ostatnim okresie m.in.
most łukowy przez rzekę Skawę w Mu-
charzu oraz most przez potok Więćkówka
w Wojniczu.

Tytuł Menedżera roku otrzymał Bogdan
Pilujski, który zajmuje się zarządzaniem od
23 lat. Statuetkę przekazał prof. Tomasz
Siwowski z Politechniki Rzeszowskiej. Na-
grodzony pracuje w firmie Strabag Sp.
z o.o., a w ostatnich latach odpowiadał
m.in. za budowę 27 obiektów o łącznej
wartości 340 mln zł na autostradzie A1
odcinek Bełk – Świerklany.

Za Debiut Mostowy Roku uznano
działalność Tomasza Zapały, któremu
nagrodę wręczyła prof. Maria Kaszyńska,
dziekan Wydziału Budownictwa i Archi-
tektury Zachodniopomorskiego Uniwer-
sytetu Technologicznego w Szczecinie.
Laureat jako pracownik Przedsiębior-
stwa Inżynieryjnego IMB-Podbeskidzie
Sp. z o.o. brał udział m.in. w budowie
mostu przez rzekę Skawinkę w ciągu ob-
wodnicy Skawiny oraz w budowie kładki
pieszo-jejdnej przez Rabę w miejscowo-
ści Lubień.

Nagrodę Specjalną przyznaną
za całokształt osiągnięć zawodowych
otrzymał prof. Jan Biliszczuk. Werdykt

Kapituły ogłosił pierwszy laureat Na-
grody Specjalnej Pontifex Cracoviensis
prof. Kazimierz Flaga. Prof. Jan Biliszczuk
ma w swoim dorobku 209 publikacji nau-
kowych. Jest autorem lub współauto-
rem 21 nowych obiektów mostowych
oraz autorem projektów rehabilitacji 37
istniejących obiektów. Opracował rów-
nież 328 ekspertyz obiektów mostowych
oraz przeprowadził próbne obciążenia
24 mostów.

Przyznanie nagród Pontifex Cracovien-
sis gromadzi od początku wielu gości ze
środków opiniotwórczych. Są wśród
nich przedstawiciele samorządów lokal-
nych, biur projektowych, firm związanych
z branżą mostową, organizacji partner-
skich, przedstawiciele świata nauki oraz
mediów. W tym roku sponsorami platyno-
wymi wydarzenia były: Przedsiębiorstwo
Wielobranżowe Banimex Sp. z o.o. oraz
Tines Capital Group SA. Wśród sponsorów
złoty znalazły się: Przedsiębiorstwo Bu-
dowlane Esbud Stanisław Chryczyk oraz
Rekma Sp. z o.o. Uroczystość uświetnił
występ Andrzeja Sikorowskiego i Grzego-
rza Turnaua. Galę poprowadzili krakow-
ska artystka Lidia Jazgar oraz Wojciech
Wocław.

Na budowie Muzeum II Wojny Światowej w Gdańsku



Budowa Muzeum II Wojny Światowej z lotu ptaka, czerwiec 2015 r.

tekst: **ALICJA BITTNER**, zdjęcia: **MUZEUM II WOJNY ŚWIATOWEJ W GDAŃSKU, AREOLAB**

Na placu budowy Muzeum II Wojny Światowej w Gdańsku przy ul. Wałowej realizowane są prace drugiego etapu inwestycji, polegające na kompleksowym wykonaniu siedziby Muzeum. Trwa wznoszenie ścian wewnętrznych, słupów i stropów budynku oraz wieży. Z dna wykopu zaczyna wyłaniać się zarys przyszłej siedziby Muzeum.

Powierzchnia budynku będzie wynosić ok. 23 tys. m². Na wystawę stałą przeznaczono ok. 5 tys. m², co uczyni ją jedną z największych wystaw prezentowanych przez muzea historyczne na świecie. W nowoczesny sposób ma ona dokumentować II wojnę światową z perspektywy ówczesnej wielkiej polityki, ale przede wszystkim przeżyć zwykłych ludzi. Ekspozycja będzie przedstawiać nie tylko losy Polaków, lecz również doświadczenia innych

narodów. Poza wystawą stałą w Muzeum znajdzie się także 1000 m² na wystawy czasowe. Oprócz funkcji wystawienniczych Muzeum będzie pełnił rolę ośrodka edukacji, kultury i nauki.

„Od października 2014 r. na placu budowy pracuje generalny wykonawca: konsorcjum firm Warbud SA, Hochtief Polska SA oraz Hochtief Solutions AG. Prace idą pełną parą, zgodnie z uzgodnionym harmonogramem – mówi prof. Paweł Mach-



Wykonanie suchego wykopu: pogłębianie metodą refulacji i wylanie korka betonowego, fot. R. Jocher

cewicz, dyrektor Muzeum. – Wykonawca ma 21 miesięcy na ukończenie budowy, a więc powinien zakończyć prace latem 2016 r. W maju tego roku została podpisana umowa na produkcję wystawy stałej z firmą Qumak, która wygrała przetarg. Biorąc pod uwagę konieczność uzyskania zgód na użytkowanie, realne wydaje się otwarcie Muzeum jesienią 2016 r.”.

Zadaniem generalnego wykonawcy Muzeum jest kompleksowa budowa wraz z instalacjami, wykończeniem i wyposażeniem budynku, z wyjątkiem elementów wystawy stałej Muzeum. Główny zakres prac obejmuje wykonawstwo sześciu kondygnacji podziemnych, gdzie znajdować się będzie wystawa stała, oraz ośmiu kondygnacji naziemnych.

Przebieg prac relacjonuje Karol Kalinowski, kierownik projektu. – „Prace fundamentowe rozpoczęto od wykonania suchego wykopu, instalacji mikropali w dnie wykopu i wykonania korka betonowego w wykopie.

Wykonanie suchego wykopu powierzone zostało w ramach przetargu Soletanche Polska Sp. z o.o. Po wykonaniu ścian szczelinowych wraz z dwoma poziomami kotew gruntowych: pierwszy poziom po całym obwodzie, drugi jedynie w zaprojektowanych strefach, przystąpiono do pogłębiania wykopu metodą refulacji.

Pogłębianie zakończono po uzyskaniu głębokości ok. 16 m p.p.t. Wówczas przystąpiono do wiercenia 914 mikropali o długości 22 m każdy, które miały ustabilizować betonowy korek oraz umieszczoną na nim płytę denną budynku. Wzmocnienie dna budynku za pomocą gęstej siatki mikropali było konieczne, gdyż jest ono poddane oddziaływaniu potężnych sił wyporu wód gruntowych. Instalacja mikropali odbywała się przy wykorzystaniu barek, a wysoko specjalistyczne prace wykonywano z udziałem nurków.

Następnie przystąpiono do wykonania korka betonowego. Ze względu na powierzchnię dna wykopu, wynoszącego



Budowa sali konferencyjnej Muzeum, fot. R. Jocher

ok. 1,7 ha, wtłoczono za pomocą specjalnych pomp aż 26 tys. m³ betonu do wykonania płyty. Prace wymagały nie tylko wielkiego zaangażowania technicznego, ale również



Budowa Muzeum II Wojny Światowej z lotu ptaka, czerwiec 2015 r.



Czyszczenie, doszczelnianie i wyrównywanie dna wykopu, sierpień 2014 r., fot. R. Jocher



Czołg Sherman Firefly umieszczany na dnie wykopu, styczeń 2015 r., fot. R. Jocher



Szalowanie, zbrojenie i betonowanie ścian oraz stropów, marzec 2015 r., fot. R. Jocher

mobilizacji organizacyjnej. Betonowanie trwało siedem pełnych dób. Betoniarce ustawiały się do trzech pomp zlokalizowanych dookoła wykopu, które, by zabetonować niektóre fragmenty, musiały pompować beton do kolejnych pomp, umieszczonych na barkach wewnątrz obrysu przyszłego budynku. Po uzyskaniu odpowiedniej wytrzymałości betonu wypompowano wodę z wnętrza przyszłego budynku i przystąpiono do oczyszczania dna oraz doszczelniania mikropali.

Po oczyszczeniu powierzchni korka betonowego wykonano izolację poziomą płyty oraz przystąpiono do prac zbrojarskich. Płyta ta ma 150 cm grubości z miejscowymi obniżeniami pod szyby windowe. W płycie tej umieszczono rury kanalizacyjne, które pozwalają na odprowadzanie wód odpadowych do czasu wykonania stropu na poziomie 0”.

Obecnie prowadzone prace żelbetowe zbliżają się do poziomu 0, sukcesywnie zamykane są stropami przestrzenie przeznaczone na wystawę stałą. Na ukończeniu jest również budowa monumentalnych schodów prowadzących z poziomu -4,50 m do -14 m. Montowane są prefabrykaty pod przyszłą widownię sali konferencyjnej.

Postępują też prace związane z realizacją ścian wieży, która będzie miała kształt pochylonego graniastosłupa o podstawie trójkąta i wysokości ok. 40 m w najwyższym

punkcie. Znajdą się tam m.in. biblioteka, sale dydaktyczne i konferencyjne oraz kinowa, natomiast na najwyższym poziomie kawiarnia i restauracja z widokiem na panoramę Gdańska. Realizacja niezwykle skomplikowanej konstrukcji wieży odbywa się przez całą dobę. Wykonano już znaczną część stropu parkingu podziemnego oraz ściany łukowe sali konferencyjnej.

Na płycie fundamentowej, na głębokości 14 m pod ziemią, znajdują się już pierwsze i największe eksponaty z kolekcji Muzeum, które zostały już tam umieszczone w styczniu br. Na dnie wykopu znalazły się: dwa czołgi – amerykański Sherman oraz sowiecki czołg T 34/85, niemiecka torpeda typu G7a i towarowy wagon kolejowy produkcji niemieckiej. Każdy z eksponatów będzie można zobaczyć w przyszłości na wystawie stałej Muzeum.

Zapraszamy do odwiedzenia internetowego dziennika budowy: http://www.muzeum1939.pl/pl/dziennik_budowy oraz fanpage na Facebooku: <https://www.facebook.com/budowamuzeum?fref=ts> <https://pl-pl.facebook.com/Muzeum.II.Wojny.Swiatowej>





Jakie prace wykonał Zakład Specjalistycznych Robót Wiertniczych na budowie Muzeum II Wojny Światowej w Gdańsku?

W ramach robót związanych z wykonaniem suchego wykopu na budowie Muzeum II Wojny Światowej w Gdańsku dla generalnego wykonawcy Soletanche Polska Sp. z o.o. realizowaliśmy zadanie polegające

na wykonaniu 21 studni odciążających płytę denną wykopu przed parciem hydrostatycznym wody gruntowej w trakcie odprowadzania wody z wykopu. Prace realizowane były z platform pływających już po wykonaniu wzmocnienia dna wykopu mikropalami i z tego względu istotne było ustawienie i ustabilizowanie wiertnicy w sposób precyzyjny nad planowanymi otworami, tak aby nie uszkodzić głowic mikropali. Na tę czynność poświęciliśmy najwięcej czasu. Przy pierwszym otworze, który był dla nas otworem doświadczalnym, dobraliśmy odpowiednią technologię wiercenia do rzeczywistych warunków gruntowo-wodnych, zmienionych w wyniku realizacji prac wzmocniających podłoże, zrealizowanych przed naszymi robotami. Głównym problemem, który pojawił się przy wykonywaniu tych prac, było tworzenie się korka w rurach po odwierceniu otworu na planowaną głębokość, który uniemożliwiał osadzenie rur studziennych na projektowanej rzędnej. Zjawisko to wyeliminowaliśmy, stosując do wierce-

nia płuczkę polimerową obciążoną barytem. Przydało się tu doświadczenie, które zdobyłem przy wykonywaniu studni depresyjnych w dnie najniższego poziomu eksploatacyjnego w kopalni Bełchatów, gdzie występowały podobne zjawiska, tylko w większej skali.

Dane techniczne:





- wiercenie prowadzone było systemem obrotowym z prąwym obiegiem płuczki z podwójnym przewodem o wymiarach: przewód zewnętrzny \varnothing 305 mm z koronką 315 mm, przewód zewnętrzny \varnothing 193,7 mm ze świdrem palczastym 260 mm, zbrojonym nożami widiowymi. Długość otworów 26,0 m;
- filtr studzienny \varnothing 110 mm, rura podfiltrowa dł. 1,0 m, część czynna dł. 6,0 m, rura nadfiltrowa dł. 4,0 m i głowica przeciwerupcyjna dł. 2,5 m, składająca się z rury stalowej z pierścieniami i dwóch zaworów odcinających 4". Studnie pracowały bezawaryjnie podczas odpompowywania wody z wykopu w celu jego osuszenia.

mgr inż. Jacek Bosak,
Zakład Specjalistycznych Robót Wiertniczych w Gdyni



Zakład Specjalistycznych Robót Wiertniczych **Jacek Bosak**

Kontakt

-  ul. Perłowa 26c/2
81-187 Gdynia, Pomorskie
-  tel./fax: 58 718 27 50
-  e-mail: biuro@zsrw-bosak.com.pl
-  www.zsrw-bosak.com.pl



Oferujemy kompleksowe rozwiązania w tematach związanych z:

- stabilizacją osuwisk oraz zabezpieczaniem skarp i zboczy,
- zabezpieczaniem ścian głębokich wykopów za pomocą stalowych ścianek szczelnych oraz w postaci murów berlińskich wraz z wykonaniem zakotwień,
- stabilizacją gruntu nasypów drogowych i kolejowych poprzez iniekcje niskociśnieniowe i wysokociśnieniowe (jet-grouting i turbojet) oraz wglębne mieszanie gruntu DSM,
- wzmocnieniem fundamentów istniejących obiektów mostowych i budynków,
- wykonaniem fundamentów specjalnych min. dla posadowienie ekranów akustycznych i słupów elektrowni wiatrowych,
- wykonaniem żelbetowych ścian oporowych w technologii muru tessyńskiego,
- uszczelnieniem wałów przeciwpowodziowych i zapór ziemnych,
- wzmocnieniem i uszczelnieniem podłoża pod obiektami hydrotechnicznymi oraz naprawą konstrukcji żelbetowych,
- głębokim fundamentowaniem – wykonawstwem pali żelbetowych



Wykorzystywane przez nas technologie:

- Mikropale iniekcyjne,
- Iniekcyjne kotwy gruntowe,
- Gwoździe gruntowe,
- Drenaż wglębny metodą wiertniczą,
- Iniekcje niskociśnieniowe,
- Iniekcje ciśnieniowe (jet-grouting, turbo-jet)
- Pale żelbetowe CFA,
- Pale przemieszczeniowe FDP,
- Kolumny DSM,
- Kolumny żwirowe,
- Monitoring inklinometryczny osuwisk



Kotwienie płyty dennej budynku Muzeum II Wojny Światowej w Gdańsku

tekst: mgr inż. JAKUB SIERANT, Titan Polska Sp. z o.o.

Funkcjonująca od kilkunastu lat na rynku technologia mikropali samowiercących TITAN dowiodła swojej przydatności i skuteczności w budownictwie inżynierskim. Mikropale wykorzystywane są z powodzeniem nie tylko przy podchwytywaniu i wzmacnianiu fundamentów, ale również jako pełnoprawne elementy posadowienia, jedna z metod stabilizacji osuwisk, obudowy ścian wykopów (palisady) czy też jako technologia do zadań specjalnych.



Widok na teren budowy z lotu ptaka

Do takich zaliczyć należy bez wątpienia zabezpieczenie (kotwienie) płyt dennych przed wyporem. Z tym zagadnieniem konstruktorzy obiektów mają do czynienia coraz częściej. Nowoczesna, wymagająca architektura i konieczność lokalizowania obiektów w miejscach o skomplikowanych warunkach geologiczno-inżynierskich wymagają bowiem stosowania dodatkowych rozwiązań. Budynek z częścią podziemną, nierzadko o znacznej kubaturze, lokalizowane w warunkach wysokiego poziomu wody gruntowej poddane są działaniu siły wyporu. Jeśli ciężar własny obiektu jest niewystarczający do zrównoważenia tej siły, niezbędne jest dodatkowe zabezpieczenie, wykonywane najczęściej przez zakotwienie płyty dennej mikropalami. Wiele tego typu zabezpieczeń wykonano w ciągu ostatnich lat, m.in. w Warszawie dla wielorodzinnych budynków mieszkalnych czy np. w Krakowie (obiekt hotelowy). Charakter

i skala tego rodzaju zabezpieczeń jest różna i wynika oczywiście z funkcji obiektu i jego konstrukcji. Najbardziej wymagającym i jednocześnie najbardziej widowiskowym, jak do tej pory, zadaniem tego typu było kotwienie płyty dennej budynku siedziby Muzeum II Wojny Światowej w Gdańsku.

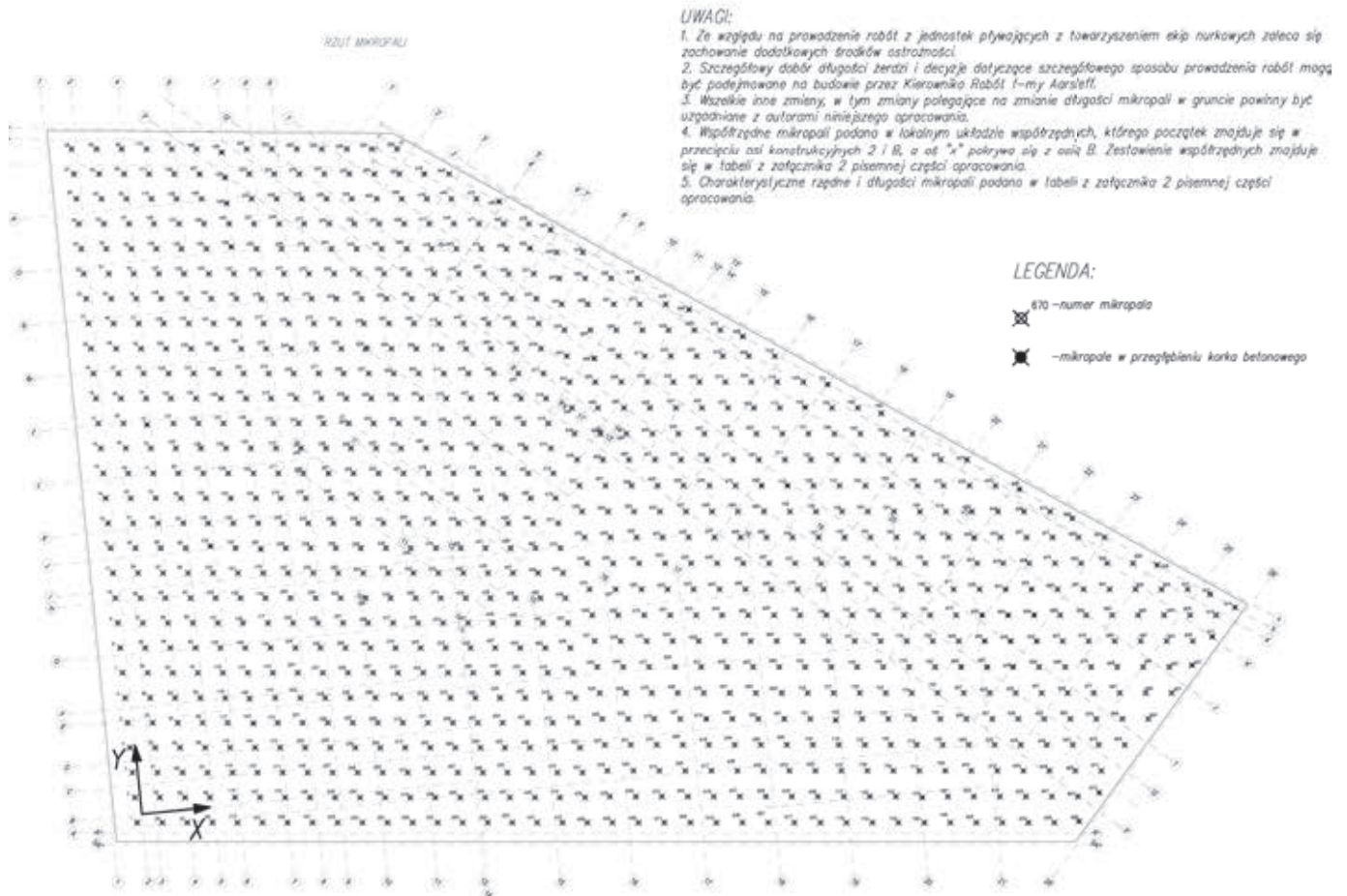
Suchy wykop

Budynek siedziby Muzeum zlokalizowany jest na obrzeżach starego Gdańska, przy ul. Wałowej, ok. 200 m od historycznego budynku Poczty Polskiej. Wyznaczony pod budowę teren zajmuje powierzchnię 17 tys. m². Od wschodu ogranicza go ul. Stoczniowa, zaś od południa przylega do ujścia Kanału Raduni do Motławy.

W samym budynku dostępnych będzie ok. 23 tys. m² powierzchni, z czego ok. 5 tys. m² przewidziano na wystawę stałą. Wypełnienie założeń dotyczących ukształtowania stałej przestrzeni ekspozycyjnej jako przestronnej, otwartej hali w połączeniu z symboliczną architekturą, w której jedyną widoczną częścią budynku jest charakterystyczna dominanta, wymagało zlokalizowania znacznej części budynku poniżej poziomu terenu. Wobec tego siedzibę Muzeum zaprojektowano jako żelbetową konstrukcję zagłębioną całkowicie poniżej istniejącego poziomu terenu. Do realizacji zadania konieczne stało się wykonanie wykopu zajmującego niemal cały obrys dostępnej pod budowę działki o obwodzie wynoszącym ok. 506 m.b. i głębokości dochodzącej do 18 m. Z uwagi na bliskość Motławy, skutkującą wysokim poziomem wód gruntowych, warunki wykonania i zabezpieczenia wykopu były skomplikowane i wymagały prowadzenia większości robót pod wodą. W tej sytuacji pierwszym etapem robót budowlanych było wykonanie tzw. suchego wykopu, umożliwiającego rozpoczęcie robót zasadniczych związanych ze wznoszeniem obiektu. Wykonanie suchego wykopu obejmowało zrealizowanie odpowiedniej obudowy ścian i korka betonowego uszczelniającego dno oraz odpompowanie wody z zalanego wykopu. Ponieważ ciężar własny ażurowej konstrukcji budynku okazał się niewystarczający do zrównoważenia siły wyporu (ciśnienie blisko 16 m słupa wody), niezbędne stało się wykonanie w dnie wykopu mikropali kotwiących korek i płytę denną dla zabezpieczenia przed wyporem. Zadanie wykonania suchego wykopu powierzono firmie Soletanche Polska Sp. z o.o.

Warunki gruntowo-wodne

Pod względem litologicznym w podłożu gruntowym wydzielono warstwy nasypu gruzowo-mineralno-organicznego, zalegającego od powierzchni terenu do głębokości 1,7–3,9 m. Poniżej, do głębokości 7,4–10,7 m, udokumentowano występowanie torfów i namułów. Głębsze podłoże tworzą piaski drobne i średnie w stanie średnio zagęszczonym i za-



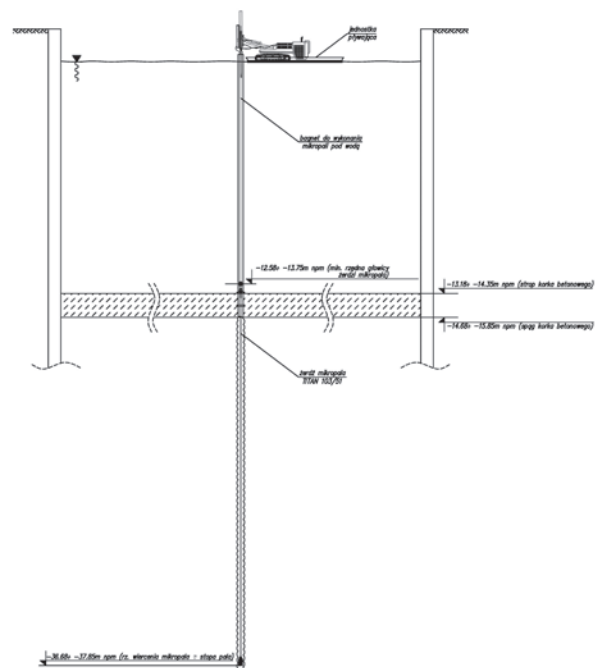
Plan rozmieszczenia mikropali w wykopie

gęszczonym, o miąższości ok. 20 m, przewarstwione niekiedy cienkimi soczewkami gruntów spoistych. Utwory piaszczyste podścielone są warstwą gruntów piaszczysto-żwirowych w stanie zagęszczonym. Utworów tych nie przewiercono do głębokości 40 m.

Jak wspomniano wcześniej, bliskość Kanału Raduni i Motławy pozostaje w związku z poziomem wody gruntowej w podłożu obiektu. W dokumentacjach geologiczno-inżynierskiej oraz hydrogeologicznej stwierdzono występowanie jednego poziomu wodonośnego o charakterze napiętym. Poziom wody gruntowej stabilizował się na głębokości 1,8–3,2 m p.p.t. przy czym zaznaczono, że może on podlegać wahaniom (+/- 0,6 m) w zależności od pór roku, intensywności opadów oraz poziomu wody w Motławie.

Wyzwanie

Wykonanie wykopu o głębokości blisko 18 m w warunkach zwierciadła wody stabilizującego się ok. 2 m p.p.t. wymagało szczegółowego dopracowania każdego elementu składającego się na rozwiązanie konstrukcyjne suchego wykopu. Opracowany przez Soletanche projekt wykonania szczelnej wanny przewidywał realizację w pierwszej kolejności żelbetowej obudowy ścian wykopu. Obudowę tę wykonano w postaci kotwionych ścian szczelinowych. Po zabezpieczeniu obrysu wykopu przystąpiono do robót ziemnych i głębinienia wykopu zasadniczego. Po osiągnięciu poziomu wód gruntowych wykop wypełnił się wodą, a dalsze głębinienie odbywało się z jednostek pływających metodą refulacji. Po dogłębieniu wykopu do projektowanej



Rysunek technologiczny – wykonanie mikropali

rzędnej posadowienia korka uszczelniającego dno w obrysie ścian szczelinowych powstał basen o powierzchni ponad hektara i głębokości ponad 16 m. Tak przygotowany teren stał się frontem dla robót mikropalowych związanych z zabezpieczeniem dna wykopu i przyszłego budynku przed wyporem.

Projekt kotwienia korka opracowano w firmie Aarsleff Sp. z o.o. Z uwagi na zmieniające się warunki pracy konstrukcji w projekcie przewidziano dwie fazy charakteryzujące pracę



Wykonywanie mikropali z platform pływających



mikropali kotwiących. Tymczasowa, cechująca się największym obciążeniem pojedynczego mikropala, obejmuje okres od chwili odpompowania wody z wykopu do ukończenia wszystkich robót budowlanych przy budynku. W okresie tym siła wyporu do zrównoważenia jest największa, a przeciwdziałania jej jedynie ciężar własny korka. Założono, że czas trwania tej fazy nie przekroczy dwóch lat. W fazie docelowej wyłączenie mikropali maleje, gdyż siła wyporu przeciwdziałania dodatkowo ciężar własny całego budynku. Wymagany okres żywotności mikropali w tej fazie ustalono na 100 lat.

Po rozmieszczeniu mikropali w dnie wykopu według równej siatki przyjęto, że zakotwienie zrealizowane będzie przy pomocy 914 mikropali.

Przy tym założeniu według obliczeń statycznych w fazie przejściowej obciążenie pojedynczego mikropala wynosi 2080 kN. Na etapie użytkowania gotowego obiektu siła wyciągająca redukuje się do 1690 kN na mikropal. Warunki do wykonywania robót mikropalowych były niezwykle złożone. Dostęp do frontu robót był możliwy jedynie z wykorzystaniem jednostek pływających, zatem cały proces instalacji (wiercenie i iniekcja) mógł odbywać się z barek. Pociągało to za sobą konieczność instalowania mikropali z tzw. martwym przelotem, tj. przez 16 m wody. Mikropale musiały być zlokalizowane precyzyjnie w założonej siatce rozstawu. Należało uwzględnić trudności związane z zaopatrywaniem pływających jednostek wykonawczych w niezbędny materiał (zbrojenie mikropali odpowiedniej długości) oraz rozwiązać kwestię osadzania płyt oporowych kotwiących głowicę mikropala w korku betonowym. Przy tym wszystkim należało oczywiście zapewnić odpowiednią wydajność instalacji, aby sprostać ograniczeniom terminowym, oraz wysoką powtarzalność procesu w kategoriach jakości wykonywanych prac. Po przeanalizowaniu wszystkich ograniczeń i koniecznych do spełnienia wymagań ustalono, że jedyną technologią odpowiadającą warunkom jest system mikropali samowiercących TITAN. Na podstawie wyliczonej, wymaganej nośności pojedynczego mikropala do realizacji zadania przyjęto mikropale TITAN typu 103/51 o charakterystyce (nośności wewnętrznej) odpowiadającej wynikom obliczeń statycznych i zapewniającej odpowiednią długowieczność (okres użytkowania 100 lat). Stosownie do spodziewanych warunków gruntowych dobrano końcówkę wiertniczą o średnicy 220 mm. Dla uzyskania niezbędnej nośności zewnętrznej mikropala przy tej średnicy koronki wyliczono jego długość roboczą (utwierdzenia w gruncie) na 22 m. Uwzględniając długość martwego przelotu (przejście przez wodę) oraz niezbędne poprawki na długość, wynikające z możliwej do osiągnięcia dokładności robót ziemnych prowadzonych pod wodą, kolumna robocza mikropala sięgała 40 m.

Przed przystąpieniem do zasadniczej fazy robót z poziomu terenu wykonano mikropale próbne, które poddano następnie badaniom wstępnym. Po potwierdzeniu możliwości osiągnięcia nośności rzędu 3000 kN oraz ustaleniu wstępnej charakterystyki pracy zatwierdzono ostatecznie przyjętą technologię wykonania mikropali.

Wykonanie robót mikropalowych powierzono firmom Aarsleff i Soley. Każdy z wykonawców dysponował własną platformą pływającą, na której umieszczono wiertnicę, magazyn materiałów (żerdzie, łączniki, koronki itp.) oraz zaplecze dla pracowników i centrum koordynowania dla ekip nurkowych wspomagających instalację mikropali. Dla zapewnienia odpowiedniej wydajności opracowano szczególną procedurę instalacji mikropali z wykorzystaniem stworzonego pod kątem tego zadania specjalnego łącznika, tzw. złącza łupinowego. Jest to rodzaj łącznika dzielonego, uchylnego, z zawiasem, który umożliwia łatwe rozpięcie i rozchylenie obu połówek złącza (łupin) w celu uwolnienia spiętych nim dwóch żerdzi. Element ten miał kluczowe znaczenie dla tempa robót. Cykl prac instalacyjnych przedstawiał się następująco:

1. Przez wodę opuszczano kolumnę żerdzi uzbrojoną w końcówkę wiertniczą.
2. Po precyzyjnym naprowadzeniu kolumny na punkt lokalizacji mikropala przez nurka wiercenie mikropala odbywało się zgodnie z technologią TITAN (wiercenie z jednoczesną iniekcją, powtarzanie marszu przewodu dla lepszego ukorzenia trzonu itp.) z sukcesywnym dokładaniem kolejnych odcinków żerdzi, do osiągnięcia ustalonej długości mikropala w gruncie.
3. Ostatnia żerdź pogrążanej w gruncie kolumny łączona była z kolumną żerdzi martwego przelotu za pomocą złącza łupinowego; po wywierceniu zadanej długości i umiejscowieniu ostatniej żerdzi kolumny roboczej na właściwej rzędnej nurek rozpiął złącze łupinowe, uwalniając pogrążone w gruncie zbrojenie mikropala od kolumny żerdzi tworzących przelot martwy.
4. Po uwolnieniu kilkunastometrowej długości kolumny przelotu martwego (niejako przedłużka umożliwiająca wiercenie przez wodę), wciąż wpięta na powierzchni do głowicy wiertnicy, stanowiła zaczątek kolumny roboczej kolejnego mikropala; bez zbędnych operacji rozkręcania i wyciągania żerdzi na powierzchnię opuszczano nurkowi kolejną końcówkę wiertniczą, którą ten nakręcał na ostatnią żerdź pozostającej w wodzie kolumny, utworzona została tym samym z dotychczasowej przedłużki kolejna kolumna robocza żerdzi, gotowa do pozycjonowania i pogrążania w dnie.
5. W kolejnym kroku nurek formował głowicę na wykonanych wcześniej mikropalach; formowanie polegało na osadzeniu płyty oporowej na wystającym ponad dno odcinku



Przygotowania do próbnych obciążeń



żerdzi; aby umożliwić sprawne mocowanie i pozycjonowanie płyty na określonej wysokości nad dnem w warunkach mocno ograniczonej widoczności, opracowano specjalny jej rodzaj; płyta w formie okrągłej blachy o średnicy 480 mm i grubości 90 mm wyposażona była w otwór centralny i gwintowaną tuleję; dzięki takiemu rozwiązaniu i dospawanym do blachy pomocniczym uchwytem nurek nakręcał całą płytę oporową na żerdź i stabilizował precyzyjnie w odpowiednim położeniu przez pokręcanie.

Ekipy nurkowe, pozostając w łączności z zespołem na powierzchni, poza czynnościami instalacyjnymi prowadziły również działania inspekcyjne, pomagające w kontroli jakości robót, dostarczające informacji np. o ciągłości wypływu powrotnego płuczki czy iniektu końcowego.

Dzięki wysublimowanym (choć stosunkowo prostym) rozwiązaniom technicznym dla technologii TITAN oraz sprawnej organizacji robót w tych niecodziennych warunkach osiągnięto doskonałe efekty w postaci wysokiej wydajności. Każdy zespół roboczy pracował w tempie rzędu 100–120 m.b. instalowanych „na gotowo” mikropali dziennie. Łącznie wykonano blisko 22 tys. m.b. mikropali w okresie od stycznia do początku kwietnia 2014 r., co, biorąc dodatkowo pod uwagę fakt, że szczyt instalacyjnego zaangażowania przypadł na okres zimy, jest znakomitą rezultatem i świadczy zarówno o możliwościach samej technologii, jak i potencjale technicznym i inżynierskim wykonawców.

Końcową weryfikację jakości wykonanych robót i skuteczności metody przeprowadzono, wykonując próbne obciążenia mikropali. Operacja badań odbiorczych wykonywanych pod wodą na głębokości kilkunastu metrów również nie należała do działań rutynowych. Przeprowadzenie próbnych obciążeń zlecono firmie PileTest Sp. z o.o. Całą niecodzienną operację przygotowano dzięki wykorzystaniu możliwości technicznych i doświadczenia firmy PileTest oraz przy wsparciu wszystkich zaangażowanych w zadanie firm. Opracowano i wykonano konstrukcję wsporczą dla siłownika w postaci ramy złożonej ze stalowych belek. Konstrukcję wsporczą oparto na czterech mikropalach konturujących środkowego, piątego mikropala poddawanego badaniu.

Poszczególne części konstrukcji wsporczej były opuszczane na dno i tam składane w całość, montowane i poziomowane przez nurków. Zadanie to stanowiło dla nich szczególne wyzwanie. Z uwagi na mętność wody prace prowadzone były przy widoczności rzędu kilkadziesiąt centymetrów, zaś precyzja montażu, jakiej od nich wymagano, decydowała o powodzeniu całego zadania – jakiegokolwiek niedoskonałości w tej części operacji mogły się przełożyć na

uszkodzenie konstrukcji, sprzętu lub zniszczenie wykonanych już mikropali. Do badania wykorzystano przelotowy siłownik hydrauliczny zasilany z powierzchni oraz zestaw pomiarowy z tensometrów. Wyniki z czujników cyfrowych korelowane były z pomiarami geodezji precyzyjnej. Do badanego mikropala dokręcano przedłużkę, wyprowadzając kolumnę żerdzi nad powierzchnię wody, co umożliwiało zamontowanie optycznego punktu pomiarowego. W kwestii programu badań, nie odbiegał on od procedury rutynowej dla badań na powierzchni. Na obu badanych mikropalach osiągnięto wymagane obciążenie testowe ponad 2300 kN, przy przemieszczeniu nieprzekraczającym 25 mm. Stabilizacja przemieszczeń następowała w ciągu kilkadziesiąt minut.

Potwierdzenie skuteczności wykonanych zabezpieczeń otworzyło drogę do kolejnego etapu robót – podwodnego betonowania korka. Ułożenie pod wodą betonu o grubości 1,5 m na obszarze hektara w cyklu betonowania ciągłego jest kolejnym szczególnym osiągnięciem inżynierskim, wymagającym nieprzeciętnych zdolności technicznych, logistycznych i planistycznych. Zadanie to, zrealizowane przez Soletanche, z pewnością stanie się przedmiotem osobnego artykułu.

Synergia

Podczas realizacji robót związanych z wykonaniem suchego wykopu bez wątplenia przesunięto kilka inżynierskich granic. Skala zadania i jego złożoność były wyjątkowe, a presja czasu, choć obecna na wszystkich budowach, tu była szczególnie wyraźna i potęgująca poziom trudności. Przy takim poziomie skomplikowania nie ma miejsca na jakiegokolwiek niedociągnięcia materiałowe, technologiczne i wykonawcze, a o sukcesie lub porażce przesądzą szczegóły. Przykład pokazuje również dobitnie, jak ważne jest zaangażowanie i współpraca – synergia wszystkich uczestników procesu: dostawcy technologii, podwykonawców, generalnego wykonawcy i jednostek nadzoru. To również kolejny, wyraźny dowód na efektywność samej technologii TITAN, świadczący o tym, jak potężne jest właściwe narzędzie we właściwych rękach.

Literatura

- [1] „Projekt technologiczno-warsztatowy na wykonanie suchego wykopu dla Muzeum II Wojny Światowej w Gdańsku”. Soletanche Polska Sp. z o.o., wrzesień 2012.
- [2] „Projekt technologiczno-warsztatowy wykonania mikropali kotwiących korek betonowy”. Aarsleff Sp. z o.o., listopad 2013.
- [3] Informacje ze strony internetowej www.muzeum1939.pl.



PALE

PRZEMIESZCZENIOWE

tekst i zdjęcia: **GOLLWITZER POLSKA Sp. z o.o.**

Technologie palowe są stosowane w budownictwie od czasu wprowadzenia posadowienia głębokiego. Współcześnie klasyfikacje pali uwzględniają specyfikę technologii, oddziaływania na ośrodek gruntowy, materiał, z którego formuje się pale [1]. Obowiązujące normy wprowadzają podział na pale wiercone [2] oraz przemieszczeniowe [3]. Artykuł prezentuje wybraną grupę technologii pali przemieszczeniowych, znanych jako pale SDP (*Soil Displacement Piles*), pale FDP (*Full Displacement Piles*) lub kolumny CMC (*Controlled Modulus Column*) [4]. Różnice polegają na konstrukcji świrdrów, kierunku obrotów przy pograżaniu i unoszeniu wiertła, stosowaniu traconej końcówki, formowaniu trzonu pala w formie prostego walca lub śruby.

Opis technologii

Pale przemieszczeniowe wykonuje się za pomocą wiertła, na które przekazywane jest jednocześnie działanie momentu obrotowego oraz statycznej siły wciskającej. Oddziaływania te wymuszają pograżanie się wiertła w podłożu oraz przemieszczenie gruntu na boki w trakcie wiercenia, bez transportu urobku.



Ryc. 1. Świder do wykonywania kolumn CMC

Typowa głowica przemieszczeniowa (wiertło) do wykonania kolumn CMC składa się z następujących części: świdra wstępnego, buławy dogęszczającej, świdra dogęszczającego oraz stalowej żerdzi wiertnicy (ryc. 1 i 2).

Dolna część wiertła: świder wstępny jest uzwojony, co ułatwia pograżanie w gruncie. Buława dogęszczająca oraz świder dogęszczający w środkowej części rozpychają grunt w trakcie wiercenia oraz wyciągania wiertła. Żerdź wiertnicy stanowi jednocześnie rdzeń świdra wstępnego.

Po osiągnięciu przez wiertło projektowanej rzędnej następuje formowanie pala. Pompowana jest mieszanka betonowa pod ciśnieniem przy jednoczesnych obrotach i unoszeniu wiertła do góry.

Buława dogęszczająca powoduje ponowne przemieszczenie gruntu wokół poboczniczy pala.

Po zakończeniu etapu betonowania montuje się zbrojenie pala.

Przykładowe parametry technologiczne wykonywania kolumn betonowych CMC o średnicy $D = 0,36$ m wynoszą:

- średnica świdra 360 mm,
- maksymalna prędkość obrotowa podczas wiercenia 26–27 obr./min,
- maksymalny moment obrotowy 83 kNm,
- maksymalna siła docisku uzyskiwana przy pomocy kafara 150 kN,
- prędkość wępu do ośrodek gruntowy do 80 cm/min,
- ciśnienie podawania mieszanki betonowej
 - a) podczas formowania stopy pala 2,5–3 MPa
 - b) podczas podciągania świdra ok. 1–1,5 MPa.

Pale przemieszczeniowe można stosować w różnego rodzaju warunkach gruntowych: luźnych piaskach, miękkoplastycznych glinach, gruntach organicznych oraz w gruntach pochodzenia antropogenicznego.

Wzdłuż poboczniczy i pod podstawą pala zachodzi dogęszczenie gruntu, co zwiększa nośność pala. Ograniczenia występują dla gruntów spoistych twardoplastycznych, półzwardych i zwartych oraz niespoistych średnio zagęszczonych i zagęszczonych. W przypadku ich przewarstwienia gruntami zagęszczalnymi urobek z warstw mocniejszych jest przemieszczany do warstw słabszych.



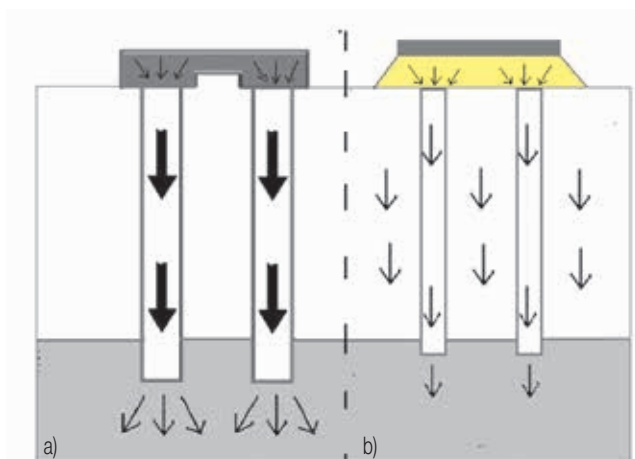
Ryc. 2. Palownica w trakcie wykonywania kolumn CMC

Dobór parametrów mieszanki betonowej pozwala na osiągnięcie projektowanego stosunku sztywności kolumny (pala) do otaczającego gruntu.

W zależności od założeń projektowych można uzyskać kompozyt gruntu oraz kolumn, które współpracują jako zhomogenizowana struktura o zwiększonej nośności lub sztywne pale fundamentowe przejmujące całe obciążenie.

Projektowanie kolumn CMC

Kolumny CMC projektuje i wykonuje się tak, aby nastąpiła dystrybucja obciążeń na grunt (od 5 do 40% obciążeń) i na kolumny [5]. Gdy kolumny pracują w grupie, to zadanie może być modelowane jako płaski stan odkształcenia lub zadanie osiowo-symetryczne [5]. Obciążenie przekazywane jest na



Ryc. 3. Przekazywanie obciążeń na grunt przez a) pale, b) kolumny CMC

kolumny za pomocą warstwy gruntu nasypowego. Różnice w sposobie przekazywania obciążeń na pale fundamentowe oraz kolumny CMC przedstawiono na rycinie 3.

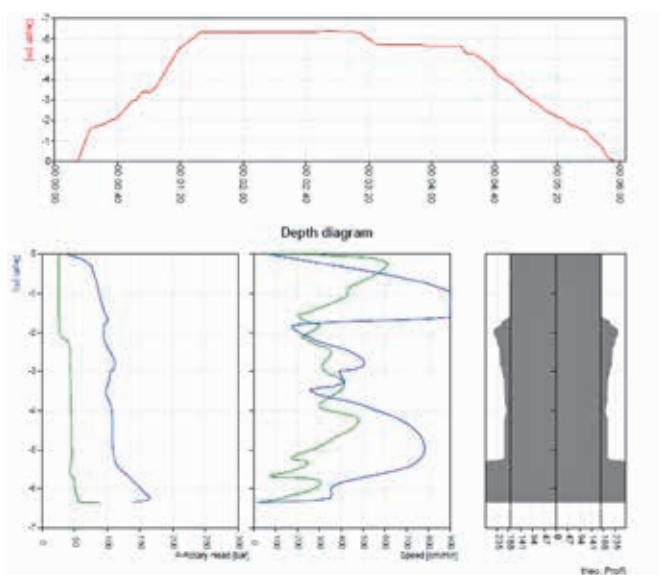
Zgodnie z zaleceniami normy [6], podstawową metodą projektowania pali są próbne obciążenia statyczne. Obliczenia nośności na podstawie sondowań CPT oraz metod analitycznych uzupełniają możliwości projektowania.

Badania kontrolne

Stosowany sprzęt zapewnia pełny monitoring oraz analizę bieżących pomiarów dokonywanych w trakcie wiercenia oraz betonowania kolumn (ryc. 4 i 5.).



Ryc. 4. Monitoring wykonywania kolumn CMC



Ryc. 5. Parametry kolumny rejestrowane w trakcie wykonywania



Ryc. 6. Stanowisko do próbnych obciążeń statycznych: a) montaż, b) w trakcie badania

Rejestrowane są parametry pograżania lub unoszenia wiertła, długość kolumny, ciśnienie i wydatek betonu.

Badania ciągliwości kolumn betonowych można wykonać metodą niskoenergetyczną PIT, która polega na pomiarze czasu powrotu fali akustycznej odbitej od podstawy pala. Analiza otrzymanych sygnałów pozwala na wykrycie ewentualnych uszkodzeń kolumny.

Badania nośności kolumn przeprowadza się za pomocą próbnych obciążeń statycznych. Ze względu na brak zbrojenia kolumn CMC stosuje się stanowiska balastowe (ryc. 6).

Charakter funkcji przemieszczenie – obciążenie jest typowy dla pali przemieszczeniowych (ryc. 7).

Podsumowanie

Główne zalety technologii pali przemieszczeniowych stanowią względy ekologiczne, ekonomiczność oraz nośność pali i jednoczesne wzmocnienie podłoża.

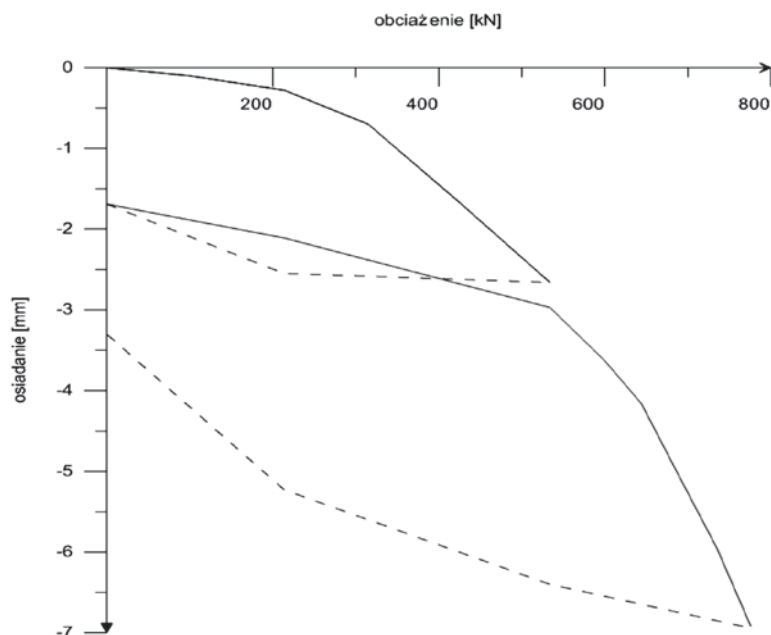
Zalety ekologiczne to brak urobku w trakcie formowania kolumny, nie występują wibracje i hałas oddziałujące na otoczenie budowy.

Zalety ekonomiczne polegają na mniejszym zużyciu betonu w porównaniu do pali wierconych o tej samej średnicy, wysokiej nośności pali, dużej wydajności wykonywania. Wydajność jest uzależniona od warunków gruntowych, długości pali.

Dogęszczanie gruntu dookoła poboczniczy pala poprawia warunki posadowienia dzięki zmniejszeniu ściśliwości ośrodka kolumny – grunt w skali globalnej, pozwala wykorzystać warstwy słabe i osiągnąć wysokie nośności pali.

Technologia pali przemieszczeniowych jest uniwersalna ze względu na możliwość stosowania w gruntach ściśliwych, organicznych, antropogenicznych.

Mimo wymienionych zalet technologia nie jest rozpowszechniona wśród projektantów z powodu braku zaleceń w zakresie obliczania nośności pali oraz złożonego sposobu przekazywania obciążeń.



Ryc. 7. Wyniki próbnego obciążenia kolumny CMC, $\varnothing = 360$

Literatura

- [1] Gwizdała K.: *Fundamenty palowe. Technologie i obliczenia*. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa 2010.
- [2] PN-EN 1536:2001 *Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Pale wiercone*.
- [3] PN-EN 12699:2003 *Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Pale przemieszczeniowe*.
- [4] Stilger-Szydło E.: *Posadowienia budowli infrastruktury transportu lądowego. Teoria – projektowanie – realizacja*. DWE. Wrocław 2005.
- [5] Varaksin S., Hamidi B., Racinais J.: *The thin line between Deep Foundation and Soil Improvement*. IS-GI. Brussels 2012. Organised by TC 211 of ISSMGE TC 211 International Symposium & short courses Recent Research, Advances & Execution Aspects of GROUND IMPROVEMENT WORKS.
- [6] PN-EN 1997-1:2008/Ap1:2010 Eurokod 7. *Projektowanie geotechniczne. Cz. 1. Zasady ogólne*.





Autostrada-Polska 2015

tekst: TARGI KIELCE SA, zdjęcia: NBI MEDIA

XXI Międzynarodowe Targi Budownictwa Drogowego *Autostrada-Polska*, które jednocześnie z wystawami *Maszbud*, *Rotra*, *Traffic-Expo-Til* i debiutującym *Europarkingiem* od 13 do 15 maja 2015 r. odbyły się w Targach Kielce, udowodniły po raz kolejny, że lider jest tylko jeden. Kieleckie święto budownictwa to w tym roku ponad 400 wiodących firm z 22 krajów całego świata, które zaprezentowały swoją ofertę na powierzchni niemal 20 tys. m². Ich ekspozycję obejrzało ponad 15 tys. profesjonalnych zwiedzających.

Autostrada-Polska tradycyjnie była miejscem wielu ważnych rozmów i spotkań. Wśród nich znalazł się *Kongres innowacji infrastrukturalnych*, zorganizowany w ramach cyklu *Konferencje specjalistyczne nauka – praktyka – biznes*. Podczas *Kongresu* zaprezentowano najnowocześniejsze produkty i technologie stosowane w branżach drogowej, mostowej i dziedzinach pokrewnych.

Jak co roku, wystawie towarzyszył zorganizowany przez Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego *Salon kruszyw*, w ramach którego odbyła się interesująca debata *Pełne wykorzystanie surowców*. Podczas targów nie zabrakło rozmów dotyczących umów na roboty budowlane, na temat dróg betonowych czy bezpieczeństwa technicznego maszyn i żurawi.

Udział w tegorocznych targach wzięło też Ministerstwo Gospodarki, które przygotowało projekt ustawy o wspieraniu popularnych metod rozwiązywania sporów. Założenia ustawy zostały oficjalnie zaprezentowane i komentowane w czasie spotkania *Mediacje gospodarcze – nowa jakość w biznesie*. Tegorocznym Targom Budownictwa Drogowego po raz pierwszy towarzyszył Międzynarodowy Salon Techniki Parkingowej *Europarking*. Podczas wystawy zaprezentowano m.in. rozwiązania z zakresu systemów kierowania ruchem, monitoringu czy telewizji przemysłowej. Można było poznać tajniki konstrukcji parkingów oraz kształtowania ich nawierzchni.

Targi Autostrada-Polska

Wyróżnienia

- za elektryczny pojazd platformowy transportowy EWTP-0.02 dla Agro-Techma Dorota Piszczór z Koźmina Wlkp.,
- za Envia TRP dla firmy Pureco Ltd. z Budapesztu,
- za technologię nawierzchni z betonu wałowanego (RCC-Roller Compacted Concrete) dla Lafarge Cement SA z Małogoszczy,
- za aluminiową balustradę mostową zabezpieczającą ruch pieszo-rowerowy dla PHUP Stal-Bud Sp. j. R. Syta, E. Kajetanowicz ze Skoczowa;

Medale

- za rozkładarkę mas bitumicznych Dynapac SD2550C dla Atlas Copco Polska Sp. z o.o. z Warszawy,
- za mobilny granulator destruktu Typ MBRG 2000 dwupokładowy dla firmy Wirtgen z Poznania,
- za koparkę kołową Volvo EW160 E dla Volvo Maszyny Budowlane Polska Sp. z o.o. z Młochowa;

Targi Maszbud

Wyróżnienie za kamerę 3D do wczesnej detekcji kolizji dla maszyn mobilnych i pojazdów specjalistycznych dla IFM Elektronik Sp. z o.o. z Katowic;

Medal za Elkon Mobile Master 150 elephant z mieszalnikiem 6750/4500 RCC dla Elkon Polska Sp. z o.o. z Dawidów Bankowych;

Targi Traffic-Expo-Til

Wyróżnienie za sterownik sygnalizacji świetlnej Geneo-Traffdrone dla firmy Techvision z Tarnobrzega;

Medale

- za barierę drogową Megarail SK dla Saferoad RRS Polska Sp. z o.o. z Gdańska,
- za kartę detekcji wizyjnej TDV-2.1 dla Techvision z Tarnobrzega;

Targi Rotra

Wyróżnienie za nowoczesną zabudowę half-pipe dla firmy KH-Kipper Sp. z o.o. z Kajetanowa;

Targi Europarking

Wyróżnienia

- za ogólnodostępną stację ładowania pojazdów elektrycznych zintegrowaną z systemem płatnego parkowania dla Stadtraum Polska Sp. z o.o. z Poznania,
- za system naprowadzania na wolne miejsca parkingowe Fastpark dla City Parking Group SA z Grudziądza;

Wyróżnienia Targów Kielce SA za aranżację stoiska

Kieleckie Kopalnie Surowców Mineralnych SA z Kielc, KTC Polska Sp. z o.o. z Bielska-Białej, Lotos Asphalt Sp. z o.o. z Gdańska, MSR Traffic Sp. z o.o. z Przemierowa, PKP Cargo SA z Warszawy, Projekt Parking Sp. z o.o. z Poznania, Saferoad RRS Polska Sp. z o.o. z Gdańska, Total Polska Sp. z o.o. z Warszawy, Vattenfall Europe Mining AG z Niemiec, Viacon Polska Sp. z o.o. z Rydzyny;

Medale Targów Kielce za aranżację stoiska

KGHM Metraco SA z Legnicy, Orlen Asphalt Sp. z o.o. z Płocka, Trzuskawica SA z Sitkówki, Zakłady Produkcji Kruszyw Rupińscy Sp. j. z Szumowa.



III Śląskie Forum Drogownictwa

tekst i zdjęcia: **TOMASZ ORŁOWSKI**, Polski Kongres Drogowy

Śląskie Forum Drogownictwa (ŚFD) od pierwszej edycji, która miała miejsce w 2013 r. w Piekarach Śląskich, zdobyło sobie rangę jednego z najważniejszych spotkań drogowców nie tylko z tego regionu, poświęconych technicznemu aspektowi utrzymania dróg. Dużą zasługę ma tu Zarząd Dróg Wojewódzkich w Katowicach, który przoduje we wdrażaniu nowatorskich rozwiązań na swoich drogach.



Podczas Forum podpisane zostało porozumienie o współpracy między Konwentem Dyrektorów Zarządów Dróg Wojewódzkich, którego przewodniczącym jest dyrektor Zbigniew Tabor, a Ogólnopolską Izbą Gospodarczą Drogownictwa, którą reprezentowali prezydent Adam Kulikowski i p.o. prezesa zarządu Barbara Dzieciuchowicz



Gratulując sygnatariuszom porozumienia, uczestniczący w obradach Forum prezes Polskiego Kongresu Drogowego Zbigniew Kotlarek powiedział, że stanowi ono budujący przykład szukania partnerskich relacji między rynkiem wykonawczym a zamawiającymi. Drogi wojewódzkie są ważną częścią sieci drogowej (jest ich o ok. 50% więcej niż krajowych), a samorządy wojewódzkie przeznaczają znaczne kwoty na ich modernizację i budowę nowych odcinków. PKD zawsze będzie popierał porozumienia pozwalające budować atmosferę zaufania i współpracy między różnymi częściami środowiska drogowego – dodał prezes Kotlarek

Cechą charakterystyczną ŚFD jest jego techniczny charakter – to okazja do zapoznania się z najnowszymi technologiami i rozwiązaniami wdrażanymi w drogownictwie: w budowie i utrzymaniu dróg, zarządzaniu drogami i inżynierii ruchu. W tym roku Forum obradowało 15–16 kwietnia w Bielsku-Białej, a jego zakres tematyczny obejmował przede wszystkim nowoczesne technologie stosowane w zarządzaniu drogami oraz nawierzchnie drogowe, w tym asfalty wysokomodyfikowane.

Elektroniczne narzędzia, jak wideorejestracja pasa drogowego, zdjęcia fotogrametryczne czy złożone aplikacje wykorzystujące relacyjne bazy danych, to już codzienność w pracy zarządców dróg wyższych kategorii. Zmiany w wykorzystaniu zaawansowanych technologii następują bardzo szybko. Rok temu podczas II Śląskiego Forum Drogownictwa firma Eurosystem pokazała możliwości, jakie dają drony (bezzałogowe systemy latające) w dokumentowaniu fotograficznym dróg i ich otoczenia. W tym roku Zarząd Dróg Wojewódzkich w Katowicach przedstawił już efekty uruchomionego programu pilotażowego, który miał sprawdzić przydatność opracowań powstałych za pomocą rejestracji fotograficznej z dronów do zadań związanych z szeroko pojętą ewidencją dróg, w tym oznakowania pionowego i poziomego. Zachęcające były zwłaszcza niskie koszty w porównaniu do tradycyjnej fotogrametrii lotniczej – powiedział Bogdan Modrzewski z Referatu Geodezji ZDW w Katowicach. Dodatkowym celem było uzupełnienie zasobów Elektronicznej Bazy Danych Przestrzennych ZDW w Katowicach o ortofotomapę wysokiej rozdzielczości dla obszarów o słabym bądź nieaktualnym pokryciu oraz o dane poszerzające zakres dostępnych informacji dotyczących parametrów pasa drogowego – profil podłużny i charakterystyczne przekroje poprzeczne oraz model 3D z możliwością generowania przekrojów. W wyniku realizacji projektu uzyskano wiele cennych danych i potwierdzono zalety fotografii robionych przez drony: szybkość opracowania, brak utrudnień w ruchu drogowym, wysoka jakość

i szczegółowość ortofotomapy, pozyskanie wysokiej jakości materiału wyjściowego do wykonania ewidencji oznakowania poziomego i pionowego, pozyskanie wysokiej jakości materiału wyjściowego do wykonania aktualizacji ewidencji pasa drogowego.

ZDW w Katowicach przoduje w kraju pod względem stosowania nowoczesnych technologii. Ich podstawą są relacyjne bazy danych, tworzone już od kilkunastu lat. Na początku były one stosunkowo proste (w 2003 r. wdrożono programy Ewidencja Poczty oraz Ewidencja Kosztów – wspólna baza danych), następnie wdrażano bardziej skomplikowane oprogramowanie do ewidencji dróg SIB View 5 (system korzysta z danych z wideorejestracji pasa drogowego, profili tematycznych), powstała baza do Zajęcia Pasa Drogowego, w 2009 r. wdrożono bazę Ewidencji Geodezyjnej, która do tej pory była w arkuszu kalkulacyjnym. Kolejnym etapem – powiedział Aleksander Łuczyc z katowickiego ZDW – było utworzenie w 2011 r. Elektronicznej Bazy Danych Przestrzennych, która została połączona z bazą Ewidencji Geodezyjnej i wideorejestracją pasa drogowego. W tym samym roku nastąpiło wdrożenie systemu informatycznego Droga Online (system korzysta z baz danych, m.in. danych z wideorejestracji pasa drogowego, oceny stanu technicznego i ewidencji dróg). W roku 2014 wdrożono Ewidencję Oznakowania, również połączoną z wideorejestracją pasa drogowego.

Podobne rozwiązania zaczynają również stosować inne zarządy dróg. Firma Geopolis przedstawiła opracowany przez siebie system ERGO do zarządzania infrastrukturą drogową, który wdraża we współpracy z Zarządkiem Dróg Wojewódzkich w Bydgoszczy. Natomiast spółka Designers promowała swój wieloskładnikowy system eDIOM, także wykorzystywany w wielu Zarządach Dróg. W dyskusji na temat poszczególnych zastosowań pokazywano również systemy oferowane przez takie firmy, jak 3M, Heller Consult czy Lehmann + Partner. Choćby to wyliczenie pokazuje, jak bardzo efektywne zarządzanie infrastrukturą transportową wymaga dziś stosowania zaawansowanych rozwiązań informatycznych. Chociaż – co zauważył, podsumowując dyskusję, dyrektor ZDW w Katowicach Zbigniew Tabor – zawsze będą one tylko wspomagały człowieka. W zarządzaniu drogami najważniejsze pozostanie działanie ludzi – to, jakie zostaną stworzone ramy organizacyjne i finansowe i jaki będzie poziom wiedzy pracowników administracji drogowej.

10 lat działalności Polskiego Kongresu Drogowego

tekst i zdjęcia: **TOMASZ ORŁOWSKI**, Polski Kongres Drogowy

Kulminacją obchodów przypadającego w tym roku jubileuszu 10-lecia wznowionej działalności stowarzyszenia Polski Kongres Drogowy było spotkanie jego członków i sympatyków, które odbyło się 13 maja, w dniu otwarcia Targów Budownictwa Drogowego *Autostrada-Polska* w Kielcach.



Pamiątkowe zdjęcie uczestników Forum ENRA w Warszawie

W głównej sali Centrum Kongresowego Targów Kielce zorganizowano specjalne seminarium jubileuszowe PKD. Historię PKD i tradycje, do których nawiązuje, przypomniał na wstępie prezes zarządu stowarzyszenia Zbigniew Kotlarek. Idea powołania Polskiego Kongresu Drogowego została sformułowana po raz pierwszy 90 lat temu – w czerwcu 1925 r. na VIII Zjeździe Inżynierów Drogowych w Warszawie. Pierwszy Kongres zebrał się ostatecznie w roku 1928, a do wybuchu wojny odbyły się łącznie cztery takie wydarzenia. Organizujące je Stowarzyszenie Członków Polskich Kongresów Drogowych za swoją misję uznało „przyczynianie się do rozwoju sprawy drogowej w Polsce przez zarządzanie Polskich Kongresów Drogowych i związanych z nimi pokazów, wystaw i wycieczek, oraz przez wydawnictwa doraźne i periodyczne”.

Ta tradycja była dobrze znana w środowisku drogowym – przypomniał Zbigniew Kotlarek. Kiedy więc jesienią 2004 r. podczas I Forum Zarządców Drogowych rzucono hasło ponownego zorganizowania się środowiska, oczywiste wydawało się nawiązanie do Polskich Kongresów Drogowych. W kwietniu 2005 r. zostało ponownie zarejestrowane stowarzyszenie Polski Kongres Drogowy. Powstała w ten sposób szeroka, apolityczna platforma współdziałania osób zainteresowanych zapewnieniem Polsce dróg o jak najwyższym standardzie – podkreślił prezes stowarzyszenia.

Podczas uroczystości wręczone zostały po raz pierwszy honorowe wyróżnienia stowarzyszenia – Zasłużony dla Sprawy Drogowej. Jego nazwa nawiązuje do przytoczonej wyżej misji Kongresów Drogowych sprzed wojny. Uehonorowani zostali w ten sposób: Konrad Jabłoński, prof. Ryszard Krystek, Zygmunt Pater i Kazimierz Strach. To forma podziękowania dla najgodniejszych z nas wszystkich – powiedział, wręczając statuetki, prezes PKD Zbigniew Kotlarek.

Konrad Jabłoński położył wielkie zasługi we współtworzeniu przepisów normalizacyjnych i przepisów technicznych dotyczących budowy i utrzymania dróg. Jest autorem koncepcji ogólnych specyfikacji technicznych i wielu dokumentów dotyczących nawierzchni drogowych oraz utrzymania dróg. Prof. Ryszard Krystek w okresie pracy na Politechnice Gdańskiej rozpoczął w Polsce poważne prace naukowe z zakresu bezpieczeństwa ruchu drogowego. W latach 90. kierował zespołem, który przygotował *Zintegrowany program poprawy bezpieczeństwa ruchu drogowego w Polsce*, znany jako GAMBIT 96, a później GAMBIT 2000. Zygmunt Pater to zasłużony budowniczy mostów. Pracował w wielu przedsiębiorstwach, ale dziełem jego życia jest bez wątpienia przekształcona w spółkę na początku lat 90. firma Mosty-Łódź, jedna z nielicznych polskich w sensie kapitałowym firm w branży budownictwa drogowo-mostowego. Kazi-

mierz Strach to postać legendarna wśród drogowców Pomorza Środkowego. Najdłużej przepracował w administracji drogowej w Koszalinie, w tym jako dyrektor Wojewódzkiego Zarządu Dróg Publicznych, a potem Dyrekcji Okręgowej Dróg Publicznych.

Uroczystościom PKD towarzyszyła wystawa *Drogowe dekady*, poświęcona historii i dokonaniom Polskiego Kongresu Drogowego, rozwojowi Targów *Autostrada-Polska* i niekwestionowanym sukcesom drogownictwa w ostatnich latach. Wystawa została zorganizowana we współpracy z Generalną Dyrekcją Dróg Krajowych i Autostrad i Konwentem Dyrektorów Zarządów Dróg Wojewódzkich. Pokazuje przykłady ciekawych realizacji GDDKiA oraz Zarządów Dróg Wojewódzkich w Krakowie, Olsztynie, Opolu i Poznaniu, które zmieniły krajobraz Polski. Wystawa będzie pokazywana także podczas innych tegorocznych imprez PKD.

Innym elementem obchodów jubileuszu PKD było Forum Krajowych Stowarzyszeń Drogowych (European National Road Associations Forum), które obradowało w Warszawie 12 maja. W tym roku Polski Kongres Drogowy został przyjęty w charakterze członka stowarzyszonego do Federacji Drogowej Unii Europejskiej (ERF). Do Warszawy przyjechali przedstawiciele władz ERF oraz kilku krajowych stowarzyszeń drogowych, odpowiedników PKD. Gościem seminarium był przewodniczący sejmowej Komisji Infrastruktury Stanisław Żmijan, jeden z 19 członków-założycieli PKD.

Tematem drugiej roboczej sesji Forum były kwestie bezpieczeństwa ruchu drogowego. Prof. Ryszard Krystek i prof. Andrzej Zalewski zaprezentowali referat *Zagrożenie zdrowia i życia niechronionych uczestników ruchu drogowego w Polsce na tle innych krajów Unii Europejskiej*. Jest to palący problem, bo w Polsce udział pieszych wśród ofiar śmiertelnych wypadków drogowych przekracza 40% i jest najwyższy w Europie. Natomiast Konstandinos Diamandouros z ERF omówił wyzwania w obszarze bezpieczeństwa drogowego na poziomie UE z perspektywy infrastruktury, w tym działalność grup roboczych ERF zajmujących się różnymi aspektami bezpieczeństwa. W ich pracach w przyszłości będą uczestniczyć również przedstawiciele PKD.





Temat specjalny

Prefabrykaty w budownictwie INFRASTRUKTURALNYM

tekst: **MARIAN KOWACKI**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne

Beton jest najczęściej stosowanym materiałem budowlanym na świecie, mimo to jego znaczenie zbyt często jest pomijane. Tymczasem przemysł prefabrykacji betonowej ma wiele do zaoferowania architektom, inwestorom, klientom, finansistom, ubezpieczycielom i środowisku. Prefabrykacja to szerokie spektrum wyrobów wytwarzanych fabrycznie, poczynając od masowo produkowanych bloczków chodnikowych, a kończąc na masywnych elementach produkowanych na zamówienie. Ich zastosowanie w budownictwie infrastrukturalnym oraz w branży wodociągowo-kanalizacyjnej znacząco wpływa na usprawnienie prac budowlanych, a tym samym skrócenie czasu realizacji obiektów.

fol. Oliver Sved – Fotolia.com



Idea prefabrykacji betonowej w budownictwie sięga czasów rzymskich, jednak za początki współczesnej prefabrykacji można uznać początki żelbetu, za datę graniczną przyjmując rok 1867, w którym Joseph Monier, ogrodnik miasta Paryża, opatentował siatkobetonowe donice – pierwsze współczesne prefabrykaty. W Polsce rozwój prefabrykacji w zakresie infrastruktury drogowej i technicznej przypadł na początek XX w. i lata międzywojenne – w 1939 r. istniało w Polsce niemal 200 wytwórni betonowych.

Pojęcie prefabrykacji w budownictwie oznacza proces wcześniejszego wytwarzania elementów konstrukcyjnych, które są łączone podczas montażu, tworząc w efekcie obiekt budowlany. Prefabrykacja odnosi się także do:

- podziału budowli na części i elementy funkcjonalne – specjalizowane,
- podziału i specjalizacji wykonawstwa obejmującego produkcję, transport i montaż elementów,
- specjalizacji zastosowania materiałów i mechanizacji robót w produkcji, transporcie i montażu,
- ograniczenia robót na budowie do montażu i łączenia części i elementów specjalizowanych [1].

Klasyfikacja i rodzaje prefabrykatów

Klasyfikacji betonowych wyrobów prefabrykowanych można dokonać ze względu na wiele kategorii, w zależności od zastosowania w budownictwie, kształtu, stopnia wykończenia, rodzaju rozwiązania konstrukcyjnego lub materiałowego. Według kryterium rozmiaru i masy elementów wyróżnia się prefabrykaty drobnowymiarowe (o masie do 200 kg), średniowymiarowe i wielkowymiarowe (przekraczające 3–5 t). Ze względu na kształt będą to elementy prętowe, płytowe, blokowe, rurowe i przestrzenne. Pod kątem przeznaczenia funkcjonalno-użytkowego wymienia się elementy konstrukcyjne, konstrukcyjno-użytkowe, osłonowe, konstrukcji wsporczych, urządzeń technologicznych oraz budowlano-architektoniczne. Z uwagi na kryterium rozwiązań konstrukcyjnych elementy prefabrykowane dzielą się na betonowe niezbrojone, zbrojone i sprężone. Różnicowanie budowy wewnętrznej dzieli je na te o budowie przekroju poprzecznego, zbrojenia elementów, rozwinięcia powierzchni elementów przy stałych gabarytach



Jakie korzyści wynikają ze stosowania prefabrykatów w budownictwie mostowym i infrastrukturalnym?

Prefabrykacja ma ogromne możliwości zastosowania we wszystkich segmentach budownictwa takich jak: publiczne, mieszkaniowe, przemysłowe, infrastrukturalne i inne. Należy podkreślić istotę tej technologii, która dąży do optymalizacji procesu budowlanego i prowadzi do znajdowania efektywnych metod realizacji zadania przy jednoczesnym zachowaniu walorów estetycznych i użytkowych obiektu. Celem prefabrykacji jest: skrócenie czasu realizacji, zmniejszenie liczby procesów na budowie, minimalizacja ilości konstrukcji [m^3/m^2], podniesienie poziomu jakości, wielokrotność zastosowania. Dzięki swoim zaletom elementy prefabrykowane znalazły szerokie zastosowanie w budowie infrastruktury drogowej i kolejowej takiej jak: wiadukty, mosty, przepusty drogowe. Popularne zastosowanie znalazły belki mostowe znane od dawna typu „KUJAN”, czy „KUJAN NG” oraz nowsze rozwiązania belki typu „T” zwiększające rozpiętości do 33 m, czy typu IG do 42 m. Zastosowanie belek sprężonych daje możliwość prowadzenia robót nad czynnymi ciągami komunikacyjnymi z wyłączeniem ruchu jedynie na krótki czas montażu. Innym popularnym wyrobem są prefabrykowane przepusty drogowe o dużych rozmiarach, których zastosowanie w nasypach dróg umożliwi przejście zwierzętom, uregulowanie przepływu wód opadowych czy drobny ruch lokalny. Inne elementy jak ściany oporowe czy okładziny przyczółków mostowych pozwalają na uzyskanie estetycznych powierzchni o wysokiej odporności na czynniki atmosferyczne. Proces produkcji prefabrykatów prowadzony na nowoczesnych stanowiskach z zastosowaniem ścisłego reżimu technologicznego w halach niezależniących od warunków atmosferycznych pozwala na osiągnięcie specyficznych wyrobów o doskonałej jakości i dokładności.

Ireneusz Janik,
wiceprezes Stowarzyszenia Producentów Betonów

Autostradowa Obwodnica Wrocławia – ekran akustyczny, fot. Stowarzyszenia Producentów Betonów





Węzeł drogowy Żelazna – Żytnia w Kielcach, belki strunobetonowe typu T, fot. Stowarzyszenia Producentów Betonów

Jakie cechy elementów prefabrykowanych są szczególnie istotne z punktu widzenia potrzeb budownictwa infrastrukturalnego?

Budownictwo infrastrukturalne jest jednym z segmentów sektora budowlanego, który podlega dynamicznemu rozwojowi. Obiekty inżynierskie w ciągu dróg są przykładem, gdzie ze względu na powtarzalność elementów prefabrykaty cieszą się dużym zainteresowaniem. Bogactwo dostępnych skatalogowanych elementów oraz indywidualnych rozwiązań umożliwia swobodne kształtowanie przęseł mostów, wiaduktów drogowych i kolejowych czy kładek dla pieszych i przejść dla zwierząt. Możliwość dodatkowego sprefabrykowania pozostałej armatury budownictwa infrastrukturalnego uzupełnia proces inwestycyjny. Najnowsze doświadczenia w dziedzinie prefabrykacji umożliwiają łączenie różnych technologii w jednym elemencie, co pozwala na jeszcze większą swobodę projektowania oraz ekonomię realizacji.

Mówiąc o istotnych cechach elementów prefabrykowanych z punktu widzenia potrzeb budownictwa infrastrukturalnego, trzeba wziąć pod uwagę m.in. następujące aspekty. Po pierwsze, czy wytwarzane prefabrykaty spełniają wymagania określone w normach, po drugie, czy poszczególne partie są poddawane cyklicznej kontroli w uprawnionych do tego ośrodkach, i wreszcie, czy producent stosuje nowoczesne technologie. Ważną kwestią do rozważenia, przy wcześniejszym uwzględnieniu powyższych aspektów, jest również ekonomika produkcji, zważywszy na dużą konkurencję na lokalnych rynkach.

Maciej Cichy,
prezes zarządu PBU Gomibud Sp. z o.o.

zewnętrznych. Z uwagi na zastosowane rozwiązanie materiałowe elementy prefabrykowane różnią się ze względu na rodzaj materiału podstawowego i wykończeniowego. Klasyfikacja ze względu na stopień wykończenia dzieli je na elementy o stanie surowym powierzchni, z powierzchnią wykończoną, wymagające dodatkowych powłok oraz w pełni lub częściowo wyposażone w dodatkowe akcesoria [2].

Liczne możliwości zastosowania

Pod pojęciem budownictwo infrastrukturalne kryją się budowle związane z infrastrukturą techniczną i transportową. Są to często obiekty liniowe złożone z dużej liczby powtarzalnych elementów, gdzie wykorzystanie prefabrykacji jest szczególnie zasadne i pożądane. W obiektach mostowych oraz kładkach dla pieszych lub przejściach podziemnych wykorzystywane są prefabrykaty wielkowymiarowe. Często spotykanymi elementami konstrukcji są obiekty w kształcie litery T lub łukowe, a także pozwalające na uzyskanie ok. 20 m rozpiętości prefabrykaty belkowe typu Kujan. Poza konstrukcjami mostów i wiaduktów powszechnie produkuje się także elementy uzupełniające, takie jak kapy mostowe, bariery rozdzielające, deski gzymsowe, zabezpieczenia przyczółków itp.

Prefabrykaty wielkowymiarowe stosuje się również przy wykonywaniu obudów tuneli. Przykładem może być tunel II linii metra w Warszawie, gdzie każdy segment obudowy tunelu o średnicy ok. 6 m i szerokości 1,5 m składa się z sześciu elementów powłokowych o masie 4–5 t oraz mniejszego klucza zamykającego obwód segmentu. Szczególnie trudnym wyzwaniem jest produkcja segmentów w zindywidualizowanych formach z uwagi na bardzo małe tolerancje wymiarowe tych prefabrykatów, stanowiące warunek właściwego montażu.

Drobnowymiarowe elementy, takie jak podkłady sprężone lub żelbetowe, znajdują powszechne zastosowanie w konstrukcji dróg szynowych. Z kolei elementy średnio- lub wielkowymiarowe w tego typu konstrukcjach występują w postaci płyt

torowiskowych, które stosowane są głównie w budowie linii tramwajowych.

Elementami prefabrykowanymi w instalacjach zaopatrzenia w wodę są rury ciśnieniowe, w których woda płynie, wykorzystując pełny przekrój elementu. Temu rodzajowi prefabrykatów stawia się liczne wymagania związane ze szczelnością i trwałością w warunkach ciśnienia roboczego wody wynoszącego od 0,5 do 2 MPa. Oprócz produkowanych w Polsce rur o średnicy do 1,6 m, sprężonych podłużnie i obwodowo, istnieje wiele innych systemów rur ciśnieniowych zarówno sprężonych, jak i żelbetowych.

Znacznie szersze niż w przypadku sieci wodociągowych jest spektrum elementów betonowych bezciśnieniowych służących do budowy sieci kanalizacyjnych. Stosowane w tym zakresie rozwiązania często mają charakter systemowy – obejmują różne typy rur oraz elementów uzupełniających, np. studzienek rewizyjnych, zwężek, pokryw. To zróżnicowanie spowodowane jest:

- technologią układania rur (w przypadku wykopu otwartego czy mikrotunelingu stosuje się rury przeciskowe),
- profilem przekroju (wyróżnia się rury okrągłe, gardzielowe, jajowe, z kinetą),
- warunkami użytkowania (mogą to być rury z wkładkami PE-HD, z betonu chemoodpornego),
- gabarytami (rury mogą mieć ponad 350 cm średnicy).

Innymi elementami uzupełniającymi asortyment wyrobów kanalizacyjnych są systemy odwodnień liniowych, których kształty mogą być zróżnicowane.

Równie zróżnicowany jest asortyment elementów obsługi ciągów komunikacyjnych, w którym podobnie jak w przypadku elementów konstrukcji dróg szynowych, dominują wyroby drobnowymiarowe. Wśród elementów średnio- i wielkowymiarowych można wymienić tymczasowe lub stałe bariery drogowe, wyspy, bariery czołowe zlokalizowane np. w otoczeniu punktów poboru opłat na autostradach oraz ekrany akustyczne. Z kolei w budowie obiektów towarzyszących szlakom kolejowym szerokie zastosowanie znajdują ścianki oporowe typu L oraz inne elementy, będące składowymi systemu prefabrykowanych płyt peronowych. Różne typy prefabrykowanych przepustów, odwodnień, a także przejść dla zwierząt znajdują powszechne zastosowanie we wszystkich liniowych ciągach komunikacyjnych [3].

Perspektywy rozwoju i wykorzystania prefabrykatów

Prognozuje się, że jednym z kierunków rozwoju prefabrykacji będzie zwiększenie udziału w ich produkcji materiałów pochodzących z recyklingu (kruszywa do betonu, dodatki do cementu), w tym zwłaszcza niewykorzystywanych dotąd powszechnie w budownictwie spoiw polimerowych pochodzenia mineralnego, tzw. geopolimerów. Taka innowacyjność materiałowa w połączeniu z tradycyjnymi zaletami prefabrykacji mogłaby uczynić z prefabrykacji technologię doskonale wpisującą się w strategię zrównoważonego rozwoju pod kątem ograniczenia energochłonności produkcji oraz zmniejszenia jej śladu węglowego. Osiągnięcie tych parametrów stanie się w najbliższych latach szczególnie istotne w obliczu stopniowo zaostrzanych kryteriów oceny wyrobów budowlanych w odniesieniu do ich oddziaływań na środowisko w trakcie całego cyklu życia wyrobu [1].



FIRMA GOMIBUD ZAJMUJE SIĘ:

PRODUKCJĄ

- prefabrykowanych elementów betonowych, żelbetonowych
- betonu towarowego
- paneli ekranów akustycznych

PROJEKTOWANIEM I WYKONAWSTWEM M.IN.

- konstrukcji stalowych
- budowli infrastruktury drogowej
- obiektów mostowych
- ekranów akustycznych

Wytwarzane produkty wykorzystywane są na prowadzonych inwestycjach oraz wystawiane do ogólnej sprzedaży. Realizujemy wszystkie nietypowe zlecenia klientów.



Jakie cechy elementów prefabrykowanych są szczególnie istotne z punktu widzenia potrzeb budownictwa infrastrukturalnego?

Cały szereg cech prefabrykacji ma duże znaczenie dla rozwoju budownictwa infrastrukturalnego, m.in. ekonomiczność oraz żywotność elementów prefabrykowanych. Rury z betonu i żelbetu przyczyniają się do zmniejszenia opłat za odprowadzanie ścieków oraz utrzymania ich długofalowo na niskim poziomie dzięki długiej żywotności. Są wartościowe ekologicznie z racji energooszczędnej produkcji oraz używania naturalnych materiałów, nadających się do ponownego użytku. Kolejne istotne cechy to stabilność pod względem posadowienia oraz odporność na siły wyporu nawet przy wysokich poziomach wód gruntowych. W parze ze stabilnością idzie wytrzymałość statyczna takich rur oraz ich zdolność do przenoszenia dużych obciążeń, szczególnie przy niskim posadowieniu.

**Tomasz Poloczek,
HABA-Beton Johann Bartlechner Sp. z o.o.**

Prefabrykacja cechuje się taką wielością zalet, że nie sposób ich wszystkich wymieniwać. Jedną z nich jest wytrzymałość konstrukcji prefabrykowanej, która przyrasta w ciągu setek lat od ich zabetonowania. Ponadto wszelkie procesy reologiczne stabilizują się z upływem czasu. Prefabrykaty z betonu są odporne na wpływy korozyjne i mogą być w pełni stosowane w agresywnym środowisku, czego dobitnym przykładem są prefabrykowane elementy falochronów podlegające wpływom dynamicznym i agresji wód morskich. Odpowiednią grubość otuliny zbrojenia zapewnia ścisła kontrola jakościowa podczas procesu produkcyjnego.

Coraz częściej w budownictwie, nie tylko infrastrukturalnym, oczekuje się od betonów wysokiej wytrzymałości, co

można uzyskać w konstrukcjach prefabrykowanych. W przypadku tzw. wczesnego wieku uzyskuje się to z pomocą różnych środków technologicznych, łącznie z betonami samozagęszczalnymi.

Konstrukcje prefabrykowane są odporne na silne uderzenia, stąd ich wykorzystanie jako elementów BRD, gdyż prefabrykaty mogą również absorbować uderzenia pojazdów i redukować ich skutki.

Ponadto elementy prefabrykowane są szczelne przy działaniu deszczu i wszelkiego rodzaju innych opadów. Są odporne na warunki atmosferyczne w okresach zimowych ze zmiennymi cyklami niskich temperatur, co jest istotne zwłaszcza w polskim klimacie. Pod tym względem wyróżniają się na tle innych materiałów, które narażone na podobne zjawiska, szybko ulegają degradacji.

Literatura

- [1] Adamczewski G., Woyciechowski P.: *Prefabrykacja – jakość, trwałość, różnorodność* [online]. Stowarzyszenie Producentów Betonów, Warszawa, październik 2014, z. 1 [dostęp: 19 maja 2015]. Dostępny w Internecie: http://www.s-p-b.pl/sources/Zeszyt_1_PREFABRYKACJA_Jakosc.pdf.
- [2] Borowiecki H.: *Zalety i wady stosowania prefabrykacji w budownictwie* (prezentacja) [online]. Prezi, 27 stycznia 2014 [dostęp: 22 czerwca 2015]. Dostępny w Internecie: <https://prezi.com/fesnf2fk6bck/copy-of-zalety-i-wady-stosowania-prefabrykacji-w-budownictwie/>.
- [3] Adamczewski G., Woyciechowski P.: *Wielkowymiarowe elementy prefabrykowane stosowane w budownictwie infrastrukturalnym*. „Inżynier Budownictwa” 2014, nr 4, dodatek specjalny „Prefabrykaty”, s. 56–60.
- [4] *Książeczka o prefabrykacji. Dlaczego prefabrykacja? Sto korzyści stosowania prefabrykacji* [online]. Federacja Prefabrykacji Betonowej (BPCF) [dostęp: 22 czerwca 2015]. Dostępny w Internecie: http://www.bibm.eu/Documenten/Little-Book_Polish.pdf.

Rura o profilu ramowym, fot. HABA-Beton Johann Bartlechner Sp. z o.o.

Rura z suchą kinetą, fot. HABA-Beton Johann Bartlechner Sp. z o.o.

Rura o profilu jajowym z okładziną PEHD, fot. HABA-Beton Johann Bartlechner Sp. z o.o.



Mosty i wiadukty

ważnym elementem kształtowania krajobrazu

tekst i zdjęcia: **EDYTA KANIUK**, Instytut Badawczy Dróg i Mostów

Instytut Badawczy Dróg i Mostów wraz z Polską Izłą Konstrukcji Stalowych byli organizatorami konferencji *Mosty i wiadukty ważnym elementem kształtowania krajobrazu*, która odbyła się 14 maja 2015 r. podczas targów *Autostrada-Polska* w Kielcach.



Konferencję otworzyli Karol Heidrich – dyrektor generalny Polskiej Izby Konstrukcji Stalowych, Andrzej Mochoń – prezes Targów Kielce SA, oraz prof. Leszek Rafalski – dyrektor Instytutu Badawczego Dróg i Mostów.

Pierwszą sesję rozpoczął prof. Marek Łagoda z IBDiM, wygłaszając prezentację na temat zróżnicowania architektury mostów. Podkreślił, że dobrze zaprojektowane konstrukcje inżynierskie oprócz spełniania swoich funkcji powinny być dostosowane formą do krajobrazu i warunków otoczenia.

Prof. Krzysztof Żółtowski z Politechniki Gdańskiej opowiedział o różnorodności współczesnych metod projektowania mostów.

Mosty wiszące i podwieszane to domena prof. Jana Biliszczuka z Politechniki Wrocławskiej. Prelegent podzielił się swoim bogatym doświadczeniem w projektowaniu i realizacji tego rodzaju obiektów, przedstawił stan obecny oraz perspektywy budowy kolejnych.

Drugi panel rozpoczął Marek Dranikowski z firmy Mostostal Słupca Sp. z o.o., prezes Polskiej Izby Konstrukcji Stalowych, który porównał mosty stalowe z przeszłości i teraźniejszości. Roztoczył także przed słuchaczami wizję konstrukcji przyszłościowych.

W zastępstwie Krzysztofa Lewandowskiego wystąpił Filip Wolski z firmy BBV Systems Sp. z o.o. w Gdańsku. Przedstawił sprzężenie konstrukcji mostowych jako jedną z dróg do ich unowocześniania.

Dr Lech Kwiatkowski z Instytutu Mechaniki Precyzyjnej w Warszawie, wygłaszając swoją prezentację o zagrożeniach korozyjnych infrastruktury drogowej i badaniach korozyjności atmosfery, zamknął ostatnią sesję konferencji.

Konferencja zakończyła się ożywioną dyskusją.

Wszyscy uczestnicy otrzymali monografię autorstwa Grażyny i Marka Łagodów, wydaną przez IBDiM, *Piękno mostów | Beauty of bridges*.



Piękno mostów | Beauty of bridges wyróżnione w konkursie Technicus 2015



Wyróżnienie specjalne w konkursie *Technicus 2015* organizowanym przez Federację Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych Naczelną Organizację Techniczną otrzymała publikacja Instytutu Badawczego Dróg i Mostów autorstwa Grażyny i Marka Łagodów *Piękno mostów | Beauty of bridges*. Książka została wysoko oceniona pod względem merytorycznym i edytorskim.

Nagrodę z rąk sekretarza generalnego FSNT-NOT Jacka Kubielskiego i członka jury konkursu Janusza Kowalskiego odebrali autorzy oraz reprezentująca Wydawnictwo IBDiM red. Justyna Kiljan-Walerzak.

Wręczenie nagród odbyło się 15 maja 2015 r. na Stadionie Narodowym podczas 9. Targów Książki Akademickiej i Naukowej towarzyszących Warszawskim Targom Książki.



Intermasz 2015

tekst i zdjęcia: **MTP SA**

Ekspozycję 150 firm oraz marek reprezentowanych przez cztery dni trwania targów *Intermasz* odwiedziło ponad 6 tys. zwiedzających, którzy mieli okazję zobaczyć blisko 100 rynkowych nowości, z czego aż 16 prezentowanych produktów miało tu swój debiut na polskim rynku. Na szczególną uwagę zasługiwały te, które zdobyły Złote Medale MTP, a w tym roku to wyjątkowe wyróżnienie przyznano siedmiu produktom.

Bogata i szeroką ekspozycję wystawców targów uzupełnił ciekawy program wydarzeń towarzyszących. Pierwsze dwa dni targów upłynęły pod znakiem *Kongresu infrastruktury transportowej* z udziałem przedstawicieli najważniejszych urzędów i przedsiębiorstw działających w sektorze budownictwa infrastrukturalnego. Prelekcje i wykłady w głównej mierze dotyczyły planowanych i realizowanych inwestycji w odniesieniu do nowo przyznanych środków z Unii Europejskiej na lata 2014–2020. Uczestnicy *Kongresu* mogli się także dowiedzieć o problemach związanych z projektowaniem mostów i dróg czy też obiektów infrastruktury kolejowej w systemie zaprojektuj i zbuduj. Partnerami *Kongresu* byli: Ministerstwo Infrastruktury i Rozwoju, Centrum Unijnych Projektów Transportowych, Urząd Marszałkowski Wojewódz-

stwa Wielkopolskiego, PKP Polskie Linie Kolejowe SA, Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, Polskie Inwestycje Rozwojowe SA, Polska Izba Inżynierów Budownictwa, Wielkopolska Okręgowa Izba Inżynierów Budownictwa.

Nie zabrakło również tematyki bezpieczeństwa pracy i ograniczenia zagrożeń wypadkowych przy obsłudze maszyn do robót ziemnych. Procedury zapobiegania, analizy przyczyn i studium wypadków czy też zasady udzielania pierwszej pomocy to główne wątki spotkania z reprezentantami Państwowej Inspekcji Pracy, Polskiej Izby Gospodarczej Rusztowań oraz Porozumienia dla Bezpieczeństwa w Budownictwie.

Trzeci dzień targów upłynął pod znakiem konkursu *Pogromcy maszyn*. Na arenę zmagania wkroczyli operatorzy maszyn ro-

boczych, którzy mieli okazję wypróbować niektóre z maszyn biorących udział w eliminacjach do *Finału dnia*. Pięciu najlepszych operatorów (którzy zdobyli najwięcej punktów w eliminacjach) walczyło o atrakcyjne nagrody. Zadania finałowe wymagały dużej precyzji i umiejętności operowania czterema różnymi maszynami.

Konkurs *Pogromcy maszyn* rozegrał się również w sobotę, ostatniego dnia targów, który, tradycyjnie już, przeznaczony był głównie dla operatorów maszyn oraz ich rodzin, ale także dla szerokiej publiczności. Tego dnia dzieci i młodzież mogły poczuć, jak to jest być operatorem maszyn, zasiadając za sterami koparek czy też spychaczy, jednak główną atrakcją (szczególnie dla tych najmłodszych) był *Klub juniora*, gdzie mogły wejść w krainę zabawy i fantazji pod okiem doświadczonych animatorów bądź skorzystać z dmuchanych, ogromnych zjeżdżalni, zamków, basenów z piłkami czy trampolin. Z kolei panie mogły skorzystać z usług specjalistów od wizażu i stylistów w *Strefie nowoczesnej kobiety*. Partnerami *Strefy* byli Novamoda, Animacje dla Dzieci, Jacko-Land.

Zwycięzcy konkursu *Pogromcy maszyn*: Piątek, 8 maja:

I miejsce – Jarosław Bonk, II miejsce – Krzysztof Iwulski, III miejsce – Paweł Schlappa, IV miejsce – Dawid Janeczek, V miejsce – Bartłomiej Nochal.

Sobota, 9 maja:

I miejsce – Janusz Sławiński, II miejsce – Krzysztof Konieczny, III miejsce – Michał Mazurek, IV miejsce – Błażej Olszewski, V miejsce – Paweł Klag.

Na kolejne spotkanie z pięknymi, zaawansowanymi technologicznie maszynami i sprzętem specjalistycznym zapraszamy już za dwa lata. Do zobaczenia w Poznaniu!



RYNEK

BUDOWNICTWA KOLEJOWEGO przekroczy 6 mld zł

tekst: **BARTŁOMIEJ SOSNA**, główny analityk rynku budowlanego, PMR

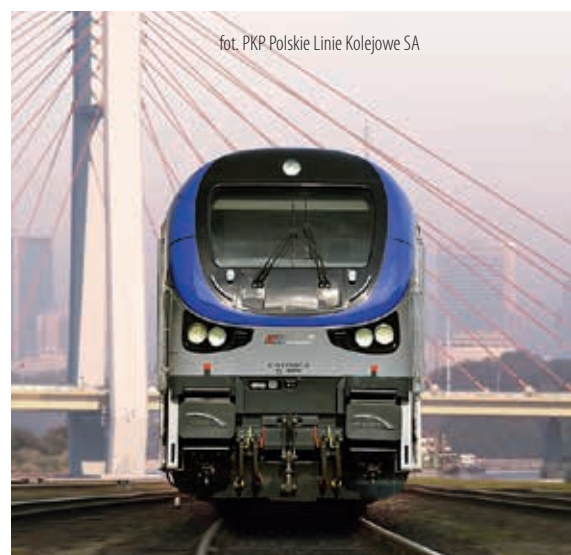
Wraz z nowym budżetem unijnym rynek budownictwa kolejowego w Polsce staje przed nowymi wyzwaniami. Wprawdzie PKP PLK nie uporały się jeszcze ze wszystkimi projektami z poprzedniego budżetu, jednak nieubłaganie zbliża się moment, w którym trzeba rozpocząć z większą dynamiką akcję przetargową dla inwestycji finansowanych z budżetu 2014-2020.

Według najnowszego raportu firmy badawczej PMR *Budownictwo kolejowe w Polsce 2015-2020. Inwestycje – firmy – statystyki – prognozy – ceny*, po dynamicznych wzrostach o blisko jedną trzecią w latach 2013-2014 także w 2015 r. wartość produkcji budowlano-montażowej z tytułu budownictwa kolejowego odnotuje dwucyfrowy wzrost, przekraczając po raz pierwszy wartość 6 mld zł. Jednak w wyniku powolnego rozpoczynania inwestycji z nowego budżetu unijnego, w 2016 r. bardzo prawdopodobne są spadki w tym segmencie budownictwa.

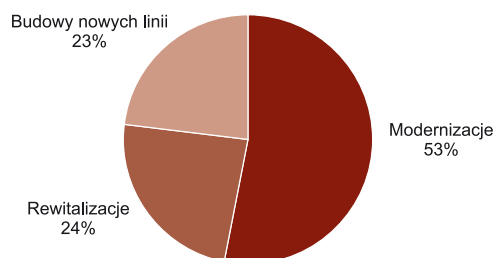
Jak zauważają autorzy raportu, pomimo mających miejsce w minionych

latach licznych problemów realizacyjnych, na uwagę zasługuje duży wysiłek, jaki spółka PKP PLK SA włożyła w próby usystematyzowania procesu inwestycyjnego w zakresie swoich obowiązków i kompetencji. Wprowadzono wiele podstawowych zmian, takich jak wcześniejsze przygotowanie oficjalnych planów inwestycji, wzmocnienie nadzoru nad procesem projektowym czy zwiększenie udziału inwestora w procedurach uzyskiwania decyzji administracyjnych.

W rezultacie w najbliższych latach spora grupa przedsięwzięć będzie polegała na pracach przygotowawczych, co może opóźnić początek faktycznej



Wartościowy udział poszczególnych typów inwestycji kolejowych w Polsce, 2014-2020

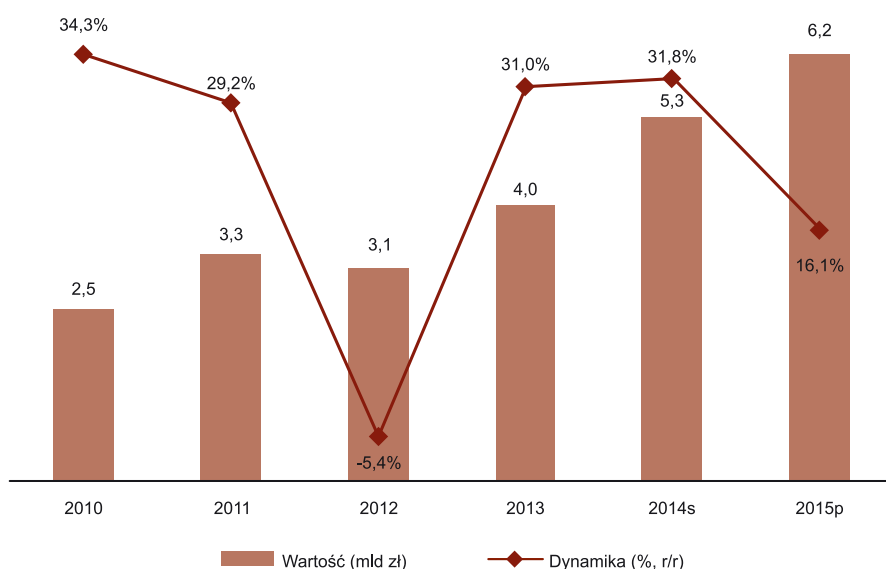


Źródło: PMR, 2015

www.pmrpublications.com



Wartość (mld zł) i dynamika (% r/r) produkcji budowlano-montażowej w Polsce, budownictwo kolejowe, 2010-2015



Wyjaśnienie: dane dla firm zatrudniających powyżej 9 pracowników.
s - szacunek
p - prognoza
Źródło: PMR na podstawie danych GUS, 2015

www.pmrpublications.com

realizacji wielu zaplanowanych inwestycji. *Wieloletni program inwestycji kolejowych do roku 2015* obejmuje aż 32 przedsięwzięcia przygotowawcze. Są to zadania polegające na opracowaniu studiów wykonalności dla 23 inwestycji, inwentaryzacji środowiskowych (15 inwestycji) czy dokumentacji projektowej (dwa przypadki). Wartość tych prac to ponad 500 mln zł, co w późniejszych latach przełoży się na budowę na blisko 7 tys. km tras kolejowych.

Jeśli chodzi o planowane roboty budowlane, plany na lata 2014–2020 zakładają zwiększenie roli inwestycji o charakterze rewitalizacyjnym. Pod kątem liczebnym będzie to najliczniejsza grupa (aż 36 inwestycji), które jednak z uwagi na niższą kapitałochłonność będą odpowiadały za ok. jedną czwartą planowanych wydatków. Projekty te z punktu widzenia organizacyjnego są tańsze i szybsze w realizacji, chociaż ich wymiar rzeczowy nie jest zbyt rozwojowy. Prace tego typu przywracają bowiem sprawność linii, ale nie podnoszą jej pierwotnie zakładanych parametrów technicznych. Jednak w polskiej rzeczywistości, gdzie ogromna liczba tras jest po prostu zdewastowana, nawet takie poważniejsze remonty znacznie poprawią jakość podróżowania.

Projekty rewitalizacyjne pod kątem wartościowym są prawie czterokrotnie tańsze niż projekty modernizacyjne i aż siedmiokrotnie tańsze w odniesieniu do budowy nowej infrastruktury. Dlatego też dodatkowym aspektem inwestycji rewitalizacyjnych jest aktywizacja większej grupy średniej wielkości firm wykonawczych. W wielu przypadkach firmy te do przetargów rewitalizacyjnych będą mogły stawać jako główni oferenci, a nie tylko jako partnerzy konsorcjów czy podwykonawcy.

Do przedsięwzięć o kluczowym znaczeniu i odpowiednio większych wartościach przygotowują się natomiast większe firmy wykonawcze. Największe fronty robót w najbliższych latach spodziewane są na Mazowszu (11 mld zł) i Śląsku (9,4 mld zł). Natomiast po drugiej stronie skali znajdują się województwa podkarpackie i warmińsko-mazurskie, które w dużej mierze będą korzystały ze specjalnego programu dedykowanego makroregionowi Polska wschodnia.



Pomogliśmy w usunięciu ostatniej przeszkody
na trasie Pendolino ...

Geotechnika bez ryzyka

Keller Polska Sp. z o.o. należy do Keller Group plc z siedzibą w Londynie. Jesteśmy wiodącym koncernem międzynarodowym w zakresie geotechniki, notowanym na Giełdzie Londyńskiej oraz liderem rynku geotechnicznego w Polsce.

Jesteśmy wszędzie tam, gdzie dla powodzenia i bezpieczeństwa realizacji inwestycji potrzebne jest zastosowanie specjalistycznych, często indywidualnie dedykowanych rozwiązań geotechnicznych.

Dysponując najszerszą na rynku paletą nowoczesnych technologii geotechnicznych oraz profesjonalnym zespołem specjalistów, oferujemy kompleksowe doradztwo, projektowanie i wykonawstwo w zakresie wzmocnienia i uszczelniania gruntu, zabezpieczeń skarp i wykopów oraz głębokiego fundamentowania.

Gwarantujemy geotechnikę bez ryzyka poprzez wysoką jakość oferowanych rozwiązań technicznych dostosowanych do potrzeb każdego klienta.

Wzmocnienie nasypu kolejowego w stanie awaryjnym

w ciągu linii E65 w miejscowości Jurkowie

tekst: mgr inż. OSKAR MITROSZ, Keller Polska Sp. z o.o.

W artykule przedstawiono sposoby wzmocnienia i stabilizacji nasypu w stanie awaryjnym w ciągu linii kolejowej E65 w miejscowości Jurkowie w ramach projektu modernizacji i dostosowania międzynarodowej linii kolejowej do potrzeb kolei dużych prędkości. Omówiono przyczyny awarii, rolę poprawnego rozpoznania warunków geotechnicznych podłoża oraz rozwiązania projektowe wzmocnienia nasypu kolejowego. Opisano sposób monitorowania czynnego osuwiska i podejmowania działań naprawczych w myśl projektowania aktywnego, w zależności od uzyskanych wyników analizy nasypu. Przedstawiono możliwe oraz przyjęte działania naprawcze.

Wprowadzenie

Budowę dzisiejszej linii E65, pierwotnie jednotorowej, rozpoczęto w połowie XIX w. w zaborze rosyjskim i niemieckim w ramach rozbudowy połączenia międzynarodowego, otwierającego krótszą drogę do portów bałtyckich, łączącego Prusy Wschodnie z terenami Królestwa [1]. Ostatni jednotorowy odcinek Mikołajki Pomorskie – Malbork, na którym zlokalizowany jest analizowany nasyp w Jurkowie, przekształcono na dwutorowy w 1967 r. Linia magistralna E65/C-E65 należy do VI Transeuropejskiego Korytarza Transportowego, łączącego państwa nadbałtyckie z krajami położonymi nad Morzem Adriatyckim i na Bałkanach. Obecnie w ramach prac modernizacyjnych linię dostosowano do prędkości 160 km/h dla pociągów pasażerskich powszechnie nazywanych Pendolino (200 km/h dla składów z wychylnym pudłem) i 120 km/h dla pociągów towarowych przy nacisku 221 kN/oś. Głównym celem inwestycji było przystosowanie odcinka linii kolejowej Warszawa – Gdynia do parametrów określonych w umowach AGC/AGTC¹ oraz wymogów interoperacyjności² [2].

W artykule opisano przyczyny awarii i sposoby wzmocnienia nasypu kolejowego od km 266 + 195 do km 266 +

¹ Umowy AGC/AGTC – na podstawie europejskiej umowy o głównych międzynarodowych liniach kolejowych (AGC) oraz europejskiej umowy o ważnych międzynarodowych liniach transportu kombinowanego i obiektach towarzyszących (AGTC).

² Interoperacyjność kolei – zdolność transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości i transeuropejskiego systemu kolei konwencjonalnej do bezpiecznego i niezakłóconego ruchu pociągów na terenie państw członkowskich Unii Europejskiej.

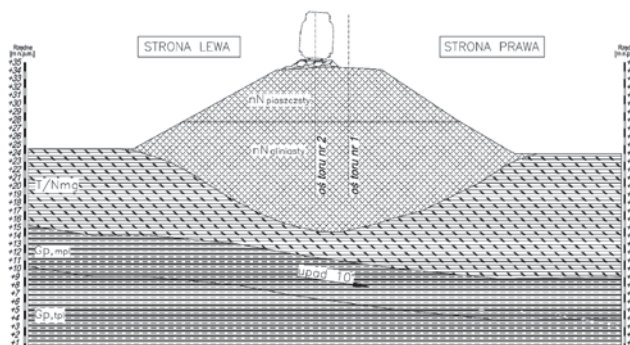
355 w ciągu linii kolejowej E65 odcinek Warszawa – Gdynia na szlaku Młeczewo – Dąbrówka Malborska w miejscowości Jurkowie (ryc. 1).



Ryc. 1. Linia E65 na odcinku Warszawa – Gdynia z zaznaczeniem miejscowości Jurkowie (koło Malborka). Zdjęcie fotogrametryczne analizowanego nasypu, wyk. Geopartner Sp. z o.o.

Warunki geotechniczne

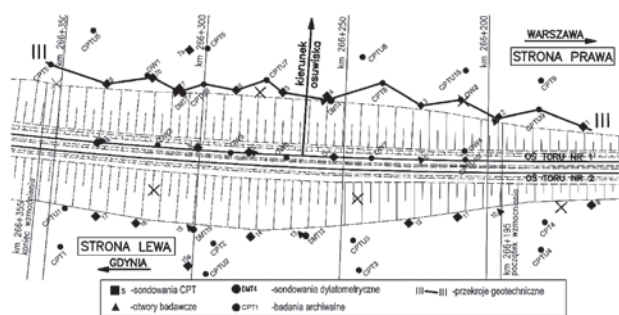
Na bazie przeprowadzonych badań geotechnicznych sięgających do głębokości 30 m p.p.t. i badań laboratoryjnych oraz na podstawie Rozporządzenia MTBiGM w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawienia obiektów budowlanych, przedmiotowy nasyp kolejowy zaliczono do drugiej kategorii geotechnicznej w złożonych warunkach gruntowych. Grunty słabońsne występują praktycznie od poziomu terenu do głębokości 10–11 m oraz 15–17 m, odpowiednio dla strony lewej i prawej nasypu. Wytrzymałość na ścinanie w warunkach bez odpływu S_u dla gruntów organicznych określona na podstawie sondowań CPT wynosi 10–35 kPa (lokalnie 5 kPa). Mięszkość pakietu gruntów organicznych, zwłaszcza namułów, na odcinku, gdzie trasa linii kolejowej przebiega wzdłuż lokalnych cieków, może świadczyć o jej lokalizacji w dolinie rzecznej lub starorzeczu. Poniżej gruntów organicznych znajduje się pakiet gruntów spoistych w stanie miękkoplastycznym i plastycznym o miąższości ok. 5 m. Niniejsze warstwy zalegają pod nasypem w upadzie ok. 10° od strony lewej do prawej, w kierunku, w którym wytworzyło się osuwisko (ryc. 2).



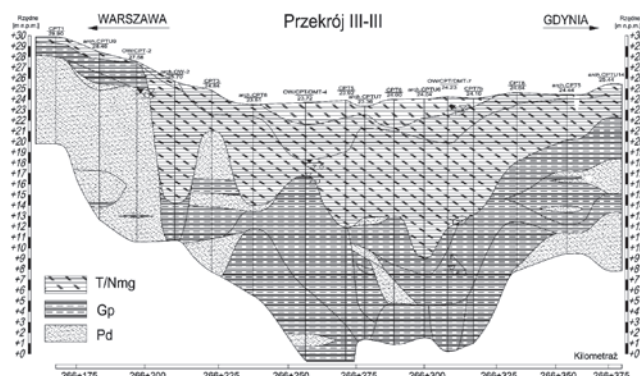
Ryc. 2. Typowy przekrój poprzeczny przez nasyp w km 266 + 300 (stan pierwotny, przed osuwiskiem)

Poniżej znajdują się plejstocenijskie osady morenowe, reprezentowane głównie przez gliny piaszczyste i piaski gliniaste w stanie twardoplastycznym. Zwierciadło wód gruntowych sięga powierzchni terenu, co jest związane z jego ukształtowaniem oraz występowaniem torfowiska w bezpośrednim sąsiedztwie przedmiotowego odcinka nasypu.

Korpus nasypu kolejowego uformowano zarówno z gruntów niespoistych (piaski drobne i średnie w stanie luźnym i średnio zagęszczonym, $I_p < 0,4$), jak i spoistych (gliny piaszczyste w stanie plastycznym i twardoplastycznym, $I_L = 0,1 \div 0,4$). Kilkudziesięcioletnie przeciążanie nasypem o wysokości 8–10 m spowodowało wykształcenie się naturalnej niecki z gruntów antropogenicznych i częściowe wyparcie gruntów organicznych spod nasypu. Odnotowane w badaniach terenowych miąższości gruntów pochodzenia organicznego bezpośrednio pod nasypem wynoszą 1–4 m i w wyniku konsolidacji charakteryzują się istotnie zwiększonymi parametrami wytrzymałościowymi względem analogicznych warstw oddalonych od konstrukcji nasypu.



Ryc. 3. Mapa dokumentacyjna z zaznaczeniem przekroju III-III (dla strony prawej nasypu)

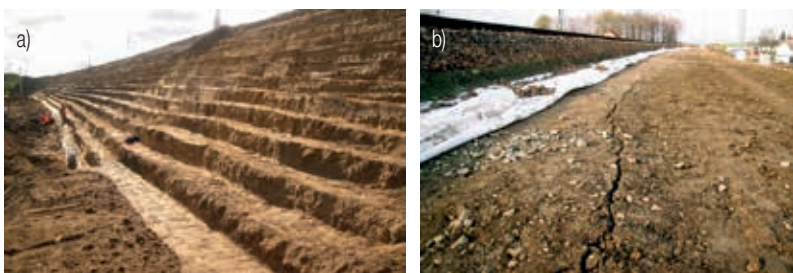


Ryc. 4. Przekrój geotechniczny III-III (w podstawie nasypu od strony prawej)

Opis awarii

W trakcie prowadzonych robót ziemnych objętych modernizacją linii kolejowej i bezpośrednio związanych z poszerzeniem nasypu o 1 m od strony toru nr 1 (ryc. 5a) stwierdzono wciśniętą w nasyp warstwę tłucznia o miąższości 2–3 m, co świadczyło o wieloletnim osiadaniu nasypu w tym miejscu i regularnym podbijaniu torów. W listopadzie 2013 r. przed ułożeniem warstwy ochronnej na gotowym, poszerzonym podtorzu nastąpiło osunięcie części korony nasypu, odkrywając jednocześnie szczelinę o szerokości ok. 5 cm (ryc. 5b). Zauważalna rysa na powierzchni górnej podtorza przybrała kształt łuku od km 266 + 210 do km 266 + 340 o długości ok. 130 m,

a zarejestrowane osiadania fundamentów słupów trakcyjnych wyniosły ok. 30 cm. Geometria i charakter odspójonej skarpy świadczyły o uruchomieniu się mechanizmu utraty stateczności nasypu w wyniku wytworzenia się głębokiej linii poślizgu.



Ryc. 5: a) Wykonanie schodkowego skarpowania w celu poszerzenia nasypu o ok. 1 m od strony prawej nasypu, b) pęknięcie korony nasypu pod torem nr 1

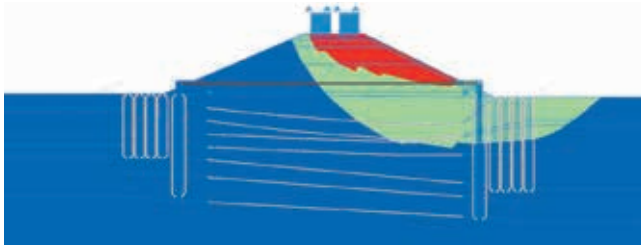
Czynny tor nr 2 objęty monitoringiem geodezyjnym nie wykazywał żadnych przemieszczeń, zatem ruch pociągów, z wyłączeniem taboru towarowego, został na nim utrzymany. Dodatkowo wprowadzono ograniczenie prędkości taboru pasażerskiego do 10 km/h. Niezwłocznie po wystąpieniu awarii wykonano podstawowe badania geotechniczne w celu dokładniejszego niż w projekcie budowlanym rozpoznania warunków gruntowych. W rezultacie po przeanalizowaniu wyżej wymienionej dokumentacji geologiczno-inżynierskiej przedstawiono zamawiającemu (PKP PLK SA) kilka koncepcji projektowych wzmocnienia nasypu, obejmujących szczegółowy kosztorys i harmonogram planowanych robót.

Projektowane rozwiązanie

Przed przystąpieniem do sporządzenia projektu wykonawczego naprawy nasypu wyznaczono siatkę dodatkowych badań geotechnicznych (otwory wiertnicze, sondowania CPTU i DMT oraz badania trójosiowe) w celu weryfikacji przyjętych parametrów podłoża i zmienności warstw geologicznych na długości osuwiska. Niniejsze uszczegółowienie pozwoliło, względem koncepcji projektowej, na doprecyzowanie stref wzmocnienia nasypu, co w konsekwencji przełożyło się na korzyści czasowe dla zamawiającego. W ramach prac przygotowawczych wykonano szczegółową inwentaryzację przebiegu pęknięcia korony oraz geometrii nasypu od km 266 + 150 do km 266 + 400. Po przeanalizowaniu danych projektowych przyjęto ostateczny zakres wzmocnienia nasypu od km 266 + 195 do km 266 + 355, tj. na odcinku ok. 160 m. Ze względu na występowanie gruntów słabonośnych, będących przyczyną awarii, także poza zinventaryzowanym pęknięciem nasypu zakres wzmocnienia rozszerzono obustronnie, zachowując odpowiedni margines bezpieczeństwa.

Przy projektowaniu naprawy nasypu wzięto pod rozwagę dwa warianty wzmocnienia: rozwiązanie sztywne i podatne. Podejście pierwsze spowodowałoby duże różnice sztywności pomiędzy wzmocnionym odcinkiem nasypu a odcinkiem posadowionym na podłożu rodzimym. W tym rozwiązaniu należałoby dodatkowo wykonać strefy przejściowe, które wpłynęłyby na zwiększenie zakresów robót, co w rezultacie byłoby ekonomicznie nieuzasadnione. Po przeprowadzeniu analizy statycznej oraz na podstawie doświadczeń z innych realizacji zaprojektowano podatne wzmocnienie nasypu, pracujące podobnie jak sąsiadujące nasypy, posadowione na gruntach

nośnych, niewykazujące osiadań. Stateczność ogólną nasypu kolejowego przeanalizowano za pomocą programu Plaxis 2D według metody elementów skończonych oraz porównawczo za pomocą programu inżynierskiego GGU-Stability według metody Bishopa. Uzyskano wymagany w instrukcji [3] współczynnik stateczności podtorza i jego elementów $F_{min} > 1,50$ (dla fazy eksploatacji).



Ryc. 6. Najbardziej niekorzystny przekrój obliczeniowy (km 266 + 300), obciążenie taborem kolejowym według PN-85/S-10030, stan po wykonaniu wzmocnienia. Stateczność na poziomie $F_{min} = 1,53$

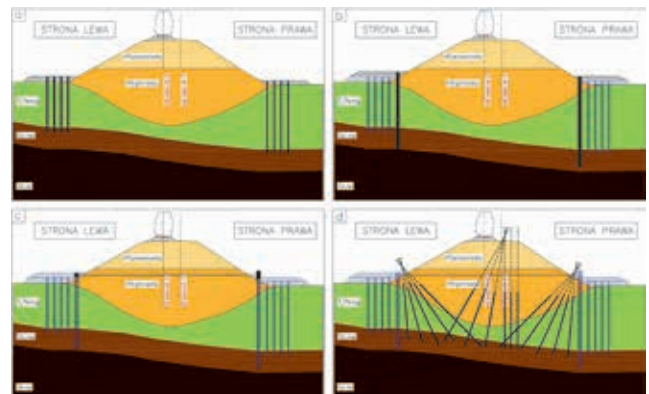
W pierwszej kolejności w celu zapewnienia bezpieczeństwa robót oraz stateczności nasypu w trakcie zasadniczych robót naprawczych przyjęto wykonanie po obu stronach nasypu tymczasowych przypór gruntowych o wysokości ok. 2 m i szerokości minimum 11 m. Przypory gruntowe wykorzystano jako platformy robocze dla specjalistycznych maszyn budowlanych. Ze względu na bardzo niskie parametry wytrzymałościowe podłoża gruntowego w podstawie nasypu zdecydowano się na wzmocnienie przypór gruntowych w paśmie pracy palownicy za pomocą kolumn betonowych (ryc. 7a).

Następnie zaplanowano wykonanie ażurowych palisad z pali CFA (ang. *Continuous Flight Auger*) o średnicy 80 cm w rozstawie osiowym co 1 m (ryc. 7b). Ażurowa konstrukcja palisad zakotwionych w warstwie nośnej na wymaganą statycznie głębokość gwarantuje swobodny przepływ wód gruntowych, pozwalając tym samym uniknąć problemów związanych z ich piętrzeniem się przed przegrodą.

Warto zaznaczyć, że w procesie wykonywania długich pali w złożonych warunkach gruntowych, co miało miejsce w opisanym odcinku nasypu, bardzo istotne są doświadczenie, wykwalifikowany personel oraz możliwości sprzętowe wykonawcy. W takich okolicznościach szczegóły techniczne odgrywają ogromną rolę, dlatego zaleca się stosować procedury gwarantujące wysoką jakość wykonywanych robót. W celu redukcji ryzyka uszkodzenia sąsiednich, wykonanych już pali należy prowadzić ciągłą obserwację produkcji pali i odpowiednio na bieżąco dostosowywać kolejność ich wykonywania (np. co trzeci, czwarty). Podczas wiercenia otworów pali następuje odprężenie i rozluźnienie gruntu zarówno wokół poboczniczy pala, jak i w jego podstawie, dlatego ważne jest monitorowanie w sposób ciągły i utrzymywanie odpowiedniego ciśnienia mieszanki betonowej, równoważącej efekt „osłabienia” pala. Kolejnym aspektem znacząco wpływającym na jakość pala jest odpowiedni dobór receptury mieszanki betonowej, zapobiegającej „zamykaniu się” otworu wypełnionego betonem. Umiejętne przeciwdziałanie tworzeniu się tzw. obwałów gruntu umożliwia bezpieczne pogrążenie zbrojenia na znaczną głębokość, nawet do 18 m.

W kolejnej fazie robót zaplanowano zwińczenie palisad belkami oczepowymi i spięcie ich ściągnięciami wykonanymi w rurach

„prowadzących” HDPE $\varnothing 90$ mm, zainstalowanych w przewierczeniach u podstawy nasypu (ryc. 7c). Założono wykorzystanie systemowych ściągnięć składających się z trzech lub czterech lin stalowych (stal Y1600/1860, 150 mm²), zapewniając podwójną ochronę antykorozyjną elementów nośnych. Wykonana w ten sposób trwała konstrukcja oporowa przecina wykształconą głęboko linię poślizgu, uniemożliwiając dalsze przemieszczenia poziome nasypu w trakcie jego eksploatacji. Dodatkowo zabezpiecza przed powstaniem potencjalnych linii poślizgu po drugiej stronie nasypu, będącego obliczeniowo w stanie równowagi chwiejnej, $F \approx 1,0$.



Ryc. 7. Kolejność robót naprawczych: a) tymczasowe przypory gruntowe, b) palisada z pali CFA $\varnothing 80$ cm, c) ściągi stalowe spinające palisady zwińczone oczepami żelbetowymi, d) iniekcja CG

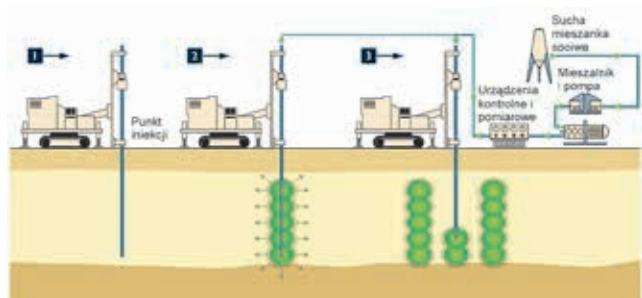
W ostatnim etapie prac naprawczych zaprojektowano wykonanie ciśnieniowej iniekcji zagęszczającej CG (ang. *Compaction Grouting*) w nasypie oraz w warstwie gruntów nienośnych znajdujących się pod podstawą nasypu. Rozstaw podłużny punktów iniekcji wynosił 2 m i został dostosowany do układu ściągnięć stalowych. Założono wykonanie punktów CG z korony nasypu w przesunięciu o 1 m względem iniekcji realizowanych z jego lewej i prawej strony, tzn. mijankowo (ryc. 7d). Zadaniem iniekcji było wgłębne dogęszczenie podłoża gruntowego rozluźnionego w wyniku powstania osuwiska, wypełnienie powstałych szczelin oraz stabilizacja nasypu przez zwiększenie sztywności podłoża gruntowego w warunkach eksploatacji torowiska.

Tab. 1. Przyjęte parametry robocze oraz kryteria wykonawcze iniekcji CG

Parametr technologiczny	Wartość / kryterium
Krok podciągania rury iniekcyjnej	0,50 m
Objętość materiału iniekcyjnego	min. 50 dm ³ /krok lub min. 100 dm ³ /m.b. iniekcji
Maksymalne ciśnienie iniekcji	0,3 MPa dla głębokości < 10 m 1,0 MPa dla głębokości 10÷15 m 2,0 MPa dla głębokości > 15 m

Iniekcja zagęszczająca *Compaction Grouting* systemu Kellera polega na pompowaniu w podłoże gruntowe stabilnego materiału wypełniającego (iniekt – pasta betonowa), w wyniku czego doprowadza się do zagęszczenia gruntów niespoistych lub wzmocnienia gruntów spoistych i organicznych. W czasie iniekcji kontroluje się na bieżąco ciśnienie iniekcji oraz ilość

wpompowanego iniektu i na podstawie pomiaru tych parametrów produkcyjnych ustala się kryterium zakończenia iniekcji w poszczególnych punktach (tab. 1). Zasadnicze znaczenie dla przebiegu i skuteczności tego typu iniekcji ma umiejętność właściwego doboru wszystkich parametrów procesu, w tym szczególnie składu, ilości i sposobu wtłaczania wypełniacza. Ponadto konieczne są wnikliwe obserwacje przemieszczeń podłoża oraz aktywne projektowanie.



Ryc. 8. Etapy realizacji iniekcji CG: 1. wprowadzenie rury iniekcyjnej, 2. proces iniekcji, 3. stopniowe zagęszczanie

Technologia iniekcji CG obejmuje następujące etapy robót (ryc. 8):

1. Rura wiertnicza zakończona traconą koronką (ostrzem) zostaje wprowadzona do projektowanej głębokości za pomocą techniki wiertniczej lub wibracyjnej. Po osiągnięciu głębokości przewidzianej w projekcie formuje się podstawę kolumny iniekcyjnej przez wprowadzenie w podłoże założonej ilości stabilnego wypełniacza pod ciśnieniem zależnym od zagłębienia rury i rodzaju gruntów.

2. Następnie rurę podciąga się etapami do góry i wprowadza się pod ciśnieniem przygotowaną wcześniej w mieszalniku zaprawę iniekcijną, przy czym ilość wtłaczanego materiału i ciśnienie robocze iniekcji podlegają stałej obserwacji i kontroli. Podczas stopniowego podciągania lub zagłębienia rury iniekcyjnej tworzy się szereg pojedynczych, przylegających do siebie brył, które ostatecznie tworzą kolumnę iniekcijną. Prędkość podciągania rury oraz czas i przerwy w iniekcji zależą od rodzaju gruntu oraz od wymaganego stopnia wzmocnienia podłoża.

3. Dla osiągnięcia równomiernego zagęszczenia gruntu iniekcja wykonywana jest początkowo w luźnej siatce (kolumny pierwotne), a następnie siatka punktów iniekcyjnych zostaje dogęszczona (kolumny wtórne).

Analiza sytuacji na czynnym osuwisku

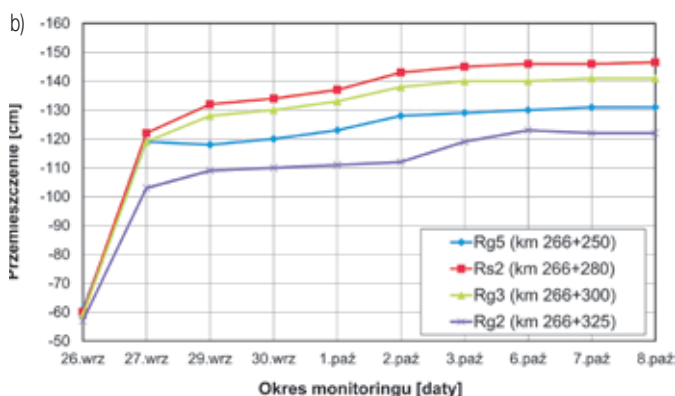
Na podstawie projektu wykonawczego przystąpiono na budowie do realizacji robót przygotowawczych. Po wykonaniu tymczasowych przypór gruntowych, stanowiących platformy robocze do wykonania zasadniczych robót naprawczych, 25–26 września 2014 r., bezpośrednio w wyniku intensywnych opadów deszczu, nastąpiło gwałtowne aktywowanie osuwiska (ryc. 9). Niezwłocznie po zaistniałym zdarzeniu zwołano komisję, której członkowie określili dalszy tok postępowania. Czynny tor nr 2 w obrębie osuwiska objęto całonocnym monitoringiem, polegającym na kontroli istniejącego toru w planie i w profilu (po każdym przejeździe pociągu – wizualne oględziny torowiska, co godzinę – pomiar geodezyjny przemieszczeń szyn). W przypadku negatywnych wyników

ogłędzin bądź pomiarów inżynier odpowiedzialny za monitoring został zobowiązany do niezwłocznego zawiadomienia dyżurnych służb kolejowych o wstrzymaniu ruchu pociągów. Pod tym warunkiem utrzymano przejezdność toru, podtrzymując jednocześnie ograniczenie prędkości do 10 km/h.



Ryc. 9. Korona nasypu 26 września 2014 r. (przemieszczenie ok. 60 cm)

Dodatkowo koronę nasypu zakryto na długości osuwiska folią budowlaną, zabezpieczając bryłę nasypu przed dalszym niszcącym wpływem czynników atmosferycznych (ryc. 10a). W związku z postępującą deformacją osuwiska podjęto decyzję o instalacji sześciu inklinometrów do pomiaru deformacji poziomych podstawy osuwiska. Dodatkowo wykonano sondowania dynamiczne dla oceny stanu zagęszczenia nasypu w rejonie osuwiska: w klinie odłamu (koluwium), poza płaszczyznę poślizgu oraz referencyjnie pod istniejącym torem nr 2.



Ryc. 10: a) Korona nasypu 27 września 2014 r. (przemieszczenie ok. 120 cm), b) wykres osiadań odspojonego nasypu w czterech przekrojach obserwacyjnych w okresie 25 września – 8 października 2014 r.

Wyniki pomiarów przemieszczeń nasypu wykazały w okresie kilkunastu dni całkowite osiadania osuwiska ok. 1,5 m w najniekorzystniejszym przekroju km 266 + 280 (ryc. 10b). Po ok. dwóch tygodniach od zaistniałej sytuacji przemieszczenia zaczęły wykazywać tendencję do stabilizacji, co wskazywało, że osuwisko stopniowo przestawało „płynąć”, a nasyp nie podlegał już dalszej degradacji. Zauważalne zmniejszenie tempa osiadania odspojonej części nasypu umożliwiło kontynuowanie zasadniczych prac naprawczych w obrębie osuwiska od strony prawej nasypu.

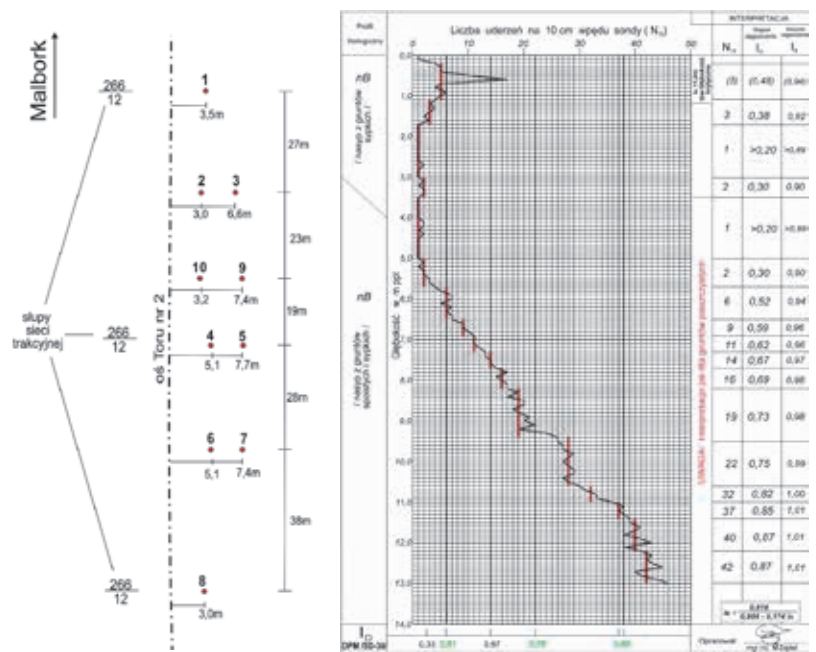
Analiza wyników wykonanych sondowań dynamicznych sondą średnią DPM pozwoliła na sformułowanie kilku ważnych wniosków. Sondowania nr 1, 2, 8, 10 wykonane poza osiadającą bryłą osuwiska oraz przy torze nr 2 wykazały zróżnicowane parametry nasypu znajdującego się głównie w stanie średnio zagęszczonym o $I_D \geq 0,45$ ($I_s \geq 0,93$). Badania nr 3, 4, 5, 6, 7, 9 wykonane z niższego poziomu, tj. z powierzchni półki osuwiskowej, pokazały wyraźnie niższy stopień zagęszczenia, wskazujący na rozluźnienie przemieszczonej części nasypu. Strefy gruntu rozluźnionego o $I_D < 0,38$ ($I_s < 0,92$) sięgają do głębokości ok. 6 m poniżej obniżonej korony osuwiska. Lokalizację badań oraz przykładowe sondowanie nr 3 zamieszczono na rycinie 11. Wyniki sześciu sondowań wykonanych bezpośrednio pod istniejącym torze nr 2 wykazały znacząco wyższy stopień zagęszczenia $I_D \geq 0,50$ ($I_s \geq 0,94$). Ocenę wartości i interpretację wskaźnika zagęszczenia I_s określono jak dla gruntów piaszczystych według zależności korelacyjnej [4]:

$$I_s = \frac{0,818}{0,958 - 0,174 \cdot I_D} \quad (1)$$

Zarówno wyniki badań sondami dynamicznymi, jak i charakter czynnego osuwiska wskazywały jednoznacznie, że odspojeniu i osunięciu uległ materiał tworzący poszerzenie nasypu wykonane w latach 60. XX w., dobudowane do pierwotnie jednotorowego układu linii kolejowej. Rozluźniona, osiadająca część nasypu nie spełniała wymagań dokumentacji projektowej oraz nie gwarantowała bezpieczeństwa docelowego nasypu. Podjęto zatem trudną, ale konieczną decyzję o wstrzymaniu ruchu pociągów na torze nr 2. Zamknięcie linii zaplanowano na 24 października 2014 r. o godzinie 22:10. Otrzymano tylko 32 dni na wymianę wadliwej części nasypu zgodnie ze sztuką budowlaną i przywrócenie pełnej przejezdności pociągów. W wyniku analizy zaistniałej kryzysowej sytuacji zaproponowano dostosowane do aktualnych warunków zamienne, tożsame z wcześniejszym rozwiązaniem projektowe, dające w efekcie porównywalny stopień wzmocnienia podłoża i umożliwiające realizację prac w narzuconym terminie.

Rewizja założeń projektowych

Wprowadzone zmiany obejmowały demontaż toru nr 2 i częściowe usunięcie nasypu. Dodatkowo punkty iniekcji CG wykonywane od strony prawej i z korony nasypu zostały zastąpione systemem kolumn CSC $\varnothing 40$ cm (ang. *Controlled Stiffness Column*) wraz z warstwą transmisyjną, stanowiącą wzmocnienie

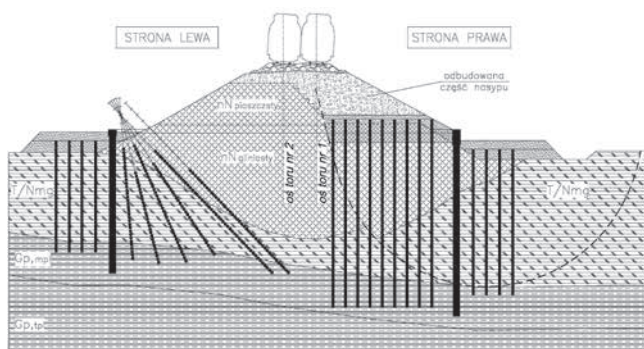


Ryc. 11. Lokalizacja sondowań i przykład sondowania dynamicznego nr 3 w osiadającym klinie odłamu osuwiska

nie podłoża pod odbudowywaną częścią nasypu (ryc. 12). Technologia kolumn o kontrolowanej sztywności to metoda wzmocnienia gruntu polegająca na wykonaniu kolumn tworzących wraz z otaczającym podłożem kompozyt o sztywności większej od sztywności gruntu. Zaprojektowano kolumny jako pionowe, sztywne elementy betonowe, formowane w gruncie metodą głowicy przemieszczeniowej, wzmacniające słabe podłoże gruntowe. Krótco po wykonaniu kolumny jej głowicę ścinano na świeżo na głębokość ok. 0,5 m poniżej powierzchni roboczej oraz wprowadzano projektowane zbrojenie. Ubytek betonu wypełniano kruszywem, z materiału jak dla powierzchni roboczej. Wymienione roboty miały na celu wykształcenie podatnego podparcia warstwy transmisyjnej, tzw. platformy LTP (ang. *Load Transfer Platform*), zapobiegającego nadmiernej penetracji trzonu betonowego w warstwie nadbudowy. System ten umożliwił przejście części obciążeń oraz przeniesienie ich w głębsze warstwy poprzez tarcie na pobocznicę i opór podstawy kolumny. Obliczono, że odciążenie w ten sposób słabszych warstw spowoduje znaczną redukcję osiadania nasypu w fazie eksploatacji.

Po wykonaniu kolumn CSC na ich głowicach rozpoczęto układanie warstwy transmisyjnej, redystrybuującej obciążenia wewnątrz kompozytu. Platforma LTP składała się z mat stalowych i zagęszczonego gruntu zasypowego, stanowiących integralną część systemu wzmocnienia podłoża. Następnie wykonano badania odbiorcze za pomocą aparatu VSS i określono wartości wtórnych modułów dla warstwy transmisyjnej. Z badań uzyskano średni moduł o wartości 63 MPa, przy wymaganym w projekcie module $E_{v2} \geq 40$ MPa. Po dokonaniu odbioru platformy LTP zamontowano repery talerzowe w celu monitorowania przemieszczeń pionowych podstawy nasypu.

Po zrealizowaniu wzmocnienia nasypu za pomocą systemu kolumn CSC wraz z platformą LTP przystąpiono do budowy kolejnych warstw korpusu nasypu. Połączenie istniejącego nasypu



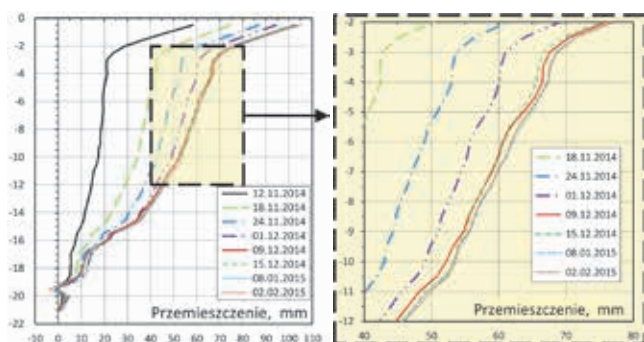
Ryc. 12. Zrealizowany sposób naprawy nasypu

z częścią odbudowywaną przeprowadzono przez schodkowanie o wymiarach schodków 60 x 80 cm. W celu ujednoczenia parametrów górnej części podtorza ostatni metr nasypu, licząc od góry warstwy ochronnej, wykonano jako jedną wspólną warstwę dla istniejącej oraz dobudowywanej części nasypu (ryc. 12). W projekcie przyjęto parametry odbiorcze konstrukcji podtorza, określając wskaźnik zagęszczenia gruntów nasypu zgodnie z instrukcją [3], tj. do głębokości 2,0 m od góry warstwy ochronnej – $I_s \geq 1,00$, poniżej 2,0 m od góry warstwy ochronnej – $I_s \geq 0,95$.

Podsumowanie

Przedstawiony przykład dotyczył wykonania kompleksowego wzmocnienia nasypu kolejowego znajdującego się w stanie awaryjnym w złożonych warunkach gruntowo-wodnych i przy bardzo restrykcyjnych terminach umownych (niewłaścicze 32 dni). Prawdziwym wyzwaniem dla inżynierów realizujących kontrakt okazało się sprawne koordynowanie pracujących jednocześnie na ograniczonej przestrzeni ludzi i wielu maszyn. Sprawne zarządzanie budową pozwoliło szczęśliwie zakończyć ją sukcesem, bez żadnego poważnego wypadku.

Po zrealizowaniu wszystkich robót naprawczych prowadzone regularne pomiary przemieszczeń poziomych podstawy nasypu za pomocą inklinometrów (ryc. 13), jak również pomiary geodezyjne ostepów wykazały stabilizację przemieszczeń, potwierdzając tym samym skuteczność i poprawność zastosowanego rozwiązania. Z perspektywy doświadczeń zakończonej naprawy nasypu w Jurkowicach można w sposób uzasadniony stwierdzić, że nigdy nie należy lekceważyć sił natury i zawsze trzeba pamiętać o bezpieczeństwie zarówno



Ryc. 13. Wykres przemieszczeń poziomych nasypu pomierzonych za pomocą inklinometru. Pomiar zerowy 7 listopada 2014 r. (zakończenie wykonywania kolumn CSC), pomiar referencyjny 15 grudnia 2014 r. (zakończenie sprężania ściąągów stalowych)

ludzi pracujących na budowie, jak i bezpieczeństwie wznoszonej konstrukcji.

Ponadto, zdaniem autora, niewystarczające na etapie projektu budowlanego rozpoznanie warunków gruntowo-wodnych, chociaż zgodne z instrukcją Id-3 [3] (głębokość rozpoznania do 2–2,5 m od główki szyny), nie pozwala wychwycić potencjalnie problematycznych miejsc. Powoduje to konsekwencje finansowo-czasowe dla całego zamierzenia i powinno być tematem szerszej dyskusji w kontekście przyszłych kontraktów kolejowych. Wypracowanie przez geotechników poprawnych procedur przy rozpoznaniu podłoża gruntowego może przynieść wymierne korzyści w projektach infrastruktury kolejowej.



Ryc. 14. Odbudowany nasyp od strony osuwiska

Podziękowania

Wyrażam szczególne podziękowania Generalnemu Wykonawcy robót (firmie Trakcja PRKił SA), całemu Zespołowi Inżyniera Projektu (Egis Poland Sp. z o.o. / Halcrow) oraz przedstawicielom Zamawiającego (PKP PLK SA) za konstruktywną i owocną współpracę oraz koordynację prac w czasie realizacji opisanego kryzysowego zadania. Działając wspólnie, przy ogromnym zaangażowaniu udało się zrealizować projekt w oczekiwanym terminie, przy zachowaniu wysokiej jakości robót oraz uzyskując efekt przejezdności Pendolino z projektowymi prędkościami.

Literatura

- [1] Lijewski T.: *Geografia transportu Polski*. Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne. Warszawa 1977.
- [2] *Raport o oddziaływaniu na środowisko przebudowy i rozbudowy (modernizacji) linii kolejowej E65 Warszawa – Gdynia w granicach województwa pomorskiego km 236.900 – 328.120; 0.00 – do km 26.00*. GEOS Consulting Zakład Ochrony Środowiska. Warszawa 2006.
- [3] *Warunki techniczne utrzymania podtorza kolejowego Id-3*. PKP Polskie Linie Kolejowe SA. Warszawa 2009.
- [4] Borowczyk M., Frankowski Z.: *Wpływ parametrów fizycznych gruntu na ocenę wskaźnika i stopnia zagęszczenia*. VI Krajowa Konferencja Mechaniki Gruntów i Fundamentowania. Warszawa, 9–10 czerwca 1981, s. 36–44.

Referat zaprezentowany podczas XXVII Konferencji Naukowo-Technicznej *Awarie budowlane 2015*, Międzyzdroje, 20–23 maja 2015 r.





Temat specjalny

Podtorze i nawierzchnia torowa INFRASTRUKTURY SZYNOWEJ

tekst: **MARIA SZRUBA**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne

Podtorze musi stanowić stabilne podłoże nawierzchni, nie może więc nadmiernie się odkształcać lub osiadać. Powinno też mieć dostateczną sztywność – od niej zależą ugięcia szyn i wielkość oddziaływań dynamicznych. Podatność podtorza na odkształcenia zależy od wielu czynników, m.in. od jakości zastosowanych materiałów, niezawodności konstrukcji wzmacniających i zabezpieczających, poziomu technicznego robót budowlanych, wartości i częstości obciążeń od pojazdów, zakresów napraw czy wreszcie jakości prac wykonywanych przy utrzymaniu nawierzchni i podtorza.

Klasyczne podtorze gruntowe w postaci nasypów i przekopów jest sprawdzonym od wielu lat sposobem podparcia nawierzchni eksploatowanych ze stosunkowo małymi prędkościami pociągów. Stosowane jest także na liniach dużych prędkości, aczkolwiek z pewnymi ograniczeniami. Podtorze jest budowlą ziemną, która wraz z zabezpieczającymi ją urządzeniami ochraniającymi i odwadniającymi podlega oddziaływaniom eksploatacyjnym, wpływom klimatycznym oraz wpływom podłoża gruntowego, zalegającego bezpośrednio pod podtorzem oraz w jego najbliższym otoczeniu [1].

Obecnie obowiązujące zasady konstrukcji i budowy podtorza dróg szynowych w kraju zawiera instrukcja PKP PLK SA jako *Warunki techniczne utrzymania podtorza kolejowego Id-3* [2].

Z uwagi na zakres obowiązywania jest to akt normy powszechnej, którą należy stosować zarówno przy projektowaniu budowy nowych, jak i modernizacji istniejących linii kolejowych. Instrukcja [1] zawiera szczegółowe ustalenia odnośnie do warunków technicznych budowy podtorza, w tym także górnych warstw podtorza dla przedziałów prędkości pociągów $80 < V_{max} \sim 250$ km/h, odpowiadających poszczególnym typom linii i natężenia przewozów. W Instytucie Kolejnictwa opracowano również aktualne wymagania dla podtorza, zawarte w standardach technicznych interoperacyjności. Obecnie w krajowej sieci linii kolejowych istnieje zaledwie kilka odcinków linii dróg szynowych spełniających wszystkie warunki techniczne wyszczególnione w tych standardach [3].

fol. rochagneux – Fotolia.com



Ogólne wytyczne dotyczące projektowania, budowania i utrzymania podtorza zawarte w [2] wymagają od niego, aby:

1) było dostatecznie wytrzymałe i trwałe oraz stanowiło stateczną i jednorodną podstawę dla nawierzchni kolejowej linii o określonych parametrach eksploatacyjnych,

2) w występujących warunkach klimatycznych i eksploatacyjnych nie ulegało nadmiernym trwałym i sprężystym odkształceniom, zagrażającym bezpieczeństwu ruchu bądź też stwarzającym potrzebę zbyt częstych napraw nawierzchni,

3) koszty budowy i eksploatacji były możliwie małe, bez pogarszania walorów użytkowych,

4) zapewniona była możliwość łatwego, także zmechanizowanego prowadzenia robót podtorzowych oraz innych robót wykonywanych w jego obrębie (robót nawierzchniowych, trakcyjnych, teletechnicznych itp.),

5) budowla i jej utrzymanie nie powodowały nadmiernych zakłóceń w krajobrazie i środowisku naturalnym.

Materiały i technologie do wzmacniania oraz modernizacji podtorza

Liczne opracowania na temat utrzymania, napraw i wzmacniania podłoża gruntowego dróg kolejowych wskazują metody i sposoby wzmacniania podtorza. W [4] podzielono je na dwie grupy: wzmocnienie fizykochemiczne i fizykochemiczne. Wśród pierwszej grupy wymienione zostały:

- zagęszczanie podłoża gruntowego,
- wymiana gruntów w podłożu,
- wykorzystanie zjawiska konsolidacji,
- termiczne wzmocnienie gruntów (zamrażanie, osuszanie, spiekanie lessów),
- odwodnienie gruntów z zastosowaniem podciśnienia,
- wbudowywanie warstwy ochronnej, zbrojenie ośrodka gruntowego wkładkami (grunt zbrojony).

Do wzmocnienia fizykochemicznego gruntów zaliczono metody [4]:

- stabilizacji warstwy powierzchniowej gruntu (do najczęściej stosowanych spoiw należą cement, wapno, asfalt upłyniony, żywice mocznikowe, żużle granulowane, popioły lotne, pyły cementowe i lignosulfonaty, będące odpadami produkcyjnymi przemysłu papierniczego),
- stosowanie środków powierzchniowo czynnych (detergentów),
- instalowanie pali wapiennych w podłożu gruntowym,
- iniekcje (cementacja, silikatyzacja, bitumizacja, polimeryzacja),
- elektroosmozę i elektroforezę.

Z kolei w [5] technologie modyfikacji podłoża gruntowego i materiałów gruntowych stosowanych w budowach ziemnych

Z punktu widzenia eksploatacji bardzo istotne jest ciągłe utrzymanie podtorza w dobrym stanie technicznym. W jaki sposób dobrać optymalną metodę naprawy podtorza?

Utrzymanie podtorza kolejowego obejmuje diagnostykę, konserwację i naprawy. Zadania te PLK realizują w różnym zakresie – samodzielnie lub w systemie zleceń. Rutynowe przeglądy generalnie są wykonywane samodzielnie. W okresach potencjalnych zagrożeń, np. powodziowych, wykonujemy dodatkowe inspekcje. W odniesieniu do konserwacji głównymi zadaniami jest oczyszczanie odwodnienia oraz kontrolowanie rozwoju roślinności. W podtorzu kolejowym bardzo ważną rolę odgrywa jego górna część w pasie torowiska, zwieńczona tzw. warstwą ochronną. Na niej są usytuowane nawierzchnie torowe i rozjazdowe, stąd wymagania dla tej warstwy są szczególne. Jest ona również podatna na deformacje i uszkodzenia w efekcie oddziaływań i remontów, jakie miały miejsce w ciągu dekad. Typową wadą jest zalegający na ławie torowiska nadmiar ziemi z korzeniami, która utrudnia odpływ wód z samej nawierzchni. Stąd standardowym elementem każdego niemal remontu nawierzchni jest tzw. ścięcie ław torowiska.

Do odnawiania górnej warstwy ochronnej – poprzez jej wymianę i ułożenie na ściśle określonej niwelecie – PLK zakupiły w drugiej połowie lat 90. XX w. tzw. kombajn podtorzowy AHM800R wraz z wagonami taśmociągowymi i cysternami do zraszania. Opracowano wówczas także nowe wymagania dla kruszywa górnej warstwy ochronnej, zapewniające wysoką zagęszczalność i wytrzymałość w stosunku do stosowanych dawniej pospółek. Na całym świecie jest zaledwie kilka takich kombajnów różnych generacji, w tym jeden w krakowskim Zakładzie Maszyn Torowych, wyspecjalizowanej jednostce zajmującej się serwisem maszyn do konserwacji toru.

Nasz kombajn jest obecnie używany do renowacji górnych warstw ochronnych w ramach utrzymania. Pozwala to na przywracanie prędkości rozkładowych – ok. 20 km rocznie na odcinkach poważnych uszkodzeń takich warstw. W zadaniach tych głównym wykonawcą są zwykle spółki zależne PLK, ale dopuszczamy też innych wykonawców na zasadzie umowy.

Rafał Frączek,
zastępca dyrektora Biura Dróg Kolejowych
PKP Polskie Linie Kolejowe SA

Perfekcja wykonania



- > Jesteśmy wiarygodnym partnerem oferującym kompleksowe rozwiązania z zakresu wzmocnienia gruntu.
- > Gwarantujemy to, co w realizacji wielkich przedsięwzięć jest najważniejsze - jakość, niezawodność i terminowość.
- > Nasza praca jest podstawą najbardziej trwałych i nowoczesnych inwestycji.





Fot. PKP Polskie Linie Kolejowe SA

zaliczono do geoinżynierii. Do wielu metod, którymi dysponuje współczesna geoinżynieria, do podstawowych sposobów wzmocnienia i modyfikowania podłoża gruntowego, prowadzących docelowo do powiększania nośności, należą [6]:

- zagęszczanie statyczne i dynamiczne,
- wymiana gruntów płytka lub wgłębna (np. pale piaskowe i żwirowe, kolumny kamienne, kolumny żwirowo-betonowe),
- prekonsolidacja gruntów na skutek wstępnego obciążenia, wstępnego obciążenia łącznie z zastosowaniem pionowych drenów piaskowych, jutowo-piaskowych i z tworzyw sztucznych, odwodnienia wgłębno,
- cementacja w gruntach i stabilizacja poprzez zastrzyki cementowe, cementowo-iłowe, iłowo-cementowo-piaskowe, cementowo-popiołowe, zastrzyki chemiczne (sylikatyzaacja), cebertyzacja, zastrzyki z żywic syntetycznych i uszczelniające (iłowe, bitumiczne), iniekcja strumieniowa, stabilizacja termiczna (zamrażanie i spiekanie gruntów), stabilizacja wgłębna proszkowa (kolumny wapienne i cementowo-wapienne, iniekcja proszkowa), stabilizacja powierzchniowa (mieszanki gruntowe optymalne, stabilizacja gruntów cementem, wapnem, popiołami lotnymi, żywicami, bitumami),
- zbrojenie podłoża i maszywów gruntowych: klasyczny grunt zbrojony, będący technologią francuską z lat 60. XX w., ośrodek gruntowy zbrojony geosyntetykami, zbrojenie szkieletów (gabiony), zbrojenie prętami (mikropale, gwoździowanie, kotwy gruntowe).

Ograniczenie niekorzystnych zjawisk występujących w podtorzu uzyskuje się, stosując geosyntetyki. Wykorzystane do stabilizacji podbudowy torowej redukują grubość warstwy nośnej lub warstwy ochronnej, zmniejszając tym samym zużycie tradycyjnych materiałów (tj. kruszywa łamanego lub pospółki) i obniżając koszty budowy (np. koszty transportu, czas wykonawstwa robót, zużycie energii), przy jednoczesnym zwiększeniu niezawodności, trwałości i właściwości eksploatacyjnych kolejowych budowli ziemnych.

Dzięki szerokiemu zakresowi możliwości wzmocnienia podłoża gruntowego za pomocą geosyntetyków w konkretnych projektach w zależności od istniejących warunków gruntowo-wodnych, rodzaju budowli ziemnej oraz zaistniałego odkształcenia zapewniony jest ich optymalny dobór. Należy jedynie mieć na uwadze, że wbudowanie materiału geosyntetycznego nie może stwarzać trudności w utrzymaniu nawierzchni kolejowej przy użyciu typowych maszyn torowych oraz budowie i konserwacji urządzeń podziemnych [7].

Do stabilizacji gruntu można także wykorzystać uboczne produkty spalania – popioły lotne posiadają właściwości wiążące i mogą być stosowane jako samodzielne spoiwo lub jako dodatek do innych spoiw. Dzięki zastosowaniu spoiwa hydraulicznego można uzyskać kilkakrotny wzrost nośności gruntu w stosunku do właściwości pierwotnych [8].

Odwodnienie podtorza

Odwodnianie to podstawowa metoda zwiększania stateczności podtorza i wytrzymałości gruntów w czasie budowy i eksploatacji.

Zapewnia także odpowiednie warunki pracy budowli i urządzeń znajdujących się w podtorzu. Co do zasady, wszystkie prace podtorzowe powinny poprzedzać wykonanie odpowiedniego stałego (trwałego) lub tymczasowego (roboczego) odwodnienia. W przypadku odwadniania podtorza oraz znajdujących się w nim budowli i urządzeń polega ono na właściwym ułożeniu przepuszczalnych i nieprzepuszczalnych gruntów w budowli wraz z nadaniem im odpowiedniego kształtu oraz zastosowaniu niezbędnych urządzeń odwadniających (zbierających i odprowadzających wody powierzchniowe i podziemne oraz chroniących podtorze przed podtopieniem i niszczącym działaniem wód sąsiadujących cieków i zbiorników).

Wybór sposobów odwadniania podtorza oraz stosowanych w tym celu konstrukcji dokonywany jest na podstawie wyników badań i analiz. Pod uwagę bierze się takie czynniki, jak przewidywana skuteczność odwodnienia w danych warunkach, jego koszty, możliwości technologiczne, materiałowe i utrzymaniowe, wpływ na środowisko itp.

Odwodnienia dzielą się na powierzchniowe i głębokie. Drenowanie powierzchniowe polega na usuwaniu zagrożeń powodowanych przez wody powierzchniowe za pomocą odpowiedniego kształtowania, uszczelniania i wzmocnienia terenu i powierzchni budowli, odprowadzania wód drenażami naziemnymi i podziemnymi płytkami (zakładanymi w strefie przemarzania gruntu), odcinania dopływu wód przy użyciu pokryć szczelnych, Z kolei drenowanie głębokie polega na usuwaniu zagrożeń powodowanych przez wody gruntowe płynące, stagnujące i kapilarne za pomocą drenaży głębokich, niezamarzających zimą (niekiedy drenaże te służą również do odprowadzania wód powierzchniowych oraz odcinania dopływu tych wód przy użyciu ścianek szczelnych, ekranów zapobiegających filtracji itp.). W odwadnianiu wykorzystywane są takie urządzenia drenarskie, jak drenaże liniowe naziemne (np. rowy, rynny, wały odprowadzające), drenaże liniowe podziemne (np. sączki, ciągi drenarskie rurowe), drenaże płytowe (np. warstwy filtracyjne) czy konstrukcje pośrednie (np. sączki skarpowe, drenaże punktowe, przyporowe) oraz drenaże pionowe, w których dominuje pionowy kierunek przepływu wód.

W zakresie odwadniania skarp podtorza w przypadku znacznych wypływów wód z wyraźnych warstw wodonośnych stosuje się drenaż głęboki przy przekopie, na skarpie przekopu bądź pod rowem bocznym, odcinający lub zmniejszający dopływ wód gruntowych (wskazany jest jednak drenaż zupełny, odcinający dopływ). Innym sposobem jest drenaż skarpowy punktowy bezrurowy lub rurowy, który jest zakładany np. przy użyciu przebijaków pneumatycznych kret – wówczas należy zabezpieczyć powierzchnię skarpy pod wylotami drenów przed rozmyciem [1].

W systemach odwadniających zastosowanie znajdują także materiały geosyntetyczne, które zatrzymując drobne cząstki gruntu niesione wraz z wodą, działają jako filtr. Geosyntetyki w tej funkcji stosuje się w gruntach różnoziarnistych i niejednorodnych, gdy na styku gruntu z zasypką nie jest spełniony warunek stabilności mechanicznej (filtracji) [7].



Zastosowanie geosyntetyków do umocnienia skarp (geokrata ElikopolBasic),
fot. Elikopol BK Sp. z o.o



Zastosowanie geosyntetyków do wzmocnienia podtorza,
fot. Elikopol BK Sp. z o.o

Modernizacja nawierzchni torowej

W zakres naprawy głównej nawierzchni kolejowej, która polega na odtworzeniu stanu pierwotnego, z możliwością zastosowania innych materiałów niż użyto wcześniej, wchodzi roboty budowlane mające na celu przywrócenie sprawności technicznej drogi szynowej. Sprowadzają się one w zasadzie do ciągłej wymiany szyn, podkładów oraz ciągłego oczyszczenia podsypki z jej uzupełnieniem i zagęszczeniem.

Roboty główne ze względu na zakres prowadzonych robót naprawy można podzielić na kompleksowe, które polegają na ciągłej i kompletnej wymianie wszystkich głównych elementów nawierzchni (szyn, podkładów i podsypki), oraz niekompleksowe, podczas których ciągłej wymianie podlegają jeden lub dwa elementy nawierzchni (np. tylko szyn lub szyn i podkładów). Innym kryterium podziału jest stopień i zakres robót torowych – pod tym kątem wyróżnia się metody małej i pełnej mechanizacji.

Z uwagi na konstrukcję nawierzchni kolejowej i zastosowane maszyny wykorzystuje się trzy podstawowe technologie. Tech-

nologię przesłową naprawy głównej nawierzchni kolejowej w pełnym zakresie stosuje się głównie w torach klasycznych, a jej nazwa nawiązuje do wymiany (wyjęcia i ułożenia) całych przesł torowych (szyny połączone z podkładami). Wymianę nawierzchni metodą przesłową można wykonać przy użyciu:

- samojezdnych suwnic bramowych, które poruszają się po torze podsuwnicowym (SBT-5),
- żurawi do układania przesł torowych, które poruszają się po istniejącym torze (UK-25),
- maszyn do układania nawierzchni, które poruszają się po torowisku, wykorzystując własny układ jezdny, np. gąsienicowy.

Kolejną technologią jest naprawa główna toru bezstykowego z zastosowaniem metody przesłowej, która wymaga wykonania dodatkowego etapu prac w związku z wymianą szyn klasycznych na szyny długie. W tej metodzie cykl wymiany nawierzchni kolejowej przebiega jednoetapowo – stare przesła są wyjmowane z toru, następnie rozkładane są nowe podkłady, a ostatni krok stanowi ułożenie i połączenie szyn długich w tor bezstykowy. Typ wykorzystywanych w tej metodzie maszyn zależy od rodzaju wyjmowanych



Zakład Robót Inżynierskich Henryk Chrobok i Hubert Chrobok sp.j.

ul. Gościnną 101, 43-220 Bojszowy Nowe, woj. śląskie
tel. 32 218 90 00, fax 32 328 92 91
info@firma-chrobok.pl



www.firma-chrobok.pl

Zabezpieczenia wykopów:

- ścianki szczelne z grodzic stalowych
- ścianki berlińskie
- wbijanie rur i kształtowników stalowych
- palisady



Inżynieria bezwykopowa:

- przewiertki i przeciski poziome
- mikrotuneling
- przewiertki sterowane horyzontalne
- czyszczenie i cementowanie istniejących rurociągów
- relining
- kraking

Wzmocnienia gruntu:

- iniekcja jet-grouting
- pale CFA
- kolumny DSM
- pale VIBREX / VIBRO
- kolumny żwirowe
- pale przemieszczeniowe
- mikropale
- kotwy i gwoździe gruntowe





Jakie są wymagania stawiane geosyntetykom wykorzystywanym do modernizacji podtorza kolejowego?

W budownictwie kolejowym obowiązują wymagania dla geosyntetyków zgodne z *Warunkami technicznymi utrzymania podtorza kolejowego*

Id-3, sformułowanymi przez PKP Polskie Linie Kolejowe SA. Niestety, niektóre podane w przepisach parametry są chybione i nie określają w sposób właściwy istotnych wymogów. Specyfikacja dla syntetyku filtracyjnego jest stosunkowo najkorzystniejsza – podaje wytrzymałość CBR i wodoprzepuszczalność, a są to najistotniejsze parametry dla tego zastosowania. Szkodliwe jest natomiast określanie gramatury i grubości – parametrów, które ze względu na wagę eliminują inne wysokomodułowe (wyższej klasy) geowłókniny kosztem wykonywanych z odpadu czy recyklingu. Jeżeli chodzi o wymogi podawane dla włókien rozdzielająco-filtracyjnych, a poprawnie separująco-filtracyjnych, istotne są takie parametry, jak wytrzymałość na rozciąganie, CBR, wodoprzepuszczalność. I znów bezsensowne jest eliminowanie – przez określanie gramatury – producentów materiałów lepszych, którzy przy mniejszej wadze uzyskują lepsze parametry separacyjno-wzmacniająco-filtracyjne. Najgorzej sprawa wygląda w przypadku wymagań dla geosiatek wzmacniających. Tutaj, o zgrozo, autor wymagań podaje, że minimalne parametry to dwuosiowość, minimalna wytrzymałość 20 KN (niewielka), maksymalne wydłużenie 20% (gdyby do niego doszło, oznaczałoby to katastrofę, gdyż na każdym metrze podbudowy wydłużenie wynosiłoby 20 cm) oraz wytrzymałość węzła. Natomiast najistotniejszego parametru z punktu widzenia zbrojenia – wytrzymałości przy początkowym wydłużeniu 2, 3, 5% – nie określa się! Geosyntetyki używane zarówno w budownictwie drogowym, jak i kolejowym znajdują szerokie zastosowanie przy konsolidacji, wzmocnieniu, stabilizacji. Diabeł jak zwykle tkwi w szczegółach – w szczegółach specyfikacji i właściwych wymaganiach. Niezrozumiałe jest także odrzucenie przez *Id-3* geotkanin w miejsce geowłókien do separacji, skoro tkanina ma mniejsze wydłużenie i dużo większą wytrzymałość na rozciąganie oraz CBR niż w przypadku materiału o podobnym koszcie. Niestety, jeśli podstawowe wymagania stawiane materiałom wykorzystywanym w kolejnictwie są określone niewłaściwie, utrudnia to prawidłowy ich dobór, a co za tym idzie, obniża ich wartość w konkretnych instalacjach.

Mariusz Lachowicz,
prezes zarządu Elikopol BK Sp. z o.o.

przęseł i układanych podkładów. Zwykle są to samojezdne suwnice bramowe lub portalowe z podwieszonym trawersem, do którego mocowane jest przęsło lub podkłady.

Na potrzeby budownictwa została także zaadaptowana przemysłowa metoda produkcji taśmowej, zwana metodą pracy równomiernej lub metodą potokową. W tej metodzie tor kolejowy dzieli się na równe działki robocze, na których wykonuje się kolejne prace zespołami o zbliżonej pracochłonności (wydajności). Znajduje ona zastosowanie przy wymianie nawierzchni kolejowej w technologii przęsłowej i bezpręsłowej – wtedy działka robocza stanowi wielokrotność długości przęsła lub szyny długiej. Najlepsze efekty uzyskuje się jednak, wykorzystując specjalne maszyny do ciągłej i kompleksowej naprawy głównej – kombajny torowe, dzięki którym wymiana elementów nawierzchni kolejowej odbywa się przy ich ciągłym ruchu, nie ma więc potrzeby dzielenia toru na działki robocze. Zarówno metoda, jak i system transportu i wyładunku materiałów do budowy nawierzchni kolejowej są w dużym stopniu zależne od technologii naprawy głównej i stosowanych maszyn torowych [9].

Podsumowanie

Skomplikowane wzajemne oddziaływania taboru, nawierzchni i ciągle zwiększające się obciążenia i prędkości pociągów wiążą się z koniecznością modernizacji podtorza. Jak wynika z doświadczeń eksploracyjnych niewykonywanie tych robót lub wykonywanie ich w zbyt małym zakresie powoduje zwiększanie się liczby uszkodzeń nawierzchni lub niewystarczające ograniczanie tempa ich narastania. Odpowiednie utrzymanie podtorza staje się tym istotniejsze, że obecnie podtorze ma decydujące znaczenie w kwestii unowocześniania istniejących linii kolejowych i zwiększania prędkości pociągów.

Literatura

[1] Skrzyński E.: *Podtorze kolejowe*. PKP Polskie Linie Kolejowe SA. Warszawa 2010.

[2] *Warunki techniczne utrzymania podtorza kolejowego Id-3*. Załącznik do Zarządzenia nr 9 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe SA z 4 maja 2009 r.

[3] Gradkowski K.: *Możliwości wzmacniania podtorza w warunkach inter-operacyjności kolei*. „Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK RP” 2013, nr 2 (101), s. 101–108.

[4] *Poradnik wzmocnienia podłoża gruntowego dróg kolejowych*. Red. Z. Biedrowski. Politechnika Poznańska, Instytut Inżynierii Lądowej. Poznań 1986.

[5] Pisarczyk S.: *Geoinżynieria. Metody modyfikacji podłoża gruntowego*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2005.

[6] Surowiecki A.: *Modernizacja konstrukcji dróg szynowych. Badania modelowe i eksploatacyjne*. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Oficerskiej Wojsk Lądowych im. gen. T. Kościuszki. Wrocław 2013.

[7] Zelek Z.: *Geosyntetyki w konstrukcji podtorza*. „Problemy Kolejnictwa” 2014, z. 165, s. 119–134.

[8] Cyske W.: *Wzmacnianie podtorza kolejowego metodą stabilizacji ubocznymi produktami spalania*. Materiały V Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej *Problemy modernizacji i budowy podtorza kolejowego*. Wrocław–Szklarska Poręba, 14–15 października 2010 r. Wrocław 2010, s. 57–67.

[9] Kędra Z.: *Drogi szynowe. Technologia robót torowych*. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej. Gdańsk 2014.



LIDER W DOSTAWACH I DORADZTWIE W ZAKRESIE GEOSYNTETYKÓW



Elikopol BK Sp. z o.o.

43-316 Bielsko-Biała

Al. Armii Krajowej 171

tel./fax 33 814 77 86

e-mail: kontakt@elikopol.com.pl

PODSTAWOWĄ OFERTĘ FIRMY STANOWIĄ

geosiatki,
georuszty,
geotkaniny,
geowłókniny,
geokompozyty,
geokraty,
maty biodegradacyjne,
biowłókniny,
bentomaty,
geomembrany,
geotuby,
gabiony,
siatki stalowe,
płotki HDPE
zapobiegające migracji
ptaków.



www.elikopol.com.pl

Elikopol BK Sp. z o.o.

Rury GRP firmy Superlit



Przepusty stalowe firmy Tubosider



W zakresie wzmocnień
podłoża, kolumn, pali
współpracujemy z firmą



Track Tec – innowacyjność w kolejnictwie

tekst: **MARIA SZRUBA**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, zdjęcia: **TRACK TEC SA**

Track Tec SA już od wielu lat z dużymi sukcesami przygotowuje swoje wyroby pod kątem budowania w Polsce najnowocześniejszej infrastruktury kolejowej. Obecnie stosowane rozwiązania konstrukcyjne dostarczane przez Track Tec SA pozwalają na zastosowanie tych wyrobów do całej sieci PKP PLK SA, jak również do planowanych modernizacji linii dużych prędkości. Najnowszym osiągnięciem spółki są wagony do przewozu bloków rozjazdów na podrozdnicach strunobetonowych, zapewniające nie tylko zwiększenie efektywności procesów logistycznych, ale także szybszą zabudowę samych rozjazdów, a dzięki skróceniu czasu robót – oszczędność czasu i pieniędzy przewoźników.



Polska, do czasu zaprezentowania nowych wagonów firmy Track Tec SA, jest jednym z niewielu krajów, w którym wciąż montowane są rozjazdy kolejowe w tradycyjny sposób, oparty na dostarczaniu na budowę oddzielnie podrozdnic oraz stalowych elementów rozjazdu, a następnie ich montowaniu. Rozwiązanie proponowane przez Track Tec SA, wykorzystujące technologię umożliwiającą zabudowę bloków rozjazdów zmontowanych u producenta, pozwoli na wypracowanie nowych standardów, przyspieszających proces inwestycyjny, a zarazem w sposób jednoznaczny określających odpowiedzialność za jakość konstrukcji.

Transport trzech bloków jednego rozjazdu z zakładu na miejsce montażu wymaga jednak specjalistycznych wagonów, których zakup za granicą byłby kosztowny, a więc technologia nie byłaby atrakcyjna dla wykonawców. Firma Track Tec SA zdecydowała się na zabudowę na wagonach urządzeń do transportu pręseł rozjazdów, wychodząc ze słusznego założenia, że będzie to oferta korzystna dla PKP PLK SA i wykonawców, zwłaszcza w okresie kumulacji prac. Dzięki istotnemu skróceniu czasu zamknięć torowych, gdy wymiany rozjazdów dokonywane są na czynnych liniach, wymierne korzyści zyskują także korzystający z infrastruktury kolejowej przewoźnicy.

Nie spocząć na laurach

Choć Track Tec SA jest jednym z największych producentów podkładów i rozjazdów kolejowych w kraju, firma nigdy nie ukrywała swoich ambitnych planów w zakresie poszerzania oferowanych usług. Szczególnie satysfakcjonujący jest więc sukces na niezagospodarowanym przez inne podmioty polu – do tej pory żaden z krajowych wytwórców nie wdrożył rozwiązania polegającego na samodzielnym dostarczaniu zmontowanych we własnych zakładach bloków rozjazdów na strunobetonie na miejsce, w którym zostaną zabudowane.

Efektom działań spółki ma być zwiększenie efektywności procesów logistycznych oraz zaproponowanie kontrahentom nie tylko produktu i jego dostawy, ale także wykonanie samej zabudowy. Do realizacji tych założeń powołano dwie działające w ramach grupy spółki: Track Tec Construction Sp. z o.o. i Track Tec Logistics Sp. z o.o.

Jak to działa?

W prace związane z projektem przewozu zmontowanych na podrozjazdnicach strunobetonowych bloków rozjazdów i dostarczeniem ich na plac budowy zaangażowano krakowską firmę EC Engineering Sp. z o.o., która zaprojektowała i wykonała urządzenie ładunkowe, zaś w zakładzie Newagu SA w Gliwicach zamontowano je na pozyskanych wcześniej przez Track Tec SA wagonach. Urządzenie z napędem hydraulicznym i zasilane z własnego agregatu oznaczono jako UR-1. Zostało ono dopuszczone do eksploatacji przez TDT.

Nowe wagony powstały na bazie platformy z obniżoną podłogą serii Uai, a sam montaż nie wymagał ingerencji w ich konstrukcję, układ biegowy czy hamulcowy. Wykorzystane wagony zbudowano kilkadziesiąt lat temu w zakładach w Chorzowie, a wcześniej odkupiono od węgierskiego przewoźnika. Firma Track Tec SA rozważała zakup nowych wagonów, ale koszt jednego wynosi ok. 700 tys. franków. Zdecydowano więc o pozyskaniu platform Uai i zabudowie na nich nowych urządzeń. W efekcie nowe rozwiązanie, które od razu znajduje praktyczne rozwiązanie, jest w całości dziełem polskiej myśli technicznej.

Proponowane rozwiązanie polega na: załadunku zmontowanego bloku krzyżownicy i bloku szyn łączących w pozycji poziomej, a po zamocowaniu podniesienie ich do pozycji ukośnej pod kątem 68°, dzięki czemu zmieszczą się w skrajni, a przewóz nie będzie wymagał stosowania procedur przewidzianych dla ładunków ponadgabarytowych. Tak przewozić można rozjazdy o promieniu nieprzekraczającym R500. Na polskiej sieci kolejowej rzadko stosuje się rozjazdy o większym promieniu, tak więc wagony będą mogły znaleźć zastosowanie przy realizacji większości kontraktów Track Tec SA.

Blok szyn łączących, o długości ponad 15 m, waży 17,8 t. Najdłuższa podrozjazdница, decydująca o szerokości całego bloku, mierzy 3,7 m. Blok krzyżownicy jest nieco lżejszy (12,1 t) i krótszy (8,1 m), ale za to jego najdłuższe podrozjazdnice mają 4,3 m długości. Trzeci segment zmontowanego rozjazdu, blok zwrotnicy, można przewozić w pozycji poziomej na zwykłej platformie.

Maksimum zysków

Obecnie Track Tec SA dysponuje trzema zestawami wagonowymi do transportu bloków rozjazdowych, docelowo **będzie to pięć kompletów takich pojazdów**. Jeden z nich zostanie



przeznaczony do przewozu rozjazdów opartych na podrozjazdnicach drewnianych. Firma zakupiła także specjalistyczny żuraw kolejowy o udźwigu do 45 t, dzięki któremu możliwy będzie nie tylko rozładunek bloków na placu budowy, ale także ich przewóz pod siecią, co znacznie ułatwia prace. Grupa jest także właścicielem wagonów szutrówek przeznaczonych do przewozu i wysypywania tłuczni na boki na międzytorze. Track Tec Logistics Sp. z o.o. pozyskał ostatnio także pięć lokomotyw elektrycznych (EU07 należących wcześniej do PKP Intercity SA), które niedawno rozpoczęły realizację pierwszych przewozów.

Dzięki takiej komplementarności usług i sprzętu firma oferuje kompleksowe rozwiązanie przy maksymalnym skróceniu czasu przewozu i montażu na placu budowy. Trzeba podkreślić, że podobnej oferty nie było dotąd na krajowym rynku. Dodatkowym atutem jest możliwość pełnej kontroli jakości od chwili rozpoczęcia produkcji do zamontowania rozjazdu w torach kolejowych, co podniesie poziom bezpieczeństwa. Niezwykle istotne jest także skrócenie czasu realizacji robót i zamknięć torowych nawet o 40%.

W lipcu wagony obsłużą pierwszy transport rozjazdów na podrozjazdnicach strunobetonowych.





Stabilizacja podsypki kolejowej – zabezpieczenie stref przejściowych oraz newralgicznych punktów nawierzchni kolejowej

tekst: mgr inż. **TOMASZ SZCZEPAŃSKI**, zdjęcia: **MC-BAUCHEMIE**

Podczas eksploatacji nawierzchni kolejowej często dochodzi do niepożądanego przemieszczania lub obsuwania się tłucznia. Zjawisko to najczęściej występuje w strefie przejściowej między nasypem wykonanym z tłucznia a sztywnym podłożem, np. bezpośrednio przed mostami i wiaduktami, w strefie przejazdów kolejowych i przy przejściach przez tory, a także na szczególnie obciążanych łukach torów oraz w okolicy zwrotnic i krzyżownic.

Konieczność zachowania ciągłości ruchu kolejowego wymusza stosowanie efektywnych i trwałych technologii do naprawy i konserwacji podsypki w takich newralgicznych miejscach. Przykładem skutecznego rozwiązania technicznego jest wykonanie zabezpieczenia stabilizującego z wykorzystaniem środka wiążącego MC-Ballastbond, bazującego na nowoczesnej technologii żywic duromerowych. W tej metodzie specjalna żywica o bardzo niskiej lepkości jest natryskiwana na powierzchnię podsypki. Żywica zwilża kamienie i spływa w dół. W miejscu styku kamieni tworzących podsypkę następuje ich sklejenie, które już po 0,5–3 godz. staje się elastyczne i stabilne. Kruszywo jest sklepane tylko punktowo w taki sposób, że woda w dalszym ciągu może spływać przez warstwę podsypki. Pierwsze doświadczenia ze stosowania środka MC-Ballastbond 70 zdobyto w 2004 r. podczas zabezpieczania nasypu z tłucznia na moście

na ekspresowej linii kolejowej Bruksela – Kolonia. Początkowo nowa technologia była sceptycznie oceniana, szybko jednak zyskała wielu zwolenników wśród inwestorów dzięki znacznym oszczędnościom czasu i kosztów.

Sukces i skuteczność systemu MC-Ballastbond potwierdzają liczne obiekty referencyjne w Belgii, Niemczech, Czechach i na Węgrzech, a także pierwsze realizację w Polsce. System jest niezawodnym rozwiązaniem szczególnie na liniach, gdzie wymagana jest większa prędkość i rosną wymagania co do komfortu podróży, a więc stawiane są wysokie wymagania względem szyn i nawierzchni z tłucznia. Nie ma też potrzeby tak częstego podbijania tłucznia, co znacznie ogranicza nakłady na konserwację, oraz nie ma potrzeby zamykania szlaku w celu wykonania tych prac.

MC-Ballastbond zabezpiecza powierzchnię podsypki kolejowej. W efekcie charakteryzuje się ona dużo lepszymi parametrami wytrzymałościowymi przy jednoczesnym utrzymaniu elastycznej pracy struktury całego nasypu (rozwiązanie sztywno-elastyczne). Ochrona powierzchniowa podsypki kolejowej za pomocą MC-Ballastbond 70 umożliwia:

- zabezpieczenie skarp nasypu z podsypki przed ruchami i przemieszczaniem w strefach przejściowych;
- stabilizację wzmacniającą podsypki na łukach linii kolejowych lub rozjazdach;
- łatwe czyszczenie i konserwację (także nadanie kolorystyki) powierzchni podsypki przy peronach na stacjach;
- zabezpieczenie dróg ewakuacyjnych i awaryjnych przy torach kolejowych;

- uniemożliwia podrywanie pojedynczych kamieni spowodowane pędem przejeżdżającego pociągu.

MC-Ballastbond zabezpiecza również strukturę podsypki kolejowej. Dzięki możliwości penetracji żywicy w podsypkę uzyskuje się mocną konstrukcję kamienno-żywiczną. Sklejona masa kamieni nadal przenosi duże obciążenia dynamiczne, a dzięki podatności i elastyczności umożliwia długoletnią i bezpieczną eksploatację linii kolejowej. Takie rozwiązanie pozwala na:

- proste i szybkie zabezpieczenie skarp nasypu z podsypki na remontowanych odcinkach obiektów mostowych z zachowaniem możliwości przejazdu na sąsiednim torze;
- wzmocnienie miejsc pod rozjazdami i skrzyżowaniami torów;
- wytworzenie płyty przejściowej pomiędzy nasypem a konstrukcją mostu lub tunelu;
- eliminację miejsc rozluźnienia w podsypce przy zachowaniu ciągłości w przejazdach pociągów.

Technologia MC-Ballastbond wyznacza nowe kierunki i możliwości szybkich napraw konstrukcji kolejowych. Prawidłowe zastosowanie technologii i uzyskanie skutecznego i trwałego zabezpieczenia gwarantuje fachowy nadzór i doradztwo firmy MC-Bauchemie, a także szkolenia na placu budowy.

Wytworzenie strefy przejściowej w warstwie nawierzchni tłuczniowej przy obiektach inżynieryjnych z nawierzchnią sztywną w technologii MC-Ballastbond. Przykładowa sytuacja

Przykładowe założenia projektowe

Stacja kolejowa o nawierzchni bezpodsypkowej w strefie połączenia z nawierzchnią linii o konstrukcji tradycyjnej z podsypką. Parametry, na które projektowane są obiekty: prędkość projektowana 60 km/h, grubość warstwy podsypki 30 cm.

Stabilizacja iniekcyjna tłucznia

A. Materiały

- materiał stabilizujący – MC-Ballastbond, żywica duromerowa;
- Sprzęt i akcesoria
- pompa iniekcyjna typu 2K, I-700,
- lanca do natrysku,
- sprężarka;

C. Opis technologii

Celem wykonania stabilizacji tłucznia jest wytworzenie strefy przejściowej na odcinku 40 m, w obszarze przejścia z nawierzchni podatnej na sztywną, redukującej wpływ sił dynamicznych na podtorze w warstwie nawierzchni z tłucznia.

Etapy wykonania robót

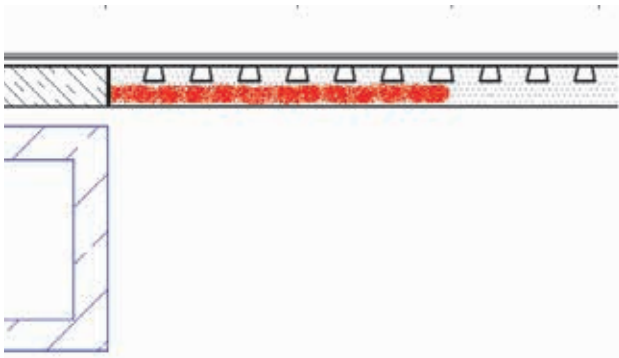
1. Kontrola stanu przygotowania nawierzchni z nowego tłucznia na odcinku obszaru strefy przejściowej (tłuczeń ze skał twardych w strefie przejściowej powinien posiadać uziarnienie 31,5/50 lub 31,5/63, kl. I, gat. I, czysty, niezapyłony, płukany i suchy). Na torowisku zamontowane są podkłady i szyny. Nawierzchnia z tłucznia jest zagęszczona i odpowiednio podbita.

2. Przygotowanie obszaru strefy przejściowej do stabilizacji podbudowy. Obszar obejmuje strefę (40 m.b. toru) w odcinkach 13, 13 i 14 m.b. na każdym torze. Szerokość strefy przyjmuje się ok. 3,0 m.

3. Wykonanie stabilizacji podbudowy z tłucznia materiałem MC-Ballastbond na odcinku I i II, tj. bezpośrednio przy obiekcie na długości 26 m.b. Głębokość penetracji żywicy do 30 cm. Żywica rozkładana jest przy pomocy specjalnej lancy, dzięki której żywica kierowana jest na całą powierzchnię nawierzchni kolejowej wraz z obszarem pod podkładami. Tłuczeń pomiędzy podkładami usunięty.

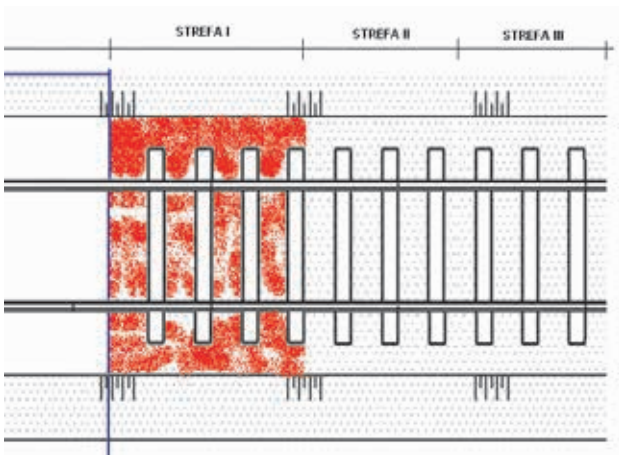


Zabezpieczenie możliwości ruchu na drogach ewakuacyjnych – obwodnica Pragi czeskiej

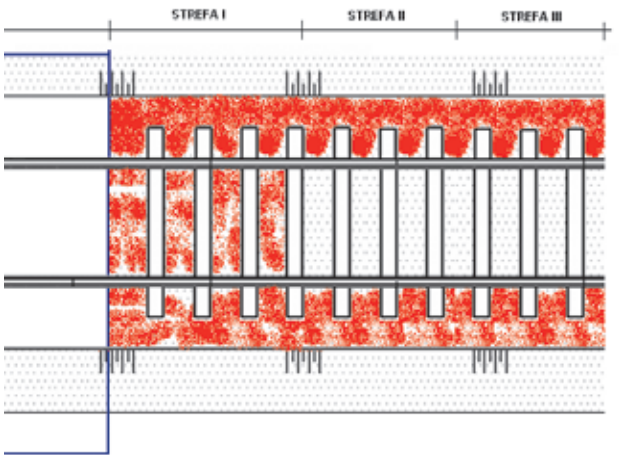


4. Uzupełnienie tłucznia pomiędzy podkładami na odcinku I i II.

5. Wykonanie stabilizacji tłucznia na odcinku I (13 m). Podanie żywicy MC-Ballastbond na powierzchnię z tłucznia w obszarze między podkładami oraz na powierzchni przy główkach podkładów.



6. Wykonanie stabilizacji podbudowy z tłucznia materiałem MC-Ballastbond na odcinkach II i III w obszarze całej nawierzchni przy główkach podkładów. Głębokość penetracji żywicy ok. 15 cm.



Prace wytwarzające strefę przejściową należy wykonać po ułożeniu nawierzchni tłuczniowej, odpowiednim jej zagęszczeniu, ułożeniu podkładów i torów oraz podbiciu. Prace wykonuje się przy dobrych warunkach atmosferycznych: brak opadów deszczu, wilgotność < 85%, temperatura > 10°C, podłoże suche.

Przykłady realizacji technologii MC-Ballastbond



Remont stacji České Velenice w Czechach



Remont obiektów inżynierskich na linii kolejowej w Czechach



Aplikacja systemu MC-Ballastbond firmy MC-Bauchemie

MC- Bauchemie Sp. z o.o.
Protection Technologies
Krajowe Biuro Handlowe
ul. Wyścigowa 39
53-011 Wrocław
tel.: 71 339 77 44
e-mail: tomasz.szczepanski@mc-bauchemie.pl



Autodesk Day 2015

BIM dla infrastruktury



tekst: **JOANNA BOROWSKA, DOROTA SAPIJA**, Omega Communication

Jak poprawić wydajność projektów infrastrukturalnych dzięki BIM? Odpowiedź m.in. na to pytanie próbowali znaleźć uczestnicy ogólnopolskiej konferencji *Autodesk Day 2015 – BIM dla infrastruktury*, zorganizowanej 17 czerwca 2015 r. w Warszawie. W spotkaniu wzięło udział ponad stu przedstawicieli firm branżowych, zarówno kadra zarządzająca, jak i inżynierowie.

Głównym punktem agendy, cieszącym się dużym zainteresowaniem uczestników, były prezentacje przykładów zastosowania wraz ze wskazaniem korzyści wynikających z BIM, a także panel dyskusyjny o rozwoju branży infrastrukturalnej z wykorzystaniem BIM. Swoimi doświadczeniami w tym zakresie podzielił się zagraniczni goście – Dariusz Šimkūnas z litewskiej firmy JSC Kelprojektas oraz Cristian Otter z firmy Geonius z Holandii. Na konkretnych realizacjach pokazali, jak szybciej, taniej i efektywniej można tworzyć i zarządzać projektami inżynierskimi. Wyzwania, jakie stoją przed polskimi inżynierami, przedstawił Krzysztof Jamrozik z biura projektowego Ekkom. Jednym z istotnych elementów, na które zwrócono uwagę w obszarze dalszego rozwoju BIM w Polsce, była powszechna edukacja oraz legislacja. Eksperti byli zgodni, że wzorem krajów Unii Europejskiej Polska powinna przyjąć dyrektywę unijną zalecającą stosowanie BIM w zamówieniach publicznych.

Ciekawe wykorzystanie BIM w branży geoinżynierskiej zaprezentował Adam Grewenda z ArchiTube. Firma zapewnia

kompleksowe inwentaryzacje budynków m.in. za pomocą trójwymiarowego skanera laserowego. Skanowanie laserowe umożliwia tworzenie uporządkowanych i bardzo dokładnych cyfrowych obrazów obiektu w krótkim czasie. Uzyskane dane są przetwarzane i mogą być wykorzystywane w innych dziedzinach, takich jak architektura, ochrona zabytków, modelowanie 3D. Jest to zatem idealne narzędzie na potrzeby BIM.

„Dziękujemy ekspertom oraz uczestnikom za liczne przybycie. Tak duże zainteresowanie konferencją świadczy o ogromnym potencjale modelowania informacji o budynku w projektowaniu infrastruktury drogowej, kolejowej czy wodnej. Polscy inżynierowie są w trakcie tej drogi, jednak mając na uwadze sukcesy i pozytywne doświadczenia branży architektoniczno-budowlanej, adaptacja BIM w infrastrukturze jest procesem naturalnym i nieodwracalnym” – podsumował Sławomir Gabrieluk, menedżer ds. infrastruktury Autodesk Polska.

Od 1 lipca br. na stronie www.autodesk.pl/infrastructureDay2015 dostępne



są nagrania oraz prezentacje z konferencji.

Autodesk pomaga wymyślać, projektować i tworzyć lepszy świat. Zarówno projektanci, inżynierowie architekci, jak również graficy, studenci oraz pasjonaci wykorzystują oprogramowanie Autodesk w celu wyzwalania kreatywności i rozwiązywania problemów projektowych. Więcej informacji można znaleźć na www.autodesk.pl, www.facebook.com/Autodesk.Poland.





tekst i zdjęcia: **HOBAS SYSTEM POLSKA Sp. z o.o.**

PRZECISKANIE RUR HOBAS CC-GRP DN 3000

pod torami kolejowymi w Cikowicach

Kiedy trasa rurociągu przechodzi pod nasypem kolejowym, zazwyczaj najlepszą metodą instalacji rur jest przecisk hydrauliczny, ponieważ nie zakłóca on ruchu pociągów. W Cikowicach, miejscowości na południu Polski, w nasypie kolejowym zamontowano cztery przepusty o średnicy 3000 mm i długości 34 m każdy, których zadaniem jest odprowadzanie wód powodziowych. Rury GRP wykorzystane do realizacji tego wymagającego projektu dostarczył HOBAS System Polska Sp. z o.o.

W 2010 r. rzeka Raba wystąpiła z brzegów i zalała Cikowice wraz z sąsiednimi wsiami. Na nieszczęście miejscowość ta od północnej strony ogrodzona jest nasypem kolejowym, który zadziałał jak tama, powodując dodatkowe spiętrzenie wody. Od strony Cikowic jej poziom był przez to prawie o 1 m wyższy niż z drugiej, gdzie znajdują się głównie łąki. Aby umożliwić odprowadzenie nadmiaru wody i zapobiec takim sytuacjom w przyszłości, w 2014 r. zainicjowano projekt ochrony przeciwpowodziowej. Inwestycja ta została zrealizowana w ramach modernizacji linii kolejowej E30/C-E30 i obejmowała wykonanie czterech dużych przepustów pod nasypem kolejowym. W przypadku ponownego podniesienia się poziomu wody przepusty odprowadzą jej nadmiar na drugą stronę.

Potrzebne do wykonania przepustów rury o zewnętrznej średnicy 3000 mm zostały dostarczone przez HOBAS. Gładka wewnętrzna powierzchnia tych rur sprawia, że niesione wraz z wodą powodziową nieczystości nie powodują zamulenia rur,

a dzięki ich gładkiej powierzchni zewnętrznej ułatwione jest ponowne rozpoczęcie prac przeciskowych, przerwanych ze względu np. na silne opady. Woda powoduje bowiem, że ziemia stykająca się bezpośrednio z powierzchnią rury nieco się ubija i działa jak klej, więc po opadnięciu poziomu wody potrzeba większej siły, by na nowo zacząć przeciskanie rury przez nasyp.

Najbardziej czasochłonnym, a jednocześnie najważniejszym elementem całej operacji było przygotowanie terenu robót. Podłoże dla maszyny, która wciskała rury w nasyp, musiało być precyzyjnie przygotowane. Jeśli nie zostałyby dobrze zabezpieczone przed osuwaniem, maszyna mogłaby się przemieścić i wykonanie przepustu byłoby bardzo trudne. Przy osadzeniu maszyny ważne było też zachowanie odpowiedniego spadku rury, tak by w przyszłości woda przepływała w niej we właściwym kierunku. Gdy rury zostały przecięnięte przez nasyp, przeprowadzono prace zabezpieczające końce. Od strony wlotowej zostały one ścięte od góry, natomiast część wylotowa



została zabudowana klapą zatrzymującą wodę, gdyby ta chciała popłynąć w niewłaściwym kierunku.

Montowanie rur w nasypie kolejowym metodą przeciskania ma wielką zaletę: nie wymaga wstrzymywania ruchu kolejowego. Wystarczy tylko odpowiednio zabezpieczyć torowisko za pomocą wiązek szyn ułożonych równoległe do toru na podkładach kolejowych i przymocować je do nich. Natomiast konstrukcja rur HOBAS jest tak wytrzymała, że nawet podczas ich montażu nie czuć w ich wnętrzu drgań wzbudzanych przez przejeżdżające pociągi.



Najlepsze produkty do przecisków HOBAS® i mikrotunelingu

- Prekursor produkcji rur mikrotunelowych w Polsce
- Liczne referencje - w samej Polsce ok. 250 projektów!
- Rury odporne na korozję i prądy błędzące
- Zakres średnic: OD 272 - OD 3600
- Ciśnieniowe rury do przecisków
- Niski ciężar rur
- Szybki i łatwy montaż - do 40m/dzień



Rury produkcji Uponor Infra w prototypowej instalacji ujęcia wód nadosadowych w zbiorniku Obiektu Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych (OUOW) Żelazny Most

tekst: ANNA SIEDLECKA, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, zdjęcia: UPONOR INFRA Sp. z o.o.

Dotychczasowe pozytywne doświadczenia KGHM Polska Miedź SA z transportem odpadów poflotacyjnych rurociągami PEHD zdecydowały o wyborze tej technologii także w zakresie prototypowej instalacji związanej z modernizacją ujęcia wód nadosadowych, zlokalizowanego w czaszy zbiornika OUOW Żelazny Most. Zbiornik ten o pojemności średnio 8 mln m³ pełni również ważną rolę zbiornika retencyjnego w układzie technologicznym. Po półtorarocznej eksploatacji można mówić o pełnym sukcesie – rurociągi PEHD firmy Uponor Infra Sp. z o.o. doskonale sprawdziły się w tych trudnych warunkach.

Proces flotacji jest metodą wzbogacania rud miedzi. W wyniku tego hydromechanicznego procesu następuje oddzielenie surowca od skały, a powstała w ten sposób ruda, zawierająca ok. 18–20% czystego metalu, poddawana jest przeróbce hutniczej. Ubocznym efektem flotacji jest powstawanie dużych ilości odpadów w postaci hydromieszanki, na którą składają się różnicowanej wielkości ziarna rozdrobnionej skały. Trafiają one do Obiektu Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych Żelazny Most. Jest to największy tego typu obiekt w Europie i zarazem jeden z największych na świecie, który jest zlokalizowany w południowo-zachodniej Polsce, pomiędzy miejscowościami Lubin-Polkowice-Rudna. To tutaj trafiają odpady poflotacyjne rud miedzi z trzech kopalni, przerabiane w Zakładach Wzbogacania Rud (ZWR) KGHM Polska Miedź SA.

Żelazny Most – kluczowe ogniwo spółki KGHM

Żelazny Most to jedyne miejsce deponowania odpadów z flotacji rud miedzi pochodzących ze wszystkich zakładów górniczych KGHM, co czyni go kluczowym ogniwem technologicznym spółki. Zajmuje on obszar ponad 1500 ha, a jego obwód przekracza 14 km. Pierwsze odpady poflotacyjne popłynęły na składowisko Żelazny Most w 1978 r., a jego rozbudowa planowana jest na następne dziesięciolecia, wysokość zapór ograniczających w najwyższym miejscu przekroczyła bowiem 65 m wysokości.

Jedną z inwestycji na obiekcie była prototypowa instalacja ujęcia wód nadosadowych, zaprojektowana przez firmę DHV Hydroprojekt, zrealizowana w 2013 r. przez firmę TOLOS Piotr Walczak Sp. K., przy użyciu rur PEHD dostarczanych przez firmę Uponor Infra Sp. z o.o. Ponieważ wieża ujęciowa nr W11 usytuowana jest w bliskim sąsiedztwie zrzutów odpadów poflotacyjnych i zapór ograniczających akwen, jej lokalizacja znacznie utrudnia ujmowanie wód o odpowiedniej czystości które są zawracane do ZWR-ów w celu wykorzystania

jej do dalszej produkcji. Poszukiwano rozwiązania, które umożliwiłoby ujęcie wody w centralnej części akwenu o znacznym stopniu klarowności.

Wykonanie w sierpniu 2013 r. polietylenowego rurociągu pływającego okazało się optymalnym rozwiązaniem. Rurociąg pływający PE100 o średnicy DN 1200 został połączony w sekcję o długości 600 m metodą zgrzewania doczołowego, która gwarantuje szczelność i jednorodność połączeń. Sekcja została zwodowana i odholowana do miejsca docelowej eksploatacji.

Rurociąg pływający z jednej strony zakończony jest pływającą czepnią (konfuzorem), która zasysa wodę, a z drugiej strony jest zakotwiony do konstrukcji wieży W11. Dodatkowo zakotwiony jest do dna zbiornika poprzez kotwiczenie przy użyciu kabestanów. Ujęcie pracuje na zasadzie lewara z podciśnieniem dochodzącym do ok. 5 m słupa wody i wydatku ok. 2,5 m³/s.

Wykonanie rurociągu pływającego z polietylenu wysokiej gęstości klasy PE100 gwarantowało odporność na ekstremalne warunki pracy: na działanie wiatru i falowanie, silne nasłonecznienie oraz na występowanie zjawisk lodowych w okresie zimowym.

Rury PEHD doskonale sprawdzają się w trudnych warunkach eksploatacji, a w tym projekcie szczególnie ważne były takie właściwości, jak: ich całkowita odporność na korozję i szeroki zakres odporności na związki chemiczne, pełna odporność na promieniowanie UV, wyjątkowa odporność na niskie temperatury, długowieczność, elastyczność, niewielki ciężar oraz łatwość i szybkość montażu.

Całość prac związanych z połączeniem rurociągu została zrealizowana w ciągu 14 dni, a sam proces zwodowania rurociągu w 48 godzin. Choć wdrożone rozwiązanie było prototypowe, w zupełności się sprawdziło, dlatego też planowana jest realizacja podobnej instalacji na kolejnej wieży ujęciowej. Również wykonawca – firma TOLOS – była zadowolona ze współpracy z Uponor Infra.





Nowoczesne rozwiązania Uponor Infra Sp. z o.o.

O ile naturalne jest, że w latach 70. XX w. system linii przesyłowych pomiędzy ZWR-ami a składowiskiem zaprojektowano i wykonano praktycznie w całości z tradycyjnych materiałów, czyli rurociągów stalowych, o tyle kiedy po latach eksploatacji wymagały modernizacji, skorzystano z nowoczesnych rozwiązań. W 1997 r. firma Uponor Infra Sp. z o.o. (dawniej KWH Pipe) dostarczyła na teren Żelaznego Mostu pierwsze systemy drenażowe wykonane w technologii Weho (WehoDuo, WehoPipe i Weholite), które świetnie sprawdziły się w wymagających warunkach składowiska. Kolejną wspólną realizacją była wymiana końcowego odcinka skorodowanego rurociągu stalowego odprowadzającego oczyszczone wody technologiczne z kopalni w Rudnej w roku 2000. Uponor Infra dostarczyło rurociąg DN 800 oraz służyło wsparciem technicznym w zakresie projektowania i montażu. Rok później dostarczyło rury do renowacji rurociągu stalowego DN 800 transportującego szlamy poflotacyjne, przeprowadzanego metodą reliningu długiego. Udało się wówczas jednorazowo wciągnąć 1100-metrowy odcinek rurociągu DN 710, co do dziś stanowi ewenement w skali kraju.

W 2008 r. Uponor Infra wzięło udział w modernizacji starej linii przesyłowej odpadów poflotacyjnych DN 500, wykonanej z polietylenu, która wymagała wymiany w związku ze zwiększeniem produkcji odpadów. Na wysokich podporach zainstalowano dwie nitki rurociągu DN 900 o łącznej długości ok. 2,5 km. Przy tej okazji KGHM dokonywał oględzin starego, zdemontowanego rurociągu. Po 10 latach eksploatacji wytarcie rurociągu było znikome, co dowodzi wyższości PEHD nad tradycyjnymi materiałami do budowy rurociągów w zakresie niezawodności użytkowania.

W roku 2009 Zakład Hydrotechniczny KGHM zaplanował wymianę pięciokilometrowego odcinka rurociągu odpadów poflotacyjnych typu Betras. Po wcześniejszych próbach zaimplementowania nowego rurociągu z żeliwa sferoidalnego z wkładką cementową, na skutek uszkodzeń, jakie pojawiały się na kielichach łączących poszczególne odcinki rur, Inwestor zdecydował o zastosowaniu rurociągu polietylenowego DN 1000 PN16, który dzięki łączeniu metodą zgrzewania ma stałe, nierozzerwalne połączenia. Ciągłość rury i jej elastyczność ma kluczowe znaczenie dla trwałości instalacji w trudnych warunkach, jakie występują na terenach będących pod wpływem działalności górniczej.

Udana współpraca

Polietylenowe rurociągi Uponor Infra od wielu lat są stosowane w najcięższych warunkach, jeśli chodzi o rodzaj transportowanego medium i warunki gruntowo-wodne. O owocnej współpracy trwającej ponad 20 lat z największymi Inwestorami w Polsce, świadczą także liczby – Uponor Infra dostarczyło do KGHM Polska Miedź SA już ponad 60 km rur ciśnieniowych wielkośrednicowych oraz systemy grawitacyjne do odwodnień wraz z kompletem kształtek i studni. Historia współpracy z KGHM pokazuje, że Uponor Infra nie boi się wyzwań i z powodzeniem wspiera nietypowe, innowacyjne i zaawansowane technologicznie projekty i rozwiązania.





Systemy PE i PP na co dzień i do zadań specjalnych

- ◆ Systemy grawitacyjne:
Weholite, WehoDuo, WehoTripla dn110-3000mm
- ◆ Systemy ciśnieniowe:
WehoPipe i WehoPipe RC/RC+ dn20-1800mm
- ◆ Moduły do renowacji VipLiner dn90-630mm
- ◆ Studzienki i zbiorniki Weho

Uponor

Ważne inwestycje wodno-kanalizacyjne w Krakowie sfinansowane przez Unię Europejską

tekst i zdjęcia: **MPWiK SA w KRAKOWIE**

Nowa kanalizacja sanitarna, stacja zlewna na Oczyszczalni Ścieków Płaszów, ultrafiolet w Zakładzie Uzdatniania Wody Raba czy wreszcie sieć wodociągowa – środki unijne zrefundowały kolejne inwestycje wodno-kanalizacyjne w Krakowie.

Inwestycje te zostały zrealizowane przez Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji SA w Krakowie w latach 2007–2015. W lutym tego roku MPWiK podpisało umowę z Wojewódzkim Funduszem Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Krakowie na refundację kosztów tych działań. Całkowity koszt projektu „Gospodarka wodno-ściekowa w Krakowie – Etap IV” wyniósł 71 514 959,91 zł (z VAT), a suma dofinansowania ze środków Funduszu Spójności to 20 947 036,27 zł. Projekt realizowany jest w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2007–2013.

To kolejny etap zaplanowanej i konsekwentnie prowadzonej polityki wodno-kanalizacyjnej Wodociągów Krakowskich. Firma zrealizowała już projekty: „Oczyszczalnia Ścieków Płaszów II w Krakowie” oraz „Gospodarka wodno-ściekowa w Krakowie – Etap I”. W trakcie realizacji są projekty: „Gospodarka wodno-ściekowa w Krakowie – Etap II” i „Gospodarka wodno-ściekowa w Krakowie – Etap III”. Celem ich jest zwiększenie stopnia skanalizowania miasta, utrzymanie wysokiej jakości wody pitnej, a także poprawa efektywności oczyszczania odprowadzanych ścieków.



Nowa stacja zlewna na Oczyszczalni Ścieków Płaszów

Zakres projektu „Gospodarka wodno-ściekowa w Krakowie – Etap IV”

W ramach projektu zostało zrefundowanych osiem kontraktów: Kontrakt I – „Rozbudowa stacji zlewniej Ob. 2 w Oczyszczalni Ścieków Płaszów II”, Kontrakt II – „Budowa sieci kanalizacyjnej z przyłączami w rejonie os. Łęg i os. Lesisko-Mogiła oraz budowa sieci wodociągowej w ul. Wiśniowskiego w Krakowie”, Kontrakt III – „Budowa sieci kanalizacyjnej DN 80 cm w ul. Białoprądnickiej i Pasteura w Krakowie”, Kontrakt IV – „Budowa kolektora ogólnospławnego w ul. Grota Roweckiego i Bobrzyńskiego oraz budowa kanału ogólnospławnego w ul. Czerwone Maki”, Kontrakt V – „Realizacja „pod klucz” - remont kapitalny rurociągu lewarowego południowego wraz z przyłączami do studni infiltracyjnych w ZUW Bielany”, Kontrakt VI – „Modernizacja systemu dezynfekcji wody pitnej w ZUW Raba (ultrafiolet)”, Kontrakt VII – „Przebudowa magistral wodociągowych DN 800/600 mm oraz sieci wodociągowej z przyłączami w nowo projektowanej ul. Kuklińskiego w Krakowie”, Kontrakt VIII – „Przebudowa magistrali wodociągowej DN 800 mm w ul. Kościuszki w Krakowie Etap I wraz z siecią wodociągową DN 150 mm i DN 200 mm”.

Nowa stacja zlewna na Oczyszczalni Ścieków Płaszów

Jednym z realizowanych w ramach projektu kontraktów była budowa nowej stacji zlewniej. W trosce o środowisko naturalne i komfort życia mieszkańców Krakowa zdecydowano o likwidacji starej stacji zlokalizowanej przy ul. Podmokłej. Zastąpiła ją stacja na Oczyszczalni Ścieków Płaszów.

– Dzięki inwestycji nasi klienci mogą korzystać z nowoczesnej, hermetycznej, czterostanowiskowej i w pełni zautomatyzowanej stacji. Obiekt jest w stanie przyjąć 1100–1200 m³ ścieków na dobę.

Obsługuje od 120 do nawet 160 samochodów dziennie – informuje Robert Żurek, rzecznik prasowy Wodociągów Krakowskich.

Ze stacji korzystają w 90% prywatne firmy zajmujące się wywozem nieczystości, pochodzących z szamb z prywatnych posesji. Nieczystości z wozów asenizacyjnych są hermetycznie podłączane do systemu odbierającego ścieki, tak by do minimum ograniczyć negatywny wpływ na środowisko. Służy temu również dodawanie specjalnych środków neutralizujących nieprzyjemny zapach, a także cały system filtrów węglowych.

Stacja zlewna na Oczyszczalni Ścieków Płaszów ma też możliwość przyjęcia ścieków przemysłowych. Takie ścieki są uśredniane i napowietrzane i jako „ścieki bezpieczne” trafiają na oczyszczalnię.

– System przyjmowania nieczystości jest dzięki tej inwestycji w Krakowie coraz szczelniejszy – podkreśla Robert Żurek, rzecznik prasowy MPWiK w Krakowie.

W nowej stacji duży nacisk położono na elektroniczną kontrolę procesu zrzutu ścieków. Kierowca każdego samochodu przed zrzutem loguje się swoim indywidualnym czytnikiem w stacji operatorskiej. Kierowca wprowadza do systemu dane posesji, z których odbierał ścieki. Z tymi danymi są skojarzone informacje o ilości i podstawowych parametrach zrzucanych ścieków.

Ultrafiolet w Zakładzie Uzdatniania Wody Raba

Kolejnym ważnym i potrzebnym mieszkańcom Krakowa kontraktem realizowanym w ramach projektu była modernizacja Zakładu Uzdatniania Wody Raba. Zakład w Dobczycach jest głównym dostawcą wody dla mieszkańców Krakowa, woda stamtąd dostarczana jest także do Dobczyc, Myślenic, Świątnik Górnych, Sieprawia i Wieliczki.

Modernizacja polegała na wybudowaniu i uruchomieniu komory naświetlania lampami UV – *Modernizacja pozwoliła na wyeliminowanie wcześniejszego dezynfektantu, jakim był chlor gazowy. Chcieliśmy skończyć ze składowaniem na naszym terenie pojemników z chlorem, który zawsze jest potencjalnym zagrożeniem* – wyjaśnia Robert Żurek, rzecznik prasowy MPWiK w Krakowie.

Nowy system dezynfekcji poprawił jakość wody dostarczanej mieszkańcom Krakowa, polepszył się jej smak i zapach. Zwiększyło się też bezpieczeństwo bakteriologiczne.

Kanalizacja sanitarna, wodociąg...

W ramach pozostałych kontraktów projektu powstało prawie 6 kilometrów zupełnie nowej kanalizacji sanitarnej a 0,20 km zostało zmodernizowane. Rozszerzona została również infrastruktura wodociągowa. Zmodernizowano odcinek o długości około 5,5 km i ułożono nowy wodociąg o długości 0,19 km. Ponadto na terenie Zakładu Uzdatniania Wody Bielany modernizacji został poddany najstarszy z trzech istniejących rurociągów – rurociąg lewarowy południowy, o długości 1,42 km wraz z przyłączami do studni infiltracyjnych o długości 0,04 km.

Realizacja projektu przyczyniła się do podniesienia atrakcyjności gospodarczej i inwestycyjnej miasta oraz wzrostu standardu życia jego mieszkańców poprzez zniwelowanie braków w zakresie infrastruktury związanej z ochroną środowiska.



Nowa stacja obsługuje od 120 do nawet 160 samochodów dziennie



W ramach projektu przebudowano magistralę wodociągową w nowo projektowanej ul. Kuklińskiego w Krakowie



Studnie głębinowe ujmujące wodę do rurociągu lewarowego

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Funduszu Spójności w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko.

www.wodociagi.krakow.pl

Najwyższa jakość wody z ZUW Raba w Dobczycach

tekst i zdjęcia: **MPWiK SA w KRAKOWIE**

Troska o środowisko naturalne i komfort życia mieszkańców Krakowa – to cele przyświecające Miejskiemu Przedsiębiorstwu Wodociągów i Kanalizacji SA. Dzięki projektowi dofinansowanemu ze środków Unii Europejskiej pn. „Gospodarka wodno-ściekowa w Krakowie – Etap IV”, instalacja ultrafioletu w Zakładzie Uzdatniania Wody Raba zapewnia bardzo wysoki standard wody pitnej dostarczanej mieszkańcom Krakowa i okolic.



Zakład Uzdatniania Wody Raba w Dobczycach z lotu ptaka

To ostatni zrealizowany i najważniejszy kontrakt w ramach projektu, dzięki któremu koszty inwestycji prowadzonych przez Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji SA w Krakowie w latach 2007–2015 zostaną zrefundowane. Koszt kontraktu wyniósł 9 218 139,06 zł (z VAT).

Zakład Uzdatniania Wody Raba w Dobczycach, położony ok. 30 km od Krakowa, jest głównym dostawcą wody dla mieszkańców Krakowa. Woda stamtąd trafia także do Dobczyc, Myślenic, Świątnik Górnych, Sieprawia i Wieliczki. Zakład składa się z dwóch ciągów technologicznych Raba I i Raba II. Średnia wielkość dostaw wody kształtuje się na poziomie 90 tys. m³, co stanowi około 50% łącznego zapotrzebowania krakowskiej aglomeracji. Obszar dystrybucji jest rozległy, dlatego Wodociągi Krakowskie stosują szczególnie reżim technologiczny. Wszystko

po to, by woda w kranach odbiorców zachowała odpowiednie bezpieczeństwo bakteriologiczne oraz walory smakowe.

Proces uzdatniania wody w Dobczycach jest wieloetapowy. Woda pobierana z jeziora poddawana jest kolejno ozonowaniu, koagulacji, sedymentacji i filtracji. Ostatnim etapem jest dezynfekcja. Do tej pory do dezynfekcji stosowano instalację wykorzystującą chlor gazowy. Zrezygnowano z niej jednak ze względów bezpieczeństwa oraz powodów technologicznych i finansowych. Zastąpiła ją komora naświetlania lampami UV.

– *Chcieliśmy skończyć ze składowaniem na naszym terenie pojemników z chlorem, który zawsze jest potencjalnym zagrożeniem* – informuje rzecznik Wodociągów Krakowskich Robert Żurek.

Modernizacja prowadzona była od marca 2012 do marca 2015 roku. Polegała na dobudowaniu do istniejącej komory pomiarowej nowego budynku (szerokość zewnętrzna 13,62 m, długość w planie 15,65 m i wysokości nad poziomem terenu – ok. 4,59 m), wyposażonego w instalację do ultrafioletu oraz instalację elektrolizerów do produkcji podchlorynu sodu wraz z potrzebną infrastrukturą.

Promienniki UV zamontowano na rurociągach tłocznych w nowej komorze. Wykonane są w formie rury kwarcowej z wtopionymi na końcach elektrodami. W rurze znajduje się próżnia z niewielką ilością rtęci, źródłem promieniowania jest wyładowanie elektryczne w parach rtęci. Wytwarzane w promiennikach promieniowanie elektromagnetyczne o długości fali 230–290 nm ma oddziaływanie bakteriobójcze.

System dezynfekcji stosowany w Dobczycach jest dwuetapowy. Promienie UV są bardzo dobrym środkiem dezynfekcyjnym, jednakże ze względu na odległość zakładu uzdatniania od odbiorców Wodociągi Krakowskie wprowadziły drugi stopień dezynfekcji wody w postaci dawkowania podchlorynu sodu – substancji znanej od 200 lat, stosowanej m.in. w medycynie. Podchloryn sodu w połączeniu z promieniami UV zapewnia pełne bezpieczeństwo mikrobiologiczne.

Nowy system dezynfekcji poprawił jakość wody dostarczanej mieszkańcom Krakowa i okolicznych miejscowości. Poprawił



Dodatkowy system dezynfekcji w ZUW Raba polega na dawkowaniu do wody podchlorynu sodu



Stosowana w Dobczycach instalacja do ultrafioletu jest jedną z najnowocześniejszych na świecie



Ulica Czerwone Maki w Krakowie – powstał tu kanał ogólnospławny

się jej smak i zapach. Zwiększyło się też bezpieczeństwo bakteriologiczne, bo promienie UV są bardzo dobrym środkiem dezynfekcyjnym, skutecznie, w ciągu kilku sekund zwalczającym bakterie i wirusy. – *Dzięki nowemu systemowi woda jest smaczniejsza i zdrowsza* – podkreśla Robert Żurek, rzecznik MPWiK.

Odejście od chloru ma też znaczenie dla mieszkańców Dobczyc. Niebezpieczny dla zdrowia chlor jest gazem ciężkim. Oznacza to, że w przypadku awarii, mógłby stanowić potencjalne zagrożenie. Teraz to zagrożenie zostało zupełnie wyeliminowane dzięki wprowadzeniu lamp UV.

Na zmianie sposobu dezynfekcji korzystają też Wodociągi Krakowskie. Nowo prowadzony system jest mniej kosztowny i nie wymaga utrzymania ekip ratunkowych i całego systemu zabezpieczeń.

Najistotniejsze jest jednak bezpieczeństwo zdrowotne. Promienie UV radzą sobie nawet z bakteriami z rodzaju *Clostridium*, bardzo trudnymi do zwalczania innymi metodami.

– *System dezynfekcji stosowany przez Wodociągi Krakowskie jest z najwyższej półki. Taki sam stosowany jest choćby w Nowym Jorku, Moskwie czy Rotterdamie. Nie wymyślono nic lepszego* – podsumowuje Robert Żurek.

Realizacja projektu przyczyniła się do podniesienia atrakcyjności gospodarczej i inwestycyjnej miasta oraz wzrost standardu życia jego mieszkańców poprzez zniwelowania braków w zakresie infrastruktury związanej z ochroną środowiska.

Unia refunduje koszty poniesione na inwestycje w latach 2007–2015

Całkowity koszt projektu „Gospodarka wodno-ściekowa w Krakowie – Etap IV” wyniósł 71 514 959,91 zł (z VAT), w tym suma dofinansowania ze środków Funduszu Spójności to 20 947 036,27 zł. W ramach projektu zostało zrefundowanych osiem kontraktów: Kontrakt I – „Rozbudowa stacji zlewnej Ob. 2 w Oczyszczalni Ścieków Płaszów II”, Kontrakt II – „Budowa sieci kanalizacyjnej z przyłączami w rejonie os. Łęg i os. Lesisko-Mogiła oraz budowa sieci wodociągowej w ul. Wiśniowskiego w Krakowie”, Kontrakt III – „Budowa sieci kanalizacyjnej DN 80 cm w ul. Białoprądnickiej i Pasteura w Krakowie”, Kontrakt IV – „Budowa kolektora ogólnospławnego w ul. Grota Roweckiego i Bobrzyńskiego oraz budowa kanału ogólnospławnego w ul. Czerwone Maki”, Kontrakt V – „Realizacja „pod klucz” – remont kapitalny rurociągu lewarowego południowego wraz z przyłączami do studni infiltracyjnych w ZUW Bielany”, Kontrakt VI – „Modernizacja systemu dezynfekcji wody pitnej w ZUW Raba (ultrafiolet)”, Kontrakt VII – „Przebudowa magistral wodociągowych DN 800/600 mm oraz sieci wodociągowej z przyłączami w nowo projektowanej ul. Kuklińskiego w Krakowie”, Kontrakt VIII – „Przebudowa magistrali wodociągowej DN 800 mm w ul. Kościuszki w Krakowie Etap I wraz z siecią wodociągową DN 150 mm i DN 200 mm”. Projekt jest kolejnym etapem sukcesywnie realizowanej polityki wodnokanalizacyjnej Wodociągów Krakowskich zmierzającej do zwiększenia stopnia skanalizowania miasta a także poprawy jakości wody pitnej i jakości odprowadzanych ścieków. Ze środków Unii Europejskiej Wodociągi Krakowskie zrealizowały już projekty: „Oczyszczalnia Ścieków Płaszów II w Krakowie” oraz „Gospodarka wodno-ściekowa w Krakowie – Etap I”. W trakcie realizacji są projekty: „Gospodarka wodno-ściekowa w Krakowie – Etap II” i „Gospodarka wodno-ściekowa w Krakowie – Etap III”.

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Funduszu Spójności w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko.

www.wodociagi.krakow.pl

Metody oceny stanu rurociągów i kanałów podziemnych



Z dr inż. **EMILIĄ KULICZKOWSKĄ**, adiunktem na Politechnice Świętokrzyskiej, rozmawia **MARIAN KOWACKI**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne

łoby uszkodzeniem strun zbrojeniowych, pozbawiając tym samym rury jej podstawowej funkcji, jaką jest wytwarzanie naprężeń ściskających w powłoce betonowej. Do ostatniej grupy metod należą badania nieniszczące. Podstawową zaletą ich stosowania jest bezinwazyjność w stosunku do konstrukcji rur. Są one obecnie powszechnie stosowane w diagnostyce rurociągów i kanałów wykonanych z różnych materiałów. W zależności od rodzaju materiału konstrukcyjnego rur dobierane są odpowiednie metody.

Awarie rur niosą ze sobą poważne konsekwencje. Czy w ostatnich latach powstały nowe metody badań, pozwalające uniknąć uszkodzeń?

Ponieważ metody diagnostyczne stosowane wcześniej dawały jedynie ograniczone możliwości oceny stanu technicznego rur, w ciągu ostatniej dekady opracowano nowe metody, które najczęściej ujmowane są w cztery grupy: inspekcje wizualne oraz metody elektromagnetyczne, akustyczne i ultradźwiękowe. W ciągu czterech lat, tj. od roku 2009 do roku 2012, liczba metod badawczych znanych na świecie zwiększyła się z 19 do 37. Trend ten jest nadal kontynuowany.

W najbliższej przyszłości należy oczekiwać w naszym kraju większego zainteresowania stosowaniem do diagnostyki przewodów kanalizacyjnych nieprzejezdnych kamer z funkcją zoom. Są one wprowadzane tylko do studzienek kanalizacyjnych, najczęściej przy użyciu prętów teleskopowych. Zmiana ogniskowej kamery umożliwia wgląd na kilka lub kilkanaście metrów długości kanału i bardzo szacunkową ocenę jego stanu, głównie pod kątem uszkodzeń eksploatacyjnych, czyli stwierdzenie, czy jest osad, korzenie drzew, infiltracja, zapadnięcie kanału itp. Kamery te są bardzo tanie i umożliwiają wstępne oszacowanie stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych w miastach w bardzo krótkim czasie. Dzielne tempo badań przewodów kanalizacyjnych przy zastosowaniu tych kamer wynosi ok. kilkunastu kilometrów.

Kolejnym trendem w zakresie diagnostyki przewodów kanalizacyjnych jest stosowanie kamer skanujących oraz kamer głównych z kamerami satelickimi, które umożliwiają podczas badań kanałów jednoczesne badanie przykanalików, czy wreszcie wielofunkcyjnych urządzeń diagnostycznych, tzw. robotów inspekcyjnych, mających jako wyposażenie poza opcją CCTV także laser, sonar i szereg innych mierników, np. miernik grubości ścianki rury, umożliwiających uzyskanie większej liczby informacji niezbędnych do dokładniejszej oceny stanu technicznego badanych przewodów.

Bardzo przydatnymi urządzeniami diagnostycznymi są georadary, wyposażone także w kamery CCTV, które przemieszczając się we wnętrzu przewodów, umożliwiają m.in. wykrywanie pustek powietrznych w gruncie po zewnętrznej stronie kanałów czy wad materiałowych we wnętrzu ścianek rur. Również przydatna w diagnostyce przewodów kanalizacyjnych jest metoda elektroscanowania, stosowana do zdecydowanie bardziej dokładnego niż ma to miejsce w metodzie CCTV badania szczelności przewodów kanalizacyjnych.

W ostatnich latach obserwowany jest także rozwój technik magnetycznych, elektromagnetycznych i akustycznych z przeznaczeniem głównie dla ciśnieniowych przewodów wodociągowych i gazowych.

Dobór odpowiednich metod badawczych zależy przede wszystkim od celu badań i rodzaju badanych rur. Przykładowo, aby wykonać kompleksową ocenę stanu technicznego rur z betonu sprężonego, należy zastosować równolegle co najmniej cztery różne metody badawcze, a często zakłada się także stały monitoring akustyczny tych rur w celu rejestrowania ewentualnych pęknięć strun sprężających.

Które z metod stosuje się najczęściej?

Najtańszym i najprostszym sposobem inspekcji przewodów przełazowych jest inspekcja wizualna, wykonana przez odpowiednio przeszkolonych pracowników. W przypadku nieprzełazowych rurociągów, a także tych przełazowych, które

W celu uniknięcia poważnych awarii niezbędna jest dokładna ocena stanu technicznego rurociągów i kanałów podziemnych. Dawniej było to możliwe po ich wcześniejszej odkrywce i wykonaniu ekspertyzy konstrukcyjnej, co mocno ograniczały aspekty techniczno-ekonomiczne. Jakie są współcześnie stosowane metody oceny stanu rurociągów i kanałów podziemnych?

Metody badania rurociągów i kanałów podziemnych można podzielić na trzy rodzaje, przy czym każdy z nich ma swoje zalety i ograniczenia. Jedną z metod są badania niszczące, polegające na odkopaniu rur i poddaniu ich badaniom w laboratorium. Dotyczy to rur o niewielkich średnicach. Niewątpliwą zaletą tych badań jest możliwość dokładnego sprawdzenia najistotniejszych parametrów materiałowych i wytrzymałościowych rur. Z uwagi na liniowy charakter tych budowli pojawia się jednak pytanie, jak wiele rur należy pobrać do badań. Do słabych stron tej metody można zaliczyć konieczność okresowego wyłączenia badanego przewodu z eksploatacji oraz wysoki koszt badań. Kolejną metodą, stosowaną głównie w przypadku rur o dużych wymiarach, są badania częściowo niszczące, polegające na pobraniu fragmentu ściany rury, dzięki czemu unika się wyłączenia przewodu z eksploatacji. Tych badań nie wykonuje się jednak na wszystkich rurach, np. na rurach z betonu sprężonego, gdyż wycięcie próbki z takiej rury skutkowa-

stwarzają zagrożenie dla tzw. inspekcji osobowej, wykonuje się inspekcję metodą CCTV. Podstawowym mankamentem tej metody jest możliwość uzyskania jedynie obrazu wnętrza kanału, brak więc innych istotnych informacji, takich jak grubość ścianki kanału, parametry wytrzymałościowe materiału rury, stan zewnętrznej powierzchni rur i otaczającego ich gruntu, sposób posadowienia rur na podłożu i szeregu innych parametrów niezbędnych do wykonania obliczeń statyczno-wytrzymałościowych, umożliwiających ustalenie współczynnika bezpieczeństwa konstrukcyjnego rur. Jeśli wyniki inspekcji CCTV nie są wystarczające dla dokonania oceny stanu technicznego zbadanych przewodów kanalizacyjnych, zaleca się przeprowadzenie dodatkowych badań bądź wykonanie ekspertyzy konstrukcyjnej rur połączonej z ich odkrywką.

Co wpływa na jakość inspekcji CCTV i uzyskiwanego obrazu?

Wśród najważniejszych czynników mających wpływ na jakość inspekcji i jakość uzyskiwanego z niej obrazu wymienia się poprawne oświetlenie wnętrza przewodu, odpowiednie ustawienie kamery, prawidłową prędkość przemieszczania się kamery, rodzaj zastosowanych urządzeń, niewystępowanie pary w badanych przewodach, niewystępowanie osadów i innych przeszkód oraz ścieków uniemożliwiających ogląd dna kanału.

Jednym z najistotniejszych czynników mających wpływ na jakość obrazu jest poprawne oświetlenie wnętrza badanego przewodu kanalizacyjnego, które w zależności od rodzaju materiału rury i jej średnicy reguluje operator – zarówno zbyt słabe, jak i zbyt mocne oświetlenie pogarszają jakość obrazu, utrudniając identyfikację uszkodzeń. Z reguły wymaga się, aby przewód był dobrze oświetlony na odległość 1,5–3,0 m. Istotne jest także odpowiednie ustawienie kamery w osi przewodu, gwarantujące ostrość obrazu i równomierne oświetlenie. Ponadto kamera powinna się przemieszczać z odpowiednią prędkością. Jeśli porusza się zbyt szybko, nie pozwala na zaobserwowanie wszystkich uszkodzeń, zwłaszcza tych niewielkich, jak np. drobne rysy, małe korzenie w złączach rur. Bardzo często wymaga się, aby zatrzymać ruch kamery na każdym z zaobserwowanych uszkodzeń na określony czas, zwykle na 10 s, w celu dokonania ich dokładnego oglądu. Zaleca się, aby prędkość przemieszczania się kamery nie przekraczała 9 m/min.

Zalecenie to nie dotyczy inspekcji powykonawczych oraz takich, których celem jest wyłącznie inwentaryzacja przykanalików.

Na jakość obrazu wpływa także rodzaj zastosowanych urządzeń, w tym jakość monitora, rodzaj obrazu (analogowy czy cyfrowy), ochrona kabli przed uszkodzeniem i przenikaniem wilgoci, w celu zabezpieczenia uzyskiwanego obrazu przed różnymi zakłóceniami. Jeśli we wnętrzu przewodu pojawi się para, jakość obrazu może ulec znaczącemu pogorszeniu. Tego typu utrudnienia występują w okresach zimowych, a także w śródmieściach miast. Parę, tworzącą nieraz gęstą mgłę, należy usuwać za pomocą dmuchaw. Następnie należy odczekać ok. 20–45 min, przechowując w tym czasie kamerę w temperaturze zbliżonej do tej, jaka panuje we wnętrzu przewodu.

Kanał poddawany inspekcji powinien być oczyszczony, ponieważ znajdujące się w nim osady denne i ścieki uniemożliwią ogląd dna, na którym mogą występować rysy i pęknięcia, starcie lub korozja. Dla prawidłowej oceny stanu technicznego przewodów ważne jest, aby operator kamery dokonał dokładnego oglądu każdego przykanalika, obracając głowicę kamery i ustawiając ją w osi przykanalika na ok. 5–10 s. Istotne jest także pokazanie przez operatora połączenia rury ze studzienką – kamera powinna ze środka studzienki wjechać do kanału. Pomiar odległości powinien być wykonany od początku pierwszej rury, tj. od miejsca jej podłączenia ze studzienką.

Inspekcja CCTV wykonana niezgodnie z powyższymi wymogami może się przyczynić do błędnej oceny stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych. Jako ciekawostkę można podać, że podczas eksperymentu niemieckiego, w którym zbadano ponad 300 odcinków przewodów kanalizacyjnych równolegle przez dwie ekipy badawcze, okazało się, że zaledwie 16% odcinków zostało jednakowo przez nie ocenionych.

Dlaczego oceny stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych, polegające na przyporządkowaniu odcinków tych przewodów do określonych klas, wykazują często bardzo duże rozbieżności?

Wśród przyczyn tych rozbieżności w ocenie, poza m.in. niewłaściwym przeszkoleniem pracowników, było niespełnienie wszystkich wyżej wymienionych wymogów dotyczących jakości wykonywanych badań. Problem stanowi

także duże skomplikowanie stosowanych oznaczeń uszkodzeń. Istnieją też różne metody zalecające klasyfikowanie przewodów o określonych uszkodzeniach i określonych wielkościach tych uszkodzeń do tzw. klas stanu technicznego. W Niemczech stosuje się trzy takie metody, a np. w Kanadzie cztery. Analizy porównawcze dotyczące kwalifikowania przewodów do określonych klas wykonywane w tych krajach wykazują duże rozbieżności w zakresie uzyskiwanych ocen. Wniosek może być tylko jeden. Trzeba doskonalić te metody, a nie jest to takie proste, gdyż ocena ta ma wymiar interdyscyplinarny.

Jak często powinno się wykonywać inspekcję CCTV?

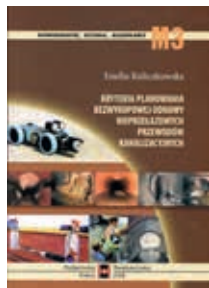
Ponieważ środki finansowe przeznaczone na diagnostykę sieci kanalizacyjnej są ograniczone, istotne jest, aby wykonywać ją w pierwszej kolejności w kanałach o najwyższym prawdopodobieństwie wystąpienia awarii oraz tam, gdzie ewentualna awaria spowodowałaby poważne konsekwencje ekonomiczne.

Częstotliwość wykonywania inspekcji CCTV powinno się uzależniać od stanu technicznego kanałów w przypadku, gdy już wcześniej były poddane inspekcji. Z reguły ustala się klasy stanu technicznego przewodów wyrażone liczbowo w kategoriach od 5 do 1, przy czym opisują one kanały od najbardziej uszkodzonego (5) do nieuszkodzonego (1).

W przypadku kanałów badanych po raz pierwszy, a także kanałów już wcześniej zbadanych bierze się pod uwagę również czynniki mające wpływ na konsekwencje ewentualnej awarii rur. Są to: średnica i rodzaj rury, głębokość jej ułożenia, rodzaj gruntu, wysokość zwierciadła wody gruntowej, natężenie ruchu ulicznego, lokalizacja itp. Najczęściej wytyczne w różnych krajach zalecają częstotliwość inspekcji przewodów kanalizacyjnych po uwzględnieniu ich klasy stanu technicznego i innych wcześniej wymienionych czynników mieszczącą się w przedziale czasowym od roku do 20 lat.

Wspomniała Pani o pojawianiu się na rynku nowych technik badawczych. Czy mogłaby Pani przybliżyć przykładowo jedną z nich?

Taką metodą jest np. elektroskanywanie, polegające na rejestrowaniu przepływu prądu elektrycznego pomiędzy sondą umieszczoną w nieprzewodzącej prądu rurze (np. kamionkowej, betonowej, żelbetowej czy z tworzyw



Dr inż. Emilia Kuliczowska jest autorką lub współautorką czterech opracowań zwartych, tj. trzech monografii oraz podręcznika akademickiego *Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska*, a także 74 publikacji polskich i zagranicznych

sztucznych) a elektrodą znajdującą się na powierzchni. Funkcją górnej elektrody pełni wbity w grunt metalowy pręt, połączony kablem z resztą oprzyrządowania. Przepływ prądu pomiędzy sondą a górną elektrodą jest rejestrowany przez amperomierz, będący częścią zestawu. Jeśli sonda znajduje się na nieuszkodzonym odcinku kanału, to przepływ prądu przez ośrodek gruntowy i ściankę kanału będzie znacznie ograniczony, ponieważ badany rurociąg jest dobrym izolatorem. Tak więc dopóki między górną elektrodą a sondą znajduje się ośrodek gruntowy i nieuszkodzona rura, natężenie prądu pomiędzy nimi jest bardzo małe. Jeśli w ściance rury występuje uszkodzenie, przepływ prądu jest zakłócany jedynie przez ośrodek gruntowy pomiędzy sondą i elektrodą, przez co natężenie prądu przepływające przez cały układ zwiększa się, co świadczy o nieszczelności – pęknięciu, rozszczelnieniu złącza czy uszkodzeniu połączenia z przykanalikiem. Im większy przepływ prądu przez uszkodzenie, tym większy rozmiar uszkodzenia. Zwiększone natężenie prądu jest rejestrowane przez amperomierz. Miejsce, w którym obserwowane jest zwiększone natężenie prądu, jest traktowane jako lokalizacja potencjalnej nieszczelności. Wzrost natężenia prądu występuje niezależnie od tego, czy w momencie wykonywania badania dochodzi do infiltracji czy eksfiltracji. Z uwagi na to, że w metodzie elektroskanowania o nieszczelności świadczy zwiększony przepływ prądu, nie można jej stosować w rurach z materiałów przewodzących prąd (stalowych i żeliwnych). Dodatkowo, podczas przeciągania sondy przez kanał musi on być w całości wypełniony wodą lub ściekami. Metoda elektroskanowania może stanowić atrakcyjną alternatywę dla próby ciśnieniowej, wykonywanej podczas odbioru nowych rurociągów oraz podczas kontrolowania szczelności naprawionych odcinków rur.

Jakie są różnice pomiędzy metodą elektroskanowania i omówioną wcześniej metodą CCTV?

Podstawową różnicą pomiędzy technologiami CCTV i elektroskanowaniem jest sposób wykrywania nieszczelności. W pierwszej z nich wykonywane są wizualne oględziny wnętrza kanału, na podstawie których operator ocenia – często subiektywnie – stan techniczny kanału. Rzetelność wykonanej tą metodą inspekcji w dużym stopniu zależy od umiejętności i doświadczenia osoby obsługującej kamerę. Z tych względów metoda CCTV powinna być wykorzystywana do wykrywania dobrze widocznych uszkodzeń, takich jak wystające przykanaliki, wrastające korzenie, zapadnięcia, odkształcenia itp. W metodzie elektroskanowania wyeliminowano nieobiektywność oceny poprzez wykorzystanie zjawiska przepływu prądu przez ośrodek gruntowy i uszkodzenia kanału, co pozwala na precyzyjne określanie miejsc potencjalnych przecieków i ilościowe ich oszacowanie. Z kolei ograniczeniem tej metody jest niemożność ocenienia, w której części przekroju – w dnie, boku czy wierzchołku – znajduje się dane uszkodzenie. Podczas inspekcji metodą elektroskanowania wykrywane są wszystkie uszkodzenia konstrukcji rurociągu, przez które może przepłynąć prąd, podczas gdy inspekcja CCTV pozwala na ujawnienie uszkodzeń, które są widoczne na nagraniu.

Kolejną różnicą pomiędzy tymi metodami jest sposób przygotowania kanału. W obu metodach kanał powinien być przed rozpoczęciem badania oczyszczony z osadów i korzeni. Podczas badania CCTV wymagana jest jak najlepsza widoczność wnętrza kanału – powinien on być opróżniony, a jego dno osuszone tak, aby mogło być ono również skontrolowane. Inspekcja metodą elektroskanowania wymaga całkowitego wypełnienia kanału wodą lub ściekami. Z tych względów nie można wykonywać inspekcji CCTV i elektroskanowania jednocześnie.

Jeśli chodzi o szybkość wykonywania inspekcji, to w przypadku metody elektroskanowania wynosi ona ok. 1100 m/d, natomiast metodą CCTV można uzyskać ok. 700 m/d. Przewagą metody elektroskanowania jest również to, iż nie wymaga ona dodatkowego czasu na interpretację nagrań – wyniki są generowane w czasie rzeczywistym w formie wykresów.

Poważnym ograniczeniem metody elektroskanowania jest możliwość jej

zastosowania jedynie w rurach wykonanych z materiałów nieprzewodzących prądu, co nie dotyczy metody CCTV. Z kolei przy użyciu elektroskanowania nie można stwierdzić, czy w kanale znajdują się osady, korzenie lub inne elementy mogące zaburzać przepływ ścieków. Ale w przypadku, gdy głównym celem badań jest wykrywanie nieszczelności, jest ona zdecydowanie skuteczniejsza od metody CCTV.

A jakie są obecnie trendy w zakresie dokonywania oceny stanu technicznego przewodów kanalizacyjnych i planowania ich odnowy?

Aktualnym trendem w tej kwestii jest stosowanie metod umożliwiających ocenę ryzyka awarii konstrukcyjnej i eksploatacyjnej ocenianych przewodów. Jedną z takich propozycji jest opracowana przeze mnie metoda ABCDE, opisana już wcześniej na łamach „Nowoczesnego Budownictwa Inżynierskiego” oraz zaprezentowana w trakcie ostatniej konferencji *Technologie Bezwykopowe No-Dig Poland 2014*. Polega ona na przyporządkowaniu każdemu odcinkowi przewodu kanalizacyjnego w danym mieście pięciocyfrowego kodu A, B, C, D, E. Cyfra A w skali od 1 do 5 określa kategorię prawdopodobieństwa awarii przewodu dla kryterium bezpieczeństwa konstrukcyjnego, a cyfra C w tej samej skali kategorię prawdopodobieństwa wystąpienia awarii eksploatacyjnej. Liczby B i D oznaczają z kolei w skali od 1 do 25 ryzyko awarii, kolejno konstrukcyjnej i eksploatacyjnej, uwzględniające poza stanem technicznym przewodów także konsekwencje wystąpienia ich awarii. Liczba E, mająca charakter wyłącznie porządkowy, podaje ostatnie dwie cyfry roku, w którym zbadano przewód metodą CCTV.

Jedną z wielu zalet tej metody jest umożliwienie przedsiębiorstwu eksploatującemu przewody kanalizacyjne zgromadzenia na jednej mapie informacji o stanie technicznym i ryzyku awarii wszystkich przewodów kanalizacyjnych w mieście przez opisanie ich kodem ABCDE. Pozwala to na sprawne zarządzanie sieciami kanalizacyjnymi, w tym m.in. szybkie typowanie przewodów do odnowy lub realizacji określonych zadań eksploatacyjnych, zaczynając od tych przewodów, które najpilniej tego wymagają.

Dziękuję za rozmowę.

REGISTER WITH THE PROMOTIONAL CODE: NDOZ2015
TO RECEIVE 15% OFF ANY CONFERENCE TICKET

NO-DIG DOWNUNDER 2015

8-11 September 2015



Gold Coast Convention and Exhibition Centre

11th ASTT No-Dig

50 SPEAKERS – 80 EXHIBITORS



- Listen to the lessons learned from high-profile Australasian case studies
- Attend sessions highlighting how to reduce your project costs
- Network and learn from the best in Australasia and from across the globe
- Grow your company internationally: Australia has a strong economy and a mature no-dig sector.



www.nodigdownunder.com.au



TECHNOLOGIE BEZWYKOPOWE

na sześciu kontynentach, cz. 8



W cyklu *Technologie bezwykopowe na sześciu kontynentach*, przygotowywanym wraz z Polską Fundacją Technik Bezwykopowych, przedstawiamy zakres problematyki pierwszego w 2015 r. numeru czasopisma „Trenchless International”.

tekst: **mgr inż. JOANNA KRÓL**, Katedra Sieci i Instalacji Sanitarnych, Politechnika Świętokrzyska

1. Nagrody rozdane

Coroczne spotkanie entuzjastów technologii bezwykopowych tym razem odbyło się w Madrycie 13–15 października 2014 r. Podczas ceremonii otwarcia konferencji *No-Dig 2014* powitano 325 delegatów z 29 krajów, w tym także z Polski, a trzydniową wystawę odwiedziło łącznie tysiąc osób z 32 państw. Odwiedzający byli pod wrażeniem liczebności i różnorodności stoisk przygotowanych przez ponad 80 firm z całego świata, m.in. z Hiszpanii, Niemiec, Wielkiej Brytanii, USA, Rosji, Australii, Chin, Włoch i Danii. Głównym sponsorem była firma Catalana de Perforacion, wiodący wykonawca w zakresie technologii bezwykopowych. Program konferencji obejmował 70 referatów, prezentowanych przez ekspertów z 20 krajów, których tematyka obejmowała ocenę metod bezwykopowych oraz analizę realizacji dotyczących bezwykopowej budowy i odnowy. Wśród polskich publikacji znalazły się: referat dotyczący doświadczeń firmy Pol-Aqua w zakresie zastosowań metody mikrotunelowania z użyciem rur CC-GRP firmy HOBAS System, przygotowany przez Andrzeja Kuliczkowskiego i Kamila Mogielskiego z Politechniki Świętokrzyskiej, Jacka Lesieckiego (HOBAS System Polska) i Piotra Szporaka (Pol-Aqua), a także referat Cezarego Madryasa z Politechniki Wrocławskiej, Ewy Kicko-Walczak z Politechniki Warszawskiej, Lecha Skomorowskiego i Roberta Strużyńskiego z firmy HOBAS System Polska oraz Grażyny Rymarz i Krzysztofa Bortela z Instytutu Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników, traktujący o innowacyjnych zastosowaniach rur CC-GRP. Swoim doświadczeniem w zastosowaniu rur GRP do odnowy i budowy rurociągów podzieliła się także firma Amiantit, prezentację przedstawił Robert Walczak. Uczestnicy zostali zaproszeni na najbliższą konferencję *No-Dig Poland*, która odbędzie się w dniach 12–14 kwietnia 2016 r. (więcej informacji: nodigpoland.pl). Podczas wieczornej gali rozdano nagrody ISST Annual Awards. Pierwszą z nich wręczono Taigo Matsui w uznaniu za jego wkład w rozwój technologii bezwykopowych w Japonii. Kolejnym laureatem nagrody był dr Fuming Wang, którego wyróżniono za prowadzone badania w zakresie metod

bezwykopowych. Statuetka powędrowała również do firmy CatSurveys za urządzenie Mobile Ground Penetrating Radar (MPGR). Nagrody wręczono też firmom Visser & Smit Hanab za innowacyjne zastosowanie technologii HDD oraz projekt *UKDN Waterflow* polegający na rehabilitacji kanału Ham Sewer. Więcej informacji na temat dwóch ostatnich realizacji znaleźć można w kolejnej części artykułu, poświęconej inwestycjom realizowanym z wykorzystaniem technologii bezwykopowych.

2. Ciekawe realizacje z zastosowaniem technologii bezwykopowych

2.1. MTBM receptą na przepełnienie sieci kanalizacyjnej w Ohio

85 mln galonów ścieków to w przybliżeniu 321 725 000 l, co odpowiada objętości ponad 128 basenów olimpijskich. Choć brzmi to nieprawdopodobnie, jest to roczne przepełnienie kanalizacji ogólnospławnej w mieście Cleveland w stanie Ohio. Nie dziwi więc fakt, że Northeast Ohio Regional Sewer District (NEORS), spółka komunalna zarządzająca systemem kanalizacji sanitarnej i deszczowej w Cleveland, zmuszona była zareagować, by nie dopuścić do skażenia wód powierzchniowych. Uruchomiono projekt *Dugway West Interceptor Relief Sewer (DWIRS)*, którego celem było zmniejszenie przepełnienia z 85 do 21 mln galonów rocznie, a tym samym walka z podtopieniami zachodnich obszarów miasta, jakie miały miejsce podczas ulewnych deszczy. Projekt, opracowany przez firmę AECOM, dotyczy rozbudowy istniejącej sieci kanalizacyjnej z wykorzystaniem metody mikrotunelowania. Powstaną nowe odcinki systemu kanalizacyjnego o łącznej długości ok. 4 km, nie wszystkie jednak wykonane metodą mikrotunelowania. Ogólnie projekt obejmuje budowę ok. 7000 stóp (2133,6 m) 72-calowego (182,9 cm) kanału metodą mikrotunelowania, 2200 stóp (670,56 m) kanału o średnicach 24–108” (60,96–274,32 cm) wykonanego metodą tradycyjną oraz odcinków o długości blisko 600 stóp (182,88 m) i 3300 stóp (1005,84 m), odpowiednio w skałach i miękkim



Ryc. 1. Projekt DWIRS – widok na plac budowy, na pierwszym planie szyb startowy MTBM [1]

gruncie, przy użyciu metod bezwykopowych. Ponadto zaplanowano modyfikacje 39 istniejących konstrukcji regulujących przepływ w systemie kanalizacji ogólnospławnej oraz rozbiórkę ośmiu pobliskich budynków. Za prace wykonywane metodą tradycyjną odpowiedzialna jest firma Walsh Construction. 14 sierpnia 2014 r. firma Super Excavators rozpoczęła tunelowanie na głębokości 13 m, stosując urządzenie do mikro-tunelowania Akkerman SL60 MTBM, które może pracować na głębokościach od 180 do nawet 1000 m w różnych warunkach gruntowych – zarówno w skałach, jak i miękkim gruncie. Otoczenie obszaru realizacji projektu DWIRS to przede wszystkim budynki mieszkalne, usługowe i tereny zielone. Rycina 1 przedstawia widok na plac budowy. Do stycznia 2015 r. udało się zakończyć drążenie blisko 40% całkowitej długości tunelu – 1219 z 3200 m. Zakończenie prac zaplanowano na grudzień 2016 r.

2.2. Zastosowanie metody HDD do rozbudowy systemu wodociągowego w stanie Oregon w USA

W sierpniu 2008 r. miasta Lake Oswego i Tigard w stanie Oregon wspólnie podjęły decyzję o rozbudowie istniejącego systemu wodociągowego przez wykonanie rurociągu do transportu wody surowej RWP – odcinek łączący ujęcie wody ze stacją uzdatniania wody, oraz końcowego odcinka systemu FWP, który doprowadza wodę pitną do odbiorców. Projekt obejmował budowę przewodów o średnicach 24–48” (60,96–121,92 cm). Odcinek wodociągu transportującego wodę surową, którego trasa przebiega pod rzeką Willamette, został wykonany metodą HDD. Na etapie projektowania analizowano różne możliwości trasy rurociągu, ostatecznie zdecydowano, że 36-calowy (91,44 cm) rurociąg o długości 3800 stóp (ok. 1158 m) zostanie poprowadzony od wschodniego brzegu rzeki (Meldrum Bar Park) do zalesionych obszarów Mary S. Young State Park na zachodnim brzegu rzeki. Plan rozbudowy systemu wodociągowego z uwzględnieniem odcinka wykonanego metodą HDD (linia przerywana) przedstawia rycina 2.

Generalny wykonawca, Frank Coluccio Construction Company of Seattle, musiał zmierzyć się z wieloma trudnościami, dotyczącymi m.in. wrażliwych kwestii związanych z ochroną środowiska, zminimalizowaniem zakłóceń na obszarach gęsto zaludnionych oraz trudnymi warunkami geotechnicznymi – twarde skały bazaltowe, charakteryzujące się wytrzymałością na ściskanie nawet 50 000 funtów na cal kwadratowy (344,74 MPa). Wspólnie z firmą Michels Directional Crossings of Brownsville podjęto decyzję o wykonaniu przewiertu HDD metodą Intersect, używając dwóch wiertnic, każda o sile uciążu 840 000 funtów (ok. 378 000 kg), zlokalizowanych po obu stronach rzeki, co



Ryc. 2. Plan rozbudowy systemu wodociągowego, linią przerywaną oznaczono odcinek przebiegający pod rzeką Willamette, wykonany metodą HDD [3]

umożliwiło pokonanie znacznej odległości. Dostawcą stalowych rur spiralnie spawanych, o grubości ścianki 0,625” (1,6 cm), z których wykonany był rurociąg, była firma Northwest Pipe Company of Portland. Poszczególne odcinki o długości 240 stóp (73,15 m), przygotowane w Advanced American Construction, w pobliżu St. Johns Bridge, ok. 13 mil (20,8 km) w dół rzeki od miejsca wykonania przewiertu, były następnie transportowane barkami w górę rzeki, aż do Meldrum Bar Park, gdzie ostatecznie łączono je w przewód o długości 4000 stóp (1219 m). Po uniesieniu na wysokość ponad 100 stóp (30,5 m) i uzyskaniu odpowiedniego kąta rurociąg został wprowadzony do otworu wiertniczego o średnicy 54” (91,44 cm) przy użyciu sześciu dźwigów (ryc. 3). Całkowity czas trwania operacji wprowadzania rury, w tym jej pozycjonowanie i podnoszenie, wyniósł 14,5 godziny. Prace zostały zakończone zgodnie z planowanym terminem.



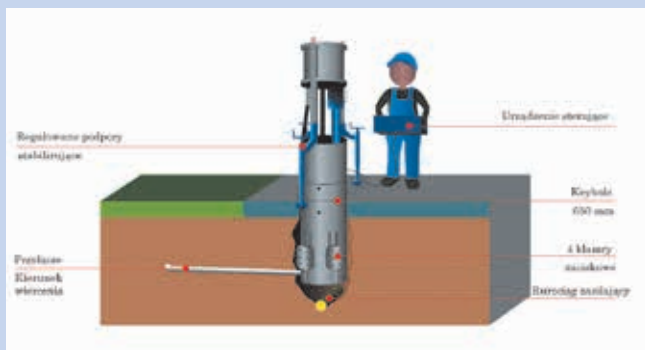
Ryc. 3. Operacja wprowadzania 36-calowego (91,44 cm) rurociągu stalowego [1]

2.3. Wykonanie przyłączy wodociągowych i gazowych w Szwajcarii metodą Keyhole

W dzisiejszych czasach, kiedy infrastruktura miast jest tak silnie rozwinięta, należy poszukiwać alternatywnych sposobów wykonywania rurociągów podziemnych; sposobów, które będą wymagały jak najmniejszego „placu budowy”. Cudzysłów użyty został celowo, gdyż w przypadku metody Keyhole trudno mówić o placu budowy – wymaga ona minimalnej powierzchni, na której ustawione zostanie specjalnie skonstruowane urządzenie



Ryc. 4. Wykonywanie przyłącza metodą Keyhole, na zlecenie SWG Grenchen w Szwajcarii [4]



Ryc. 5. Schemat wykonania przyłącza metodą Keyhole [4]

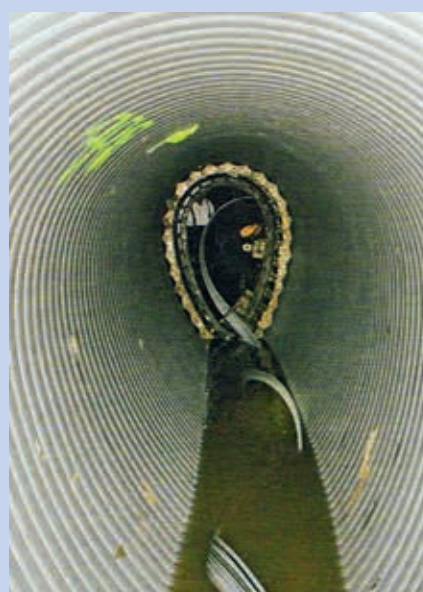
– Grundopit. Za pomocą wspomnianej metody wykonano przyłącza wodociągowe i gazowe w Grenchen, Lengnau, Bettlach, Arch, Burgdorf i Jegenstorf w Szwajcarii (ryc. 4 i 5). Na podjęcie decyzji dotyczącej zastosowania tej technologii miało wpływ kilka czynników, m.in. fakt, że otwór o okrągłym kształcie nie zakłóca naprężenia nawierzchni, nie ma też konieczności wykonywania dodatkowych wykopów, a koszty związane z przywróceniem stanu pierwotnego nawierzchni są marginalne.

Rozwiązanie to zostało opracowane przez niemiecką firmę Tracto Technik, aby sprostać oczekiwaniom postawionym przez GDF Suez, która poszukiwała innowacyjnej, nieinwazyjnej i korzystnej ekonomicznie metody wykonywania przyłączy bezpośrednio z poziomu powierzchni terenu. Ponadto oczekiwano, iż ma ona być odpowiednia dla wszystkich możliwych obszarów prac, w szczególności dla zmiennych warunków gruntowych, oraz stwarzać możliwość monitorowania przebiegu prac. Metoda ta umożliwia wykonanie otworu o długości nawet 30 m i wprowadzenie przewodu o średnicy do 63 mm. A wszystko to przez otwór o średnicy jedynie 650 mm. Pierwszym etapem jest wykonanie tzw. dziurki od klucza (z ang. *keyhole*). W tym celu za pomocą wiertnicy Grundopit, umieszczonej nad głównym rurociągiem, do którego podłączone ma być przyłącze, usuwany jest betonowy (lub asfaltowy – w zależności od rodzaju nawierzchni) rdzeń. Następnie koparka ssąca delikatnie wyciąga grunt przez wykonany otwór wejściowy, aż do głębokości ułożenia rurociągu zasilającego. Po całkowitym opróżnieniu „dziurki od klucza” głowica wiertnicza zostaje obniżona do poziomu ułożenia sieci i po bardzo krótkim okresie konfiguracji rozpoczyna pracę w kierunku budynku. Proces wiercenia jest stale monitorowany, a pozycja głowicy wiercącej może być swobodnie regulowana. Po dotarciu do budynku wiertło zostaje zamienione na głowicę rozsuwającą, do której przymocowuje się linkę, a następnie przeciąga się tuleje ochronne. Następnym krokiem jest umieszczenie w nich właściwego przewodu

– przyłącza wodociągowego lub gazowego. Ostatni etap to podłączenie przyłącza do sieci z powierzchni terenu przy użyciu specjalistycznych narzędzi. Po wykonaniu próby ciśnieniowej przyłącze może być oddane do użytku. Prace wykończeniowe polegają na wypełnieniu wykonanego otworu wejściowego gruntem, usunięty wcześniej rdzeń betonowy (asfaltowy) wraca na swoje miejsce i zabezpieczony jest specjalną zaprawą. Tutaj warto wspomnieć, że podczas tegorocznej konferencji NASTT No-Dig, która odbyła się 15–19 marca w Denver, TT Technologies, siostrzana spółka Tracto Technik, otrzymała nagrodę w kategorii Innowacyjny Produkt za bezinwazyjną metodę wykonywania przyłączy metodą Keyhole.

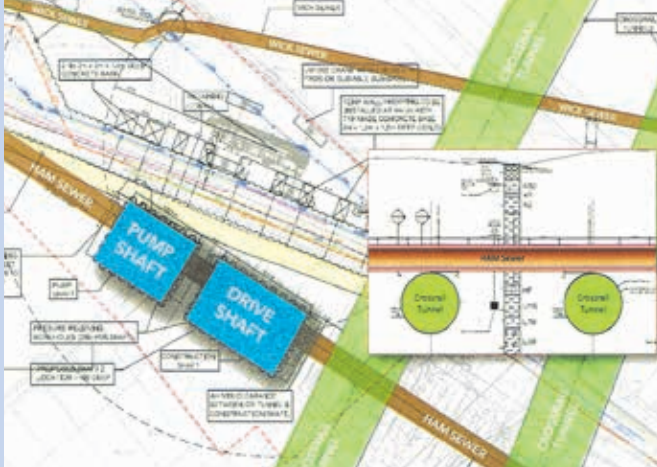
2.4. Rehabilitacja betonowego kanału w Budapeszcie

System kanalizacyjny w Budapeszcie obejmuje ok. 5400 km rurociągu, wśród których znaleźć można odcinki eksploatowane od 1907 r. Jednym z takich przykładów jest kanał o wymiarach 1400 x 2100 mm odprowadzający ścieki deszczowe i bytowo-gospodarcze z północno-zachodniej części Budapesztu. Po stwierdzeniu złego stanu technicznego (głównie na skutek korozji) podjęto decyzję o konieczności przeprowadzenia rehabilitacji metodą użebrowanych taśm spiralnie zwijanych. Dużą zaletą technologii, oferowanej przez firmę SEKISUI SPR, a jednocześnie powodem, dla którego jest ona od pięciu lat powszechnie stosowaną metodą w Budapeszcie, jest możliwość odnowy przewodów o dowolnym kształcie. Jest to o tyle istotne, że system kanalizacyjny w tym mieście charakteryzuje duża różnorodność profili poprzecznych kanałów i średnic. Przewód betonowy o długości 565 m, który został poddany odnowie, ułożony jest pod bardzo ruchliwą ulicą. Ważne było więc również to, aby prace w jak najmniejszym stopniu zakłócały ruch uliczny. Było to możliwe dzięki wykorzystaniu istniejących studzienek kanalizacyjnych, co wyeliminowało konieczność wykonywania dodatkowych wykopów. Wspomniany kanał, o przekroju jajowym, został poddany odnowie, w wyniku której uzyskano w jego wnętrzu powłokę, zbudowaną z taśm z PVC-U wzmocnianego stałą. Aby to osiągnąć, do środka starego przewodu wprowadzono specjalne urządzenie – jego praca polegała na przesuwaniu się



Ryc. 6. Powstająca wodoszczelna powłoka SPR, na dole widoczny regulowany poziom ścieków [1]

wzdłuż rurociągu i rozwijaniu kolejnych fragmentów taśm, z których następnie powstała wodoszczelna powłoka (ryc. 6). Proces zwijania prowadzono przy stałej regulacji przepływu ścieków za pomocą murowanej przegrody umieszczonej w najwyższym punkcie przewodu, skąd ścieki były przepompowywane do następnego odcinka. Po pokonaniu ok.



Ryc. 7. Stalowa rura Duplex została zainstalowana 10 m poniżej poziomu terenu i 500 mm powyżej tunelu Crossrail [1]



Ryc. 8. Wprowadzanie stalowej rury Duplex do istniejącego kanału murowanego [2]

250 m przegroda została przeniesiona z najwyższego punktu do punktu wyznaczającego środek kanału – wszystko po to, aby utrzymać wysokość ścieków na poziomie maksymalnie 15 cm. Prace zostały przerwane jedynie na czas intensywnych opadów deszczu, w czasie których poziom ścieków podniósł się do 1,0 m. Dzięki temu, że urządzenie do zwijania taśm przez cały ten czas pozostawało w kanale, po opadnięciu poziomu ścieków i oczyszczeniu ścian wewnętrznych prace mogły być natychmiast wznowione. Kolejnym etapem było wypełnienie zaprawą cementową przestrzeni pierścieniowej powstałej pomiędzy nową rurą a odnawianym kanałem. Jej grubość ustalana jest według zasady: grubość przestrzeni międzyururowej powinna być możliwie najmniejsza, a jednocześnie na tyle duża, aby zapewnić wymaganą wytrzymałość konstrukcji. W przypadku tej realizacji grubość ta wahała się pomiędzy 50 a 80 mm. Powstała w ten sposób nowa rura ma dwie podstawowe zalety: wypełnienie przestrzeni pierścieniowej o odpowiedniej grubości pozwoliło przywrócić konstrukcji utraconą nośność, jednocześnie powłoka z PVC-U była nie tylko szalunkiem dla zaprawy cementowej (przy współpracy z ramami usztywniającymi), ale stanowi przede wszystkim pewnego rodzaju barierę chroniącą beton przed ścieraniem i agresywnym oddziaływaniem ścieków. Gładka powłoka poprawiła właściwości hydrauliczne przewodu, rekompensując tym niewielką redukcję średnicy.

2.5. Rehabilitacja kanału Ham Sewer w Londynie

Wprowadzenie 50-metrowej rury Duplex ze stali nierdzewnej do istniejącego murowanego kanału o średnicy 2,06 m, posadzonego 10 m poniżej poziomu terenu i tylko 50 cm nad tunelem Crossrail (ryc. 7), musiało zakończyć się statuetką ISTT. Unikatowy projekt *UKDN Waterflow* otrzymał nagrodę w kategorii Projekt Rehabilitacji podczas ubiegłorocznej konferencji *No-Dig* w Madrycie. Badania przeprowadzone przez inżynierów z firmy Fairhurst wykazały duże prawdopodobieństwo, że na skutek budowy tunelu Crossrail z zastosowaniem urządzenia TBM murowane ściany istniejącego kanału, znajdującego się 50 cm wyżej, mogą zostać uszkodzone. Podjęto więc decyzję o jego odnowie, stosując specjalną rurę Duplex ze stali nierdzewnej. Aby zapewnić precyzyjne wprowadzenie przewodu, wiązka lasera została ustawiona z dokładnością do 1 mm (ryc. 8). Każdy kolejny odcinek musiał być dokładnie połączony w wykopie początkowym, przy spełnieniu norm, jakie obowiązują dla rurociągów wysokociśnieniowych. Rzadko wykonuje się spawanie na tak ograniczonej przestrzeni jak tu. Zgodnie z normą EN 1011, procedurami spawania EN 15613 oraz przeprowadzonymi testami z wykorzystaniem ultradźwięków, stwierdzono, że powstałe połączenia są w 100% szczelne.

Zastosowana zaprawa cementowa miała zapewnić przeniesienie obciążeń generowanych przez pracę TBM na nowo powstałą powłokę stalową. Dodatkowym utrudnieniem było bliskie sąsiedztwo budynków mieszkalnych, co stwarzało konieczność starannego planowania godzin, kiedy wykonywane były prace, przestrzegania dopuszczalnego poziomu hałasu oraz stosowania specjalnych osłon, chroniących przed rozprzestrzenianiem się nieprzyjemnych zapachów z kanalizacji. Mimo tak wielu przeszkód inwestycja zakończyła się sukcesem. Rozpoczęta w sierpniu 2013 r. odnowa dobiegła końca po 20 dniach (nie licząc prac towarzyszących, które trwały kilka miesięcy). Firma Crossrail Consultants stwierdziła, że spośród 25 podobnych realizacji na całym świecie żadna nie osiągnęła tak spektakularnego wyniku – pracy urządzenia TBM w odległości jedynie 50 cm od istniejącej infrastruktury podziemnej.

2.6. Wiercenie HDD z wykorzystaniem rur wstępnie wygiętych w Holandii

Na przełomie lat 2013 i 2014 firma Visser & Smit Hanab (V&SH) wykonała 30-kilometrowy odcinek gazociągu, stanowiący część południową gazociągu o całkowitej długości 90 km, który transportuje gaz pomiędzy stacjami gazowymi w Beverwijk i Wijngaarden. Około 22 km przewodu zbudowano z wykorzystaniem technologii bezwykopowych – w zależności od rodzaju przekraczanej przeszkody zastosowano metody przecisku hydraulicznego, mikrotunelowania oraz HDD. Szczególnie problematyczny okazał się 48-calowy (121,9 cm) odcinek o długości 170 m, który był ułożony pod bardzo ruchliwą ulicą, w pobliżu strategicznych budynków użyteczności publicznej, co widać na rycinie 9. Dodatkowo w odległości 50 m położona była kolejna droga, a równoległe do trasy nowo powstającego gazociągu obecne były inne przewody. To wszystko spowodowało wykluczenie tradycyjnej metody HDD, która wymagałaby dużego promienia gięcia – dla tego rodzaju rur i danych warunków gruntowych ok. 1700 m. Alternatywnym rozwiązaniem było wykonanie otworu o zmniejszonym promieniu gięcia, rozwiercenie go, a następnie przeciągnięcie przewodu. Okazało się jednak, że wymagany promień gięcia jest tak mały, że niemożliwe stało się zastosowanie elastycznego zginania rury. Podjęto więc decyzję o zastosowaniu wstępnie wygiętych 48-calowych rur (121,9 cm). Jednak w dalszym ciągu konieczne było wywiercenie otworu o średnicy 60" (152,4 cm) oraz spełnienie wszelkich wymagań technicznych dotyczących bezpieczeństwa, kąta wejścia itp., a co za tym idzie, potrzebowano wiertnicy z odpowiednimi żerdziami wiertniczymi oraz wystarczającą ilością płuczki. Zdecydowano się na dwie wiertnice – większą (250 t), wykorzystywaną podczas etapów



Ryc. 9. Trudne warunki pracy w bliskim sąsiedztwie drogi i budynków użyteczności publicznej [1]



Ryc. 10. PICA SeeSnake [1]

rozwiercania otworu i przeciągania przewodu, oraz małą (27 t), z bardziej elastycznymi żerdziami do pilotowania. Rozwiązanie to było efektem braku pewności, czy tak sztywna żerdź pokona projektowany promień gięcia (250 m) z uwagi na występowanie bardzo miękkiego gruntu. Aby możliwe było osiągnięcie wymaganej dokładności otworu wiertniczego, zastosowano system żyrokompasowy. Wiercenie przeprowadzono w trzech marszach: 36, 50 i ostatecznie 60" (odpowiednio 91,4 cm, 127 cm i 152,4 cm). Cały przewód składał się z dziewięciu odcinków, indywidualnie wygiętych w celu uzyskania wymaganego promienia gięcia. Aby uniknąć kłopotliwego wprowadzania 160-metrowego rurociągu, przygotowano trzy odcinki, każdy składający się z trzech połączeń o długości 54 m. Następnie końcówka pierwszego odcinka została podniesiona na wysokość 25 m i przeciągnięta przez wywiercony otwór, z jednoczesnym wypełnianiem wodą w celu zmniejszenia wyporności. Procedurę powtórzono dla kolejnych odcinków, a następnie zespawano je ze sobą. Całość prac trwała nieprzerwanie 36 godzin, by uniknąć zakleszczenia się rurociągu. Projekt został nagrodzony na konferencji *No-Dig* w Madrycie w kategorii Projekt HDD.

3. Wybrane firmy promujące się w czasopiśmie „Trenchless International”

3.1. PPO – Pipeline, Plant & Offshore

Portal PPO stwarza możliwość śledzenia bieżących inwestycji realizowanych w Australii w zakresie rurociągów do transportu gazu i ropy naftowej. Strona umożliwia dostęp do szeregu ofert, ogłoszeń przetargowych i codziennych aktualizacji oraz tygodniowych, miesięcznych i rocznych zestawień wykonanych realizacji. Użytkownik może przeglądać bazę danych ponad 1000 projektów, wyszukać interesujący go projekt i zapoznać się z jego szczegółami. Poza informacjami na temat aktualnych i planowanych inwestycji znajdziemy tu również informacje związane z poważnymi awariami rurociągów w Australii, jakie miały miejsce w ostatnim czasie. Portal umożliwia też dostęp do magazynu PPO Projects, który stanowi podsumowanie ciekawszych realizacji z ostatniego miesiąca.

3.2. PICA SeeSnake

PICA to firma, która od 1990 r. wykonuje analizy i oceny stanu technicznego rurociągów znajdujących się na terenie

USA i Kanady. W swojej ofercie ma również mapowanie 3D przewodów przy wykorzystaniu narzędzia Geo-Tool, dzięki czemu możliwe jest odwzorowanie wszystkich zmian kierunków, złączy, armatury i innych elementów badanego rurociągu. Jednym ze sztandarowych produktów firmy jest urządzenie zaprojektowane w taki sposób, aby mogło bezpiecznie poruszać się we wnętrzu rurociągu przy jednoczesnym zapewnieniu maksymalizacji jakości uzyskiwanych danych. SeeSnake umożliwia pomiar uszkodzeń bez kontaktu ze ścianą rury, a więc w miejscach, gdzie znajdują się różnego rodzaju osady wewnętrzne, piaski czy fragmenty oderwanych fragmentów ścian. Wśród zalet urządzenia wymienić należy m.in. dokładne wyniki przy znacznej prędkości wykonywania inspekcji, precyzyjną identyfikację zarówno stopnia zaawansowania, jak i lokalizacji obszarów zmniejszenia grubości ścian przewodu, pokonywanie 90-stopniowych zakrętów.

3.3. Risanamento Fognature SPA

Firma Risanamento Fognature SPA z siedzibą we włoskiej miejscowości Salgareda jest jedną z najdłużej działających firm bezwykopowych we Włoszech; istnieje na rynku od 1986 r. Oferuje rozwiązania w zakresie rehabilitacji przewodów kanalizacyjnych, wodociągowych i gazowych. Stosowane przez firmę technologie bezwykopowej rehabilitacji i napraw to m.in. metoda Part-Liner (specjalny paker z nawiniętą utwardzaną powłoką żywiczną, stosowany do napraw punktowych), metoda cementowania (w zakresie odnowy studzienek), roboty kanalizacyjne oraz renowacje z wykorzystaniem utwardzanych powłok żywicznych. Poza bezwykopową odnową Risanamento Fognature SPA przeprowadza również inspekcje i analizuje stan techniczny rurociągów dla średnic od 50 mm, także z zastosowaniem kamery w wersji przeciwybuchowej. Tworzy też, stosując inspekcję telewizyjną, plan sieci podziemnych zarządzanych przez dane przedsiębiorstwo.

Literatura

- [1] „Trenchless International” 2015, Issue 26.
- [2] <http://ukdnwaterflow.co.uk/>
- [3] www.lotigardwater.org
- [4] www.swg.ch/de/index.php



Horyzontalne przewiertki kierunkowe

tekst: **MARIA SZRUBA**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne

Zapoczątkowana w latach 60. XX w. technologia przewiertów sterowanych (*Horizontal Directional Drilling*) początkowo stała się praktyczną alternatywą dla konwencjonalnych metod wykopowych. Rozwój technologii HDD zrewolucjonizował budownictwo w dziedzinie instalacji urządzeń podziemnych i rurociągów w miastach i pod dużymi naturalnymi przeszkodami, czyniąc ją nierzadko jedyną możliwą do zastosowania technologią wszędzie tam, gdzie użycie klasycznych metod z różnych względów jest niewykonalne.

Definicja wiercenia kierunkowego podawana przez Międzynarodowe Stowarzyszenie Technologii Bezwykopowych określa je jako technologię stosowaną do przekroczeń większych rzek, kanałów, autostrad i tym podobnych przeszkód terenowych, inną niż przewiert sterowany. Zwykle także długości jednorazowo wbudowywanych rurociągów i ich średnice są większe niż te wykonywane za pomocą przewiertu sterowanego. Nie stosuje się granicznych wartości dla średnicy, długości wbudowywanego rurociągu czy maksymalnej siły uciągu wiertnicy, które określałyby, czy dana technologia to przewiert sterowany czy wiercenie kierunkowe, ponieważ sama technologia wbudowania rurociągu obiema metodami jest identyczna. Dlatego właśnie coraz częściej stosuje się te pojęcia wymiennie, dodając do nazwy przewiert sterowany przymiotnik horyzontalny, dla podkreślenia poziomej płaszczyzny odniesienia dla projektowanych i wykonywanych otworów [1].

Etap projektowania

Projekt horyzontalnego przewiertu sterowanego powinien obejmować szereg elementów. Po pierwsze, należy dokonać analizy warunków hydrogeologicznych, morfologicznych oraz sprawdzić, czy na trasie planowanego przewiertu zlokalizowana jest jakaś infrastruktura techniczna naziemna i podziemna. Kolejny krok to określenie lokalizacji punktu wejścia, przyjęcie typu trajektorii przewiertu oraz obliczenie jej parametrów geometrycznych. Następnym elementem jest określenie liczby etapów poszerzania (liczba marszy) oraz dobór wiertnicy, narzędzi urabiających grunt, narzędzi do poszerzania (głowica pilotowa, świdry gryzowe, rozwiertaki, poszerzacze) i wciągania rurociągu. W dalszej kolejności należy przyjąć system sterowania i kontroli oraz dobrać płuczkę wiertniczą, a następnie określić wielkości sił działających na przewód wiertniczy i rurociąg podczas wbudowywania oraz wykonać obliczenia statyczno-wytrzymałościowe wbudowywanego rurociągu. Ostatni etap polega na ustaleniu miejsca i wielkości placu maszynowego i montażowego [1].

Proces wykonywania HDD

Horyzontalne przewiertki sterowane wykonywane są w trzech etapach. Pierwszy z nich polega na wierceniu otworu pilotażowego. Głowica pilota jest wprowadzana do gruntu za pomocą żerdzi wiertniczych o ściśle określonej długości i średnicy (w zależności od średnicy instalowanego rurociągu), sukcesywnie mechanicznie montowanych jedna do drugiej i wprowadzanych do otworu przez maszynę wiertniczą, którą steruje człowiek. Cały proces wspomagany jest przez płuczkę wiertniczą – bentonitową lub bentonitową z odpowiednimi dodatkami w zależności od rodzaju gruntu.

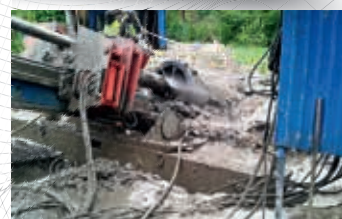
HDD Serwis Mirosław Makuch
ul. Bukowińska 26/78
02-703 Warszawa
tel.: +48 22 848 93 78
e-mail: mirek.makuch@hddserwis.pl



HDD Serwis
Mirosław Makuch

HDD Serwis to firma działająca w oparciu o wieloletnie doświadczenie w dziedzinie bezwykopowych technik instalowania rurociągów i budowy tuneli przy użyciu technologii horyzontalnych przewiertów sterowanych. Założył ją w 2011 r. **Mirosław Makuch**, czerpiąc z własnego, bogatego doświadczenia, zdobytego poprzez praktyczne kierowanie, sterowanie i uczestnictwo w realizacji ponad 180 przewiertów HDD oraz około 60 projektach mikrotunelowych. Działania te przejawiają się w wielobranżowej i międzynarodowej współpracy z wykorzystaniem licznych konsultacji oraz wymiany doświadczeń, służących rozwojowi HDD.

www.hddserwis.pl





Przykłady urządzeń wiertniczych

W drugim etapie za pomocą narzędzia poszerzającego, które zastępuje głowicę pilota po wykonaniu otworu pilotażowego, poszerzany jest otwór. W zależności od rodzaju gruntu dobierany jest rodzaj głowicy poszerzającej. Z kolei samo poszerzanie otworu może przebiegać w jednym lub kilku etapach. Także ten etap prac wspomagany jest przez płuczkę wiertniczą, która ułatwia urabianie gruntu oraz stabilizuje górotwór. Zanim przystąpi się do ostatniego, trzeciego etapu realizacji prac, wykonuje się tzw. przemarsz kontrolny w przewierconym otworze, który pozwala stwierdzić, czy otwór przewiertowy został wykonany prawidłowo. Sprawdza się wówczas m.in. czy otwór został właściwie ustabilizowany, czy panuje w nim prawidłowe ciśnienie płuczki, czy na trasie trajektorii otwór jest drożny itd. Końcowym etapem prac jest wprowadzenie do górotworu uprzednio w całości zespawanej i pokrytej izolacją rury przewodowej. Wprowadza się ją w kierunku do wiertnicy, a po stronie wyjścia układu na podporach rolkowych, by zmniejszyć opory wciągania [2].

Urządzenia wiertnicze

Do wbudowywania rurociągów w technologii horyzontalnych przewiertów sterowanych używa się wiertnic, które stanowią zwarte konstrukcje, złożone zwykle z samobieżnego mechanizmu gąsienicowego lub kołowego, lawety wiertniczej, agregatu prądotwórczego, zespołu hydraulicznego (m.in. agregat hydrauliczny, szczęki, zacisku, imadła do skręcania i rozkręcania żerdzi wiertniczych) oraz pompy płuczkowej.

Na lawetę wiertniczą składają się zazwyczaj następujące moduły: stalowa konstrukcja ramowa (kotwiona w celu przejmowania powstających obciążeń, w tym momentów obrotowych), ruchome sanie, które z silnikami hydraulicznymi wytwarzają niezbędne momenty obrotowe i siły osiowe do wciskania i obracania przewodu wiertniczego, oraz pulpita lub kabina sterownicza. Lawetę wiertniczą można ustawiać pod kątem do poziomu (w pewnym zakresie zmiany kąta, w zależności od producenta wiertnicy), odpowiadającym projektowanemu kątowi wejścia żerdzi wiertniczych do gruntu.

Żerdzie wiertnicze w małych wiertnicach podawane są zazwyczaj ręcznie z wymiennych magazynków żerdzi wiertniczych. W dużych wiertnicach stosuje się automatyczne układy podawania żerdzi wiertniczych, np. typu karuzelowego (bębnowego). W przypadku bardzo dużych wiertnic, dla których długości żerdzi dochodzą do 10 m, a ich średnica może osiągać nawet 168 mm, żerdzie wiertnicze mogą być podawane przy pomocy dźwigu lub koparki.

W trudnych warunkach gruntowych wiercenie mogą wspomóc wiertnice wyposażone w mechanizm udarowy, gdzie udarowe żerdzie wiertnicze napędzane są z częstotliwością dochodzącą do 1000 udarów na minutę, a liczbę udarów można dostosowywać do warunków gruntowych. Najmniejsze wiertnice, które można umieszczać w kanalizacyjnych studniach rewizyjnych w celu wbudowania przyłączy kanalizacyjnych, posiadają krótsze i sztywniejsze żerdzie wiertnicze.

Wiertnica musi być odpowiednio zakotwiona, aby przenosić siły osiowe i momenty obrotowe z wiertnicy na grunt oraz stabilnie pracować. Małe wiertnice kotwi się do podłoża za pomocą stalowych prętów, większe – przy użyciu hydraulicznie zapuszczanych w grunt kotew ślimakowych. Duże wiertnice są kotwione za pomocą grodzi stalowych wbijanych.

Większość małych i średnich wiertnic umieszcza się na podwoziu gąsienicowym, a poruszanie się po drogach z nawierzchnią asfaltową, a także po chodnikach umożliwiają wiertnicom gumowe gąsienice lub – w przypadku wiertnic większych – gąsienice stalowe z gumowymi nakładkami.

Do podstawowych parametrów technicznych wiertnic służących do wbudowywania rurociągów w technologii horyzontalnych przewiertów sterowanych należą: siła uciągu, siła pchania, maksymalny moment obrotowy, długość, średnica, promień gięcia żerdzi wiertniczych, rodzaj napędu, prędkość obrotowa wrzeczona oraz wartość strumienia objętości pompy płuczkowej [1].

Zalety i wady technologii HDD

HDD znajdują szczególne zastosowanie w przypadkach wykonywania długich odcinków rurociągów podziemnych w skomplikowanych warunkach geologicznych, w sytuacji konieczności pokonywania dużych przeszkód terenowych oraz układania rurociągów na terenach cennych przyrodniczo. Zastosowanie techniki HDD na obszarach o dużym zagęszczeniu infrastruktury podziemnej umożliwia bezkolizyjne przeprowadzenie rurociągu poniżej istniejącej infrastruktury, unikając dzięki temu konieczności jej przebudowy lub czasowego wyłączenia z eksploatacji. Jej zastosowanie jest także nieocenione w przypadku budowy podziemnych rurociągów w miejscach skrzyżowań z ważnymi ciągami komunikacyjnymi, takimi jak linie kolejowe czy autostrady, gdzie konieczne jest prowadzenie prac bez zakłócania ruchu, a długość odcinków wyklucza możliwość stosowania innych metod bezwykopowych. HDD znajdują także zastosowanie do układania rurociągów pod dnem dużych cieków czy zbiorników wodnych. Ponadto wykonuje się je wszędzie tam, gdzie prowadzenie prac metodą wykopu otwartego byłoby z wielu względów bardzo skomplikowane. Dzięki ograniczeniu prac ziemnych znacząco redukuje się negatywny wpływ prac budowlanych na stosunki wodne i ogranicza ich wpływ na środowisko naturalne – budowa rurociągów w technice HDD ogranicza także zakres koniecznych wycinek drzew. Zastosowanie metody HDD we wszystkich wymienionych przypadkach usprawnia proces inwestycyjny – skraca czas trwania prac, ułatwia uzyskanie niezbędnych uzgodnień oraz zmniejsza powierzchnię terenu potrzebnego do prowadzenia prac. Zaletą tej technologii jest także redukcja kosztów związanych z dzierżawą terenu czy odszkodowaniami z tytułu jego zdegradowania.

Oprócz niewątpliwych pozytywów stosowanie technologii horyzontalnych przewiertów sterowanych może ze sobą nieść także pewne ryzyka. Błędne oszacowanie warunków geologicznych czy też mylne określenie trajektorii HDD może doprowadzić do konieczności korekty trasy przewiertu, a w konse-



Urządzenia wiertnicze w trakcie wykonywania robót

kwencji powtórzenia procedury formalnoprawnej, co wydłuży czas trwania inwestycji. Powodzenie całego przedsięwzięcia w dużej mierze zależy także od doświadczenia wykonawcy prac wiertniczych z uwagi na ryzyko wystąpienia awarii i komplikacji wiertniczych.

W wielu publikacjach na temat technologii HDD podkreśla się, że korzyści wynikające z jej zastosowania zależą w ogromnym stopniu od prawidłowego zaplanowania prac, począwszy od bardzo wczesnego etapu inwestycji – od koncepcji trasy przez właściwe przeprowadzenie procedur formalnoprawnych, opracowanie projektu przewiertu aż po etap wykonywania prac. Gwarantem końcowego sukcesu są specjalistyczne doświadczenie i współpraca wszystkich stron biorących udział w realizacji inwestycji.

Literatura

- [1] *Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska*. Red. A. Kuliczkowski. Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. z o.o. Warszawa 2010.
- [2] Ostrowska K.: *Przewiert HDD rurociągów o dużych średnicach*. „Inżynieria Bezwykopowa” 2013, nr 4, s. 78–82.

- [3] Ariaratnam S.T.: *Perspektywy globalnego wpływu technologii bezwykopowych na rozwój gospodarczy*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2012, nr 2 (41), s. 62–66.
- [4] Kuliczkowski A., Mogielski K.: *Amerykański rekord w HDD*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2011, nr 3 (31), s. 36–67.
- [5] Kuliczkowski A.: *Zalety bezwykopowych technologii budowy i odnowy sieci infrastruktury podziemnej*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2011, nr 3 (31), s. 44–47.
- [6] Bielecki R.: *Doświadczenia z realizacji wykonanych w technologii przecisków sterowanych*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2008, nr 2 (17), s. 76–81.
- [7] Lisowska J.: *VI Międzynarodowa Konferencja Technologie bezwykopowe No-Dig Poland 2014*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2014, nr 4 (55), s. 74–76.
- [8] Lichosik D.: *Technologie bezwykopowe na sześciu kontynentach*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2013, nr 3 (47), s. 48–51.
- [9] Tagi – Inżynieria bezwykopowa [online]. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” [dostęp: 10 czerwca 2013]. Dostępny w Internecie: www.nbi.com.pl/tagi-inzynieria-bezwykopowa/.



Precyzja w każdym calu

DCS Poland
Drilling Chemicals Service

www.dcspoland.com

Maszyny DRILLTO TRENCHLESS do wierceń horyzontalnych





fot. Urszula Stolarczyk

Pionierzy wiertnictwa HDD w Polsce

Technologia HDD polega na wierceniu kierunkowym w procesie zabudowy instalacji podziemnych. Jest to najbardziej uniwersalna i ekonomiczna technologia umożliwiająca bezwykopową zabudowę rurociągów. Metoda technicznie zaawansowana, bezpieczna i szybka w realizacji, stosowana jest wszędzie tam, gdzie należy ograniczyć ingerencję w środowisko i pokonać istniejące przeszkody terenowe, tj. rzeki, jeziora, brzegi morskie, bagna, lasy, tereny chronione, jak również drogi, tory kolejowe, tereny zurbanizowane itp. Stosowana jest przy zabudowie gazociągów, ropociągów, wodociągów, kanalizacji, ciepłociągów, w teletechnice, energetyce i telekomunikacji.

W ostatnich latach nastąpił ogromny rozwój w dziedzinie technologii bezwykopowych w Polsce czego przyczyną była niewątpliwie prężna działalność firm wiertniczych oraz zaangażowanie inwestorów w dążeniu do realizacji zadań z ograniczeniem ingerencji w środowisko. Przełożyło się to na konieczność projektowania i realizowania coraz bardziej zaawansowanych zadań, dłuższych przewiertów o dystansach przekraczających 1000 m.b. oraz większych średnic zabudowywanych rur do 28".

W 2014 r. zakończono największe w historii Polski zadanie wiertnicze, obejmujące 39 przekroczeń; ponad 16 km przewier-



Tab. 1. Przykładowe przewiertory HDD zrealizowane przez firmę NAWITEL

Lp.	Przeszkoda	Rodzaj rurociągu	Rurociąg	Długość [m.b.]	Max. zagłębienie [m]	Max. siła instalacji [t]	Termin realizacji	Czas realizacji [liczba zmian/dni]
1.	Rzeka Ina	światłowód	Ø 219,1 x 6,3 mm, stal	1700	68,94	65	05.2015-06.2015	69
2.	Rzeka Wisła	światłowód	Ø 159 x 8,0 mm, stal	1352	45,75	13,4	07.2012-09.2012	41
3.	Rzeka Wisła	gazociąg	Ø 711 x 17,5 mm, stal	1339	43,06	80	09.2012-02.2013	140
4.	Tereny leśne	gazociąg	Ø 323,9 x 12,5 mm, stal	1335	19,92	20	02.2014-04.2014	73
5.	Rzeka Warta	gazociąg oraz światłowód	Ø 323,9 x 8,0 mm, stal oraz Ø 114,3 x 5,0 mm, stal	1160	36,32	27	09.2011-10.2011	36
6.	Siedlisko storczyków	gazociąg oraz światłowód	Ø 323,9 x 8,0 mm, stal oraz Ø 114,3 x 5,0 mm, stal	1016	35,59	27	11.2011-12.2011	22
7.	Rzeka Warta	gazociąg oraz światłowód	Ø 323,9 x 8,0 mm, stal oraz Ø 114,3 x 5,0 mm, stal	1001	33,90	33	08.2011-09.2011	29
8.	Rzeka Rega	gazociąg	Ø 711 x 17,5 mm, stal	905	54,52	45	02.2015-04.2015	79
9.	Daszewskie Bagno	gazociąg	Ø 711 x 17,5 mm, stal	767	26,90	35	11.2013-01.2014	88
10.	Linia kolejowa nr 28 rel. Wieliszew-Zegrze oraz droga krajowa nr 61	gazociąg	Ø 711 x 17,5 mm, stal	710	25,47	48	04.2013-05.2013	38
11.	Rzeka Bielawka	gazociąg	Ø 711 x 17,5 mm, stal	626,5	28,02	25	10.2014-12.2014	61
12.	Rzeka Narew	gazociąg	Ø 711 x 17,5 mm, stal	611	32,06	57	09.2012-10.2012	59
13.	Zbiornik wodny Siecień	gazociąg	Ø 711 x 17,5 mm, stal	510	34,33	7	07.2013-09.2013	49
14.	Rzeka Czarna Mała	gazociąg	Ø 711 x 17,5 mm, stal	496	25,97	38	09.2014-10.2014	63
15.	Rzeka Chełmiczka	gazociąg	Ø 711 x 17,5 mm, stal	461	17,58	16	11.2013-12.2013	39
16.	Odra	wodociąg	Ø 800 mm HDPE	237	12,26	35	03.2008-04.2008	16

tów w ramach inwestycji „Budowa gazociągu DN 700 MOP 8,4 MPa relacji Rembelszczyzna – Gustorzyn”. Realizacji tego zadania podjęła się i zakończyła go pełnym sukcesem prężnie działająca na rynku polskim firma wiertnicza NAWITEL Sp. z o.o. Sp. K., specjalizująca się od ok. 20 lat w robotach bezwykopowych, takich jak horyzontalne przewiertory sterowane HDD, poziome przeciski sterowane i mikrotunele.

Firma NAWITEL rozpoczynała działalność od realizacji przewiertów małosrednicowych dla branży teletechnicznej, a obecnie, pobijając kilkakrotnie swoje rekordy, podejmując ciągle

wyzwania i wdrażając nowe i innowacyjne rozwiązania techniczne, zrealizowała największe zadania wiertnicze w Polsce. Jako pierwsza wykonała długie wiercenia skalne o dystansie ponad 700 m.b., wiercenia przy dużej różnicy poziomów jak również wiercenia silnikami wgłębny do wiercenia w skale. Byli w Polsce pionierami wiercenia intersect (wiercenie z dwóch stron) oraz wiercenia wash over (żerdź w żerdź). Śledząc historię tej wrocławskiej firmy wiertniczej, obserwujemy postęp i osiągnięcia wiertnictwa HDD w Polsce. Dzięki bogatemu parkowi maszynowemu możliwe stało się wykonywanie przewiertów

Tab. 2. Najciekawsze przewiertu wykonane przez firmę NAWITEL pod względem trudności

Lp.	Prze- szkoda	Rodzaj rurociągu	Rurociąg	Długość [mb]	Max. za- głębienie [m]	Max. siła instalacji [ton]	Termin reali- zacji	Czas reali- zacji [liczba zmian/dni]	Opis
1.	Rzeka Wisła	gazociąg	Ø 711 x 17,5 mm, stal	1339	43,06	80	09.2012– 02.2013	140	Najbardziej skomplikowany przewiert w Polsce, biorąc pod uwagę jego średnicę i długość. Przewiert zrealizowany w ramach zadania <i>Budowa gazociągu DN 700 MOP 8,4 MPa relacji Rembelszczyzna – Gustorzyn</i> , wykonano wówczas przewiertu HDD o łącznej długości 16 278 m.b. dla instalacji rur stalowych DN 700 oraz rur HDPE 160 mm.
2.	Rzeka Cheł- miczka	gazociąg	Ø 711 x 17,5 mm, stal	461	17,58	16	11.2013– 12.2013	39	Przewiert zrealizowany z wykorzystaniem inhibicji gipsowej aktywnych formacji iłowych.
3.	Zbiornik wodny Siecień	gazociąg	Ø 711 x 17,5 mm, stal	510	34,33	7	07.2013– 09.2013	49	Przewiert zrealizowany z wykorzystaniem inhibicji gipsowej aktywnych formacji gliny pylastej.
4.	Tereny leśne	gazociąg	Ø 323,9 x 12,5 mm, stal	1335	19,92	20	02.2014– 04.2014	73	Najbardziej skomplikowana trajektoria przewiertu w Polsce – zmiana azymutu o 60° przy promieniu 500 m. Biorąc pod uwagę długość, przewiert został wykonany na niedużym zagłębieniu dzięki wykorzystaniu systemu <i>wash over</i> .
5.	Starorzecze rzeki Nidy	gazociąg oraz światłowód	Ø 323,9 x 7,1 mm, stal oraz HDPE 160 mm	630	18,89	11	12.2009– 01.2010	29	Wiercenia skalne w marglu.
6.	Obszar siedli- skowy NATURA 2000	gazociąg oraz światłowód	Ø 323,9 x 7,1 mm, stal oraz HDPE 160 mm	783	9,57	15	09.2009– 11.2009	35	Wiercenie skalne w rumoszu skalnym.



na dystansie nawet powyżej 1,5 km, przewiertów po łuku, a także przekroczeń w trudnych warunkach geologicznych. Stosowanie bardziej precyzyjnych systemów pomiarowych, tj. tensor, paratrack lub żyrokompas (niewrażliwy na zakłócenia magnetyczne z możliwością odczytu ciśnień wgłębnych w otworze) umożliwia wykonywanie przewiertów na znacznych głębokościach.

Producenci wiertnic przeznaczonych do realizacji przewiertów HDD oferują urządzenia w bardzo szerokim zakresie parametrów pracy. Najmniejsze wiertnice są urządzeniami kompaktowymi, charakteryzują się siłą uciążu/pchania do 10 t i momentem obrotowym do 5 kNm Natomiast największe wiertnice posiadają siłę uciążu/pchania do 400 t oraz moment obrotowy ponad 120 kNm i wymagają szeregu skomplikowanych technologicznie urządzeń towarzyszących.

Intensywny rozwój wiertnictwa w Polsce przyczynił się do wzrostu wysokiej klasy parku maszynowego dającego możliwość realizacji przewiertów od najmniejszych dostępnych średnic do



nawet DN 1400 mm. Długość realizowanych przewiertów może wahać się od kilkunastu metrów do 3 km, a nawet przy wierceniu dwustronnym do 4 km. Jako przykład można podać firmę NAWITEL, która posiada wiertnice praktycznie w każdej klasie urządzeń:

- Vermeer Navigator D7x11a, siła uciągu / pchania 3,5 t, moment obrotowy 1,5 kNm,
- Vermeer Navigator D24a, siła uciągu / pchania 11 t / 8 t, moment obrotowy 2,38 kNm,
- Vermeer Navigator D24x40a, siła uciągu / pchania 11 t / 8 t, moment obrotowy 5,424 kNm,
- Vermeer Navigator D36x50 II, siła uciągu/pchania 16 t / 16 t, moment obrotowy 6,772 kNm,
- Vermeer Navigator D50x100a, siła uciągu/pchania 22,5 t / 17,2 t, moment obrotowy 13,56 kNm;
- Vermeer Navigator D75x100, siła uciągu / pchania 35 t / 20 t, moment obrotowy 13,56 kNm;
- American Augers DD100B, siła uciągu / pchania 45 t, moment obrotowy 27,1 kNm;
- Herrenknecht HK100C, siła uciągu / pchania 100 t; moment obrotowy 60,0 kNm;
- Prime Drilling PD 250/90 RP, siła uciągu / pchania 250 t, moment obrotowy 90,0 kNm.

Chcąc przekonać inwestorów do realizacji przekroczeń w technologii HDD, należy zwrócić uwagę na takie parametry, jak krótki czas realizacji, niższe nakłady kosztów niż w metodach tradycyjnych, mniejsza inwazyjność w środowisko i możliwość wykonywania przekroczeń na coraz to dłuższych dystansach.

W najbliższym czasie firma NAWITEL podejmie kolejne wyzwania wykonania przewiertu pod dnem Morza Bałtyckiego (z wyjściem w dnie morza) dla zabudowy gazociągu stalowego Ø 114,3 mm o długości 1400 m.b. oraz dwa wielorurowe przewiertu (4 x 250 mm HDPE oraz 1 x 160 mm HDPE) pod Odrą, każdy o długości ok. 800 m.b.

Śledząc działalność firmy NAWITEL, można zauważyć, że doświadczenie, rozważa, ciągły rozwój oraz podejmowanie nowych wyzwań to niewątpliwie droga do osiągnięcia sukcesu, a kompetencje oraz potencjał techniczny firmy daje perspektywę do dalszego prężnego rozwoju rynku HDD w Polsce.

Opracowanie red. na podstawie materiałów
NAWITEL Sp. z o.o. Sp. K.

Zdjęcia: Urszula Stolarczyk



HORYZONTALNE PRZEWIERTY STEROWANE POZIOME PRZECISKI STEROWANE MIKROTUNELE



NAWITEL Sp. z o.o. sp.k.

ul. Atramentowa 10, Bielany Wrocławskie
55-040 Kobierzyce
tel.071/ 333 75 96, fax.071/ 333 75 97

www.nawitel.pl

Kruszywa w budownictwie.

Cz. 1. Kruszywa naturalne

tekst: **prof. dr hab. inż. WIESŁAW KOZIOŁ**, Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego Oddział Katowice; Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Katedra Górnictwa Odkrywkowego, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, **mgr inż. ANDRZEJ CIEPLIŃSKI**, **dr inż. ŁUKASZ MACHNIAK**, **mgr inż. ADRIAN BORCZ**, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Katedra Górnictwa Odkrywkowego, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza

Kruszywa są podstawowym surowcem stosowanym przez ludzkość niemal od początku rozwoju cywilizacyjnego i zapotrzebowanie na nie ciągle wzrasta. Wykorzystuje się je przede wszystkim w budownictwie. Zastosowanie piasku niezbędne jest również w przemyśle do produkcji układów krzemowych, paneli słonecznych, szkła, układów elektronicznych, kosmetyków itp.

1. Wstęp

Niektóre źródła podają [3], że świat zużywa ponad 40 mld t kruszyw rocznie, co oznaczałoby, że na każdego mieszkańca przypada ok. 5,5 t/rok. Być może wielkość ta jest nieco zawyżona (brak dokładnych danych), jest jednak oczywiste, że świat produkuje i zużywa dziesiątki miliardów ton kruszyw.

W Europie (kraje stowarzyszone w Europejskim Związku Kruszyw – UEPG) produkcja i zużycie kruszyw wynosi ponad 4 mld t. Zdecydowana większość produkowanych w UE kruszyw pochodzi ze złóż naturalnych (ok. 91%). Pozostałą część stanowią kruszywa z recyklingu (ok. 5%), sztuczne (ok. 2%) oraz kruszywa wydobywane z obszarów morskich (ok. 2%) [4].

Pomimo że złoża kruszyw naturalnych zalegają dość powszechnie na kuli ziemskiej, już obecnie w niektórych krajach występuje deficyt kruszyw. Należą do nich przede wszystkim

kraje arabskie, importujące duże ilości kruszyw m.in. z odległej Australii, gdyż drobne piaski z pustyń nie nadają się do betonów, a także Singapur oraz Indie i Chiny (niektóre regiony). W ZEA ceny piasku importowanego wynoszą ok. 50 USD/t, a w Singapurze w pewnym okresie dochodziły do 190 USD/t [3].

W Polsce obecna produkcja kruszyw naturalnych wynosi ok. 211 mln t, a zatem na każdego mieszkańca przypada ok. 5,5 t/rok. Pomimo stosunkowo dużych zasobów geologicznych złóż kruszyw w naszym kraju, zasoby tzw. wydobywalne są znacznie mniejsze i już obecnie występują duże problemy z zagospodarowaniem nowych złóż.

W niniejszej pierwszej części artykułu przedstawiono produkcję i zużycie w Polsce kruszyw naturalnych, natomiast w części drugiej omówione zostaną kruszywa sztuczne i z recyklingu.

2. Podział i nazewnictwo kruszyw

Kruszywo to materiał ziarnisty, mający podstawowe zastosowanie w budownictwie kubaturowym, liniowym (drogi itp.), do produkcji różnego rodzaju betonów i zapraw oraz w niektórych robotach ziemnych (nasypy itp.).

Według obowiązujących norm (PN-EN), kruszywa dzieli się ze względu na pochodzenie na: 1) naturalne, 2) sztuczne, 3) z recyklingu.

Nazwa kruszywa naturalne obejmuje wszystkie kruszywa mineralne pochodzące ze złóż (skał) naturalnych, zarówno kruszywa żwirowe (żwirowo-piaskowe), jak i kruszywa łamane – produkowane ze skał litych (bazalt, granit, dolomit, piaskowiec, wapień itd.), poddanych mechanicznej obróbce (kruszeniu).

Ze względu na rodzaj surowca skalnego i sposób produkcji kruszywa żwirowe (kruszone lub niekruszone) dzieli się na (ryc. 1): piasek do 2 mm, żwir 2–32 (63) mm, otoczaki 63–250 mm, mieszanki klasyfikowane, pospółkę – kruszywo niekruszone stanowiące mieszaninę piasku i żwiru (do 63 mm).

Kruszywa łamane, uzyskane przez mechaniczne rozdrobnienie skał litych, dzielą się na (ryc. 2): kliniec, tłuczeń, grys, mieszanki sortowane, kamień łamany, niesorty, miał.

Kliniec to kruszywo łamane stosowane do robót drogowych i budowlanych, zwykle o wielkości ziaren 4–31,5 mm. Tłuczeń stosowany jest głównie do robót drogowych, charakteryzuje się uziarnieniem 31,5–63 mm. Grysy to kruszywa granulowane wykorzystywane do budowy dróg na warstwy ścieralne, wiążące i wyrównawcze, betony asfaltowe, mieszanki



Ryc. 1. Kruszywa piaskowo-żwirowe: a) piasek budowlany, b) żwir płukany 8–16 mm, c) otoczaki, d) pospółka



Ryc. 2. Kruszywa łamane: a) kliniec piaskowy 0–31,5 mm, b) tłuczeń porfirowy 31,5–63 mm, c) grys bazaltowy 8–16 mm, d) kamień łamany granitowy

mineralno-asfaltowe oraz w budownictwie (produkcja betonów). Uziarnienie grysów dostosowane jest do zastosowania i warunków złożowych (np. 2–8, 8–16, 16–22, mieszanki drobno granulowane 0–4 mm). Kruszywo granulowane o wielkości ziaren 2–31,5 mm otrzymuje się z kruszywa zwykłego (łamanego i żwirowego) przez dodatkowe uszlachetnienie, przeważająca część ziaren ma foremne kształty i zaokrąglone krawędzie. Mieszanki klasyfikowane (sortowane) to kruszywa żwirowo-piaskowe lub łamane, wymieszane w odpowiednich proporcjach uziarnienia, zgodnych z projektem przeznaczenia. Kamień łamany jest kruszywem grubym o uziarnieniu 63–250 mm, stosowanym m.in. do umocnień koryt rzek, wałów itp. Niesorty używane są na podbudowy dróg, placów, pod kostkę brukową i do chudego betonu zwykłego. Miał to kruszywo łamane, zwykle o wielkości uziarnienia do 4 mm.

Pod względem uziarnienia kruszywa dzielą się na:

- drobne – o wymiarach ziaren mniejszych lub równych 4 mm,
 - grube – o wymiarach ziaren 4–63 mm,
 - bardzo grube – o średnicy ziaren 63–250 mm,
 - wypełniacze – kruszywo, którego większość ziaren przechodzi przez sito 0,063 mm,
 - kruszywa naturalne żwirowe (mieszanki) – kruszywo o uziarnieniu 0–8 mm pochodzenia lodowcowego lub rzeczno-
 - kruszywo o uziarnieniu ciągłym – kruszywa będące mieszanką kruszyw drobnych i drobnych, w Polsce o uziarnieniu 0–63 mm,
 - pyły – frakcja o ziarnach przechodzących przez sito 0,063 mm.
- względem na gęstość objętościową kruszywa dzieli się na:
- ciężkie – o gęstości $\geq 3000 \text{ kg/m}^3$,
 - zwykłe – o gęstości 2000–3000 kg/m^3 ,
 - lekkie – o gęstości $\leq 2000 \text{ kg/m}^3$.

3. Zastosowanie i produkcja kruszyw naturalnych w Polsce

Kruszywa naturalne stosowane są głównie do: betonów i wyrobów betonowych, zapraw i tzw. chemii budowlanej, mieszanek mineralno-asfaltowych, warstw nośnych i ścieralnych nawierzchni drogowych, lotnisk, parkingów itp., podbudów drogowych, pasów startowych, parkingów itp., warstw

mrozochronnych, filtracyjnych itp., w budownictwie kolejowym (podsypka itp.), robót ziemnych (nasypy, wykopy, mury oporowe itp.), budownictwa wodnego oraz w wielu innych zastosowaniach przemysłowych.

Rozwój produkcji kruszyw naturalnych w Polsce w latach 2000–2014 przedstawiono w tablicy 1 i na rycinie 3.

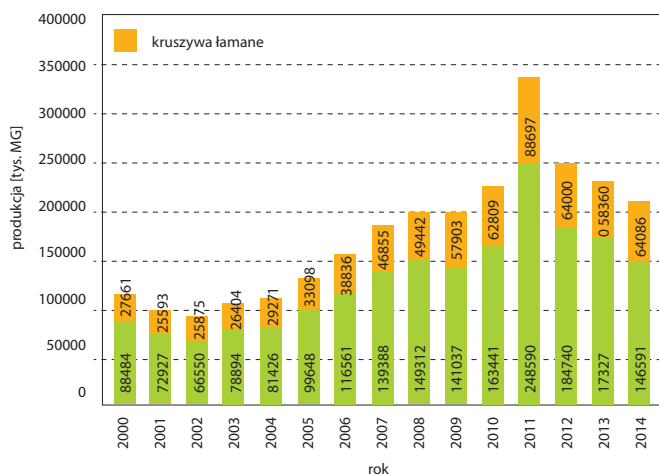
Z zestawienia wynika, że w okresie 15 lat produkcja wzrosła ponad dwukrotnie z ok. 116 mln t w 2000 r. do 239 mln t (prognoza) w 2014 r. W rekordowym pod względem zużycia i produkcji kruszyw roku 2011 produkcja wyniosła 337,4 mln t. Większość produkowanych w Polsce kruszyw stanowią kruszywa żwirowo-piaskowe – ok. 74%. O ile w początkowym okresie transformacji ustrojowej nasz kraj był znaczącym eksporterem kruszyw naturalnych, o tyle obecnie Polska importuje 5–6 mln t kruszyw rocznie (głównie łamanych).

3.1. Kruszywa żwirowo-piaskowe

Przeważająca większość kruszyw żwirowo-piaskowych jest używana w budownictwie do produkcji różnego rodzaju betonów i wyrobów betonowych, głównie betonu towarowego, prefabrykatów i innych wyrobów betonowych, suchych mieszanek i tzw. chemii budowlanej [4]. Do produkcji betonów i wyrobów betonowych tradycyjnie wykorzystywane są mieszanki i pospółki, jednak potrzeba produkcji coraz wyższej jakości wyrobów powoduje systematycznie rosnące zastosowanie do tych celów żwirów i uzupełniająco piasków kwalifikowanych (uszlachetnionych), przy malejącym udziale mieszanek klasyfikowanych (przesiewanych) oraz bardzo

Tab. 1. Produkcja kruszyw naturalnych w Polsce w latach 2000–2014 [tys. t]

Rok	Żwiry i piaski	%	Kruszywa łamane	%	Razem	%
2000	88 484	100,0	27 661	100,0	116 145	100,0
2001	72 927	82,4	25 593	92,5	98 520	84,8
2002	66 550	75,2	25 875	93,5	92 425	79,6
2003	78 894	89,2	26 404	95,5	105 298	90,7
2004	81 426	92,0	29 271	105,8	110 697	95,3
2005	99 648	112,6	33 098	119,7	132 746	114,3
2006	116 561	131,7	38 836	140,4	155 397	133,8
2007	139 388	157,5	46 855	169,4	186 243	160,4
2008	149 312	168,7	49 442	178,7	198 754	171,1
2009	141 037	159,4	57 903	209,3	198 940	171,3
2010	163 441	184,7	62 809	227,1	226 250	194,8
2011	248 690	281,1	88 697	320,7	337 387	290,5
2012	184 740	208,8	64 000	231,4	248 740	214,2
2013	173 270	195,8	58 360	211,0	231 630	199,4
2014	146 591	165,7	64 086	231,7	210 677	181,4
Razem	1 950 959	73,6	698 890	26,4	2 649 849	100,0



Ryc. 3. Produkcja kruszywa naturalnych w Polsce w latach 2000–2014

małym udziale pospótek (nieklasyfikowane mieszanki piasku i żwiru wydobyte bezpośrednio ze złoża).

W strukturze produkcji wyrobów betonowych w Polsce dominuje masa betonowa (beton towarowy), stosowana w budownictwie kubaturowym (mieszaniowo-usługowym, przemysłowym itp.) oraz w drogownictwie – ok. 65% zużycia. Drugą pozycję zajmują płyty i kostki betonowe dla budownictwa komunikacyjnego – ok. 17%, kolejne: prefabrykowane elementy konstrukcyjne – ok. 8%, zaprawy i suche mieszanki – ok. 7%, elementy ścienne z betonu zwykłego – ok. 2% oraz rury betonowe ok. 1%. Szacuje się, że do produkcji wymienionych wyrobów betonowych zużywa się 60–70 mln t/rok żwirów, mieszanek i częściowo piasków klasyfikowanych [4].

Piaski klasyfikowane i nieklasyfikowane (niesortowane) obecnie używane są głównie w budownictwie drogowym (do podbudów) oraz w innych robotach inżynierskich. Szacuje się, że zużycie piasków do tych celów wynosi obecnie 80–100 mln t, a w 2011 r. było nawet znacznie większe. Do produkcji zapraw budowlanych, suchych mieszanek i betonów komórkowych stosuje się ok. 5 mln t piasków.

3.2. Kruszywa łamane

Zużycie kruszywa łamanego jest nierozdzielnie związane ze stanem budownictwa drogowego i kolejowego, w mniejszym stopniu budownictwa kubaturowego (zastosowanie do produkcji betonów wysokiej klasy). Szybki, niemający precedensu w historii wzrost popytu na kruszywa łamane, związany z przyjęciem Polski do UE, jest wynikiem m.in. dużych inwestycji drogowych i infrastrukturalnych oraz bieżącej modernizacji i rozbudowy dróg wojewódzkich i gminnych. W efekcie w latach 2003–2014 nastąpiło zwiększenie zapotrzebowania i produkcji kruszywa łamanego z 26,4 mln t do ponad 64 mln t (w 2011 r. 88,7 mln t).

Kruszywa łamane znajdują zastosowanie głównie w drogownictwie, kolejnictwie i budownictwie kubaturowym. Ogólnie można stwierdzić, że podstawowymi surowcami kamiennymi dla drogownictwa i kolejnictwa są kruszywa łamane (tłuczeń, kliniec, grysy) produkowane ze skał magmowych (bazały, melafiry, diabazy, porfiry, gabra), a również metamorficznych (amfibolity, gnejsy, serpentynity) i osadowych (dolomity, piaskowce, szarogłazy, wapienie).

W budownictwie większość kruszywa ze skał magmowych jest wykorzystywana do produkcji betonów wysokich marek i betonów specjalnych. Niższej i średniej klasy betony wytwarzane są z kruszywa ze skał osadowych. Specjalnym kierunkiem zastosowań jest produkcja lastrico i terazzo (sztuczne kamienie typu konglomerat), gdzie wykorzystywane są przede wszystkim grysy marmurowe i z wapieni dekoracyjnych. Szacuje się, że ok. 55% zużycia naturalnych kruszywa łamanego przypada na budownictwo drogowe, ok. 25% na budownictwo kolejowe i niespełna 20% na budownictwo mieszkaniowe i przemysłowe. W najbliższym czasie należy oczekiwać znacznie większego zużycia kruszywa łamanego i żwirowo-piaskowych w budownictwie obiektów energetycznych (elektrownie węglowe i atomowa), które potrzebują dużo betonów wysokiej i specjalnej jakości.

4. Podsumowanie

Pomimo że złoża kruszywa naturalnych należą do złóż pospółnych, często zalegających na powierzchni lub na niedużych głębokościach łądów, w niektórych regionach świata już obecnie występuje potrzeba ich importu, niekiedy z dużych odległości (np. ZEA, Singapur, Indie, Chiny itd.), a ceny kruszywa osiągają wartości 50–190 USD/t (!). Jest to wynikiem bardzo dużego i ciągle wzrastającego zużycia kruszywa przez budownictwo i przemysł oraz nieprzydatności lub ograniczonej przydatności kruszywa pochodzących z pustyń lub obszarów morskich, a także konieczności ochrony terenów cennych przyrodniczo, np. plaż nadmorskich.

Polska jest znaczącym producentem i użytkownikiem kruszywa naturalnych. Obecna produkcja wynosi ok. 211 mln t/rok, czyli ok. 5,5 t/rok na każdego mieszkańca. Około 3/4 produkcji kruszywa naturalnych stanowią kruszywa żwirowo-piaskowe, zalegające na powierzchni całego kraju i eksploatowane we wszystkich województwach, a pozostała część dotyczy kruszywa łamanego, produkowanego ze skał litych, których złoża zalegają głównie w Polsce południowej, w województwach dolnośląskim (ponad 40%), świętokrzyskim (ok. 35%), małopolskim (ponad 10%), śląskim (ponad 5%). Zakładów górniczych (kopalni), w których eksploatuje się kruszywa, jest ponad 4000, w większości (ok. 80%) są to małe zakłady (żwirownie) zatrudniające do pięciu pracowników. Kopalni, z których wydobywa się powyżej 100 tys. t/rok kruszywa, co można uznać za produkcję masową, jest w Polsce ok. 12%.

Literatura

- [1] Góralczyk S.: *Nowa europejska terminologia kruszywa*. „Magazyn Autostrady” 2004, nr 6, s. 14–16.
- [2] Kozioł W., Ciepliński A., Machniak Ł., Jacaszek C., Borcz A.: *Wydobycie i produkcja kruszywa naturalnych w Polsce i w Unii Europejskiej*. „Przegląd Górniczy” 2014, r. 70, nr 10, s. 23–29.
- [3] Nadolski K.: *Na świecie grasują złodzieje... piasku* [online]. Onet.pl [dostęp: 13 maja 2015]. Dostępny w Internecie: <http://biznes.onet.pl/wiadomosci/swiat/na-swiecie-grasujazlodzieje-piasku/23q4kp>.
- [4] *Strategie i scenariusze zapotrzebowania na kruszywo naturalne w Polsce i w poszczególnych jej regionach*. Red. W. Kozioł, K. Galos. Poltegor-Institut. Kraków–Wrocław 2013.
- [5] Rucińska T.: *Kruszywa budowlane* [online]. [dostęp: 13 maja 2015]. Dostępny w Internecie: http://rucinska.zut.edu.pl/fileadmin/Kruszywa_budowlane.pdf.



„The drillers choice”

**Sprzedaż
Serwis
Naprawa
Młotki dolne, górne
Młotki kierunkowe
Koronki**



MINCON POLAND Sp. z o.o.
32-050 Skawina, ul. Mickiewicza 32
tel. 12 256 31 01, tel. kom. 607 740 888

www.mincon.com

61. Konferencja Naukowa



20-25 września 2015

„Budownictwo energooszczędne w Polsce - stan i perspektywy”

ORGANIZATORZY

Komitet Inżynierii Lądowej i Wodnej
Polskiej Akademii Nauk

Komitet Nauki Polskiego Związku
Inżynierów i Techników Budownictwa

Wydział Budownictwa,
Architektury i Inżynierii Środowiska
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
w Bydgoszczy

KONTAKT

Wydział Budownictwa,
Architektury i Inżynierii Środowiska
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
w Bydgoszczy

Al. prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz

Tel. Sekretariat WBAiIS: 52 340-85-00

Tel. Sekretariat Konferencji: 52 340-85-00

Fax: 52 340-80-55

e-mail: bydgoszcz.krynica@utp.edu.pl

www.bydgoszcz.krynica.utp.edu.pl

Systemy maszynowe w górnictwie odkrywkowym.

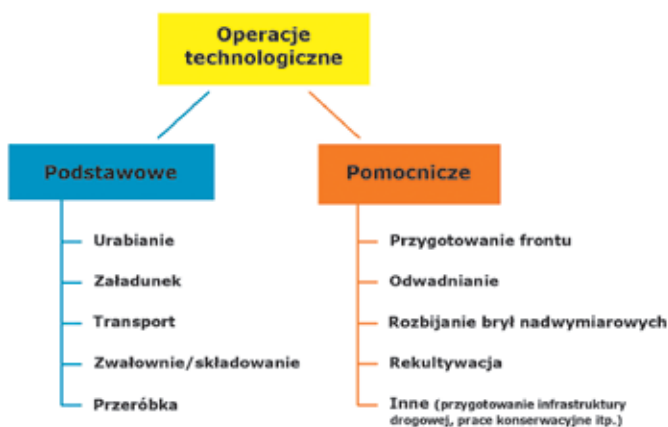
Cz. 1. Maszyny w górnictwie polskim

tekst: **mgr inż. ADRIAN BORCZ**, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Katedra Górnictwa Odkrywkowego, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, **prof. dr hab. inż. WIESŁAW KOZIOŁ**, Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego Oddział Katowice; Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Katedra Górnictwa Odkrywkowego, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza

Od zarania ludzkości górnictwo odkrywkowe obok podstawowych czynności koniecznych do przetrwania w pewnym stopniu stanowiło podstawę codziennego życia człowieka. Postępujący rozwój przyczyniał się do konieczności tworzenia nowych narzędzi oraz ich usprawniania. Sukcesywne zwiększanie wydobycia podstawowych i strategicznych surowców wymagało również modyfikacji techniki i technologii górniczej, czyli narzędzi i sposobów ich wykorzystania. Wydobycie z rozwojem wzajemnie się napędzały aż do czasów nam współczesnych, kiedy to w skali globalnej górnictwo odkrywkowe stanowi ogromne źródło surowców różnego zastosowania, w dobie „myślących” maszyn, które bez ingerencji człowieka wykonują zaplanowane zadanie.

Systemy i technologie eksploatacji

Eksploatacja kopaliny związana jest z szeregiem czynności koniecznych do wykonania w złożu i w jego otoczeniu, które w rezultacie prowadzą do pozyskiwania kopaliny. Charakterystycznym elementem górnictwa odkrywkowego jest zdejmowanie nadkładu o różnych grubościach i składzie oraz urabianie kopaliny i jej transport do miejsca przeznaczenia. Ponadto wykonywane są operacje dodatkowe, które wspomagają główny proces eksploatacji (ryc. 1).



Ryc. 1. Operacje technologiczne stosowane w górnictwie odkrywkowym

W zależności od wielu czynników, np. rodzaju kopaliny i jej właściwości fizykomechanicznych, głębokości zalegania, wielkości zalegającego nad nią nadkładu, a także możliwości technicznych i ekonomicznych, maszyny i urządzenia są dobierane celowo w sposób uporządkowany, tak aby mogły utworzyć odpowiedni ciąg wydobywczy – układ technologiczny.

Wiele różnych czynników, w tym wielkość i zasięg prac związanych z eksploatacją, tj. sposób urabiania i rodzaj transportu materiału skalnego, pozwala podzielić technologie na:

- 1) ciągłe,
- 2) cykliczne,
- 3) mieszane (kombinowane), wynikające z ich odpowiedniego połączenia (ryc. 2).

W Polsce technologie ciągłe związane są przede wszystkim z wydobyciem węgla brunatnego i kopaliny okruszowej eksploatowanych na lądzie, jak i spod wody (kruszywa), natomiast układy cykliczne i mieszane w pozostałych kopalniach, choć nie jest to regułą. W światowym górnictwie odkrywkowym dominują technologie cykliczne, które osiągają wydajności polskich kopalni węgla brunatnego i znacznie większe. Na przykład, krajowa kopalnia surowców wapiennych osiąga wydobycie rzędu 2,0 mln t w ciągu roku i jest to wielkość zdejmowanego nadkładu, jaką osiągają np. kopalnie odkrywkowe miedzi usytuowane w Ameryce Południowej w skali tygodnia (!).

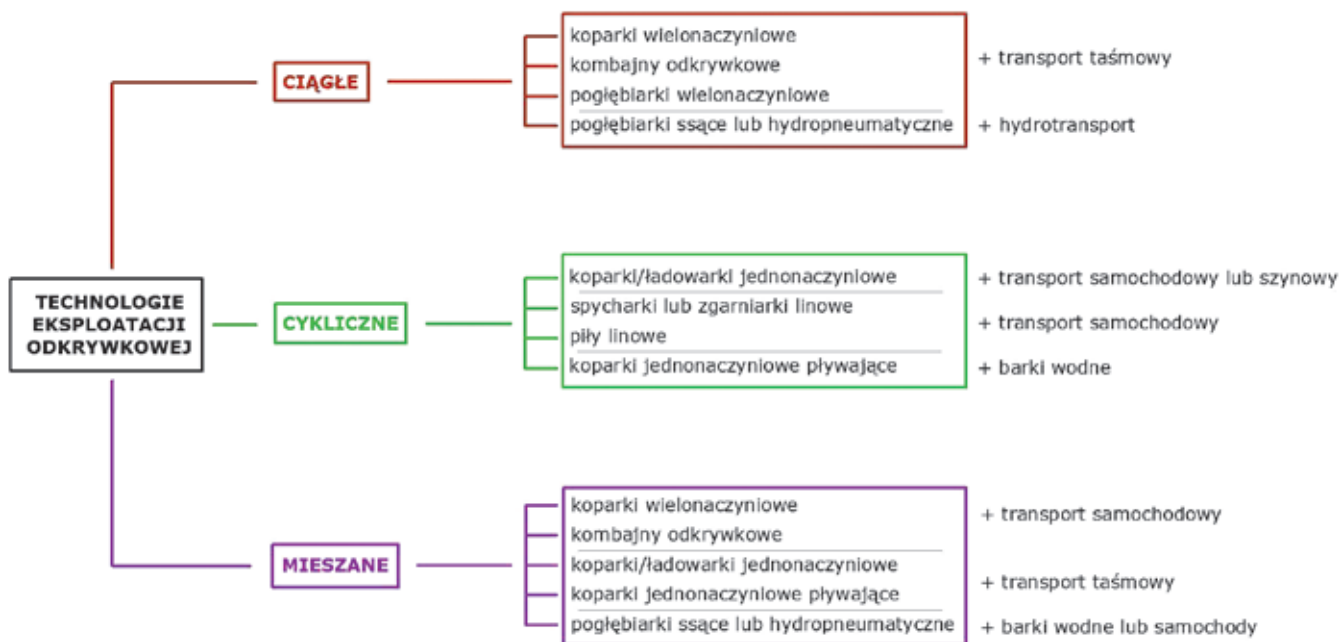
Wielkość prowadzonych w kopalniach prac przyczynia się do powstawania różnych podziałów odkrywkowej eksploatacji, a wśród nich wyróżnić można podział na cztery podstawowe technologie [6]:

- 1) ziemne o dużej koncentracji wydobycia,
- 2) ziemne o małej koncentracji wydobycia,
- 3) skalne,
- 4) podwodne.

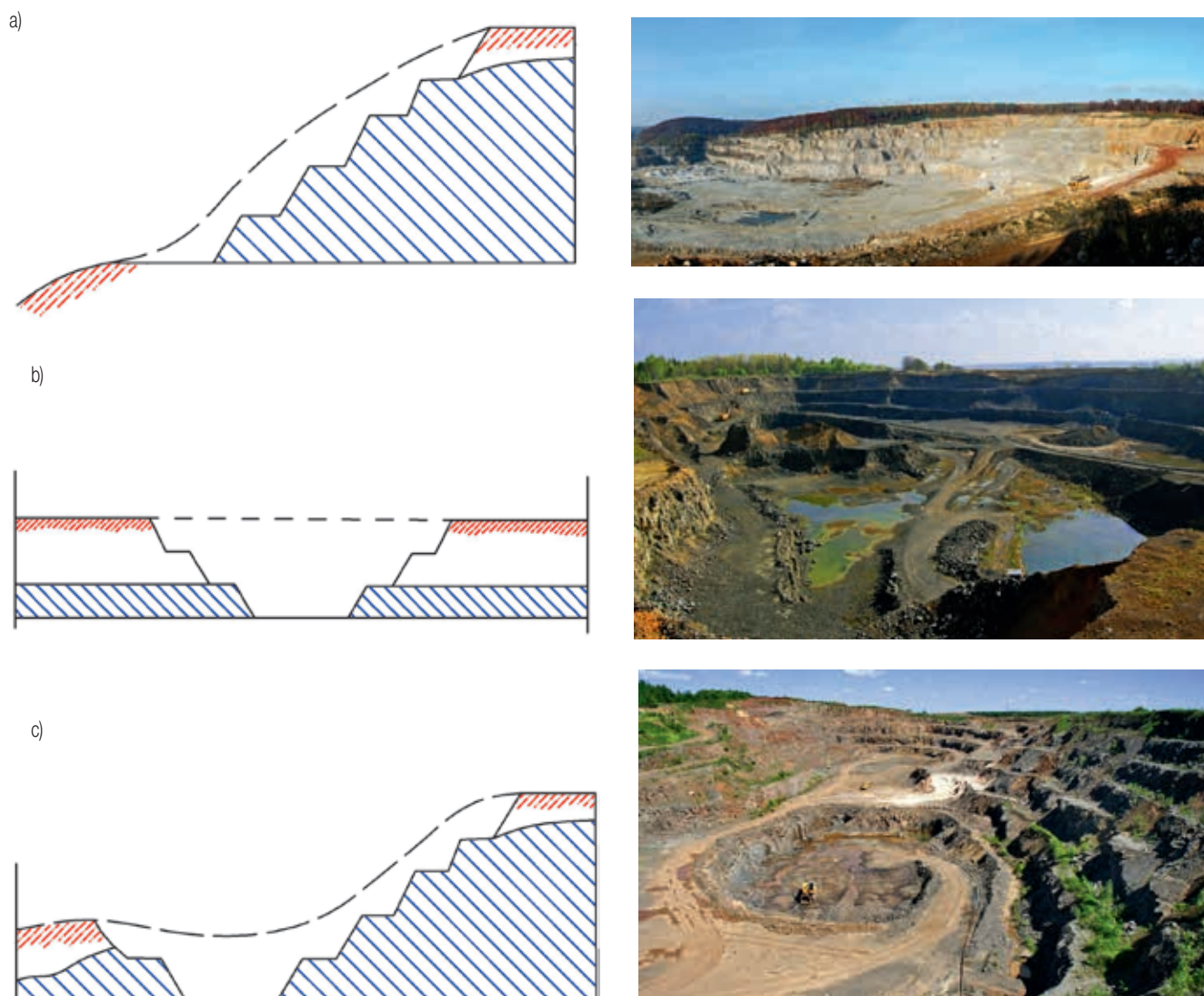
Krajowe górnictwo odkrywkowe o dużej koncentracji jest przede wszystkim związane z wydobyciem węgla brunatnego, gdzie zdejmuje się rocznie setki milionów metrów sześciennych nadkładu oraz wydobywa dziesiątki milionów samego węgla, a dawniej także przy eksploatacji piasków podsadzkowych do zastosowania w górnictwie podziemnym węgla kamiennego.

Druga technologia to przede wszystkim eksploatacja kruszyw naturalnych piaskowo-żwirowych, piasków przemysłowych, glin ogniotrwałych i ceramicznych itp., w której stosowane są maszyny o widocznie mniejszych zdolnościach przerobowych.

W technologii górnictwa skalnego, stosowanego przede wszystkim przy urabianiu związłych skał do produkcji kruszyw łamanych (w tym do drogownictwa), kamieni budowlanych,



Ryc. 2. Maszyny stosowane do urabiania i transportu kopalin w technologiach górnictwa odkrywkowego [5]



Ryc. 3. Rodzaje wyrobisk odkrywkowych: a) stokowe – kopalnia wapienia [8], b) względne – kopalnia bazaltu (fot. A. Borcz), c) stokowo-względne – kopalnia gipsu [11]

kruszyw z zastosowaniem w przemyśle cementowo-wapiennym, gipsowym czy hutniczym, stosuje się przede wszystkim materiały wybuchowe (MW).

Ostatnia grupa związana jest głównie z kruszywami naturalnymi i sporadycznie piaskami przemysłowymi, których eksploatacja prowadzona jest z użyciem maszyn usytuowanych na lądzie bądź na powierzchni wody, pod której lustrem zlokalizowane jest złożo. Kopaliny eksploatowane odkrywkowo usytuowane są na różnych głębokościach. Ma to szczególne znaczenie z uwagi na występowanie poziomów wodonośnych w różnych warstwach geologicznych. Rodzaj kopaliny i zawodnienie obszaru jej występowania warunkują, czy kopalnia wymaga odwadniania w celu prowadzenia suchej eksploatacji na lądzie, czy kopalina będzie urabiana bezpośrednio spod wody.

Ze względu na lokalizację wyrobisk względem powierzchni terenu kopalnie odkrywkowe dzieli się na: a) stokowe, b) wgłębne oraz c) stokowo-wgłębne (ryc. 3).

Wyrobiska stokowe i stokowo-wgłębne stosuje się głównie przy eksploatacji różnego typu surowców skalnych (kruszyw, kamieni blocznych itp.). Natomiast wyrobiskami wgłębnymi eksploatuje się węgiel brunatny, surowce ilaste itp.

Najgłębsze kopalnie w Polsce (jak KWB Bełchatów) mają głębokość powyżej 300 m, natomiast w górnictwie światowym najgłębsze kopalnie osiągają głębokość nawet ok. 1000 m.

Urabianie

Z przedstawionego podziału zauważyć można, że elementem w znacznym stopniu decydującym o wyborze układów maszynowych (technologicznych) jest m.in. urabialność kopaliny. Jeżeli rozpatrzmy jeszcze inne czynniki, jak np. wielkość planowanego wydobycia oraz uwarunkowania i ograniczenia techniczne, organizacyjne, ekonomiczne, środowiskowe, to możemy wyróżnić kilka sposobów urabiania kopaliny:

- 1) mechaniczne,
- 2) za pomocą MW,
- 3) hydrauliczne,
- 4) inne, np. termiczne.

Pierwszy sposób związany jest z urabianiem przede wszystkim skał oraz gruntów słabo i średnio zwięzłych za pomocą specjalnie do tego przystosowanych bądź uniwersalnych maszyn, które mogą być wykorzystane do różnych zadań w tej samej kopalni. Jak już wcześniej wspomniano, kopaliny mogą być różnie usytuowane względem poziomu wód, dlatego ogólny podział maszyn do urabiania mechanicznego kopaliny z uwzględnieniem tego czynnika przedstawia się następująco:

a) eksploatacja lądowa: jednożyłkowe koparki pod- oraz nadsiębierne oraz ładowarki, koparki wielonaczyniowe (łańcuchowe i kołowe), kombajny powierzchniowe, spycharki i spycharko-zrywarki, młoty hydrauliczne, zrywaki mimośrodowe i inne,

b) eksploatacja podwodna: pogłębiarki (pływające) lub koparki jednoczepkowe (pracujące z ładu): żyłkowe, zgarniarkowe, chwytakowe, wieloczepkowe (kubelkowe), zgarniarki linowe, pogłębiarki hydrauliczne (ssące), hydrauliczno-mechaniczne, hydrauliczno-pneumatyczne.

O doborze typu stosowanych maszyn decyduje kilka czynników, w tym przede wszystkim urabialność, parametry wytrzymałościowe skał i gruntów, parametry techniczne i technologiczne związane z możliwościami dobieranych maszyn i sposobami ich

pracy w caliznie, np. wielkość zabioru, a także różne czynniki zewnętrzne, np. klimatyczne, związane z porą roku.

Z praktyki wynika, że górna granica urabiania mechanicznego przypada na ok. 80 MPa wytrzymałości skał na ściskanie. Zatem efektywniejsze pod kątem urabiania skał zwięzłych i bardzo zwięzłych jest urabianie z użyciem MW. Z uwagi głównie na niskie koszty jednostkowe wydobycia jest to powszechnie stosowany sposób i jeżeli nie istnieją żadne ograniczenia, to często rozpatrywany jest jako podstawowa technologia wydobycia, stosowana głównie w kopalniach zwięzłych surowców skalnych, tj. bazalty, granity, porfiry, wapień i margle, dolomity, piaskowce itp.

Hydrauliczne sposoby urabiania stosowane są w przypadku prowadzenia eksploatacji średnio i łatwo urabialnych kopaliny, które zalegają poniżej zwierciadła lokalnie występujących wód podziemnych.

Urabianie termiczne z użyciem palnika termicznego stosowane jest w przypadku skał magmowych wydobywanych na bloki, które zawierają minimum 15% kwarcu. Kwarc pod wpływem doprowadzenia odpowiednio dużej ilości ciepła zwiększa swoją objętość, rozsadzając skałę wzdłuż linii działania palnika. Jest to jednak rzadko stosowana metoda, szczególnie z uwagi na generowany przez palnik duży hałas.

Maszyny stosowane w górnictwie polskim

W polskim górnictwie odkrywkowym stosowane są układy technologiczne składające się z bardzo szerokiego wachlarza maszyn oferowanych przez różnych światowych producentów, tj. Caterpillar, Doosan, Hitachi, JCB, Komatsu, Volvo i innych. Są to często maszyny modułowe, tzn. takie, w których np. dla koparki hydraulicznej istnieje podstawowa jednostka z możliwą zmianą osprzętu poprzez szybkozłączca itd. Obecnie nie posiadamy już polskich producentów tego typu maszyn. Wcześniej m.in. spycharki i ładowarki produkowała cywilna część HSW (Huty Stalowa Wola), jednak od lutego 2012 r. należy ona do chińskiego koncernu Liugong Machinery Poland (Doosan) – obecnie koparki, ładowarki, wozidła itp. Polska może ponadto szczycić się produkcją od lat 80. XX w. koparek Brawal z serii 1600 i 4000 przez Zakłady Mechaniczne Bumar-Łabędy SA w Gliwicach, które zasłynęły z odzyskiwania energii kinetycznej – było to rozwiązanie prekursorskie, jeśli chodzi o technologie hybrydowe, w późniejszym okresie zaczęto również produkować koparki BOLA LB600. Ich produkcję jednak zakończono w ostatnich latach [7].

W przypadku krajowych kopalni węgla brunatnego sytuacja wygląda nieco inaczej. Jako podstawowe w procesie eksploatacji stosowane są maszyny o znacznie większych wydajnościach. Wynika z tego konieczność zaprojektowania, a następnie skonstruowania maszyny dla konkretnych warunków złożowych – wyróżnić tutaj można takich producentów, jak Kopex-Famago czy Fugo. Proces projektowania i powstawania koparki trwa kilka lat. Koparki takie jednak są przystosowane do prowadzenia eksploatacji przez kilkadziesiąt lat w stałych warunkach złożowych, a w razie ich zmienności są modyfikowane, a także unowocześniane przez wprowadzanie innowacyjnych rozwiązań współczesnej inżynierii, np. automatyzacji, pozycjonowania maszyn i skanowania przodków wydobywczych.

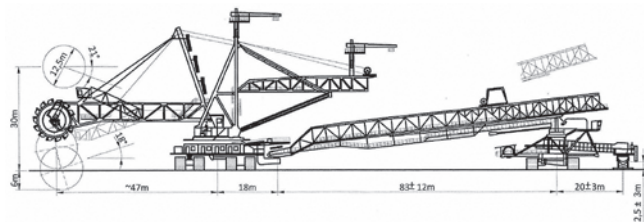
Generalnie, osiągnięte przez oferowane maszyny wydajności są silnie powiązane z ich gabarytami. Krajowe kopalnie węgla brunatnego pracują w układach ciągłych. Eksploatacja prowadzona jest za pomocą największych stosowanych w polskim górnictwie

wielonaczyniowych koparek kołowych i łańcuchowych, odpowiednio zestrojonych z ciągłym transportem technologicznym, czyli układem przenośników taśmowych, na odcinkach kilku-, kilkunastu kilometrów, a zwałowanie zdejmowanego nadkładu odbywa się przy użyciu zwałowarek – układ KTZ (koparka – taśmociąg – zwałowarka) – rycina 4.w



Ryc. 4. Układ KTZ w kopalni węgla brunatnego, fot. A. Borcz [10, 12]

Koparki wielonaczyniowe, zarówno kołowe, jak i łańcuchowe, osiągają wydajność od kilkuset do kilkunastu tysięcy metrów sześciennych na godzinę. Wynika to z konstrukcji ich narzędzi urabiających, na których regularnie rozmieszczone są czerpaki o różnych pojemnościach. Pomimo małej mobilności ich konstrukcja umożliwia osiąganie dużych poziomych i pionowych zasięgów pracy (ryc. 5).



Ryc. 5. Schemat koparki KWK 2000 [3]

Bardzo małe koparki (np. w kopalniach surowców okruchowych lub ilastych) mają pojemność naczynia poniżej 1 m³, a ich wydajność teoretyczna waha się w przedziale ok. 600–3000 m³/h, natomiast w przypadku koparek znajdujących się w kopalniach węgla brunatnego czerpaki osiągają wielkość nawet powyżej 6 m³ (wydajność nawet ok. 20 000 m³/h) – rycina 6.



Ryc. 6. Koło czepakowe koparki wielonaczyniowej kołowej w kopalni węgla brunatnego, fot. A. Borcz



Ryc. 7. Jednonaczyniowa koparka: a) hydrauliczna podsiębierna – Caterpillar 365C, b) hydrauliczna nadsiębierna – O&K RH3-E (fot. A. Borcz), c) mechaniczna (linowa) – Skoda E-303 [2], d) zgarniakowa – Nobas UB 1254 [9]

W kopalniach tych stosowane są również inne, znacznie mniejsze maszyny, których zadaniem jest wspomaganie procesu wydobywczego, m.in. poprzez przygotowywanie frontów roboczych, porządkowanie wyrobisk, a także pracujących w trudnych warunkach złożowych, gdy warstwy nadkładowe stanowią trudno urabialne grunty i skały. W tym przypadku często zachodzi również konieczność wykorzystania techniki strzelniczej.

Mniejsze maszyny, stosowane np. w górnictwie skalnym kruszyw łamanych, to głównie jednonaczyniowe koparki hydrauliczne podsiębierne i rzadziej stosowane nadsiębierne. Koparki mechaniczne (linowe) pomimo swojego wieku stosowane są jeszcze w wielu krajowych kopalniach, choć przez ostatnich kilka lat sukcesywnie wypierają je hydrauliczne koparki i ładowarki (ryc. 7 i 8). Obecność dużej liczby koparek i ładowarek jednonaczyniowych w przemyśle budowlanym oraz wydobywczym świadczy o ich powszechnym zastosowaniu w pracach związanych z ładowaniem, transportowaniem mas ziemnych oraz urobku, a także z bezpośrednim urabianiem mechanicznym złóż skał okruchowych.

Jednonaczyniowe koparki i ładowarki pracujące w polskich kopalniach możemy podzielić według wielkości naczynia roboczego (tab. 1).

Tab. 1. Zestawienie wielkości jednonaczyniowych koparek i ładowarek w Polsce [4]

Koparka	Pojemność tyżki [m ³]	Ładowarka	Pojemność tyżki [m ³]
mała	< 1	lekka	0,5–2
średnia	1–3	średnio ciężka	2–5
duża	3–10	ciężka	5–10
bardzo duża	> 10	bardzo ciężka	> 10

Kolejnym trendem obserwowanym od kilku lat w przemyśle górnictwym jest wypieranie koparek przez ładowarki. Z uwagi na ich dużą mobilność stosowane są jako maszyny uniwersalne do załadunku luźno usypanego materiału skalnego w przodkach wydobywczych bądź na placach składowych itp.



Ryc. 8. Jednoślukowa ładowarka na podwoziu oponowym – Caterpillar 990K, fot. A. Borcz

Pośród stosowanych w Polsce koparek i ładowarek z uwagi na skalę wydobycia wiele z nich to maszyny małe bądź średnie. Najczęściej osiągają pojemność łyżek ok. 2–6 m³, a ich masa własna wynosi od 30 do 120 t – koparki oraz od 15 do 50 t – ładowarki.

Urobiony bezpośrednio bądź z użyciem innych technologii materiał skalny w przypadku układów cyklicznych ładowany jest na samochody technologiczne (wozidła) – rycina 9. Zaletą tego rodzaju transportu jest przede wszystkim mobilność, dzięki czemu możliwe jest przestawianie układów wydobywczych na różne partie złoża, wynikające ze zmienności parametrów kopaliny. Wykorzystywane w kraju samochody mają ładowność 30–80 t, z czego najczęściej stosowane są te, których ładowność sięga 30–40 t. Jest to zależne przede wszystkim od pojemności łyżek jednoznaczyniowych koparek i ładowarek. Istnieją również inne kryteria, np. związane z zależnością masy własnej koparki i ładowności samochodów.



Ryc. 9. Wozidła w kopalni wapienia: a) sztywnoramowe – Komatsu HD605, przegubowe – Volvo A35D, fot. A. Borcz

W praktyce przyjmuje się, że do skrzyni wozidła ładuje się od trzech do pięciu (czasem sześciu) łyżek koparki lub ładowarki, co wynika z kryterium wytrzymałościowo-konstrukcyjnego i ma na celu niedopuszczenie do nadmiernych uderzeń wysypywanego urobku do skrzyni wozidła – rycina 10.



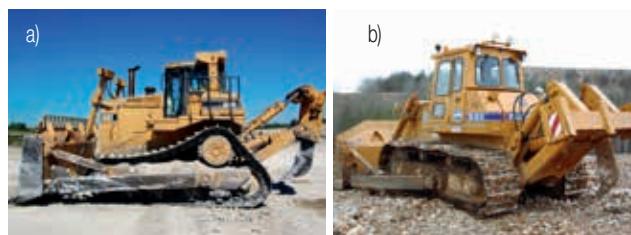
Ryc. 10. Współpraca koparki podsiębiernej Volvo z samochodem Białez w kopalni wapienia, fot. A. Borcz

W przypadku, gdy występują np. ograniczenia społeczne, środowiskowe lub inne, które uniemożliwiają urabianie złóż zwięzłych za pomocą MW, stosowane są technologie mechanicznego urabiania, w tym z wykorzystaniem frezujących kombajnów powierzchniowych czy spycharek z zamontowanym zrywakiem (ryc. 11 i 12).



Ryc. 11. Kombajn frezujący Wirtgen 2200 z bezpośrednim ładowaniem urobionej kopaliny na wozidło, fot. M. Sikora

Jednak zastosowanie kombajnów odkrywkowych typu Wirtgen ma swoje ograniczenia wynikające z wytrzymałości na ściskanie. Przyjmuje się, że graniczna wartość wynosi 120 MPa.



Ryc. 12. Spycharka z zamontowanym zrywakiem: a) Caterpillar D9R, b) Stalowa Wola TD-25 G, fot. A. Borcz



Ryc. 13. Mechaniczne urabianie skał z użyciem a) zrywaka wibracyjnego [4], b) młota hydraulicznego, fot. A. Borcz

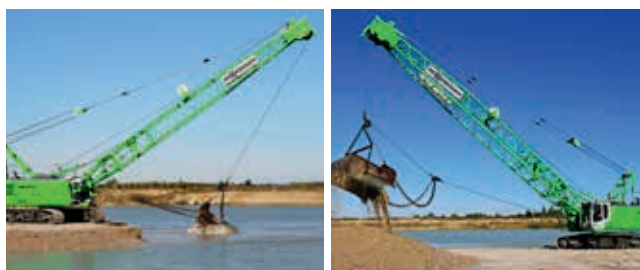
Kopalnie kruszyw naturalnych piaskowo-zwirowych to kopalnie zarówno łądowe, wodne, jak i mieszane. Stosowane w nich maszyny dostosowane są do warunków złożowych, w tym do lokalnych wód gruntowych. Generalnie koparki hydrauliczne tej samej klasy co ładowarki mają większe siły urabiania, jednak w eksploatacji złóż piasków przemysłowych stosowane są często te drugie. Wynika to z faktu prowadzenia prac w luźnej caliznie skalnej, tzn. ładowarka nabiera piasek bezpośrednio ze złoża oraz przyzm usypywanym naturalnie z piasku obsuwającego się na powierzchnię po skarpie, na której pracuje ładowarka (ryc. 14). Ładowarka w lepszym stopniu dostosowuje się do szybko postępującego frontu roboczego, dzięki czemu, jeżeli współpracuje z przenośnikiem taśmowym jako środkiem od-

stawy urobionego surowca, szybciej i sprawniej manewruje na odcinku ściana wydobywcza – odstawa, szczególnie gdy z czasem odległość ta się zwiększa wraz z postępem eksploatacji.



Ryc. 14. Praca ładowarki XCMG ZL50G podczas eksploatacji złoża piasków, fot. A. Borcz

Eksploatacja tego typu złóż jednak często prowadzona jest spod lustra wody, zwłaszcza gdy istnieją ograniczenia do odwadniania złoża, bądź gdy taka operacja kompletnie by się nie opłacała – złoża tego typu często są zlokalizowane przy zbiornikach śródlądowych i ciekach (np. rzeki) bądź poziomy wodonośne znajdują się płytko pod powierzchnią terenu, na którym powstała kopalnia. Do ich eksploatacji stosowane są różne maszyny, które usytuowane są na lądzie bądź na wodzie, gdzie zaznaczyć należy, iż do urabiania kopalni spod wody wyróżnić można znacznie więcej maszyn, w tym hydropneumatycznych.



Ryc. 15. Koparka zgarniakowa w kopalni kruszyw zwirowych eksploatowanych spod wody [13]

Podsumowanie i wnioski

Polska jest jednym z krajów Europy, w których wydobywa się stosunkowo dużo kopalni. W naszym kraju znaczną przewagą odznaczają się kopaliny pochodzące z eksploatacji w odkrywkowych zakładach górniczych – łącznie ponad 350 mln t rocznie, a najliczniejsze spośród nich to naturalne kruszywa piaskowo-zwirowe i kruszywa łamane oraz węgiel brunatny wraz ze zdejmowanym w dużych ilościach nadkładem [1]. Urabianie kopalni odbywa się mechanicznie za pomocą powszechnie stosowanych maszyn, tj. jednożyłkowych koparek czy ładowarek, koparek wielonaczyniowych, spycharko-zrywarek i innych. Surowce bardziej związane podlegają zastosowaniu materiałów wybuchowych jako środka odpajającego caliznę skalną, należy jednak pamiętać, że nie zawsze możliwe jest ich stosowanie.

Za wyborem odpowiedniej technologii stoi wiele uwarunkowań, w tym m.in. technicznych, ekonomicznych, środowiskowych. Jeżeli jednak wziąć pod uwagę sytuacje, w których na drodze do utworzenia ciągu technologicznego w jednej bądź w większej liczbie linii produkcyjnych nie występują żadne ograniczenia, to inwestor może stosować dowolnie przez siebie wybrane maszyny, dzięki którym inwestycja będzie rentowna. Obecnie wiele kopalni związanych surowców skalnych stosuje do urabiania złóż materiały wybuchowe jako jeden z najtańszych sposobów do pozyskiwania kopalni. Pomimo że mechaniczne urabianie daje wyższe, a czasem nawet kilkakrotnie większe nakłady jednostkowe (w zł/t kopaliny), to w pewnych warunkach pozwala uzyskać porównywalne wyniki jak z użyciem MW. Oczywiście należy wspomnieć, że istotnym kryterium przy doborze systemów maszynowych jest planowana wielkość wydobycia, która pociąga za sobą dobór wielkości i liczby maszyn o odpowiednich zdolnościach przerobowych w liniach produkcyjnych.



Ryc. 16. Pogłębiarka wieloczerpakowa w kopalni kruszyw zwirowych eksploatowanych spod wody, fot. A. Borcz

Literatura

- [1] Bilans zasobów kopalni i wód podziemnych w Polsce. PIG. Warszawa 2013.
- [2] Bęben A.: *Legendarne maszyny*. „Surowce i Maszyny Budowlane” 2010, nr 2, s. 66–71.
- [3] Kasztelewicz Z.: *Koparki wielonaczyniowe i zwałowarki*. *Technologia pracy*. Kraków 2012.
- [4] Kasztelewicz Z.: „Zastosowanie mechanicznych i pomocniczych metod urabiania w górnictwie odkrywkowym” (praca niepublikowana). Konferencja Szkoła Górnictwa Odkrywkowego. AGH, II edycja. Kraków, 21–22 marca 2013.
- [5] Koziół W. et al.: *Strategie i scenariusze technologiczne zagospodarowania i wykorzystania złóż surowców skalnych*. *Zadanie 4.6.9. Wytyczne wyboru efektywnych układów wydobywczych w górnictwie surowców skalnych*. AGH. Kraków 2012.
- [6] Wiśniewski S.: *Projektowanie kopalń*. Cz. 1. *Kopalnie odkrywkowe*. Politechnika Wrocławska. Wrocław 1980.
- [7] <http://bumar.gliwice.pl/>
- [8] <http://commons.wikimedia.org/>
- [9] <http://heavyequipment.com>
- [10] <http://inapcache.boston.com>
- [11] www.krzemienie.pl
- [12] www.kwbbelchatow.pgegiel.pl
- [13] www.sennebogen.com



DALBIS Śląskie Towarzystwo Wiertnicze Sp. z o.o.

ZMIANA ADRESU

✉ ul. Hutnicza 5-9
42-600 Tarnowskie Góry
☎ 32 289 67 39
☎ 32 289 82 15
@ info@dalbis.com.pl



Oferujemy:

- Usługi wiertnicze: wiercenia pionowe, poziome oraz kierunkowe
 - wiercenie studni
 - wiercenie otworów rozpoznawczych i poszukiwawczych
 - wiercenie otworów inżynierskich
 - wiercenie otworów wielkośrednicowych
 - likwidację otworów wiertniczych.
- Usługi geotechniczne, m.in. odwodnienie terenów, kotwienie, palowanie.

www.dalbis.com.pl

Firma Transportowo-Handlowa Roman Piechota

✉ ul. Okrzei 8
30-429 Kraków

☎ 12 267 43 04, 601 467 265, 603 605 104
☎ 12 267 43 04
@ betonpompy@onet.eu



Oferujemy:

- transport Specjalny (betonomieszarki, pompy do betonu)
- pompowanie betonu rurociągiem na odległość 200 m
- podawanie betonu na posadzki przemysłowe
- usługi sprzętem budowlanym (koparki, ładowarki)

Firma była dostawcą betonu do budowy Mostu Zwierzynieckiego w Krakowie, Węzła Wielickiego w Krakowie oraz nowego terminalu na Międzynarodowym Porcie Lotniczym Kraków-Balice.

www.betonpompy.pl

DCS Poland

✉ ul. Zakopiańska 9
30-418 Kraków
☎ 12 269 80 90
☎ 12 269 80 91
@ sprzedaz@dcspoland.com



Oferta handlowa:

- wiertnice Drillito, Vermeer, Ditch Witch
- urządzenia mieszające
- maszyny do układania rur stalowych, betonowych i kamionkowych
- osprzęt wiertniczy, głowice zaciągowe do rur PE, stalowych, pletwy (płytki) sterujące, pompy płuczkowe, systemy płuczkowe, żerdzie, systemy lokalizacji Radiodetection, DCI, iTrack, Mark III, V, RD385, DrillTrack, Eclipse, obudowy sondy, zęby/noże do poszerzaczy, gąsienice metalowo-gumowe, tuleje, czyszczaki do żerdzi, krętliki, bentonit, poszerzacze, rozwiertaki.

www.dcspland.com

Podkomitet Budownictwa Podziemnego

✉ Wydział Inżynierii Łądowej Politechniki Warszawskiej
Al. Armii Ludowej 16
00-495 Warszawa

☎ 22 825 60 78
☎ 22 825 60 78
@ sekretariat@pbb-ita.pl



Celami działania Komitetu są:

troska o rozwój geotechniki w Polsce, reprezentowanie polskiej geotechniki za granicą, pomaganie członkom PKG w nawiązywaniu kontaktów i podejmowaniu współpracy z geotechnicznymi ośrodkami zagranicznymi, inicjowanie, opracowywanie i opiniowanie aktów legislacyjnych, norm, instrukcji oraz przepisów dotyczących licencji, uprawnień i specjalizacji geotechnicznych, inicjowanie badań i opracowywania ekspertyz geotechnicznych, eksponowanie roli geotechniki w zagadnieniach ochrony środowiska, ochrona praw członków PKG, troska o ich autorytet oraz wysoki poziom etyczny i zawodowy.

www.pbb-ita.pl

Geobrugg Partner in Poland

✉ os. Bohaterów Września 82
31-621 Kraków
☎ 12 378 40 10
☎ 12 378 40 20
@ biuro@geobrugg.com



Od ponad 60 lat Geobrugg zapewnia skuteczną ochronę przed zagrożeniami naturalnymi:

- niestabilnymi skarpami,
- obrywami skalnymi,
- lawinami śnieżnymi,
- spływami gruzowymi.

Produkty firmy wykorzystywane są również do podnoszenia zyskowności oraz poziomu bezpieczeństwa w górnictwie odkrywkowym i podziemnym.

www.geobrugg.pl

SITK RP Oddział w Krakowie

✉ ul. Siostrzana 11
30-804 Kraków
☎ 12 658 93 72/74
☎ 12 659 00 76
@ krakow@sitk.org.pl



- Wykonuje: opinie i ekspertyzy techniczne w zakresie drogownictwa, transportu zbiorowego, inżynierii ruchu • opracowania naukowo-badawcze w zakresie transportu i inżynierii ruchu drogowego • koncepcje, projekty z zakresu drogownictwa i kolejnictwa • nadzory autorskie i inwestorskie robót drogowych.
- Organizuje: konferencje • sympozja • seminaria • wystawy • kursy szkoleniowe • wyjazdy naukowo-techniczne.
- Wydaje: zeszyty naukowo-techniczne w seriach • wydawnictwa okolicznościowe na zamówienie.

http://krakow.sitk.org.pl

Instytut Badawczy Dróg i Mostów (IBDiM)

✉ ul. Instytutowa 1
03-302 Warszawa
☎ 22 814 50 25
☎ 22 814 50 28
@ ibdim@ibdim.edu.pl



IBDiM jest wiodącą polską placówką naukową zajmującą się problematyką infrastruktury komunikacyjnej.

Zajmujemy się m.in.:

- materiałami, diagnostyką, konstrukcjami drogowymi i mostowymi
- podłożem gruntowym, fundamentami
- bezpieczeństwem ruchu, hałasem
- ekonomiką.

www.ibdim.edu.pl

Stump-Hydrobudowa Sp. z o.o.

✉ ul. Okunin 31
05-100 Nowy Dwór Mazowiecki
☎ 22 55 96 000
☎ 22 55 96 005
@ biuro@stump-hydrobudowa.pl
krakow@stump-hydrobudowa.pl



Oferujemy kompleksowe wykonanie zabezpieczenia wykopów, osuwisk, fundamentowanie specjalne i roboty inżynierskie:

- Ścianki berlińskie, palisady, stałe i tymczasowe kotwy gruntowe
- Mikropale iniekcyjne, samowierzące, gwoździe gruntowe
- Pale wielkośrednicowe, przemieszczeniowe, pale HLV, kolumny DSM
- Ściany szczelinowe i ścianki szczelne
- Próbné obciążenia, projekty, ekspertyzy i doradztwo techniczne

www.stump-hydrobudowa.pl



AGH

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA
W KRAKOWIE



Kierunki Badań Naukowych realizowanych w AGH:

- Technologie informacyjne
- Nowe materiały i technologie
- Środowisko i zmiany klimatyczne
- Energia i jej zasoby
- Górnictwo
- Inżynieria elektryczna i mechaniczna
- Nauki ścisłe i przyrodnicze
- Nauki społeczno-ekonomiczne i humanistyczne

www.agh.edu.pl



tracktec



TRACK TEC

lider na rynku produktów nawierzchni torowej w Europie

Grupa Track Tec to wiodący producent i dostawca kluczowych elementów nawierzchni torowych w Europie. Profesjonalne doradztwo na każdym etapie realizacji usługi, kompleksowa logistyka i najwyższe standardy współpracy z klientem czynią nas pierwszym partnerem dla firm wykonawczych działających w obszarze infrastruktury kolejowej.

Markę Track Tec potwierdzają:

- najwyższej klasy kompetencje
- wieloletnie doświadczenie rynkowe
- wysoka jakość produktów
- usługi „szyte na miarę”
- bezpieczne i terminowe dostawy
- najnowocześniejsze rozwiązania dla linii dużych prędkości

Track Tec S.A. · ul. Rondo ONZ 1 · 00-124 Warszawa · Polska · Tel. +48 22 354 91 11 · Fax +48 22 354 91 09 | Track Tec S.A. · ul. Francuska 34
40-028 Katowice · Polska · Tel. +48 32 66 11 000 · Fax +48 32 66 11 003 | Track Tec GmbH · Zollhof 8 · 40221 Düsseldorf · Niemcy
Tel. +49 (0) 211 229 872 00 · Fax +49 (0) 211 229 872 22 | Track Tec GmbH · Zakład Leuna · Tel. +49 (0) 3461 43 5111 · Tel. +49 (0) 3461 43 5112
Fax: +49 (0) 3461 43 5120 | Track Tec GmbH · Zakład Coswig · Tel. +49 (0) 34903 474110 · Fax: +49 (0) 34903 474120 |
Track Tec S.A. · Kr. Valdemāra iela, 21-645 · LV-1010 Rīga · Łotwa · Tel. +371 6703 5215 · Fax +371 6703 5252

E-Mail: info@tracktec.eu · www.tracktec.eu