



Główne elementy konstrukcji – gwóźdź gruntowy TITAN, system TECCO: siatka stalowa, płytki kotwiąca, łączniki zaciskowe

# Zagwoździwane skarpy przy modernizowanych drogach S1, S7 i DK 69

- mgr inż. Mirosław Mroziak, Geobrugg Partner w Polsce
- mgr inż. Jakub Sierant, TITAN Polska Sp. z o.o.

Osuwiska związane z obiektami komunikacyjnymi to problem złożony, a przez ogromną skalę zjawiska – niemal powszechny. Procesy geodynamiczne zachodzą w korpusach drogowych, nasypach i ich podłożach, skarpach naturalnych sąsiadujących z obiektem, a nawet na nowo budowanych skarpach przepoków drogowych. Technologia gwoździowania gruntu z wykorzystaniem oblicowania elastycznego jest z powodzeniem wykorzystywana do stabilizacji osuwisk związanych z obiektami komunikacyjnymi, jak i racjonalnego zabezpieczenia przed tymi procesami nowo tworzonej skarpy wykopów.

## 1. Wstęp

Uniwersalność technologii gwoździowania gruntu, przejawiająca się szerokim spektrum zastosowań i możliwościami adaptacyjnymi, w połączeniu z najwyższą efektywnością ekonomiczną oraz szybkością instalacji sprawia, że konstrukcje gwoździwane stały się częstym elementem dużych projektów infrastrukturalnych. Dzięki tej technologii możliwe stało się m.in. wzmocnienie istniejących nasypów drogowych bez konieczności ich klasycznej przebudowy (co wiąże się np. z możliwością utrzymania przejeźdnosci w trakcie prac), formowanie w pełni bezpiecznych skarpy przepoków (o pochyleniu nawet do 60–70°), jak i tworzenie efektownych, pionowych ścian oporowych o znacznej wysokości (ponad 20 m).

Gwoździowanie to również jedna z najefektywniejszych metod stabilizacji osuwisk związanych z obiektami komunikacyjnymi. Godny uwagi jest również fakt, iż według wyliczeń CALTRANS (California Department of Transportation) konstrukcje gwoździwane są najtańszymi konstrukcjami oporowymi.

Technologia ta do minimum ogranicza konieczność ingerencji w zabezpieczany obiekt, co nabiera szczególnej wagi w przy-

padku użytkowanych ciągów komunikacyjnych (zarówno drogowych, jak i kolejowych) oraz terenów osuwiskowych.

## 2. Technologie i możliwości

Gwoździowanie jest metodą zbrojenia wglębnego gruntu. Polega na wytworzeniu w obrębie górotworu (skarpy, wykopu, nasypu) materiału geokompozytowego (struktury, bryły) o znacznie wyższych parametrach wytrzymałościowych względem pierwotnych parametrów gruntowych wzmocnianego ośrodka. Idea gwoździowania gruntu jest znana od kilku dziesięcioleci, jednak dopiero rozwój odpowiednich technologii pozwolił na pełne wykorzystanie jej zalet i możliwości.

Dla gwoździowania jako metody zbrojenia gruntu najistotniejsza jest efektywność zespolenia gwoździ z gruntem – im jest ona wyższa, tym formowany wglębnie geokompozyt jest bardziej jednorodny („monolityczny”), a wzrost parametrów wytrzymałościowych wyraźniejszy. Dlatego też zastosowanie odpowiedniej technologii decyduje w znacznej mierze o efekcie końcowym. Natura w wielu przypadkach negatywnie zweryfikowała próby gwoździowania z wykorzystaniem prętów żebrowanych, osadzonych w otworach wypełnionych zaczynem



cementowym. Trudności z utrzymaniem statecznego, drożnego otworu i ograniczony zasięg „iniekcji” sprawiają, że podstawowy dla gwoździowania gruntu warunek – zmonolityzowania ośrodka gruntowego – nie występuje lub jest zbyt słaby dla poprawnego funkcjonowania konstrukcji. W tym świetle najbardziej wydajne zarówno pod względem technicznym, jak i ekonomicznym są technologie tzw. gwoździ samowiercących (*self-drilling soil nails* – wiercenie z jednoczesną iniekcją przy użyciu zestawu traconych elementów przewodu wiertniczego, pełniących następnie funkcję zbrojenia gwoźdźcia).

Pierwszą zastosowaną na świecie technologią typu *self-drilling* był system TITAN, opracowany niemal 30 lat temu w niemieckiej firmie Ischebeck. Do wykonywania gwoździ wykorzystywane są najczęściej żerdzie typu 30/11 i 40/16, wyjątkowo również 52/26. Końcówka żerdzi wyposażona jest w traconą koronkę wiertniczą, dobraną odpowiednio do rodzaju gruntu (najczęściej stosowane są koronki o średnicach z przedziału 75 do 150 mm). Nośności projektowe gwoździ zawierają się zazwyczaj w przedziale od 10 do prawie 500 kN. Wykorzystując grunt *in situ* jako element konstrukcyjny, uzyskuje się bezpieczne, eleganckie inżyniersko konstrukcje o praktycznie dowolnej geometrii, przy odpowiednim dopełnieniu gwoździowania systemem oblicowania elastycznego.

Jedynym sprawdzonym oraz w pełni dopracowanym systemem oblicowania elastycznego jest system TECCO® szwajcarskiej firmy Geobrugg AG, stosowany na świecie od ponad 20 lat. Podstawowym elementem tego systemu jest siatka stalowa wysokiej wytrzymałości TECCO®, którą mocuje się do głowic gwoździ przy pomocy systemowych płytek kotwiących.

Dzięki temu system można „uaktywnić” poprzez właściwe jego napięcie, uzyskując tym samym lekką konstrukcję oporową (!), zabezpieczającą strefę przypoверхniową skarpy przed deformacjami oraz erozją (dzięki szybkiej i bardzo estetycznej roślinności). W odróżnieniu od stosowanych czasami mat przeciwoerozyjnych lub siatek stalowych o niskich wytrzymałościach, system TECCO® jest wyjątkowo wytrzymały, a poprawność rozwiązania można weryfikować przy zastosowaniu specjalnie do tego celu stworzonej koncepcji wymiarowania RUVOLUM®. Dodatkowo wszystkie elementy systemu zabezpieczone są przed korozją na ok. 100 lat.

Możliwość sprawnego funkcjonowania gwoździ z elastycznym systemem zabezpieczenia powierzchniowego pozwala wtopić konstrukcję w otoczenie, a więc uzyskać efekt „zielonego” wykończenia, z pokrywą roślinną. Konstrukcje oporowe formowane w technologii ścian gwoździowanych, z uwagi na odmienny charakter pracy, są znacznie bezpieczniejsze i łatwiejsze w użytkowaniu niż tradycyjne konstrukcje oporowe z kotwami sprężanymi (problem z utrzymaniem sił sprężających, korozją). Dodatkowo zaobserwowano, że tego typu konstrukcje dzięki swojej „elastyczności” świetnie sprawdzają się na terenach aktywnych sejsmicznie, stąd np. ich olbrzymia popularność w Japonii.

Z uwagi na szereg wyjątkowych cech oraz bogactwo doświadczeń, systemy TITAN oraz TECCO® stały się ważnym narzędziem do rozwiązywania problemów geotechnicznych przy realizacji wielu ważnych inwestycji drogowych.

Technologiczne zalety gwoździ iniekcyjnych TITAN stają się szczególnie widoczne w przypadku obiektów zlokalizowanych w genetycznie słabym ośrodku gruntowym (typu np. drobnorytmicznego fliszu karpackiego z zaangażowaną mikrotektoniką) lub w ośrodkach osłabionych procesami geodynamicznymi. Wyjątkowy sposób osadzania gwoździ (wier-

cenia z jednoczesną iniekcją) pozwala nie tylko spiąć strefę aktywną i bierną form osuwiskowych, ale również zapewnić wgłębne wzmocnienie iniekcyjne samego ośrodka, zwłaszcza w strefie poślizgu. Rozwiązanie to jest niezwykle skuteczne i pozwala na nadane zabezpieczeniom lekkiej, eleganckiej inżyniersko formy, ograniczając tym samym znacząco zakres prac ziemnych, np. wymiany gruntu czy rozbiórki i formowania masywnych konstrukcji podpierających.

Pomysłem absolutnie wyjątkowym, stworzonym z myślą o osuwiskach, są gwoździe drenujące. Wykonywane są one z zastosowaniem TITAN 40/27. Do iniekcji wykorzystuje się specjalną mieszankę cementową, która powoduje powstanie porowatej struktury kamienia cementowego o współczynniku filtracji rzędu  $k = 10^{-4}$  m/s. Porowatość efektywna buławy gwoździ drenujących w połączeniu z rozstawem gwoździ daje możliwość skutecznej, szybkiej redukcji ciśnienia porowego w strefie poślizgu.

## 2. Stabilizacja osuwisk

### 2.1. DE S1 – obwodnica miasta Grodziec

Znakomitym przykładem kompleksowego rozwiązania problemów osuwiskowych skarp drogowych jest obiekt zlokalizowany w ciągu drogi ekspresowej S1 Bielsko-Biała – Cieszyn, na odcinku obwodnicy miejscowości Grodziec Śląski.



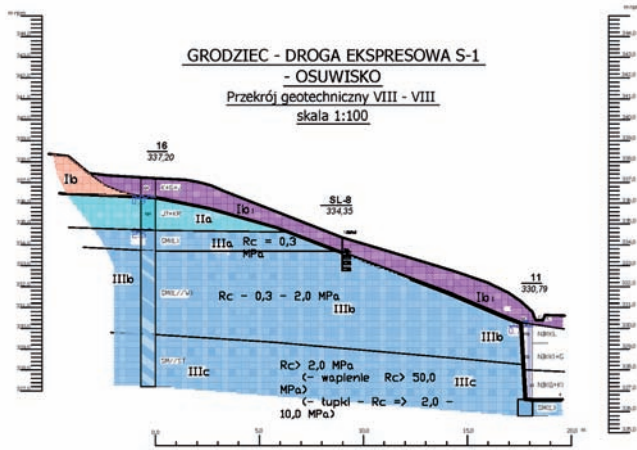
DE S1 – Schemat zabezpieczenia skarp osuwiskowych

Z największym nasileniem problem wystąpił na skarpach o nachyleniu rzędu jedynie 30° i długości skłonu ok. 20 m. Procesy, rozwijając się stopniowo, objęły ostatecznie całą wysokość skarp, a w okresie największej intensywności koluwia zasypywały pobocze i część jednego z pasów ruchu. Zjawisko dotknęło obu skarp wykopu na odcinku ok. 240 m.

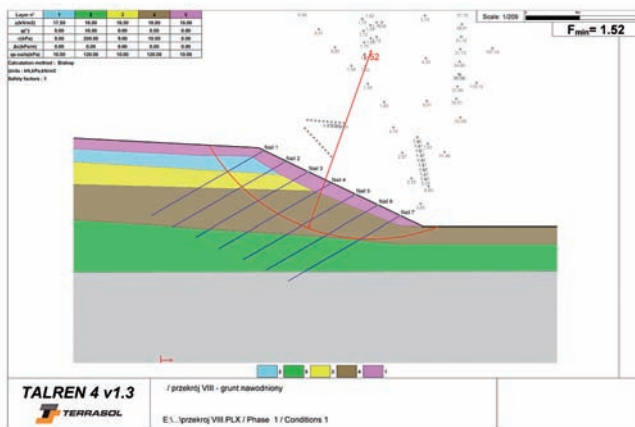


DE S1 – Uszkodzenia skarp na obwodnicy Grodziec Śląski

Po próbach zabezpieczeń doraźnych (maty przeciwoerozyjne, przypory gabionowe), ostatecznie zdecydowano się na zabezpieczenie konstrukcją gwoździowaną z oblicowaniem elastycznym. Stateczność wgłębna zapewnił układ gwoździ gruntowych



DE S1 – Przekrój geotechniczny skarpy osuwiskowej



DE S1 – Przekrój obliczeniowy dla skarpy osuwiskowej z wprowadzonymi zabezpieczeniami

TITAN 30/11 o długościach 3, 4, 6, 7, 8, 9, 12 m, o łącznym metrażu ok. 9 tys. m.b.

Jako obliczenie zapewniające stateczność przypowierzchniową zastosowano elastyczny system obliczania TECCO®, nadając tym samym całości bardzo estetyczny wygląd oraz chroniąc skarpy przed jakimikolwiek deformacjami powierzchniowymi.

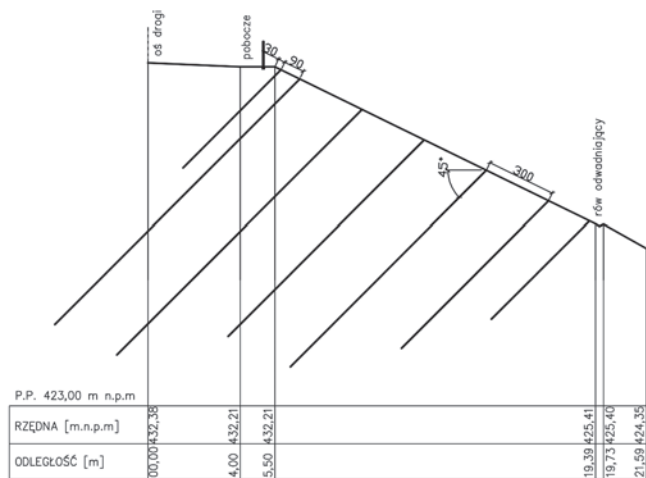


DE S1 – Widok skarp osuwiskowych po zabezpieczeniu

## 2.2. DK 69 – Przybęda

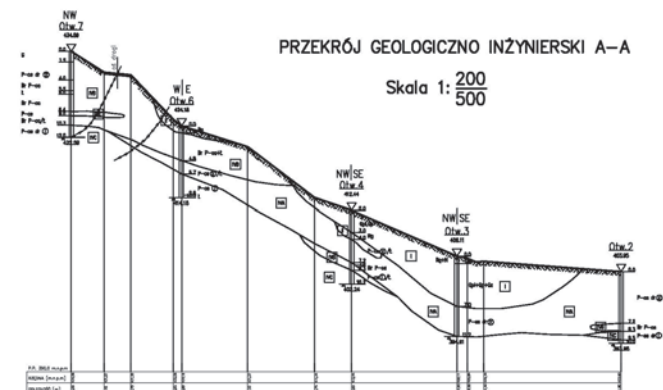
Blizniacze rozwiązanie zastosowano również na skarpie korpusu drogowego drogi krajowej nr 69 w rejonie Węgierskiej Górki.

Przekrój A-A



DK 69 – Schemat stabilizacji osuwiskowego korpusu drogowego wraz podłożem

Procesy osuwiskowe uaktywniły się w korpusie drogowym biegnącym po naturalnym zboczu. Nachylenie skarpy korpusu wynosi 45–60°. Zjawiska spowodowały uszkodzenia nawierzchni drogi krajowej, spękania i znaczne uskoki, na odcinku ok. 100 m.



DK 69 – Przekrój geologiczno-inżynierski osuwiskowego korpusu drogowego

Wydzielone warstwy geotechniczne i rodzaje gruntów

Nr warstwy geotechnicznej	Rodzaje gruntów zaliczone do warstwy	UWAGI
I	Grunty spoiste: gliny, gliny pylaste, zwięzłe, gliny piaszczyste	
II	Grunty rumoszowe z domieszkami gliny i otoczaki występują wyłącznie w otw. 1	Ze względu na niewielką ilość otoczków w przekrojach zaliczono je do II warstwy
III	Lupki ilaste	
IV A	Silnie zwięzłe piaszczowce, kruche rozsypliwie z wypukłym spoiwem	
IV B	Brekcje piaszczowce	
IV C	Piaszczowce lite zwięzłe spękane	

DK 69 – Tabela warstw geotechnicznych

Podejmowane próby napraw przy pomocy narzutu kamiennego, geowłóknin i odwodnienia przynosiły jedynie krótkotrwałą poprawę. Docelowo, w celu stabilizacji osuwiska, wykonano poprawę odwodnienia oraz zabezpieczenie wgłębne z użyciem ok. 6 tys. m.b. gwoździ TITAN 40/16 o długościach 6, 9, 12 i 15 m.

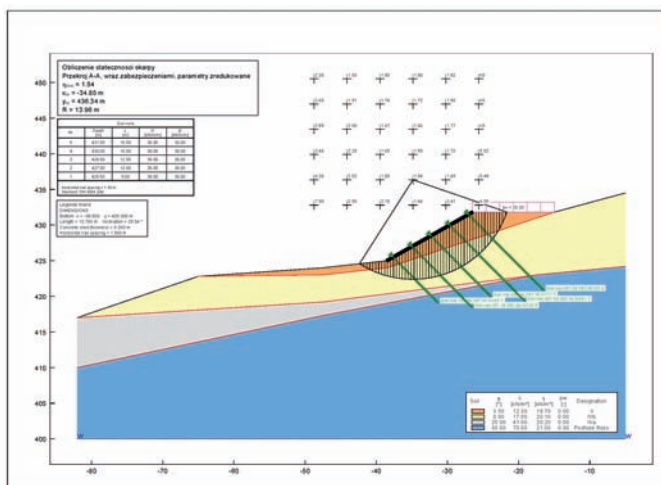




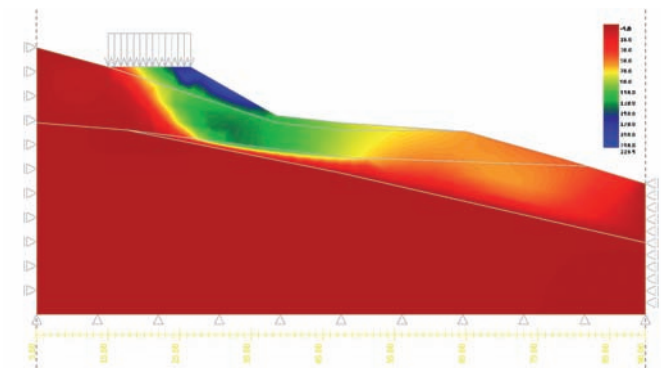
DK 69 – Wykonywanie gwoździ gruntowych systemu TITAN



DK 69 – Zabezpieczony osuwiskowy korpus drogowy w miejscowości Węgierska Górka

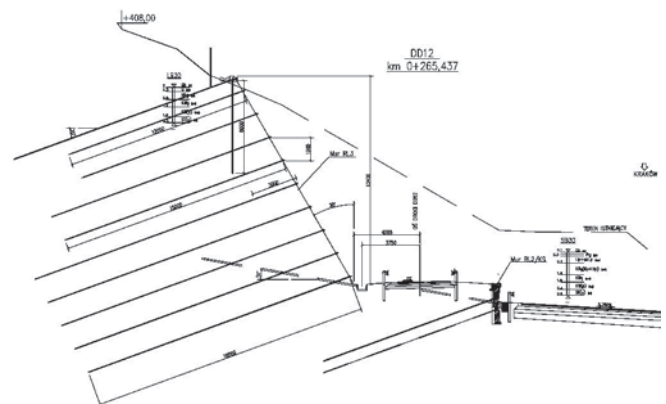


DK 69 – Przekrój obliczeniowy korpusu osuwiskowego z modelowanym zabezpieczeniem



DK 69 – Analiza MES korpusu osuwiskowego, widoczne strefy przemieszczeń poziomych korpusu i podłoża (wartości w mm)

odcinki zakopianki będą przebiegać w podobnych lub trudniejszych warunkach, co również będzie się wiązało z olbrzymią liczbą skarp oraz różnego rodzaju konstrukcji inżynierskich. Zabezpieczenie wspomnianych skarp oparto na gwoździowaniu, dostosowując metodę do lokalnych potrzeb (geometrii wykopu i warunków gruntowych). Powstały w ten sposób efektowne, pionowe ściany oporowe o wysokości rzędu 15 m, formowane metodą *top-down*, z docelowym oblicowaniem z żelbetowych paneli o urozmaiconej formie. W miejscu, gdzie geometria wykopu pozwalała na zmniejszenie nachylenia skarp do 60–70°, zastosowano gwoździe z aktywnym systemem oblicowania TECCO®.



DE S7 – Schemat konstrukcji ściany oporowej RL3



DE S7 – Zabezpieczone skarpy w ciągu zakopianki, obwodnica Lubnia – skarpa przewidziana do hydroobsiwiewu

Układ gwoździ współpracuje z aktywnym systemem oblicowania TECCO®. Zabezpieczenie wtapia się w otoczenie, znikając pod pokrywą wegetacyjną.

### 3. Zabezpieczenie skarp i ścian wykopów

#### 3.1. DE S7 – obwodnica Lubnia

Pełnię możliwości, jaką daje technologia gwoździowania, widać doskonale na budowanym odcinku drogi ekspresowej S7 Kraków – Zakopane, na obejściu miejscowości Lubień. Droga na tym odcinku będzie trawersem po zboczu lokalnego wzniesienia. Taka lokalizacja wiązała się z koniecznością zabezpieczenia skarp i ścian powstałych przy wcięciu drogi w zbocze. Jest to także o tyle ciekawa instalacja, że następane projektowane





DE S7 – Lubień, widok na trzy różne typy konstrukcji gwoździowanych (ściana oporowa z licem żelbetowym, skarpa z oblicowaniem TECCO, kamieniołom w trakcie prac zabezpieczających)

Obraz możliwości dopełnia wykonywane obecnie zabezpieczenie spękanych, skalnych wychodni piaskowca w starym kamieniołomie. Droga biegnąca u jego podnóża będzie

chroniona przed skalnymi obrywami bloków piaskowcowych (o średniej masie ok. 2–3 t) konstrukcją z gwoździ oraz wysokowytrzymałej siatki firmy Geobrug o nazwie SPIDER®, przeznaczonej specjalnie do stabilizacji gruboławicowych formacji skalnych oraz indywidualnych bloków skalnych.

Konstrukcje zabezpieczeń prowadzone na tym kontrakcie przez firmy IMB i Soley, oparte są na szerokim wachlarzu gwoździ TITAN w odmianach 30/11, 40/16 i 52/26. Łączną ich długość szacuje się obecnie na poziomie ok. 17 tys. m.b. Po zakończeniu prac ten odcinek zakopianki z pewnością będzie jednym z najbardziej interesujących inżyniersko fragmentów trasy, przy zachowaniu jej walorów krajobrazowych.

#### 4. Podsumowanie

Obie opisane technologie są sprawdzone i stosowane na świecie od kilkudziesięciu lat. Upowszechniły się również na placach budów w naszym kraju. Opracowane zostały pod kątem maksymalnego bezpieczeństwa konstrukcji oraz przede wszystkim maksymalnej prostoty i szybkości instalacji. Obydwa te elementy znakomicie podnoszą konkurencyjność tych technologii w zakresie kosztów. Szczególnie, jeśli instalacja wiąże się z dużą ilością robót ziemnych i przebiega w terenie bardzo trudnym geomorfologicznie. Od strony projektowej podkreślić należy pełną wymiarowalność konstrukcji. Weryfikacji obliczeniowej podlega zarówno stateczność wgłębną (globalną), jak i przypowierzchniową. Rozwiązanie konstrukcyjne dotyczące gwoździ TITAN i siatki TECCO®, wymodelowane na podstawie takich obliczeń, jest więc precyzyjne i zoptymalizowane pod kątem technicznym i ekonomicznym.



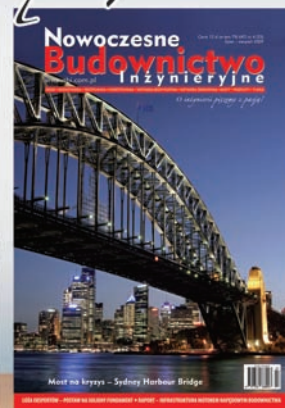
DE S7 – Lubień, zagwoździwana skarpa w trakcie mocowania systemu TECCO





Teraz  
masz  
**NBI**

*O inżynierii piszemy z pasją!*



**ZAMÓW PRENUMERATĘ: [prenumerata@nbi.com.pl](mailto:prenumerata@nbi.com.pl), [www.nbi.com.pl](http://www.nbi.com.pl), tel.: 012 292 70 70**

#### ORGANIZATOR

Zakład Dróg i Mostów Politechniki Rzeszowskiej  
ul. W. Pola 2, 35-959 Rzeszów,  
tel. (017) 865 15 76, 865 10 15, fax. (017) 85 44 511  
e-mail: [leszfol@prz.rzeszow.pl](mailto:leszfol@prz.rzeszow.pl)



Zakład Dróg i Mostów Politechniki Rzeszowskiej  
zaprasza na

### V PODKARPACKIE SPOTKANIE DYSKUSYJNE „BUDOWNICTWO KOMUNIKACYJNE W WARUNKACH MIEJSKICH”

Rzeszów – Jasionka, 18-20 listopada 2009 r.

#### TEMATYKA SPOTKANIA

Kolejne, V Podkarpackie Spotkanie Dyskusyjne będzie w całości poświęcone problemom związanym z budową obiektów komunikacyjnych w miastach. Rosnące natężenie ruchu w miastach i jednocześnie dostęp do środków unijnych spowodował, że władze wielu miast coraz częściej decydują się na modernizację rozwiązań komunikacyjnych. Doświadczenia ostatnich lat wskazują, że inwestorzy, projektanci i wykonawcy natrafiają na poważne utrudnienia związane z realizacją miejskich tras komunikacyjnych. W szczególności dotyczą one realizacji budowli podziemnych, obiektów mostowych oraz oddziaływania układów komunikacyjnych na środowisko. Tym zagadnieniom będą poświęcone sesje w kolejnej edycji Podkarpackich Spotkań Dyskusyjnych.

Podobnie jak poprzednie Spotkania (w Arłamowie, Krasiczynie, Solinie i Jasionce), V Podkarpackie Spotkanie Dyskusyjne będzie przebiegało w kon-

wencji przyjacielskiej wymiany doświadczeń profesjonalistów. Organizatorzy oczekują aktywności wszystkich uczestników. Przebieg Spotkania zostanie udokumentowany w postaci materiałów pokonferencyjnych, zawierających autoryzowane teksty referatów i wystąpień uczestników dyskusji. Jak pokazują doświadczenia, trud poniesiony przez organizatorów w celu przygotowania tak niekonwencjonalnej formy publikacji przynosi efekty, ponieważ materiały pokonferencyjne z poprzednich Spotkań zyskały uznanie w środowisku mostowym.

**Sesja 1:** Budownictwo podziemne w miastach

**Sesja 2:** Mosty miejskie

**Sesja 3:** Oddziaływanie miejskich tras komunikacyjnych na środowisko



XVI Międzynarodowa Konferencja Naukowo - Techniczna

## POPIOŁY Z ENERGETYKI

21 - 24 października 2009 r.

Zakopane, Hotel "Belvedere"

Blok tematyczny

**NOWOŚCI W GOSPODARCE UPS ZA GRANICĄ, m.in.:**

Kanada, Indie, Wielka Brytania, Rosja, Czechy

**UPS A SORBENTY I NANOMATERIAŁY**

**UPS A CZYSTE TECHNOLOGIE WĘGLOWE**

**UPS A WSPÓŁSPALANIA WĘGLA I BIOMASY**

**UPS A DYREKTYWA ODPADOWA I REACH**

**NOWELIZACJA NORM TECHNICZNYCH DLA UPS**

Kontakt Organizator



**POLSKA UNIA  
UBOCZNYCH PRODUKTÓW SPALANIA  
i partnerzy**

**Polska Unia UPS**

ul. Chełmżyńska 180, 04-464 Warszawa

**Tel./Fax (+48) 22 587 58 98**

e-mail: [biuro@unia-ups.pl](mailto:biuro@unia-ups.pl), [www.unia-ups.pl](http://www.unia-ups.pl)

