

# budimex

## NAWIERZCHNIE BETONOWE

TRADYCJE

DOŚWIADCZENIA

NOWE TECHNOLOGIE

*„Autostrada to ideał drogi przystosowanej do ruchu mechanicznego, która niewątpliwie będzie drogą przyszłości”<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*„Dwudziestolecie komunikacji w Polsce Odrodzonej”, Kraków 1939*

Andrzej Litwinowicz, 10.05.2017

# budimex

## AGENDA

- Tradycje:
  - Europa Zachodnia
  - USA
  - Polska
- Doświadczenia wykonawcze Budimex SA :
  - Nawierzchnie lotniskowe i drogowe
  - Technologia betonu z odkrytym kruszywem, SST a austriackie wymagania techniczne
  - Badania nad optymalizacją tekstury nawierzchni
- „Nowe” technologie
- Podsumowanie

# budimex



Wizjonerzy inżynierii komunikacyjnej XIX i XX w.:

Sir K. Gzowski (1813-1898), E. Malinowski (1818-1899), R. Modrzejewski (1861-1940), P. Puricelli (1883-1951), prof. M. Wł. Nestorowicz (1888-1939)

# budimex

**Sir K. Gzowski**

- Budowniczy kolei,  
mostów w Kanadzie
- Gubernator prowincji

**E. Malinowski**

- Budowniczy Kolei  
Transandyjskiej
- Udowodnił, że „*to nie jest  
możliwe*” nie dotyczy  
Polaków

**R. Modrzejewski**

- *Artysta stali i betonu.*
- Budowniczy  
kilkudziesięciu  
największych mostów  
w USA

**P. Puricelli**

- Budowniczy 1-ej  
autostrady w Europie  
i odcinka w Polsce,  
- projektant  
„polskiego” odcinka  
„Berlinki”

**Prof. M. Wł. Nestorowicz**

- Dyr. Dep. Drogowego  
w M.R.P (M.K), Dziekan  
Wydz. Inżynierii PW, autor  
podręczników -  
twórca Planu Budowy  
Autostrad 1939

# budimex

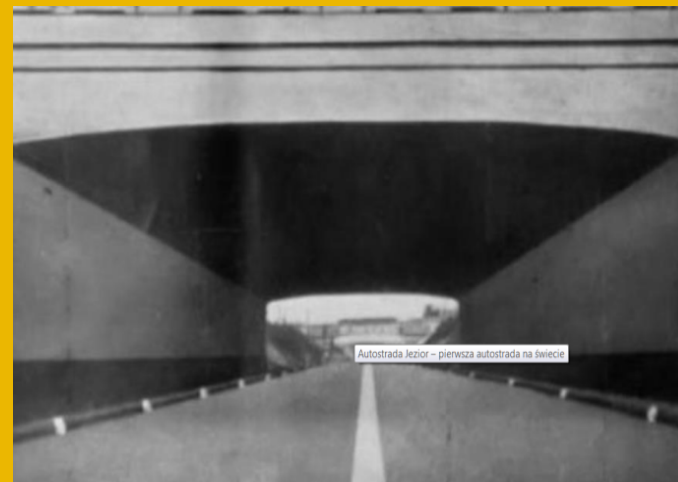
## Europa Zachodnia: rywalizacja włosko-niemiecka

Fot. AVUS Berlin 1922, pierwsza w Europie  
droga „autostradopodobna”  
Nawierzchnia: Macadam stabilizowany smołą



(Wikipedia)

Fot. Pierwsza w Europie autostrada  
„Autostrada Mediolan-Varese” 1924-1925  
Nawierzchnia betonowa



(Fot. Da Gran Sport)

# budimex

## USA – dynamiczny rozwój transportu kolejowego, ruchu samochodowego i inżynierii komunikacyjnej



Lincoln Highway 1913, ok. 5000 km



Rok 1923:

ilość samochodów :

USA 15,300 mln 1 auto/8 mieszkańców

Anglia 0,655 mln

Francja 0,460 mln

Niemcy 0,152 mln

1 auto/280 mieszkańców

1923 - zakłady Forda wyprodukowały w Detroit 2,0 mln pojazdów, w maju 1923 z taśmy zakładów Forda co 1 minutę zjeżdżał samochód



Quelle: Public Roads, 12, 1931/32, no. 1, S. 5.

Long Island Motor Parkway 1908-1938

# budimex

## II Rzeczypospolita: budowa dróg 1918-1939

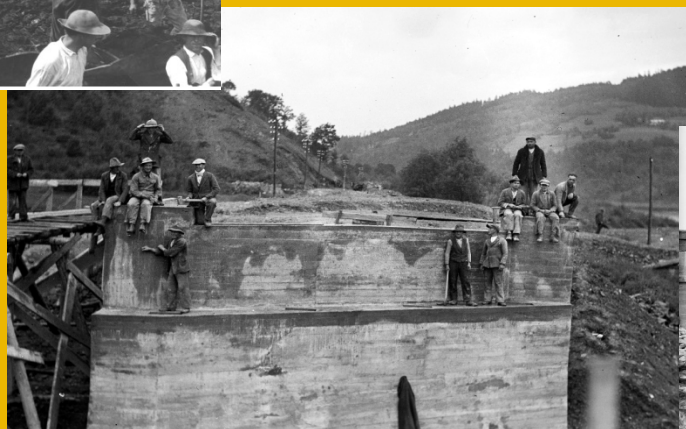
Do dn. 31.12.1937 wybudowano:

- nawierzchni z kostki 1018 km
- nawierzchni betonowych 189 km
- nawierzchni z klinkieru 446 km
- nawierzchni z kostki drewnianej 3 km
- nawierzchni asfalt/smoła 951 km

„Dwudziestolecie komunikacji w Polsce Odrodzonej”, Kraków 1939



Fot. Budowa drogi  
Kraków - Zakopane 1937  
(NCA Warszawa)

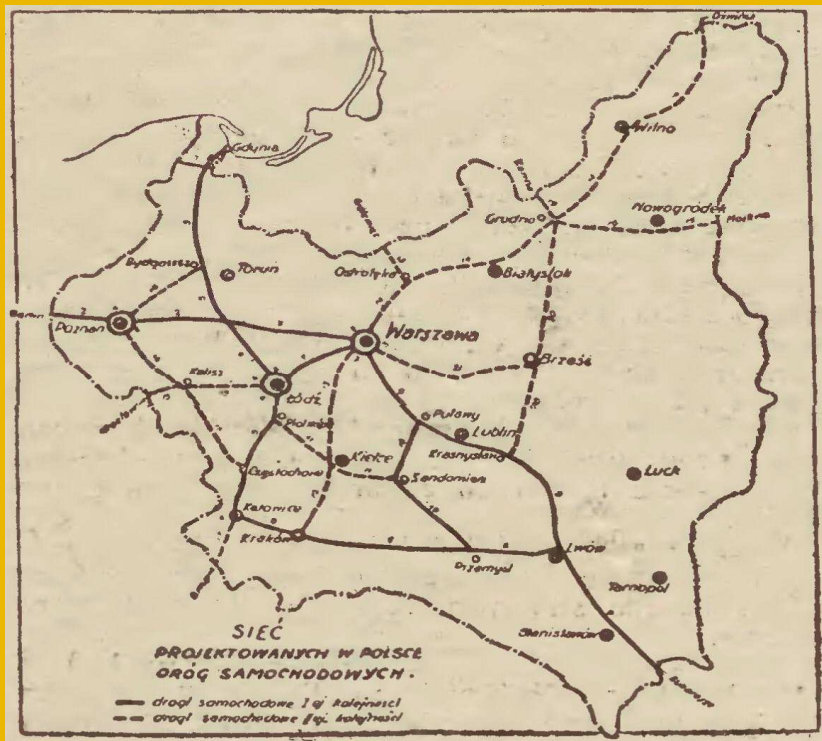


Fot. Prądnik Czerwony (NCA Warszawa)



# budimex

## Plan budowy autostrad w Polsce z 1939 r. prof. M. Wł. Nestorowicza





# budimex

Prof. M. Wł. Nestorowicz  
„Wiadomości Drogowe”, czerwiec 1934

(Biblioteka Cyfrowa Pol. Warszawska)

Nawierzchnia betonowa jest dość szorstka, nawet gdy jest wilgotna.

Technika budowy nawierzchni betonowych w ostatnich czasach zrobiła olbrzymie postępy zarówno pod względem jej konstrukcji jak wykonania. Niema tu miejsca na opis tych postępów, dość wspomnieć racjonalne konstruowanie szczelin konstrukcyjnych i dylatacyjnych poprzecznych i podłużnych, przekroju poprzecznego (pogrubianie boków), różne wzmocnienia przy pomocy wkładek żelaznych i t. d.

Szybkie i dokładne wykonywanie płyt betonowych umożliwione jest przy pomocy różnych maszyn, począwszy od ruchomych specjalnych betoniarek, i kończąc na maszynach do wykończania.

Technika uszczelniania betonu i zmniejszania nasiąkliwości przynosi z roku na rok nowe pomysły.

Pozatem nawierzchnie betonowe mają w Polsce tę dodatnią stronę, że materiały do nawierzchni tej w Polsce, dzięki dostatecznie rozbudowanemu przemysłowi cementowemu, są w 100% krajowe i są do dyspozycji w nieograniczonej ilości.

# budimex

## Doświadczenia wykonawcze Budimex SA

Pierwsze nawierzchnie betonowe Budimex Dromex SA wykonał w latach 2003/4 na Lotnisku im. F. Chopina w Warszawie.

Wykonano nawierzchnię jednowarstwową, nie dyblowaną i nie kotwioną PPS-9, PPS-8 przy pomocy rozkładarki Wirtgen.



Droga Kołowania DK-2 L. Okęcie 2005



PPS-3 L. Okęcie 2006



PPS L. Wrocław Strachowice 2007

# budimex

## Nawierzchnie lotniskowe



Port Lotniczy Warmia-Mazury  
Betonowa nawierzchnia PPS



Lotnisko Okęcie Warszawa  
Betonowa nawierzchnia PPS



Lotnisko Goleniów  
Betonowa nawierzchnia PPS



Nawierzchnie lotniskowe:

- jednowarstwowe,
- deskowania stałe (sinusoidalne),
- wykończenie powierzchni „szczotką”.

W realizacji: nawierzchnie płyt na lotnisku cywilnym i wojskowym Balice.

Lotnisko Pyrzowice NDS

# budimex

## Nawierzchnie drogowe - beton cementowy



Węzeł Walichnowy 2011-2013



S-8, Odcinek VIII, Węzeł Róża - Wrocław  
2011-2014



S-8 Odcinek VIII, Węzeł Róża-Wrocław 2011-2014

### Nawierzchnie:

- 2 warstwowe, z odkrytym kruszywem,
- układarki ślizgowe,
- teksturowanie chemiczno-mechaniczne

# budimex

## A1 Tuszyn - Stryków



Autostrada A1 (KR6)

L = 13,127km (x2)

F = 287 660m<sup>2</sup>

nawierzchnia betonowa z odkrytym kruszywem

Realizacja 09.2014 - 07.2016

# budimex

## Technologia betonu z odkrytym kruszywem

„Ojcem” wdrożenia belgijskiego pomysłu na odsłanianie powierzchni betonu w nawierzchniach drogowych był prof. H. Sommer (Austria). W roku 1990 na autostradzie A10 wykonano pierwsze odcinki w tej technologii (F. Lecker OBA). W roku 2006 Niemcy przyjęły tę metodę w wytycznych technicznych. W Polsce pierwszy odcinek w tej technologii wykonano przy budowie autostrady A2 (2012).

Wprowadzanie przez GDDKiA nowych punktowych kryteriów oceny ofert przetargowych za deklarowane przez wykonawców wyższe wartości współczynnika tarcia ( $\mu_{sr}$ ) i równości podłużnej (IRI) spowodowało konieczność sprawdzenia przez zespół technologów Budimexu możliwości podniesienia tych parametrów przy wykonaniu nawierzchni z odkrytym kruszywem.

Zadeklarowanie przez wykonawcę maksymalnych wartości  $\mu \geq 0,58$  i  $IRI \leq 0,9$  daje + 17 pkt w ocenie oferty (przy deklarowaniu ustawowo wymaganych oferent otrzymuje 0 pkt).

Wymagane wartości minimalne:

$\mu \geq 0,49$  ,  $IRI_{sr} \leq 1,3$  mm.

Otrzymane w ten sposób dodatkowe punkty wg przeprowadzonych symulacji (rozstrzygniętych przetargów) zmieniłyby kolejność ofert.

# budimex

## Porównanie wymagań polskich SST z austriackimi wg RVS 08.17.02 (2011)

SST Nawierzchnia betonowa (2017 r.)

### 5.3.1. Skład granulometryczny

Do wykonywania mieszanek betonowych do nawierzchni drogowych należy stosować kruszywa o maksymalnym wymiarze ziaren do 31,5 mm. Należy stosować minimum 3 frakcje kruszywa.

Wymagany skład dla GWB wg RVS 08.17.02

Als Grundlage für die Ausbildung einer Waschbetonstruktur ist der Oberbeton aus Sand 0/1 mm oder 0/2 mm und Körnungen 4/8 mm (OB GK 8, OB GK 8 F52) oder 4/11 mm (OB GK 11, OB GK 11 F52) herzustellen (Anforderungen s. Pkt. 13, Tab. 4.1).

*„Podstawą wykształcenia struktury betonu z odkrytym kruszywem jest wykonanie Górnej Warstwy Betonu z piasku 0/1 mm lub 0/2 i grysu 4/8 mm (GWB 8, GWB 8 F52<sup>1</sup>) lub 4/11 mm (GWB 11, GWB 11 F52<sup>1</sup>). (Wymagania patrz Pkt.12, Tab. 4.1)*

SST Nawierzchnia betonowa 2017, wzorowana na austriackich wymaganiach

### 5.2. Zasady projektowania składu mieszanki betonowej

Skład mieszanki betonowej powinien być tak dobrany, aby zapewniał uzyskanie wymaganych właściwości projektowanego betonu nawierzchniowego oraz wymagań funkcjonalnych nawierzchni betonowej w przyjętych warunkach realizacji Robót.

- Mieszanka betonowa powinna być zaprojektowana z zastosowaniem minimum 3 frakcji kruszyw w przypadku betonu dolnej warstwy oraz minimum 2 frakcji kruszyw w przypadku betonu górnej warstwy. Przy dobrej uziarnieniu mieszanki kruszyw  $D_{max}=22,4\text{mm}$  oraz  $D_{max}=31,5\text{mm}$ , które mogą być wykorzystane do projektowania, określa tabela 7. W przypadku mieszanki kruszyw  $D_{max}=8\text{mm}$  zaleca się, aby zawartość frakcji 4/8 mm wynosiła min. 68%. Współczynnik woda/cement (w/c), określany jako stosunek efektywnej zawartości wody do zawartości cementu w betonie nawierzchniowym, nie powinien być większy niż 0,40. Tolerancja dla założonej wartości współczynnika w/c  $\pm$

# budimex

Wymagana ilość główek grysów na 25 cm<sup>2</sup> powierzchni dla GWB 0/8 i 0/11 wg wytycznych RVS 08.17.02 Tabl. 15 (Austria)

	Tradycyjna nawierzchnia	Nawierzchnia z odkrytym kruszywem	
		GWB 8	GWB 11
Tekstura	≥ 0,4 mm	0,7 do 1,0 mm	0,8 do 1,2 mm
Liczba główek grysów		Wartość celowa 60szt/25cm <sup>2</sup> wartość minimalna 50 szt/25cm <sup>2</sup>	45szt/ 25 cm <sup>2</sup> 35szt/ 25 cm <sup>2</sup>
Poziom hałasu (dB)		≤ 101 , Vp=100km/h ≤ 90 , Vp= 90km/h	≤ 102, Vp=100km/h

J. Skarabis „Akustische Eigenschaften von Waschbeton...”, Referat. V Śląski K.D. Piekary, kwiecień 2017 – badane próbki betonu posiadały 53 szt. główek/25 cm<sup>2</sup>, głębokość tekstury 0,8 mm



# budimex

Pomiary ilości główek grysów na istniejących nawierzchniach



GWB 8 Austria



GWB 8 z polskich odcinków  
nawierzchni z odkrytym kruszywem



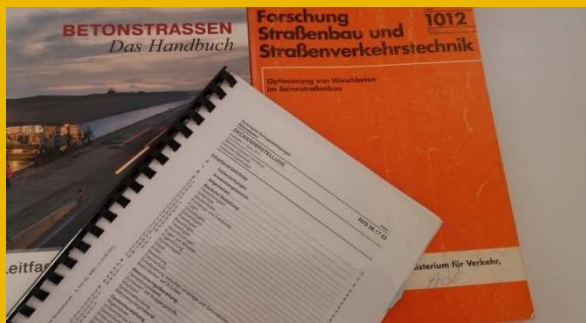
Szablon do zliczania główek grysów

# budimex

## Badania nad optymalizacją tekstury nawierzchni

### Prace studialne:

- zapoznanie się z WT Austria, Niemcy i pracami badawczymi



- RVS 08.17.02 Technische Vertragsbedingungen. Betondecken. 2011, Wiedeń
- Betonstrassen. Das Handbuch, 2012 Wiedeń
- Optimierung von Waschbeton im Betonstrassenbau. 2009. Monachium

### Przygotowanie próbek w warunkach laboratoryjnych wg procedury UT Monachium :

- ciągła i nieciągła krzywa uziarnienia
- grysy z różnych skał
- ze środkiem pielęgnującym i bez (po wyszczotkowaniu)
- ilość główek grysów na powierzchni 25 cm<sup>2</sup>
- wielkość makrotekstury (aparatury CTM – Politechnika Białostocka)
- badania współczynnika tarcia (aparatury DFT- Politechnika Białostocka)
- badanie zmian właściwości przeciwpoślizgowych w czasie (aparatury Wehner/Schulze – Politechnika Białostocka.)

# budimex



Próbka Bx, GWB 8,  
3 frakcje kruszywa.  
Próby w toku



Próbka B, GWB 8  
2 frakcje kruszywa  
Większe „upakowanie” grysów.



Nawierzchnia GWB 8, Austria

Prace w LC Budimex są w toku.

# budimex

## Wnioski z badań (Austria/Niemcy):

- nawierzchnie betonowe powinny posiadać jednocześnie wymagane właściwości przeciwpoślizgowe i akustyczne,
- powyższe parametry zależą od ukształtowania powierzchni GWB, PSV grysów i mikrotekstury ich powierzchni,
- nawierzchnia powinna mieć średnią głębokość tekstury 0,8 -1,0 mm i możliwie największą ilość główek grysów na powierzchni (25 cm<sup>2</sup>),
- największy wpływ na właściwości nawierzchni betonowej ma skład mieszanki mieszanki betonowej,
- wskazana ilość cementu w mieszankach  $\geq 430$  kg,
- mniejsze ilości cementu prowadzą do przesztynienia mieszanki i mniejszej ilości główek grysów na powierzchni,
- ilość grubego kruszywa i dozowanego plastyfikatora ma również wpływ na ilość główek grysów na powierzchni,
- zastosowanie kruszywa drobnego frakcji 0/1 powoduje zwiększenie ilości główek grysów na powierzchni,
- w opinii niemieckich badaczy przy ciągłej krzywej uziarnienia możliwe jest osiągnięcie wysokiej ilości główek grysów na powierzchni betonu z odkrytym kruszywem,
- na powierzchni 25 cm<sup>2</sup> można zmieścić 45 szt. ziaren grysów 8mm, ale już 62 szt. ziaren o średnicy 7mm.

W opinii praktyków niemieckich technologia betonu z odkrytym kruszywem jest bardzo wymagająca, a końcowy efekt zależy od kubeczności stosowanych grysów (mała liczba producentów kubecznego kruszywa ).

Wg wstępnych polskich badań współczynnik tarcia na nawierzchniach z odkrytym kruszywem zmienia się w zależności od rodzaju skały, a istotny wpływ na wynik badania ma pozostała ilość środka pielęgnującego (aplikowanego po szczotkowaniu nawierzchni).

# budimex

## Wnioski z doświadczeń własnych:

### Wpływ na właściwą teksturę i równość nawierzchni betonowych mają:

- *Nawierzchnie lotniskowe (wykończenie szczotką)*
  - stała, bez postojów praca układarki
  - konsystencja („zamykanie” się powierzchni) mieszanki betonowej
  - temperatura powietrza i mieszanki betonowej
  - nasłonecznienie
  - wiatr
- *Nawierzchnie z odkrytym kruszywem*
  - skład mieszanki (kubiczność grysów), odpowiednio dobrane domieszki chemiczne
  - konsystencja mieszanki betonowej
  - właściwa praca wibratorów
  - prędkość układania nawierzchni
  - logistyka dostaw DWB i GWB na budowę – czas transportu
  - temperatura powietrza i mieszanki
  - brak wtórnego zapylenia kruszyw na terenie W.B.
  - równość i nośność podłoża pod gąsienicami układarki
  - dozowanie środka opóźniającego
  - dobór rozpoczęcia szczotkowania i nacisku szczotki
  - dokładność ustawienia linki prowadzącej



Dynamic Friction Tester



DFT Badanie (Fot.Nippo,Ltd.)



Aparat Wehner/Schulze

# budimex

## Nowe technologie

- **Prefabrykowane nawierzchnie betonowe:** ponownie „odkryte” w USA (pierwsze realizacje przed 50 laty), realizacja I-710 w Kalifornii 36 mil, wydajność 150-300 mb/noc.  
Zalety: montaż możliwy w złych warunkach pogodowych, precyzyjne wykonanie w zakładzie prefabrykacji, szybkie oddanie odcinków do ruchu (można oddać do ruchu po 3 h), szacowana trwałość ok. 50 lat.
- **Ultra szybki beton:** beton o specjalnym składzie osiągający po 2,5h wytrzymałość na ściskanie  $> 25$  Mpa, a na zginanie przy rozciąganiu  $> 13$  Mpa (po 28 dniach). Nadaje się szczególnie przy wymianach płyt na lotniskach.  
Na zdjęciu poniżej wykonanie płyty w tej technologii na zlecenie firmy FERROVIAL.
- **Black-Topping:** technologia wykorzystująca zalety obu materiałów; cienkie dywaniki bitumiczne (1,0 - 4,0 cm) układane na betonowych nawierzchniach dyblowanych i o zbrojeniu ciągłym.  
Wykonywane od ok 20 lat w Holandii, USA, Niemczech.



Prefabrykowana nawierzchnia autostradowa USA

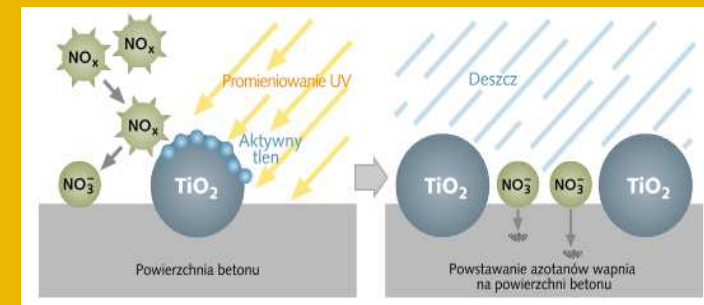


Lotnisko Londyn Heathrow 2017  
układanie ultra szybkiego betonu

# budimex

## Innowacyjność:

- **betonowe nawierzchnie fotokatalityczne:** dzięki zawartości  $TiO_2$  w cemencie płyta betonowa działa jak katalizator wytrącający z smogu tlenki azotu  $NO_x$
- **płyty betonowe jako ogniwa fotowoltaiczne**  
(prof. Blab TU Wien)
- **beton luminescencyjny** – 10 minut światła słonecznego wystarcza na luminescencje do 8h w nocy, możliwość zastosowania na przejściach dla pieszych itp
- **jasne kruszywa + białe cementy = b. jasna nawierzchnia,** poprawa bezpieczeństwa pieszych w miastach, oszczędność zużycia energii, komfort cieplny (Niemcy, beton autostradowy na CEM III )
- **betony z dodatkiem włókien stalowych** itp.: możliwe zwiększenie odległości między dylatacjami poprzecznymi - polepszenie komfortu jazdy (Holandia)



Fot. Góraźdze Cement



Fot. Wiedeń, pałac Schoenbrunn

# budimex

## Podsumowanie

- „ ...nie ma nawierzchni doskonałych – są najlepsze dla danego obciążenia ruchem i warunków klimatycznych, i nie ma możliwości określenia, które są lepsze....”  
(prof. U.Zander BAST Berlin, V Śląskie Forum Drogownictwa. kwiecień 2017)
- „...porównanie kosztów budowy nawierzchni z betonu cementowego i bitumicznych tylko z uwzględnieniem Life Cycle Coast”...(prof. A.Szydło V Śl .F. D., kwiecień 2017 )
- sprawdzone rozwiązanie (Austria) to budowa nawierzchni betonowych na drogach o  $SDR \geq 8000$  pojazdów ciężarowych na dobę (?)
- istnieje konieczność szybkiego opracowania WT dla nawierzchni betonowych uwzględniających możliwość zastosowania wszystkich znanych technologii ich wykonania
- wykonanie odcinków testowych nawierzchni w „nowych” technologiach jest warunkiem postępu w budownictwie drogowym (na partnerskich warunkach Zamawiający - Wykonawca)
- właściwości przeciwpoślizgowe i akustyczne nawierzchni betonowych z odkrytym kruszywem zależą głównie od składu recepturowego (frakcji grysów, kruszywa drobnego, ich pochodzenia, mikrotekstury, kubiczności grysów ), a nie tylko PSV kruszywa grubego
- należy rozwinąć współpracę z zagranicznymi instytucjami w zakresie optymalizacji mieszanek, jak i wspólnego badania właściwości funkcjonalnych nawierzchni betonowych



# budimex

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ



...nie trzeba być wizjonerem...autostrada A-4 dnia 18.04.2017