

Zalety betonu jako materiału budowlanego w drogownictwie

Zbigniew Giergiczny

Politechnika Śląska; Góraźdże Cement S.A.

Zakres prezentacji:

Dlaczego beton ?

Dlaczego nawierzchnia betonowa ?

Czy beton ma przyszłość ?

***Dlaczego
beton ?***



**...Beton dla architekta jest tym czym
diament dla jubilera: odpowiednio
oszlifowany staje się brylantem...**

Dariusz Kozłowski

Dlaczego beton jest powszechnie stosowany w budownictwie jako materiał konstrukcyjny?

- tworzywo powszechnie dostępne
- uniwersalny w zastosowaniu
- trwały w środowisku pracy
- przyjazny środowisku
- ekonomiczny

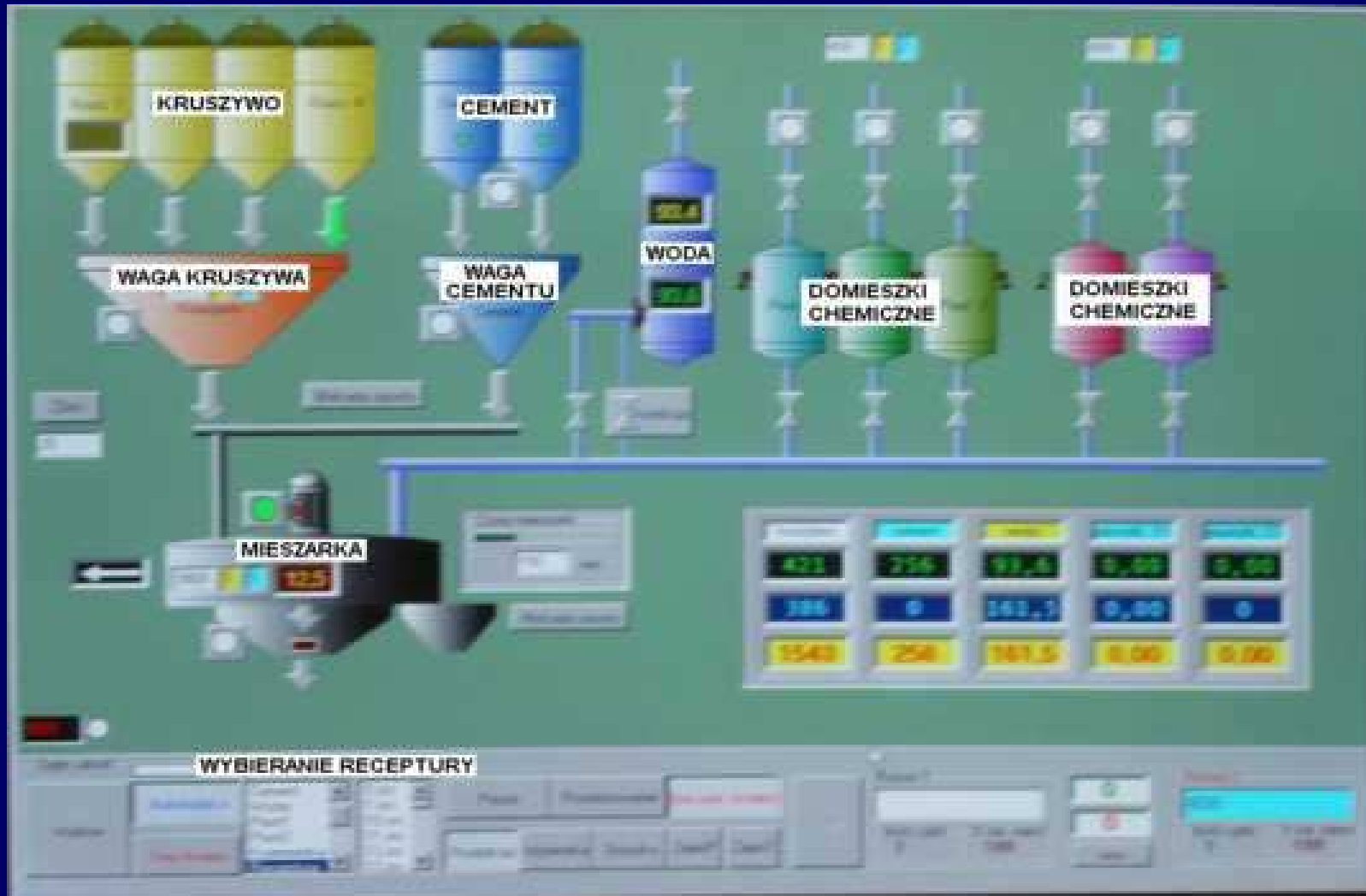


Czym jest współczesna technologia betonu?

Składniki nowoczesnego betonu



Nowoczesna wytwórnia betonu



Czym jest współczesna technologia betonu ?



Betony barwione płukane powierzchniowo



Elementy po wyplukaniu



Eureka Tower, Melbourne

- wysokość 300 m (88 kond.)
- beton C60/75 i C100/115





Wiadukt w Millau
(Francja)

- wysokość słupów 343 m,
beton C60/75
- fundamenty C 35/45



Beton a bezpieczeństwo pożarowe

A close-up photograph showing a person's hand touching a concrete surface. Below the concrete, a bright orange and yellow flame is visible, illustrating the fire resistance of the material.

- beton jest niepalny
- zachowuje wysoką odporność na działanie ognia – nawet w temperaturach rzędu 750°C zachowuje od 30 do 50% swojej wytrzymałości
- gwarantuje wysokie bezpieczeństwo osób w pomieszczeniach sąsiadujących z miejscem pożaru
- w warunkach pożarowych beton nie wydziela toksycznych substancji

Beton a środowisko

Produkcja betonu jest bezodpadowa (recykling resztek mieszanki)

Recykling starego betonu (produkcja kruszywa dla budownictwa komunikacyjnego)

Możliwość zastosowania bardzo wielu produktów ubocznych z:

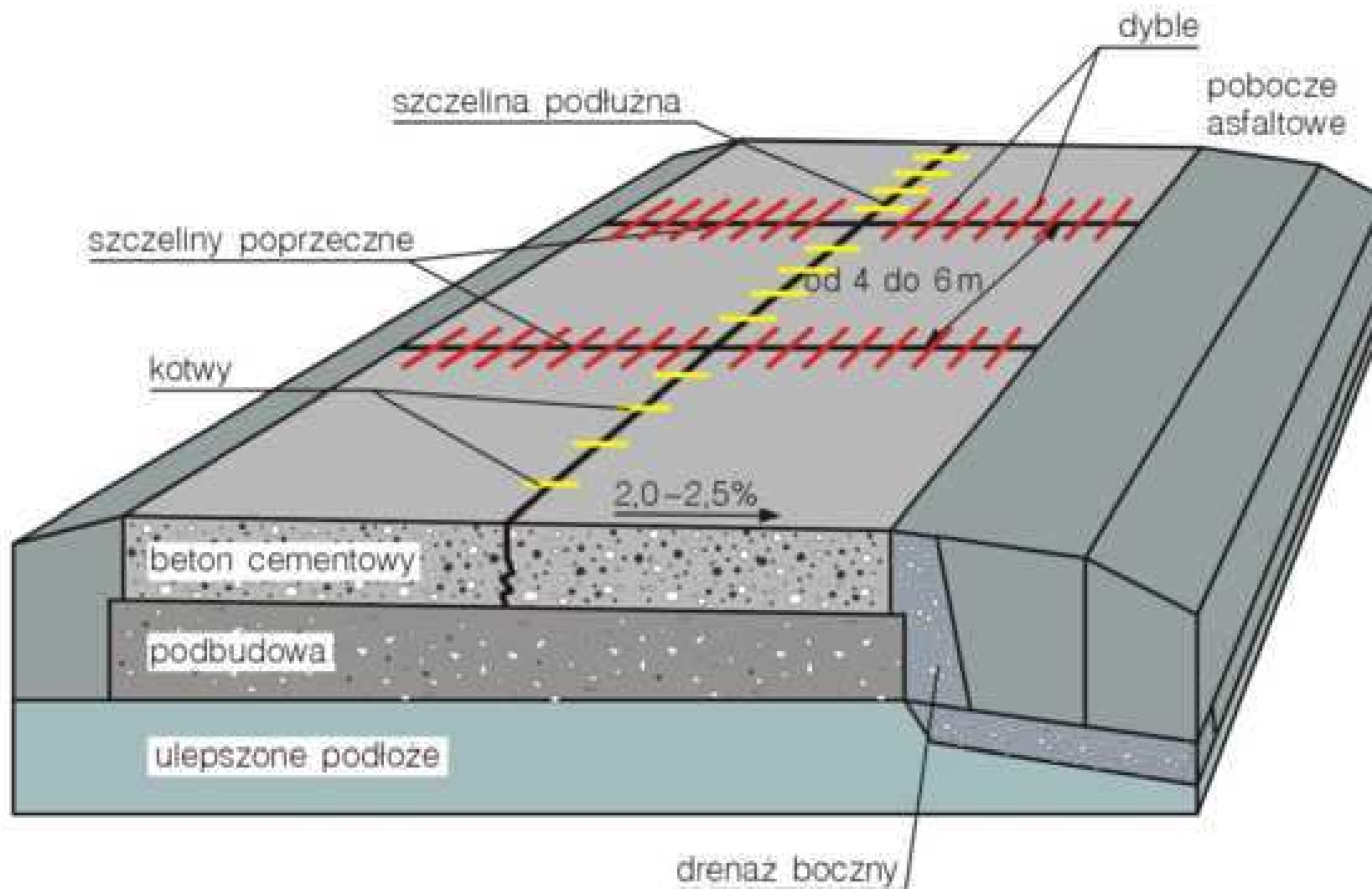
- >energetyki
- >metalurgii
- >górnictwa
- >innych przemysłów

w charakterze składników betonu i/lub materiałów do produkcji spoiwa bądź kruszywa

Beton jest skuteczną matrycą służącą unieszkodliwianiu odpadów niebezpiecznych zawierających metale ciężkie



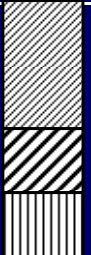
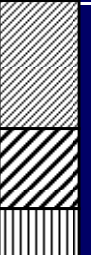




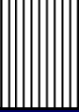
***Dlaczego
nawierzchnie betonowe ?***

Konstrukcja drogi z nawierzchnią betonową



Typowa konstrukcja z betonu na podbudowie z gruntu stabilizowanego
wg „Katalogu typowych konstrukcji nawierzchni sztywnych” IBDiM
Warszawa

Liczba osi obliczeniowych 100 kN/pas/dobę
(liczba osi obliczeniowych 115 kN/pas/dobę)

KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6	
≤12 (≤7)	13-70 (8-40)	71-335 (41-192)	336-1000 (193-572)	1001-2000 (573-1144)	>2001 (>1145)	
 <p>17cm 14cm</p> <p>niedyblowana</p>	 <p>19cm 14cm</p> <p>dyblowana</p>	 <p>22cm 16cm</p> <p>dyblowana</p>	 <p>23cm 18cm</p> <p>dyblowana</p>	 <p>25cm 20cm</p> <p>dyblowana</p>	 <p>27cm 22cm</p> <p>dyblowana</p>	
KR – kategoria ruchu		beton cementowy		grunt stab. cementem		w-wa wzmacniająca podłoże



Gotowa nawierzchnia betonowa

Zalety nawierzchni betonowych:

- ❖ duża trwałość**
- ❖ bardzo dobre cechy eksploatacyjne**
- ❖ niskie koszty utrzymania**

✓ **Duża trwałość** ⇒ przeciętnie 3-4 razy
większa niż asfaltowych

✓ **samoistne przenoszenie obciążeń**
⇒ redukcja obciążenia podbudowy

✓ **zdolność do przenoszenia obciążeń**
punktowych

✓ **duża odporność na odkształcenia**
w pełnym zakresie temperatur

30-40 lat
użytkowania

Doświadczenia niemieckie

	<u>asfalt</u>	<u>beton</u>
lata 70:	70%	30%
80:	60%	40%
Druga połowa 90-tych:	38%	62%

Inne przykłady europejskie

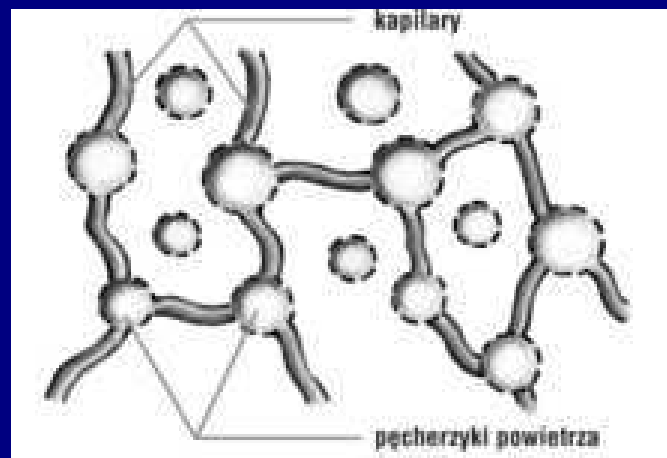
AUSTRIA – udział dróg betonowych - ok. 50%

BELGIA – autostrady betonowe - ok. 40%
– lokalne drogi betonowe - ok. 60%

WIELKA BRYTANIA – udział dróg betonowych - ok. 50%

Wymagania stawiane betonowi:

- klasa wytrzymałości na ściskanie C 30/37; C35/45
 - wytrzymałość na zginanie $> 4,5$ MPa (5,5MPa)
 - ograniczone ciepło hydratacji cementu
 - odporność na zamrażanie i rozmrażanie oraz na działanie środków odladzających
- (obowiązkowe napowietrzanie betonu; kruszywa mrozoodporne)



Cechy eksploatacyjne

➤ Brak zjawiska koleinowania

➤ Jasność ⇒ Dobra widoczność w złych warunkach atmosferycznych



Wg badań szwajcarskich koszty oświetlenia drogi betonowej są o ponad 50% mniejsze

➤ Dobra szorstkość i szepność

o 30%
mniejsze
wskaźniki
wypadkowości

Cechy eksploatacyjne



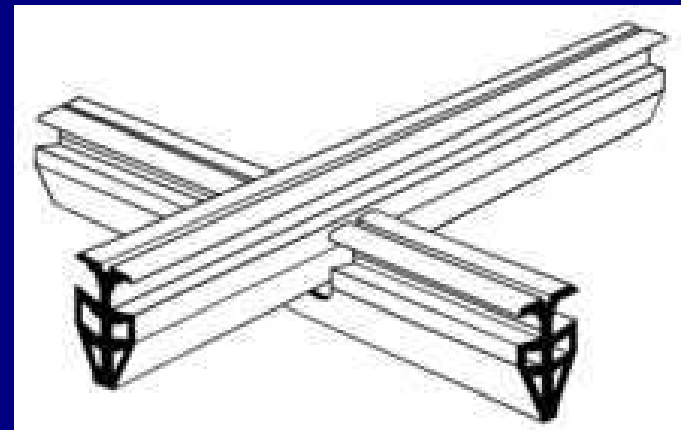
Problem „głośności”
nawierzchni betonowych



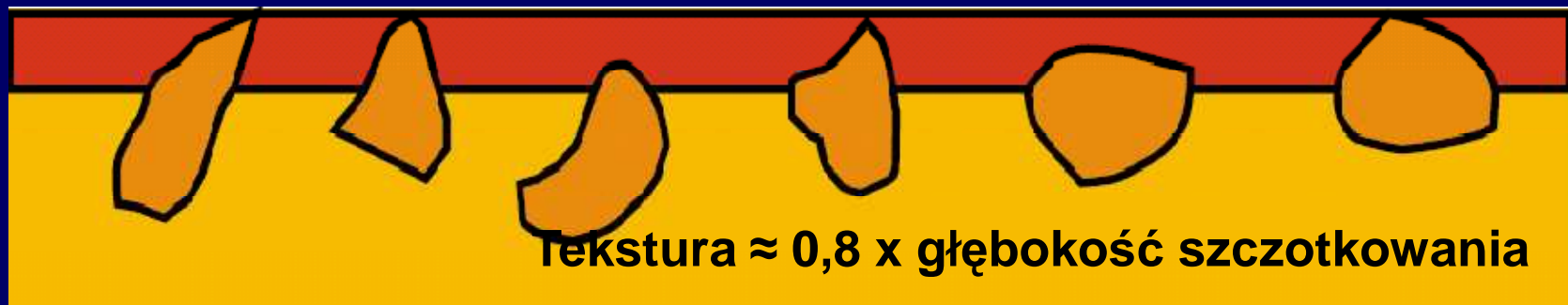
Metoda eksponowania
drobnego kruszywa
w górnej warstwie



Stosowanie wkładek
polimerowych
w szczelinach dylatacyjnych



Tekstura \neq głębokość szczotkowania





Nawierzchnia pokryta opóźniaczem



**Tekstura betonu płukanego pozostaje
długo trwała bez remontu**

**Referat o realizacji w Polsce – autostrada
A2 będzie wygłoszony na konferencji Dni
Betonu 2010 w Wiśle**

Niskie koszty utrzymania



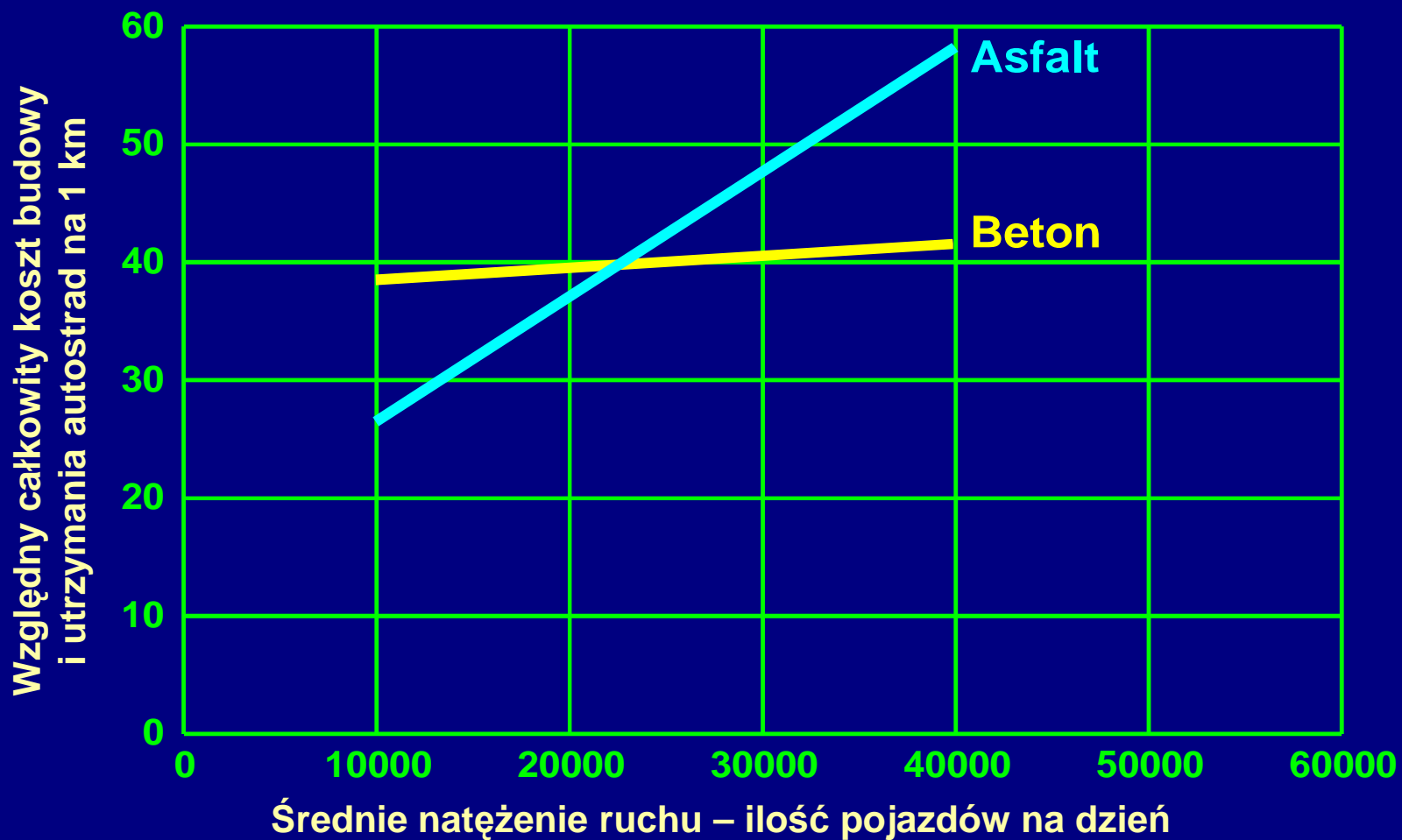
**Koszty w cyklu życia jako
kryterium projektowe**

Rozwój zrównoważony



Elementy zrównoważenia w budownictwie

Względny całkowity koszt budowy i napraw autostrad w funkcji natężenia ruchu



Źródło: Sympozjum „Drogi betonowe”. Wiedeń – październik`94

Autostrady czeskie

Obiekt w eksploatacji	Nawierzchnia betonowa 023 1980-2000	Nawierzchnia asfaltowa 024 1980-2000
Koszty budowy (w CZK/m ²)	256,04	277,48
Koszty utrzymania i remontów (w CZK/m ²)	213,82	939,86
Koszty całkowite (w CZK/m ²)	469,86 (38,6%)	1217,34

Źródło: Dyrekcja Dróg i Autostrad, Brno, Republika Czeska

**Koszty budowy i utrzymania
nawierzchni betonowej oraz bitumicznej
(oszacowane dla jednej jezdni 10-km odcinka autostrady)**

Wariant	Koszt budowy w mln zł	Koszt utrzymania w mln zł	Koszt ogólny w mln zł	Kolejność wg uzyskanych kosztów
Nawierzchnia betonowa – 30 lat eksploatacji	16,562	4,229	20,791	1
Nawierzchnia bitumiczna – 30 lat eksploatacji	21,607	6,025	27,632	2

Źródło: Instytut Badawczy Dróg i Mostów - Warszawa

Budowa nowych autostrad



**A4 Wądroże Wielkie – Bielany Wrocławskie
(49 km + 77km termin zakończenia – wrzesień 2005)**

Zwiększenie nośności istniejących dróg



Droga nr 8 Polichno – Wolbórz
ok. 12 km, warstwa - 27 cm

Obwodnice miast



Obwodnica Młodzieszyna

Budowa dróg lokalnych



Ujazd – Zimna Wódka

Województwo świętokrzyskie

Gliniany - Teofilów



**5300 m, szer. 4,5 m
2006 r.**



Województwo małopolskie



Tarnów
- drogi miejskie



1998 – 2006r.
15 km

Betonowa kostka brukowa

wymagania wg PN-EN 1338

Parametr	Wymaganie	
Wytrzymałość na rozciąganie przy rozłupywaniu	$\geq 3,6 \text{ MPa}$	
Nasiąkliwość	$\leq 6\%$	
Odporność na zamrażanie/ rozmrażanie z udziałem soli odładzających	$\leq 1,0 \text{ kg/m}^2$	
Odporność na ścieranie	Badana szeroką tarczą	Badana tarczą Boehmego
	$\leq 23 \text{ mm}$ lub $\leq 20 \text{ mm}$	$\leq 20000 \text{ mm}^3/5000\text{mm}^2$ lub $\leq 18000 \text{ mm}^3/5000\text{mm}^2$

Betonowe płyty brukowe

wymagania wg PN-EN 1339

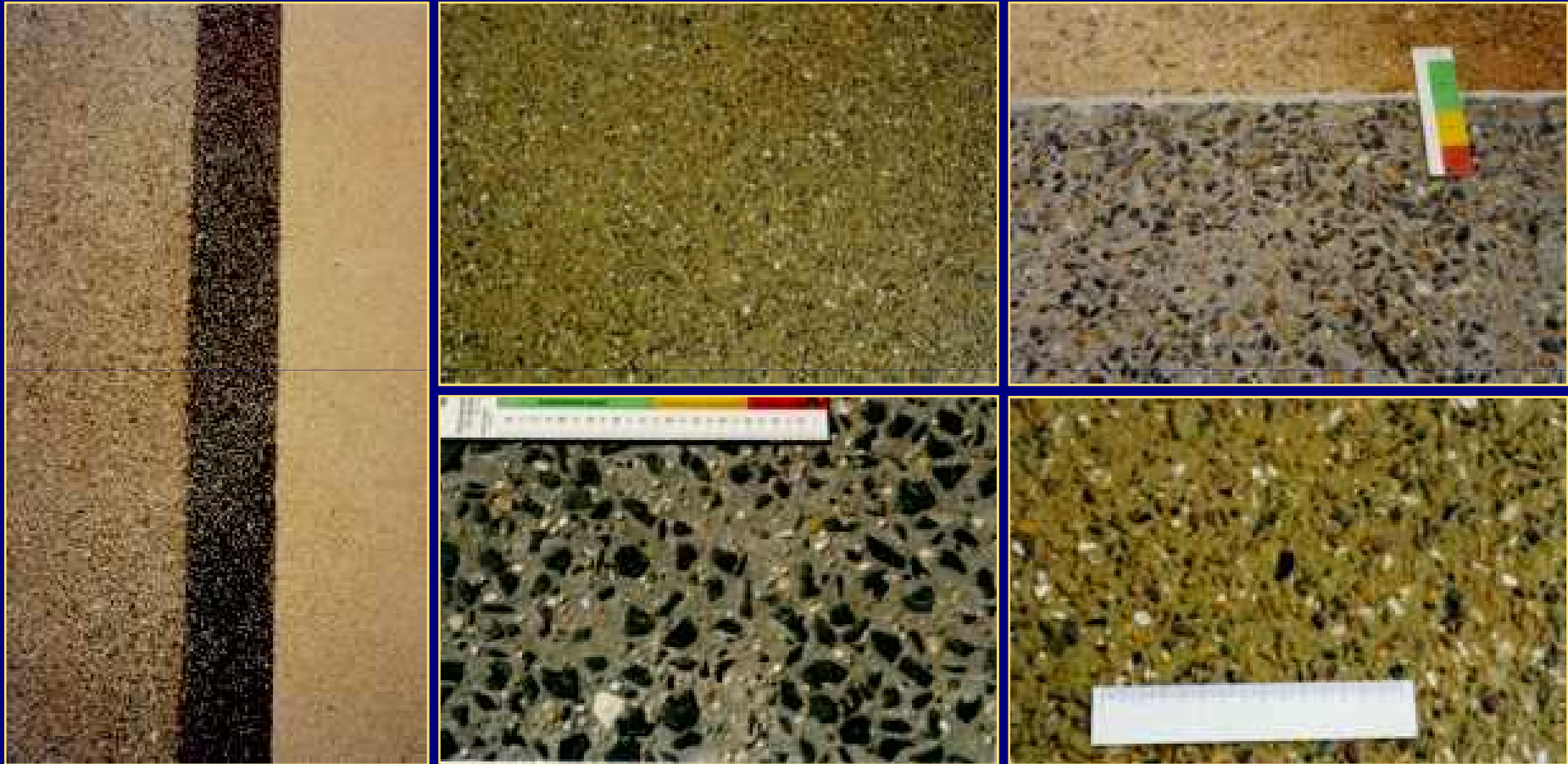
Parametr	Wymaganie	
Wytrzymałość na zginanie	3 klasy $\geq 3,5\text{MPa}$; $\geq 4,0\text{MPa}$; $\geq 5,0\text{MPa}$	
Nasiąkliwość	$\leq 6\%$	
Odporność na zamrażanie/ rozmrażanie z udziałem soli odladzających	$\leq 1,0 \text{ kg/m}^2$	
Odporność na ścieranie	Badana szeroką tarczą	Badana tarczą Boehmego
	$\leq 23 \text{ mm}$ lub $\leq 20 \text{ mm}$	$\leq 20000 \text{ mm}^3/5000\text{mm}^2$ lub $\leq 18000 \text{ mm}^3/5000\text{mm}^2$

Krawężniki betonowe

wymagania wg PN-EN 1340

Parametr	Wymaganie	
Wytrzymałość na zginanie	3 klasy $\geq 3,5\text{MPa}$; $\geq 5,0\text{MPa}$; $\geq 6,0\text{MPa}$	
Nasiąkliwość	$\leq 6\%$	
Odporność na zamrażanie/ rozmrażanie z udziałem soli odładzających	$\leq 1,0 \text{ kg/m}^2$	
Odporność na ścieranie	Badana szeroką tarczą	Badana tarczą Boehmego
	$\leq 23 \text{ mm}$ lub $\leq 20 \text{ mm}$	$\leq 20000 \text{ mm}^3/5000\text{mm}^2$ lub $\leq 18000 \text{ mm}^3/5000\text{mm}^2$

Szerokie gamy barw



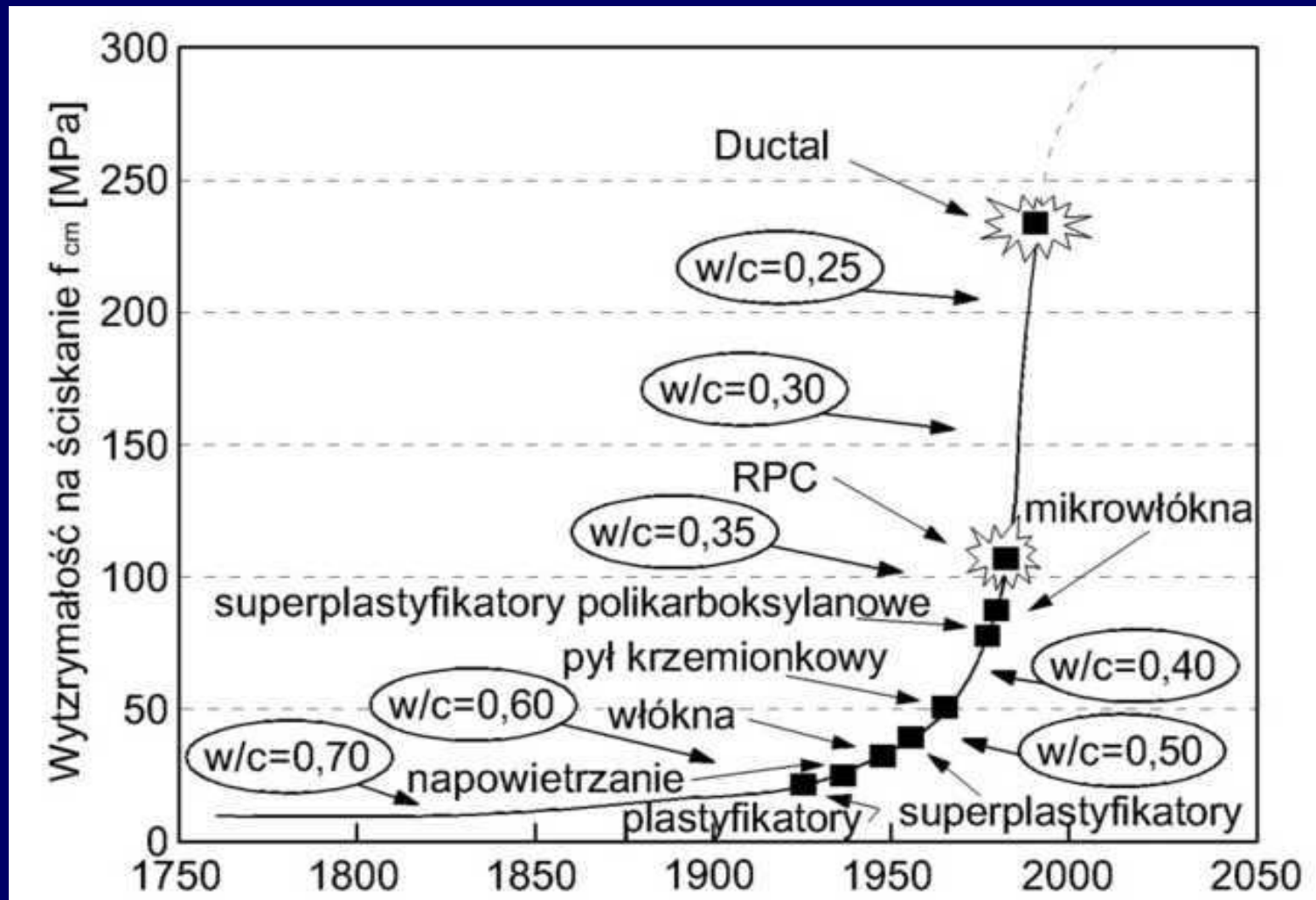
Beton drukowany



***Czy beton ma
przyszłość ?***

Uogólniona krzywa rozwoju wytrzymałości betonu

wg prof. L. Czarneckiego



Umowny podział betonów cementowych ze względu na poziom wytrzymałości na ściskanie

Beton zwykły:

- ciężki (2000 do 2800 kg/m³) i lekki (800 do 2000 kg/m³) :
klasy do C45/50; do $f_{cm\ cube} \sim 55\text{ MPa}$

Beton wysokowartościowy:

- ciężki : klasy do C100/115; do $f_{cm\ cube} \sim 120\text{ MPa}$
- lekki: klasy do LC80/88; do $f_{cm\ cube} \sim 95\text{ MPa}$

Beton ultra wysokiej wytrzymałości:

- różne odmiany: f_{cm} od około 120 (150) do 800 MPa

60

120

800 MPa

Zwykłe

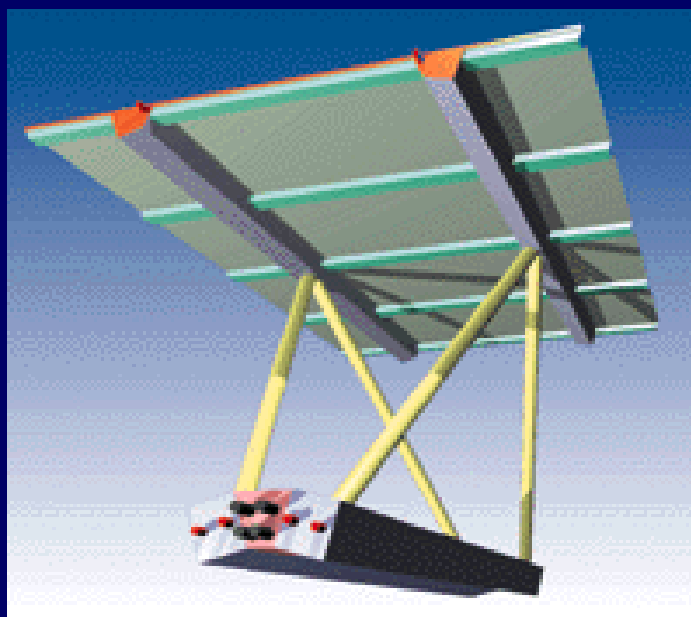
Wysoko-
wartościowe

Ultra wysokiej wytrzymałości

Zastosowanie technologii RPC

Kładka dla pieszych w Sherbrooke (Kanada)

- RPC 200 MPa – pas dolny, podłużnice, żeberka poprzeczne i płyta pomostu
- RPC 300 MPa - krzyżulce



Fragment konstrukcji:

Rozpiętość: 60 m

Szerokość płyty pomostu: 4,2 m

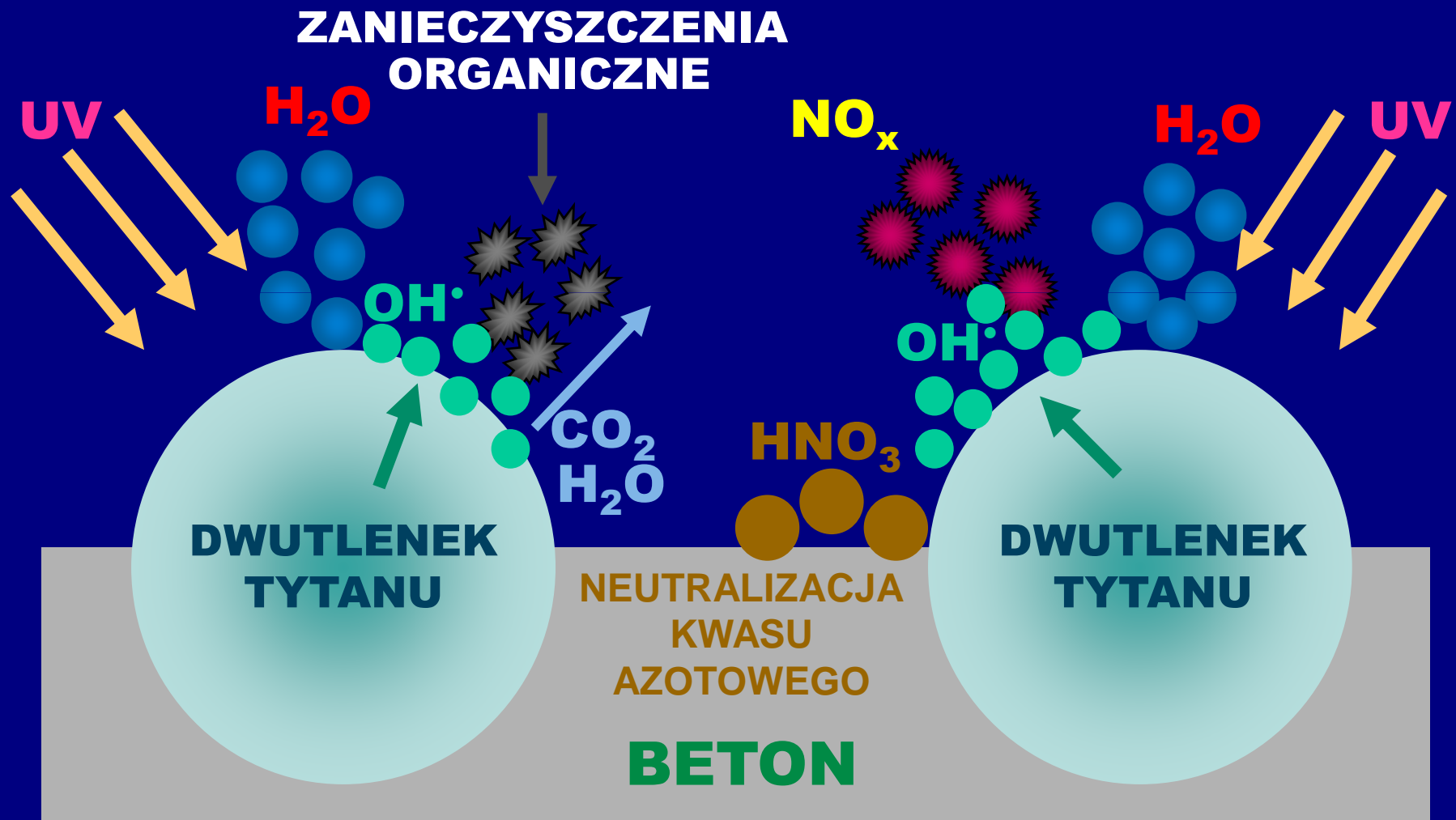
Grubość płyty pomostu: 3,0 cm !!

Rosnące zanieczyszczenie powietrza

- Emisja niebezpiecznych substancji znacznie wzrasta w ostatnich latach!
- Główne źródła zanieczyszczeń powietrza:
 - Silniki samochodowe
 - Instalacje grzewcze
 - Zakłady przemysłowe
- Zanieczyszczenia powietrza główne rodzaje:
 - Pyły
 - **Tlenki azotu (NO_x) → Ozon**
 - Dwutlenek siarki (SO₂)
 - Tlenek węgla (CO)
 - Dwutlenek węgla (CO₂)
 - Lotne substancje organiczne
- Konsekwencje zanieczyszczenia powietrza:
 - w miastach i ich okolicach rosnące zanieczyszczenie powietrza prowadzi do chorób płuc i zwiększa ryzyko globalnych problemów z oddychaniem

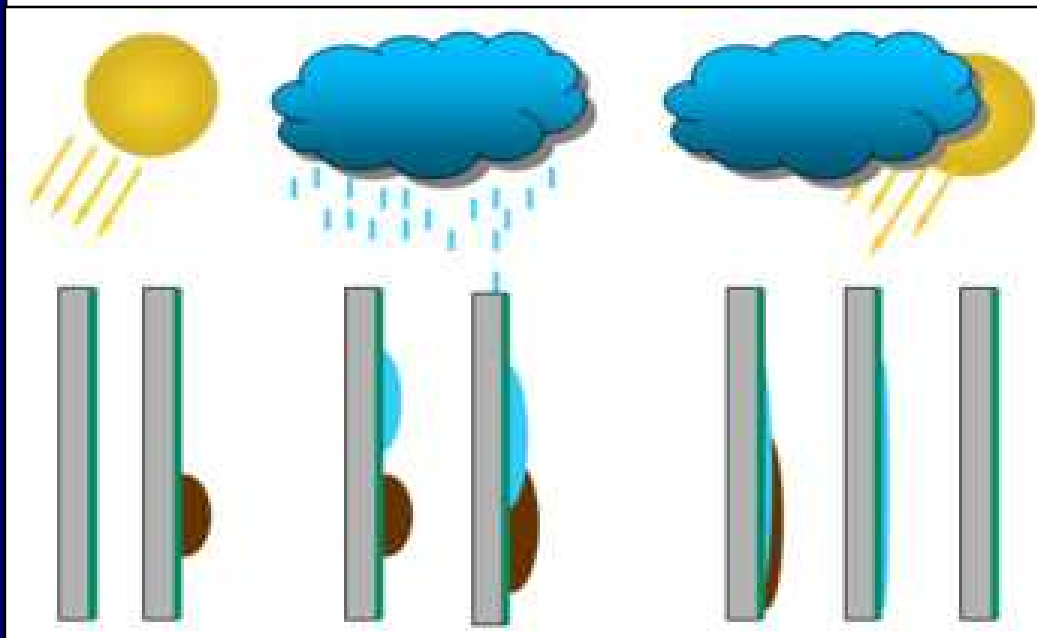


Dezintegracja zanieczyszczeń organicznych i neutralizacja NO_x Nanocement TioCem®



Superhydrofilowe właściwości cementu TioCem®

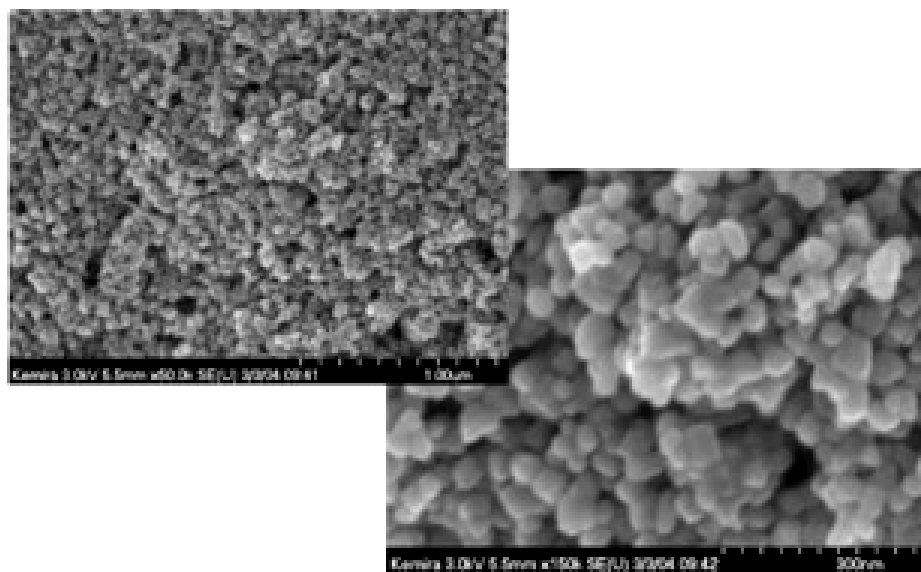
- Kąt zwilżania powierzchni dwutlenku tytanu TiO_2 maleje pod wpływem promieniowania UV niemal do zera
- Woda na powierzchni dwutlenku tytanu nie tworzy kropeł
- Powierzchnia betonu zostaje równomiernie pokryta cienkim filmem wodnym
- Tworzy się płaszczyna poślizgu dla usuwania zanieczyszczeń



*Liść lotosu
samoczyszczenie w naturze*

Właściwości fotokatalityczne nanocementu

- Nanometryczny dwutlenek tytanu TiO_2 - składnik cementu jest fotokatalizatorem
- Fotokatalizator – katalizator wykazujący działanie pod wpływem promieniowania słonecznego UV.
- Fotokatalizator nie ulega zużyciu w trakcie reakcji – jego działanie jest długotrwałe, praktycznie nieskończone
- **Nano** - przedrostek jednostki miary oznaczający mnożnik 10^{-9} $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$



Cement TioCem[®] i technologia Tx Active[®] w wykonywaniu nawierzchni drogowych?



**Redukcja
zanieczyszczeń
powietrza w miejscu
ich powstawania**



**EKOLOGIA
TRWAŁOŚĆ
ESTETYKA**



**Ograniczone
gromadzenie się
brudu**

Przykłady realizacji nawierzchni z fotokatalitycznej kostki brukowej

- nawierzchnia w otoczeniu i na terenie przedszkola w Bietigheim-Bissingen w Niemczech (Badenia-Wirtembergia). Przedszkole jest położone w sąsiedztwie arterii komunikacyjnej, stąd decyzja o wykonaniu nawierzchni fotokatalitycznej chroniącej zdrowie przebywających w przedszkolu dzieci.



Redukcja tlenków azotu NO_x – stosowanie aktywnych fotokatalitycznie powierzchni betonu

Praktyczne zastosowanie dwutlenku tytanu TiO_2 do redukcji tlenków NO_x nawierzchnia z kostki brukowej "Via Borgo Palazzo" w Bergamo



Source: C.L. Guerrini et al., RILEM Symposium in Florence (2007)



Przykłady realizacji nawierzchni z fotokatalitycznej kostki brukowej

- Nawierzchnia chodnika i ścieżki rowerowej w Zielonej Górze
PIERWSZE ZASTOSOWANIE FOTOKATALITYCZNEJ KOSTKI BRUKOWEJ
W POLSCE

- „bariera” przed spalinami samochodowymi,

- poprawa jakości powietrza w strefie przebywania ludzi

- ułatwione utrzymanie czystości nawierzchni chodnika i ścieżki



Redukcja zanieczyszczeń powietrza – przyszłość???



Zdanie na podsumowanie



Beton jest technicznie i ekonomicznie uzasadnioną alternatywą dla nawierzchni polskich dróg!

Dziękuję za uwagę

Zbigniew Giergiczny
Politechnika Śląska; Góraźdże Cement S.A.