

Wpływ nawierzchni drogowych na hałas środowiska w otoczeniu drogi

Prof. dr hab. inż. Dariusz Sybilski

Instytut Badawczy Dróg i Mostów

d.sybilski@ibdim.edu.pl

O czym opowiem

- Problem hałasu drogowego
- Metody redukcji hałasu w otoczeniu drogi
- Ciche nawierzchnie drogowe
- Inne aspekty ochrony środowiska

Problem hałasu w Europie

- 55 dB(A) - dźwięk nieprzyjemny
- 65 dB(A) - dźwięk nie do zniesienia, np. poważne zakłócenia snu
- 80 mln Europejczyków cierpi wskutek niedopuszczalnego natężenia hałasu
- 170 milionów Europejczyków żyje w „szarej strefie” dokuczliwości hałasu
- 38 mld euro rocznie - szkody ekonomiczne z powodu hałasu w UE (zakłócenia snu, utrata efektywności pracy, spadek wartości nieruchomości)

Hałas

- Każdy dźwięk, niezależnie od jego sposobu powstawania, głośności i czasu trwania, który powoduje dyskomfort psychiczny lub jest odczuwany jako uciążliwość

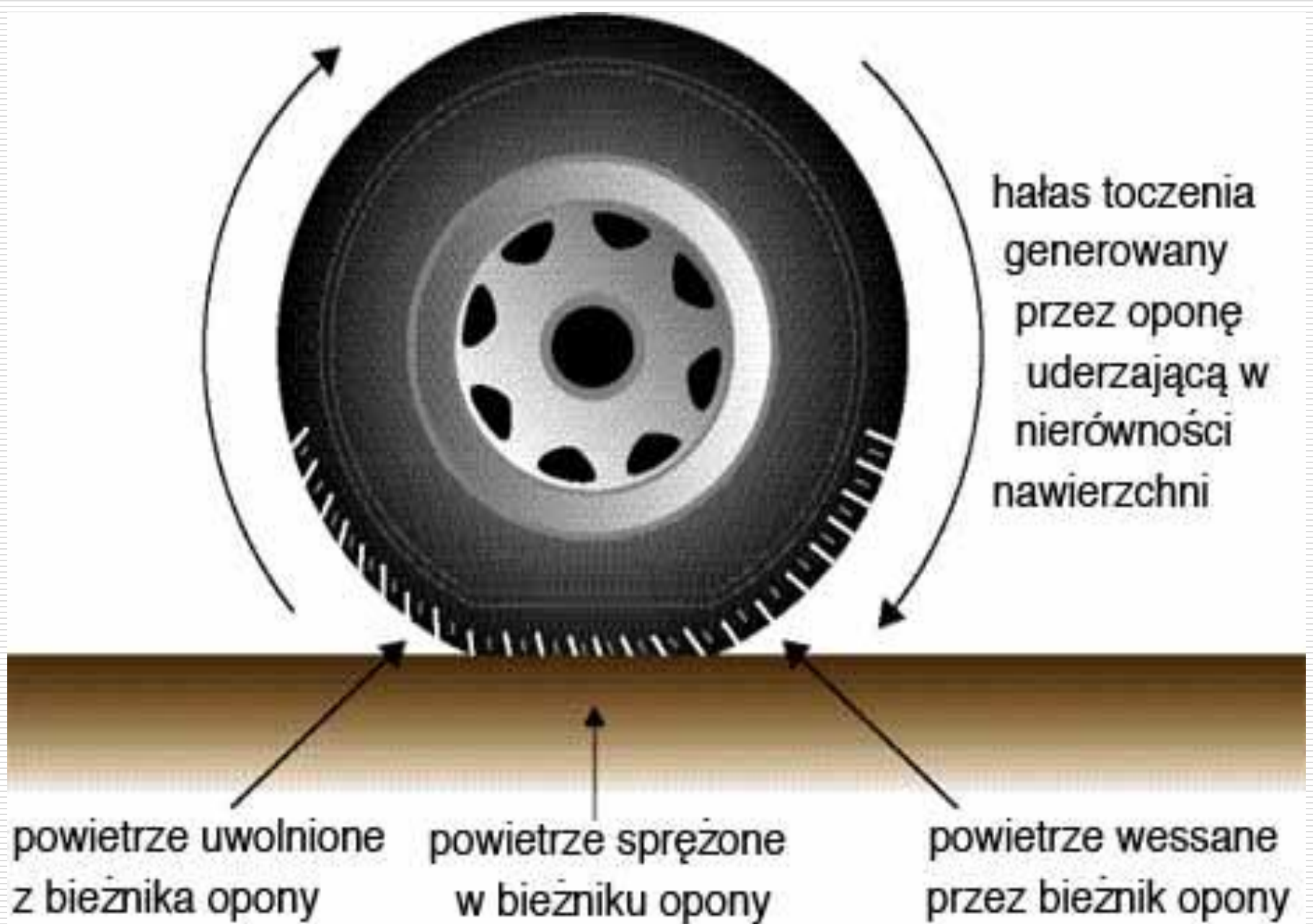
Metody zmniejszenia hałasu ruchu pojazdów

- Zmniejszenie natężenia ruchu
- Ograniczenie prędkości ruchu
 - Graniczna prędkość 55 km/h, samochody
- Ściany dźwiękochłonne
- Ciche nawierzchnie
 - Asfalt porowaty
 - Dwuwarstwowe nawierzchnie porowate
 - Droбноziarnista mieszanka o nieciągłym uziarnieniu (SMA, BBTM)
 - Mieszanka modyfikowana gumą

Hałas drogowy

Przyczyny

- Interakcja opona-nawierzchnia
- Dźwięki pojazdu
 - Silnik
 - System napędowy
 - System wydechowy



Hałas drogowy

- Kontakt opony z nawierzchnią jest głównym źródłem hałasu
 - większości samochodów przy prędkości powyżej 55 km/h
 - samochodów ciężarowych przy prędkości powyżej 70 km/h

Hałas drogowy

□ Powstawanie hałasu:

- Zwiększenie szerokości opony o 10 mm powoduje wzrost hałasu od 0,2 do 0,4 dB(A)
- Szorstkość nawierzchni – również bardzo gładkie nawierzchnie mogą być powodem powstawania hałasu
- Szybkie tłoczenie i rozprężanie powietrza w miejscu kontaktu opony z nawierzchnią

Rozporządzenie Ministra Środowiska, 1.10.2012 (29.07.2004)

- Rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku określa m.in. dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku powodowanego przez drogi lub linie kolejowe oraz określa rodzaje terenów, które podlegają ochronie przed hałasem
- Wartości określone dla dróg i linii kolejowych stosuje się także dla torowisk tramwajowych poza pasem drogowym i kolei linowych

Przeznaczenie terenu	Dopuszczalny poziom hałasu wyrażony równoważnym poziomem dźwięku A w dB dla dróg lub linii kolejowych	
	pora dnia – 16 h	pora nocy – 8 h
a) Obszary A ochrony uzdrowiskowej b) Tereny szpitali poza miastem	52 (50)	47 (45)
a) Tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej b) Tereny zabudowy związanej ze stałym lub wielogodzinnym pobytem dzieci i młodzieży c) Tereny domów opieki d) Tereny szpitali w miastach	61 (55)	56 (50)
a) Tereny zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej i zamieszkania zbiorowego b) Tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej z usługami rzemieślniczymi c) Tereny rekreacyjno-wypoczynkowe poza miastem d) Tereny zabudowy zagrodowej	65 (60)	56 (50)
Tereny w strefie śródmiejskiej miast powyżej 100 tys. mieszkańców ze zwartą zabudową mieszkaniową i koncentracją obiektów administracyjnych, handlowych i usługowych	65 (65)	58 (55)

Przykłady dopuszczalnego poziomu dźwięku w środowisku w różnych krajach UE

Kraj	Wskaźnik	Wartość dopuszczalna w porze dziennej
Austria	$L_{A,eq}$	50-55
Dania	$L_{A,eq, 24h}$	55
Francja	$L_{A,eq}$	60-65
Hiszpania	$L_{A,eq}$	60
Holandia	$L_{A,eq}$	50
Niemcy	L_r	50-55
Szwajcaria	L_r	55
Szwecja	$L_{A,eq, 24h}$	55
Wielka Brytania	$L_{A,eq}$	55

Przegrody Akustyczne: Ekrany dźwiękochłonne



Przegrody Akustyczne: Przekrycia akustyczne



Przegrody akustyczne: Wały ziemne i przekopy



Przegrody akustyczne: Zieleń izolacyjna



Przegrody akustyczne: Projektowanie budynków



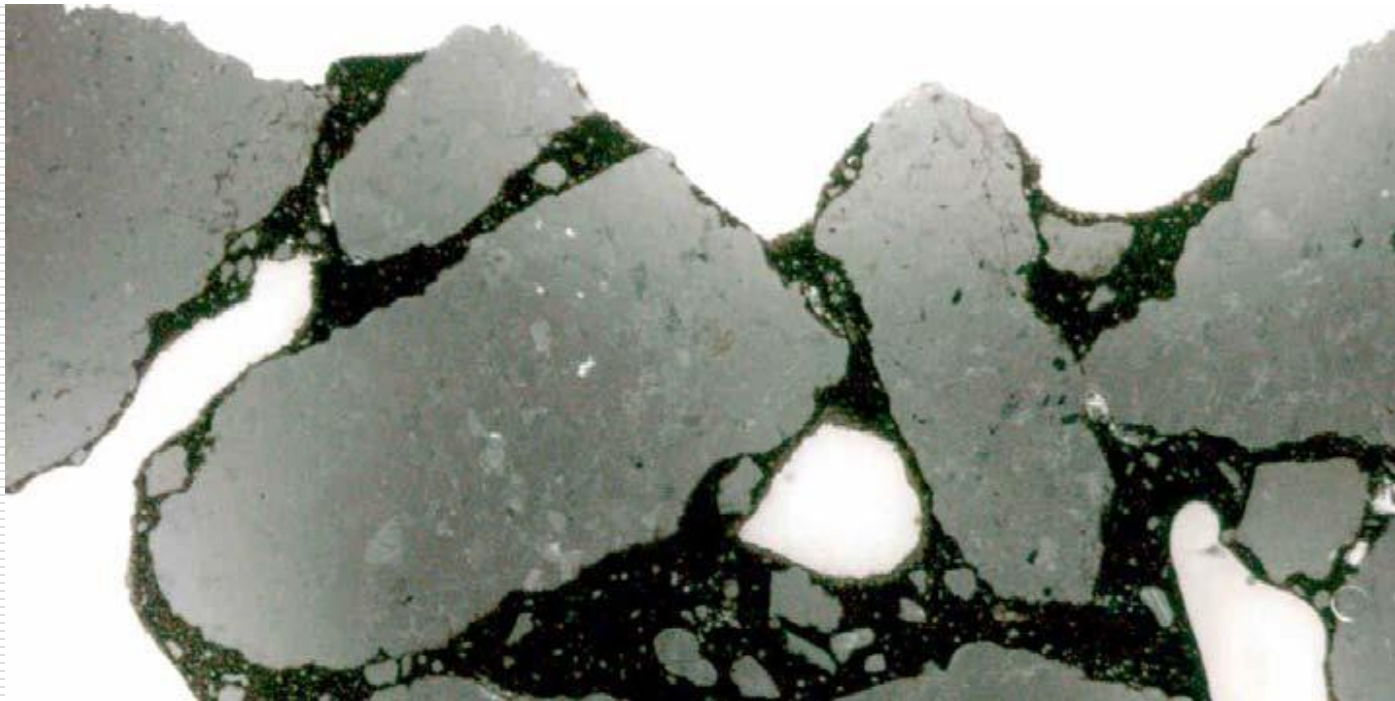
To nie jest cicha nawierzchnia!! 😊!!



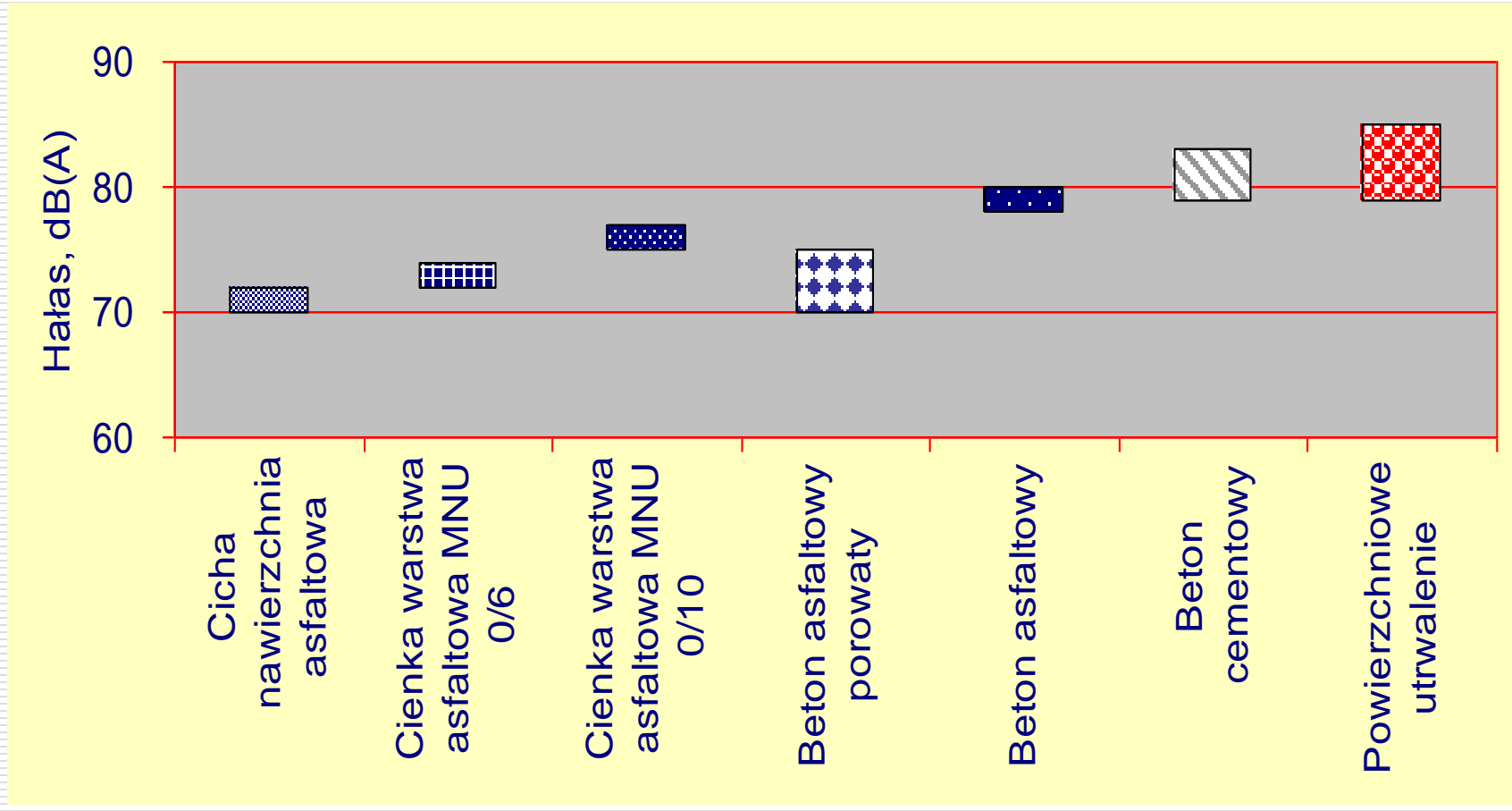
Asfalt porowaty



Asfalt porowaty

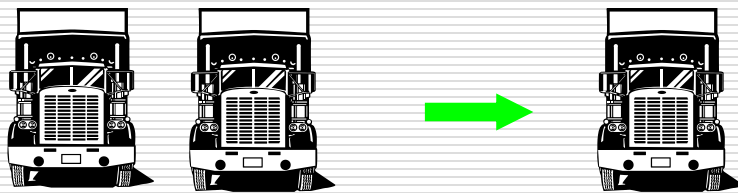


Hałaśliwość: wpływ nawierzchni



Asfalt porowaty

Zmniejszenie hałasu o 3 dB(A) jest równoważne:



lub

100 km/h → 80 km/h

Cicha
nawierzchnia
jest równoważna
ścianie
dźwiękochłonnej

Asfalt porowaty

- Zwiększenie zawartości wolnych przestrzeni w asfalcie porowatym z 15-18 % v/v do co najmniej 22 % v/v pozwala na redukcję hałasu samochodów osobowych o około -6,5 dB (A) i ciężarowych o około -4,5 dB (A)
- Układ dwuwarstwowy – zmniejszenie hałasu drogowego o 8-10 dB(A)
- **Uwaga:** warstwa nawierzchni (podłoże) pod asfaltem porowatym **musi być uszczelniona** membraną asfaltową
 - skropienie asfaltem 2-3 kg/m² lub
 - rolowa membrana asfaltowa zbrojona siatką szklaną

Ciche nawierzchnie - możliwości stosowania w Polsce

Asfalt porowaty:

- Trudniejsze zimowe utrzymanie
- Mniejsza trwałość (średnio 8 lat, szczelna warstwa 10 lat)

Ciche nawierzchnie - możliwości stosowania w Polsce

Asfalt porowaty:

Układ dwuwarstwowy

- Większa efektywność (zmniejszenie hałasu nawet o 10 dB(A))
- Mniejsze problemy zimowego utrzymania
- Lepsze odwodnienie
- Mniejsze zanieczyszczenie

Ciche nawierzchnie - możliwości stosowania w Polsce

- Szczelne mieszanki o nieciąglym uziarnieniu, np. SMA 5, SMA 8, BBTM 8
- Mieszanki z dodatkiem gumy

Ciche nawierzchnie modyfikowane gumą - historia

- ❑ 1823: Hancock, Wielka Brytania, pierwszy patent na lepiszcze asfaltowe modyfikowane kauczukiem naturalnym
- ❑ 1844: pierwsze zastosowanie w Europie, nawierzchnia z kauczukiem naturalnym jako modyfikatorem asfaltu przed kasynem gry w Nicei
- ❑ XX wiek - rozwój przemysłu samochodowego w USA, problem zagospodarowania zużytych opon samochodowych
- ❑ Rok 1948: Akron, Ohio, USA, pierwsza nawierzchnia z zastosowaniem lepiszcza gumowo-asfaltowego
- ❑ Akron - siedziba największego wówczas producenta opon samochodowych firmy Goodyear, Firestone & General Tire
- ❑ Akron - “Światowa Stolica Gumy” (“Rubber Capital of the World”), produkcja gumy syntetycznej podstawą bogactwa tego miasta
- ❑ Nawierzchnia z 1948 r. dotrwała do 1959 r.

Ciche nawierzchnie modyfikowane gumą - historia

- ❑ Lata 1960-te: istotna zmiana
- ❑ Charles McDonald w Phoenix, Arizona, USA opracował metodę modyfikacji asfaltu gumą ze zużytych opon samochodowych
- ❑ Początek “metody na mokro”
- ❑ Granulat gumowy mieszany na gorąco z asfaltem
- ❑ Zawartość gumy w asfalcie 20% m/m
- ❑ Szerokie zastosowanie w 40 stanach USA i w wielu krajach świata

Metody modyfikacji gumą

- Metoda na mokro (McDonalda)
- Metoda na mokro terminalowa
- Metoda na sucho

Metoda na mokro (McDonalda lub terminalowa)

- ❑ ASTM: „mieszanka asfaltu i recyklowanej gumy z opon i dodatków, w której zawartość składnika gumowego wynosi co najmniej 15% m/m, a reakcja gumy z gorącym asfaltem powoduje jej spęcznienie”
- ❑ Asfalt mieszany z gumą w specjalnej instalacji w temperaturze 190-225°C w czasie co najmniej 45 minut
- ❑ Chemiczne i fizyczne połączenie składników
- ❑ Zawartość gumy wynosi zwykle od 18 do 22 % m/m
- ❑ W celu zmniejszenia lepkości lepiszcza gumowo-asfaltowego może być dodawany olej petrochemiczny
- ❑ „Dojrzewanie”: po wymieszaniu gumy z asfaltem lepiszcze gumowo-asfaltowe powinno być przechowywane w wysokiej temperaturze w czasie 2 h

Metody na mokro (McDonalda lub terminalowa)

- Złudne podobieństwo obu metod na mokro
- Lepiszczą gumowo-asfaltowe wyraźnie różnią się pod względem jednorodności
- Zastosowanie w metodzie terminalowej drobniejszego granulatu gumowego gwarantuje większą efektywność procesu mieszania i lepszy stopień modyfikacji przy mniejszej ilości dodanej gumy
- Lepiszczą gumowo-asfaltowe w metodzie terminalowej porównywalne z polimeroasfaltami
- Instalacja do metody McDonalda - w wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych
- Instalacja do metody terminalowej - przede wszystkim w rafineriach

Metoda na sucho

- Dodawanie rozdrobnionej gumy bezpośrednio do kruszywa w mieszalniku otaczarki przed dozowaniem asfaltu
- Reakcja gumy z asfaltem jest znikoma
- Granulat gumowy jest składnikiem kruszywa w mieszance
- W Polsce technologia wdrożona przez IBDiM pod nazwą “GUF1”
- Zawartość gumy w mieszance mineralno-asfaltowej wynosi do 3% m/m
- Stosowany jest granulat gumowy o wymiarze 2-5 mm
- Zużycie dużej ilości gumy, przy mniejszych kosztach niż w metodach na mokro
- Mały efekt modyfikacji właściwości fizyko-mechanicznych
- Główny efekt - zmniejszenie hałaśliwości nawierzchni

Arizona, USA



Nevada, USA



Waszyngton, USA



Cicha nawierzchnia z gumą

- Granulat gumowo-asfaltowy – metoda na mokro
- Głównie w warstwie ścieralnej
- Główny cel - zmniejszenie hałasu drogowego
- Doświadczenia światowe wskazują, że dodatek gumy do mieszanki mineralno-asfaltowej w warstwie ścieralnej nawierzchni zmniejsza hałas toczenia kół pojazdów
- Efektywność zmniejszenia hałasu:
 - asfalt porowaty 5-8 dB(A)
 - układ dwuwarstwowy asfaltu porowatego do 10 dB(A)
 - SMA lub BBTM 2-6 dB(A)

Zastosowanie granulatu gumowo-asfaltowego

- ❑ Stosowanie granulatu gumowo-asfaltowego znacznie prostsze niż tradycyjnych metod modyfikacji gumą na mokro
- ❑ Granulat podawany jest bezpośrednio do mieszalnika otaczarki, w którym jest mieszany z kruszywem i asfaltem
- ❑ Mieszanka nie wymaga wydłużonego czasu mieszania i dojrzewania (jak w metodzie na mokro)
- ❑ Guma jest już rozpuszczona w asfalcie będącym składnikiem granulatu
- ❑ Dodany świeży asfalt jednorodnie i szybko miesza się z granulem (asfaltem modyfikowanym gumą)

PROJEKT „CICHE NAWIERZCHNIE” – SIERPIEŃ 2010r.

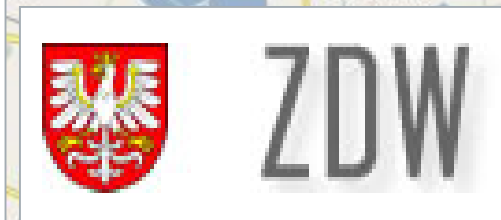
LOKALIZACJA ODCINKÓW NA DW 780 KRAKÓW – CHEŁMEK / PARTNERZY

Łączna długość realizowanego zadania 14,7 km

34+400 - 38+450 Zadanie III

9+028 - 15+100 Zadanie I

18+730 - 23+300 Zadanie II



STRABAG

**POLSKI
ASFALT**

Rubbertec®

TPA



TPA

PROJEKT „CICHE NAWIERZCHNIE” - 2010r.

PRZYJĘTE DO REALIZACJI RODZAJE MM-A

■ ASFALT POROWATY PA 8

- Długość odcinka 554 mb
- Grubość w-wy 4,0 cm
- Vmin18 – Vmax24



z dodatkiem tecRoad

■ BETON ASFALTOWY DO CIENKICH WARSTW BBTM 8

- Długość odcinka 722 mb
- Grubość w-wy 3,0 cm
- Vmin7 – Vmax10

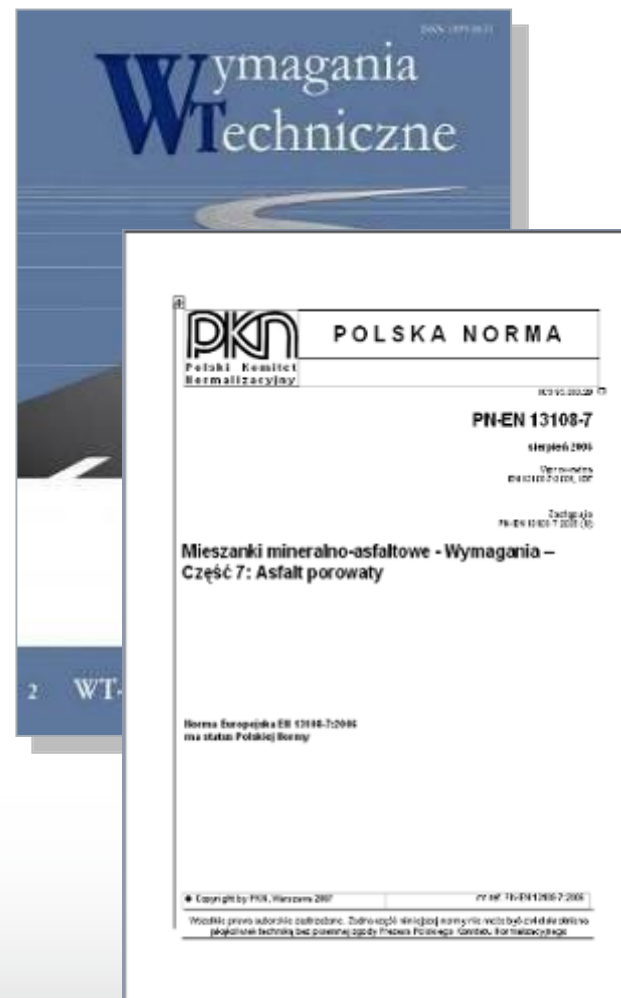


z dodatkiem tecRoad

■ MIESZANKA SMA 5

- Długość odcinka 600 mb
- Grubość w-wy 2,5 cm
- Vmin2 – Vmax4

■ MIESZANKA SMA 11 oraz BETON ASFALTOWY 12,8



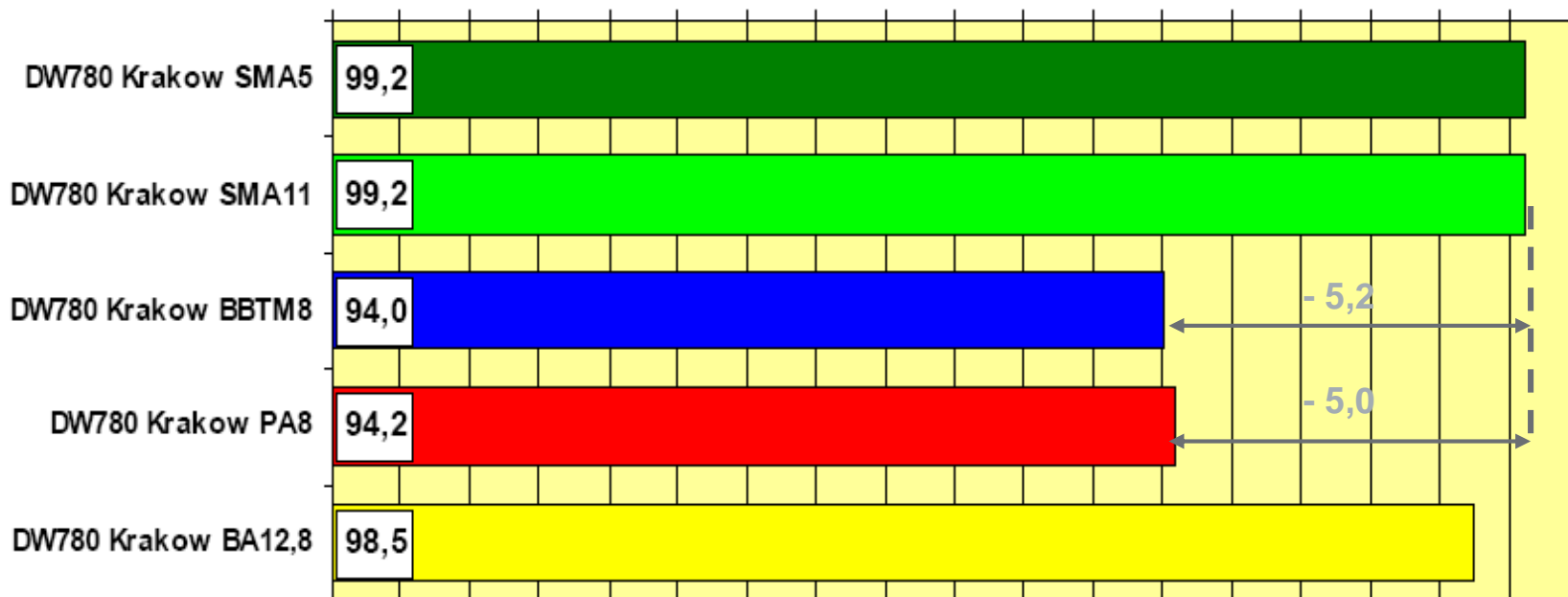
POMIARY HAŁASU NA DW 780

BADANIE METODĄ CPX PO WYKONANIU W 2010R.

80 km/h

CPXI [dB(A)]

82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100



Warszawa, ul. Górczewska



Warszawa, ul. Górczewska



Mieszanki mineralno-gumowo-asfaltowe

- Właściwości nawierzchni z asfaltem modyfikowanym gumą (tecRoad) są równorzędne z nawierzchniami z asfaltem modyfikowanym polimerem
- Metoda modyfikacji mieszanki mineralno-asfaltowej gumą na mokro (modyfikacja asfaltu lub dodatek granulatu gumowo-asfaltowego) poprawia właściwości nawierzchni:
 - odporność na deformacje trwałe w wysokiej temperaturze
 - właściwości reologiczne lepsza (moduł zespolony i kąt przesunięcia fazowego)
 - odporność na pękanie niskotemperaturowe
 - odporność na działanie wody
- Dodatkowa warstwa przeciwspekaniowa SAMI (Stress Absorbing Membrane Interlayer) modyfikowana gumę
- Pierwsze zastosowanie na ulicy Spacerowej w Warszawie

Inne aspekty ochrony środowiska

- Nawierzchnie fotokatalityczne
- Nawierzchnie chłodzące
- Budowa dróg z uwzględnieniem ochrony przyrody i zwierząt
 - Wiadukty dla dużych zwierząt
 - Tunele (kanały) dla małych zwierząt, np. żab

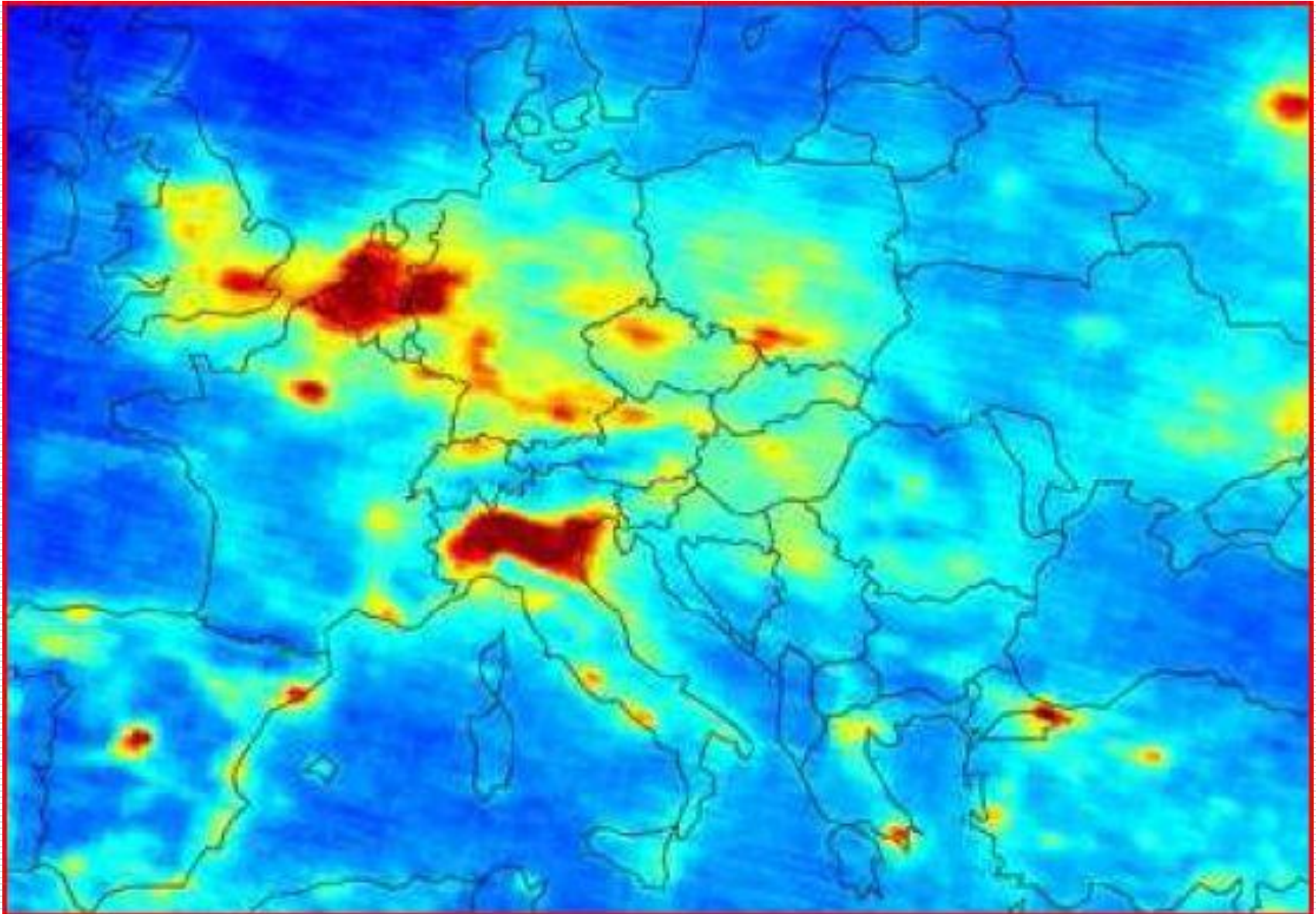
Nawierzchnie fotokatalityczne

- ❑ Idea użycia TiO_2 jako fotokatalizatora zgłoszona przez japońskich badaczy Fujishima i Honda w 1972
- ❑ Hydroliza wody na tlen i wodór w obecności światła wykorzystując anodę z TiO_2 w komorze fotochemicznej
- ❑ W latach 1980-tych uzyskano rozkład organicznych zanieczyszczeń wody przez dodatek TiO_2 pod wpływem światła UV

Nawierzchnie fotokatalityczne

- Pierwsze zastosowanie TiO_2 w Japonii w 1996: oczyszczanie powietrza
- Obecne zastosowania:
 - oczyszczanie wody i powietrza (klimatyzacja)
 - samooczyszczające szyby
 - samooczyszczające (antybakteryjne) płytki ceramiczne
 - tkaniny (antyzapachowe),
 - lustra niezaparowujące (anty kondensacyjne)
 - itd.

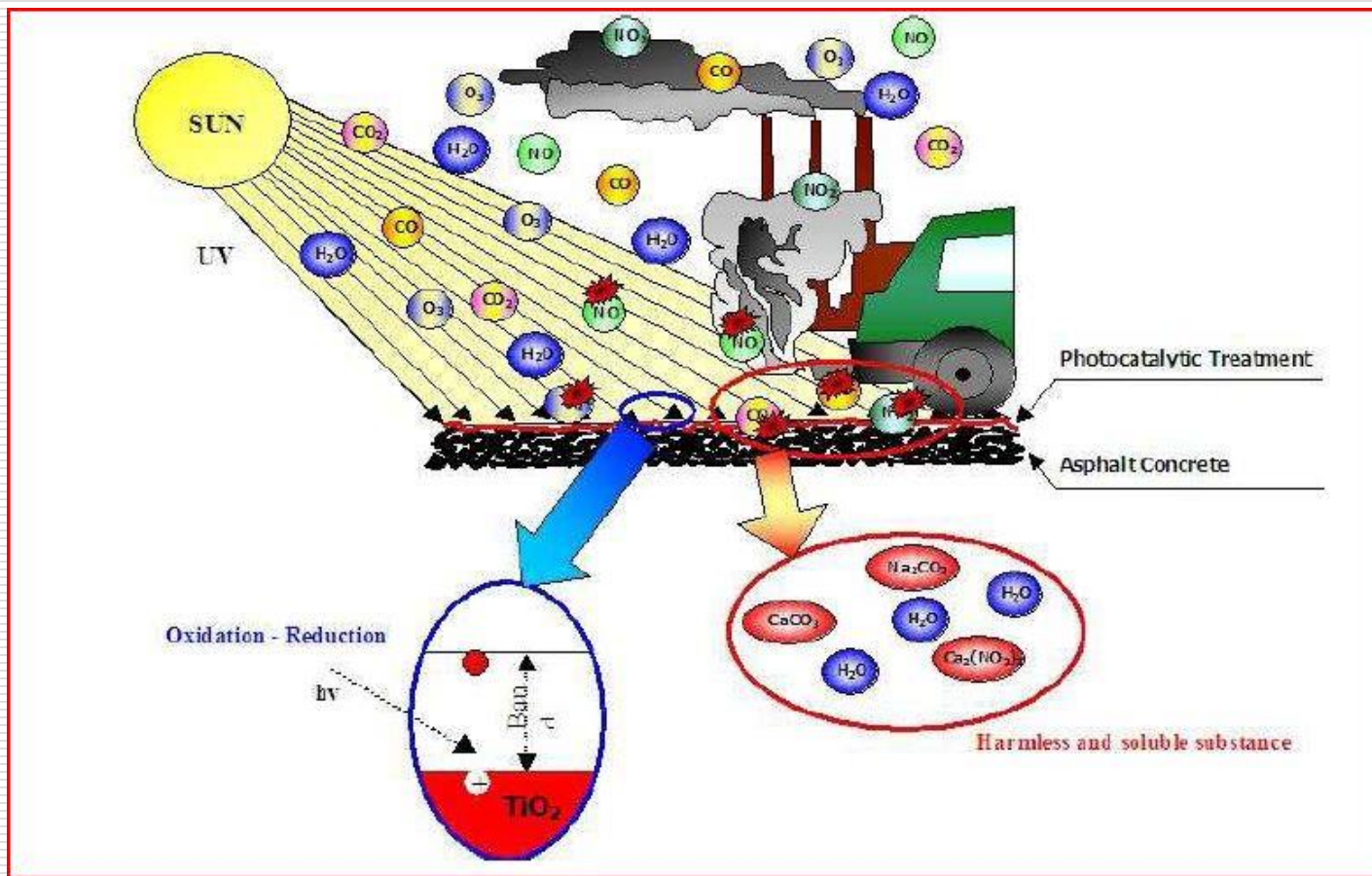
Obszary zanieczyszczone w Europie



Główne źródła zanieczyszczeń powietrza

- Ruch pojazdów (NO ; NO_2 ; CO ; CO_2 ; PM_{10} – pył zawieszony)
- Ogrzewanie termoelektryczne (SO_2)
- Rolnictwo i hodowla zwierząt (NH_3 - amoniak; CH_4 – metan)
- Rozpuszczalniki (VOC Volatile Organic Compound – Lotne Związki Organiczne)

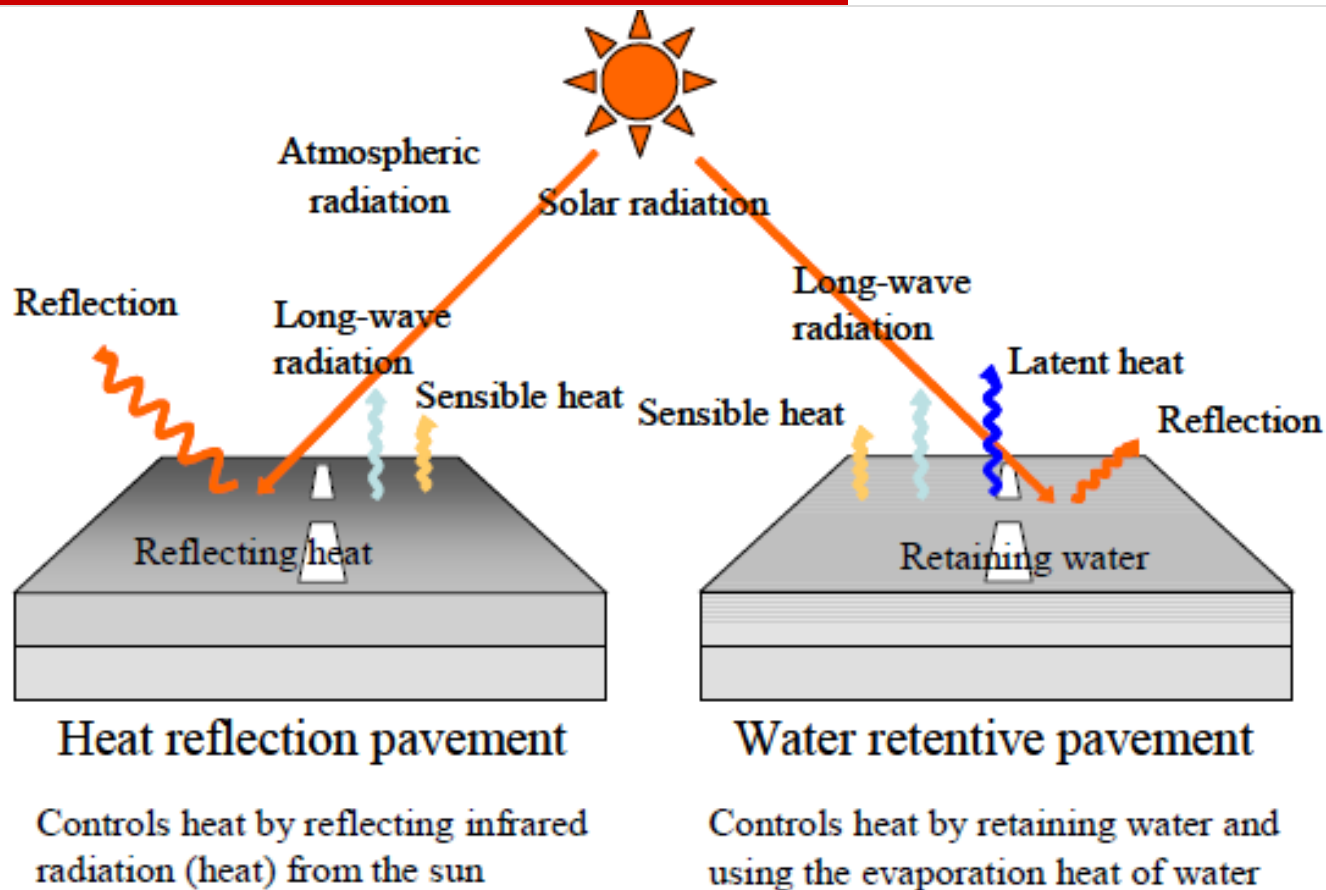
Proces fotokatalityczny – substancje szkodliwe przetworzone w rozpuszczalne i nieszkodliwe



Odcinek testowy w Monza, Włochy



Nawierzchnie chłodzące: Japonia

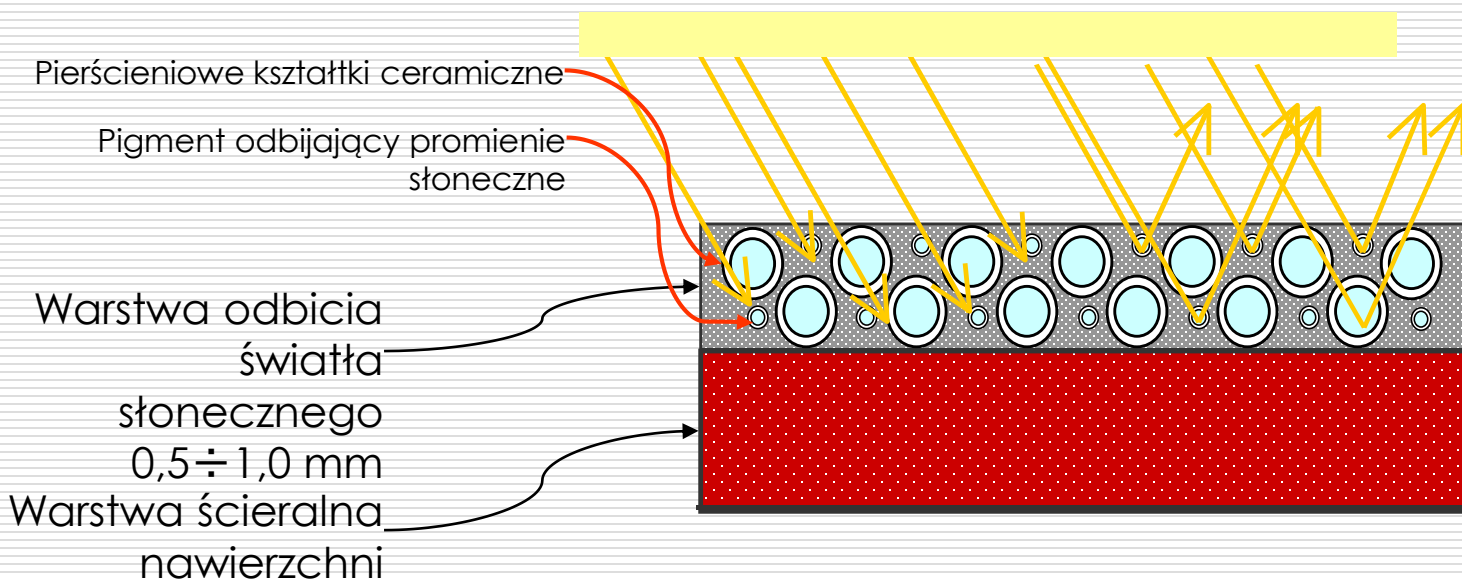


Nawierzchnia refleksyjna promieniowania podczerwonego

Promieniowanie słoneczne

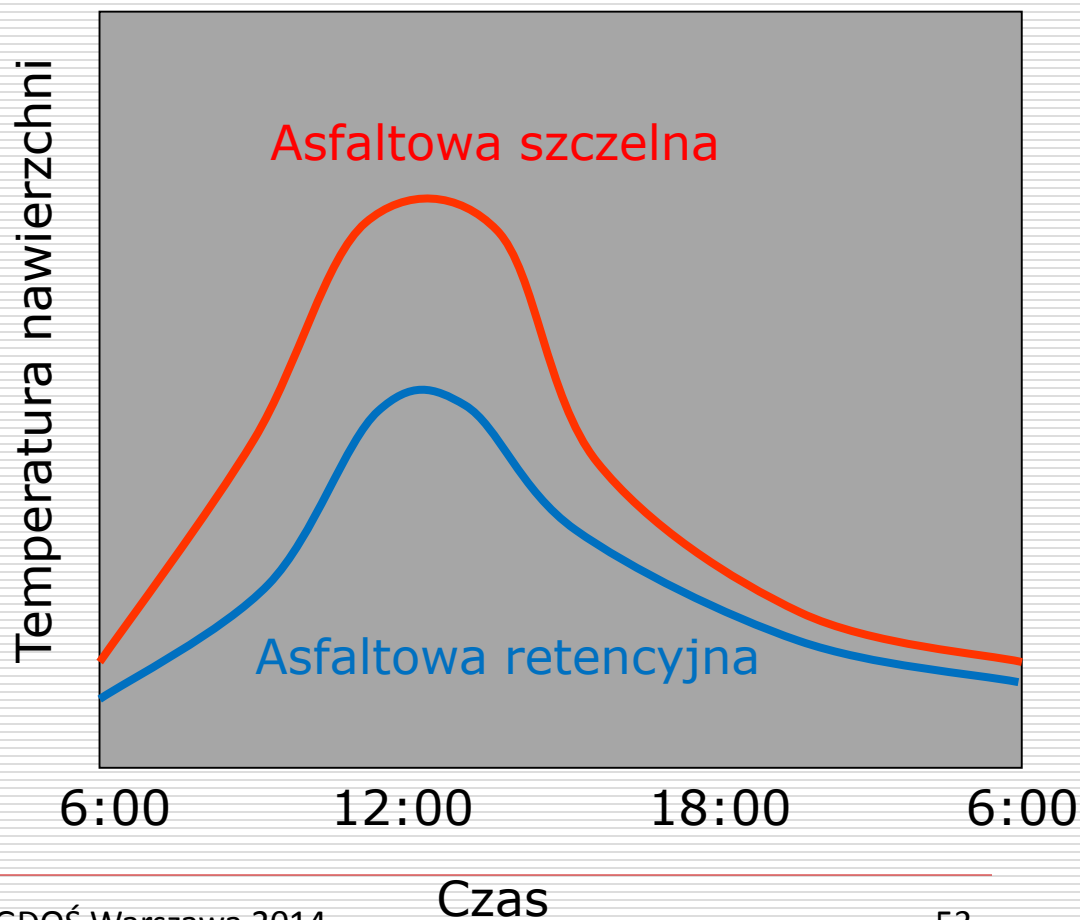
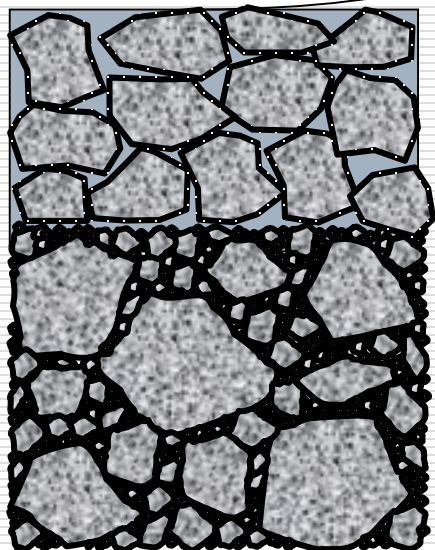
Odbicie i absorpcja światła widzialnego

Odbicie światła podczerwonego

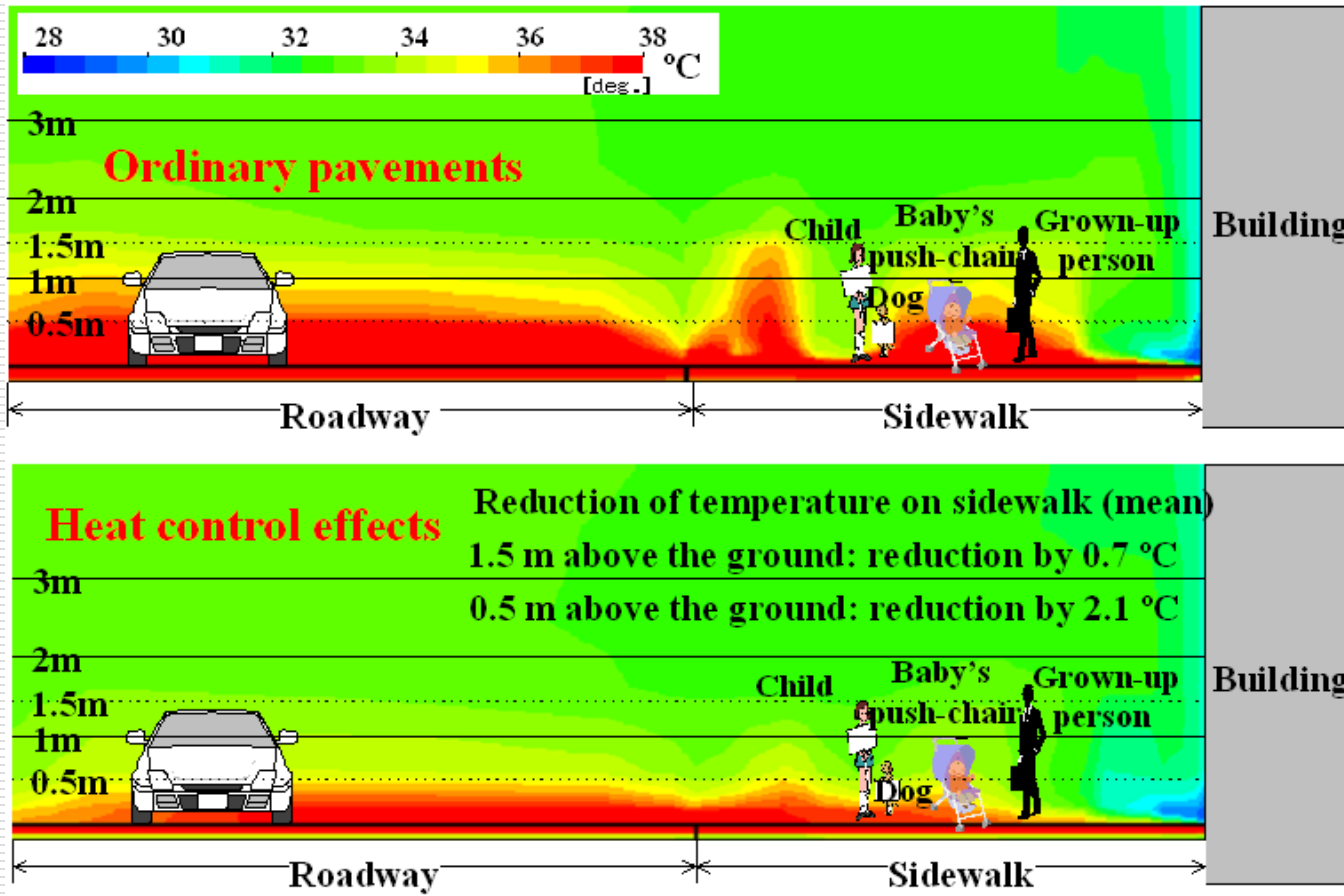


Nawierzchnia – zbiornik retencyjny wody

Woda w porach nawierzchni



Nawierzchnia drogowa schładzająca powietrze



Wnioski

- ❑ Konieczna jest weryfikacja wymagań dopuszczalnego poziomu hałasu drogowego i kolejowego oraz metodyki pomiarów
- ❑ Cicha nawierzchnia zmniejsza koszty budowy przegród akustycznych
- ❑ Zastosowanie asfaltu porowatego, zwłaszcza dwuwarstwowego, jest najbardziej skuteczną metodą redukcji hałasu
- ❑ Modyfikacja nawierzchni gumą zmniejsza poziom hałasu drogowego o około 3 dB(A)
- ❑ Stosowanie granulatu gumowo-asfaltowego jest prostą metodą produkcji mieszanki mineralno-gumowo-asfaltowej do cichej nawierzchni
- ❑ Potrzeba wprowadzenia nawierzchni drogowych redukujących emisję substancji szkodliwych oraz chłodzących



Dziękuję za uwagę