



## FOTOCATALISI E SOSTENIBILITÀ URBANA



10 giugno 2026



10:00 - 13:00



Palazzo Castiglioni  
C.so Venezia 47 Milano

# Pavimentazioni ed infrastrutture fotocatalitiche

## Prof. Maurizio Crispino

Professore Ordinario di *Costruzione di Strade, Ferrovie ed Aeroporti* nel Politecnico di Milano

Membro Esperto del *Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici*

Coordinatore Mondiale dello *Strategic Theme 4 Resilient Infrastructures* della World Road Association/PIARC

Presidente della Sottocommissione Nazionale dell'UNI "*Materiali Stradali*"

Presidente del Comitato "*Pavimentazioni*" della World Road Association/PIARC



## Ambiti di applicazione

La tecnologia può essere applicata a numerosi elementi delle infrastrutture:

- pavimentazioni stradali e pedonali;
- cunette e sistemi di drenaggio;
- barriere di sicurezza;
- gallerie;
- ponti e muri di sostegno;
- segnaletica orizzontale e verticale;
- edifici e facciate;
- pannelli fotovoltaici.

**L'efficacia è particolarmente interessante nelle aree urbane, periurbane e lungo le arterie ad elevato traffico, dove la concentrazione di inquinanti tende a essere più elevata.**



Le pavimentazioni fotocatalitiche devono essere in grado di:

- ridurre la concentrazione degli inquinanti atmosferici nell'aria
- **garantire l'aderenza tra pneumatici e pavimentazione (sicurezza stradale)**
- **preservare e mantenere le caratteristiche funzionali e strutturali della pavimentazione esistente (ad esempio: permeabilità, colore e capacità portante)**



## Criteri di progettazione

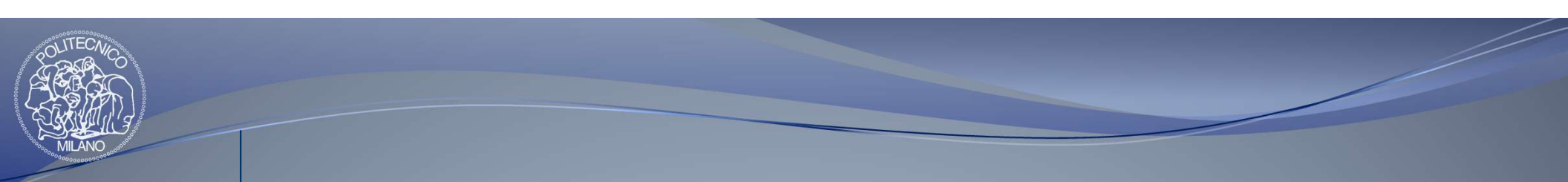
Per garantire l'efficacia del trattamento fotocatalitico, sono raccomandate una serie di analisi preliminari:

- verifica della certificazione del prodotto;
- identificazione delle principali fonti di inquinamento;
- analisi delle condizioni climatiche locali (irraggiamento, umidità, temperatura, precipitazioni);
- valutazione della morfologia e della topografia dell'area;
- definizione chiara degli obiettivi dell'intervento;
- verifica dello stato del supporto da trattare.



## Tecniche possibili

- **Applicazioni in situ**, realizzate direttamente sull'infrastruttura esistente:
  - microemulsioni acquose;
  - vernici e coating fotocatalitici;
  - boiacche cementizie percolate.
- **Applicazioni industriali**, nelle quali il materiale fotocatalitico viene incorporato durante la produzione di elementi prefabbricati in calcestruzzo, come masselli e lastre.



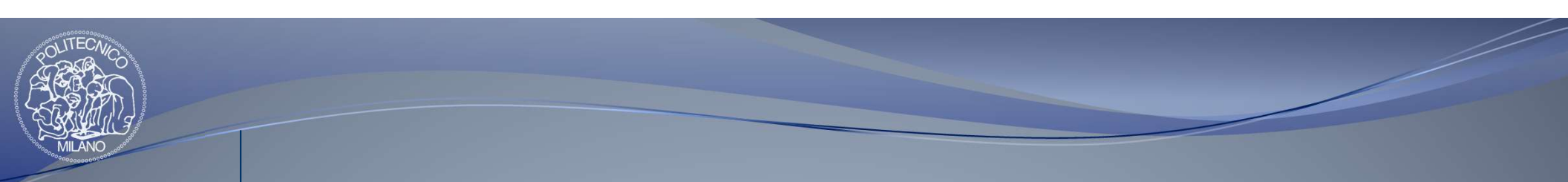
Photocalytic cement blocks pavements



Photocalytic pavements combining asphalt and cement



Bituminous pavement sprayed with photocalytic emulsions



PHOTOCATALYTIC CEMENT  
BLOCK



High Porous Photocatalytic Layer

Lower Cement Layer

## *CASE STUDIES*



Roundabout – Palazzolo  
sull’Oglio (BS)



ZONE 30 – Cornaredo (MI)



Via Borgo Palazzo (BG)



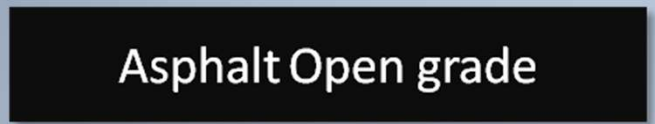
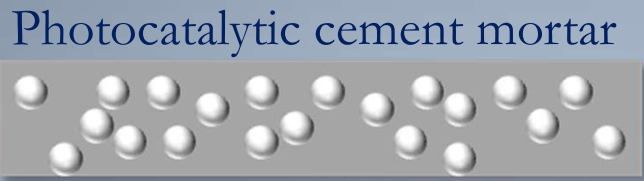
**ATTENTION: NEW TECHNOLOGIES SOMETIME  
RISK TO FAIL FOR OTHER REASONS.....**



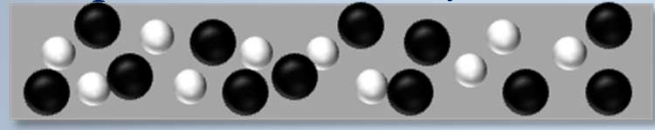


# Photocatalytic Pavement Combining Asphalt and Cement Mortars

The titanium dioxide is **INSIDE** the cement mix and poured into the asphalt layer



Composite Photocatalytic Pavement



## DIFFERENT CONSTRUCTION METHODS



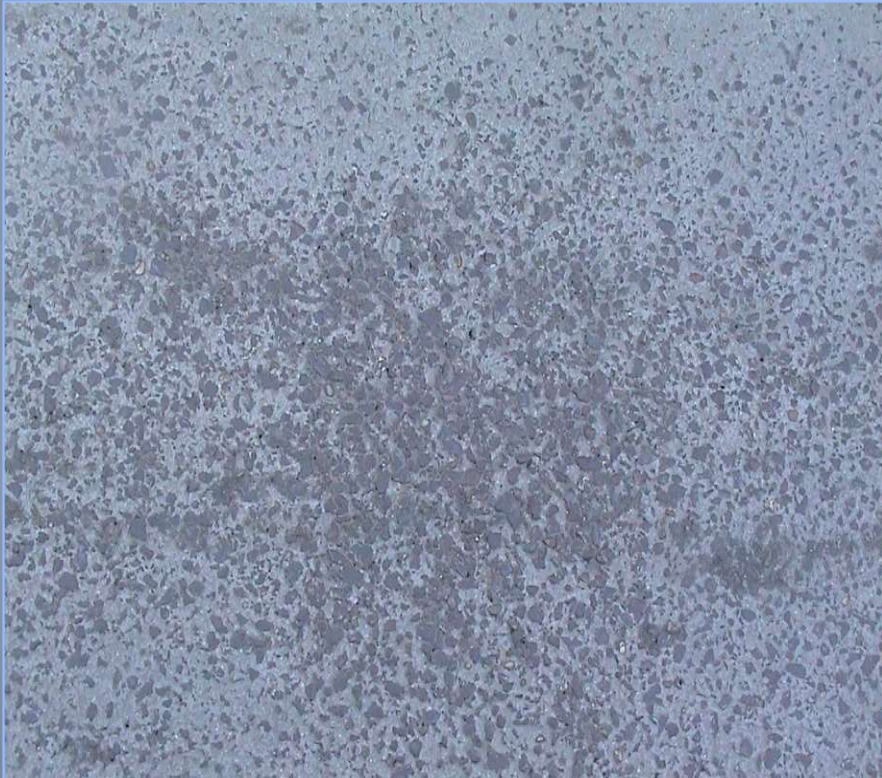
The mortar is applied on the surface forming a thin covering

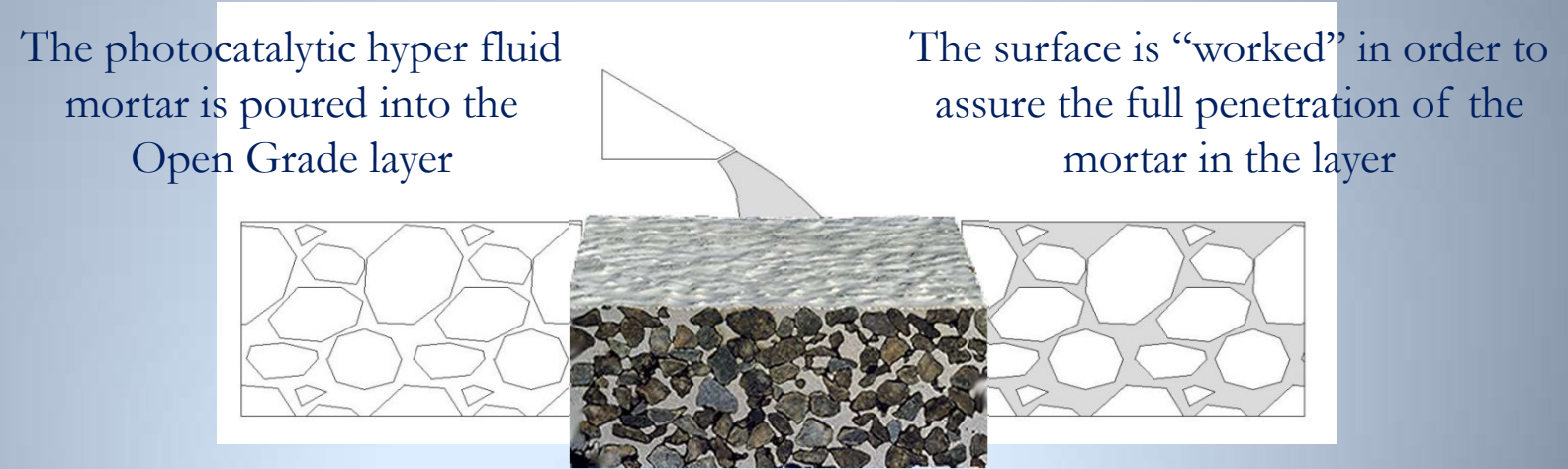
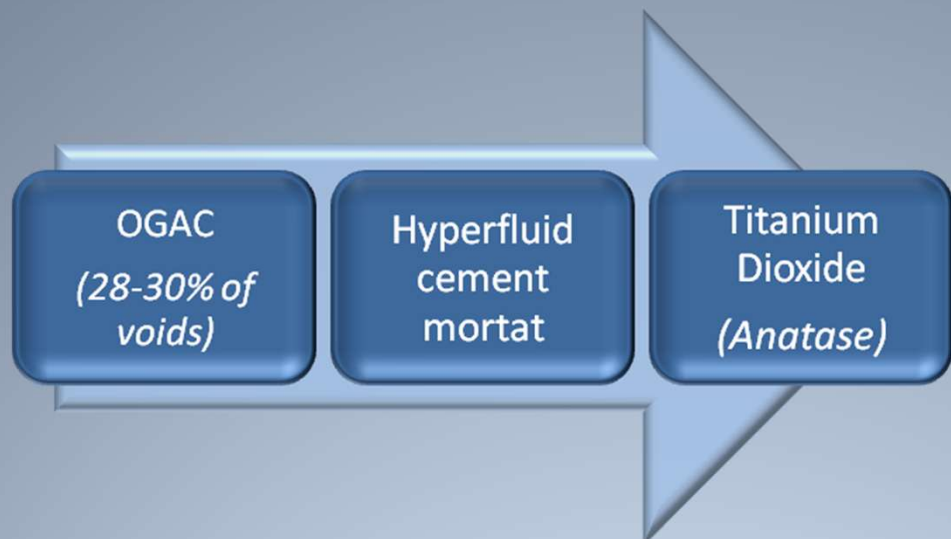
The mortar is applied on an Open grade layer, filling up its voids for a depth of 1-2 cm

The mortar is poured into the Open grade layer, filling up all voids for its whole thickness

# Photocatalytic Pavement Combining Asphalt and Cement Mortars:

## THIN LAYER (PROBLEMS)





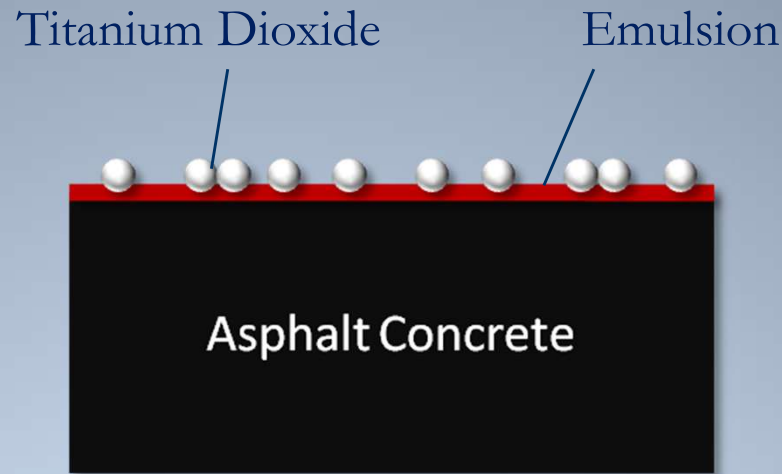
The result is a composite material combining asphalt and photocatalytic mortar

# Bituminous Cementitious Pavement in Malpensa Airport



# Bituminous Pavement Sprayed with Photocatalytic

The titanium dioxide is mixed together with the **emulsion** then sprayed on the asphalt layer surface



Fonte: Impresa Bacchi - Milano





## LAYING METHODS

- **COLD METHOD** on already existing pavements, new or suitably cleaned
- **HOT METHOD** made directly after the asphalt laying- phase

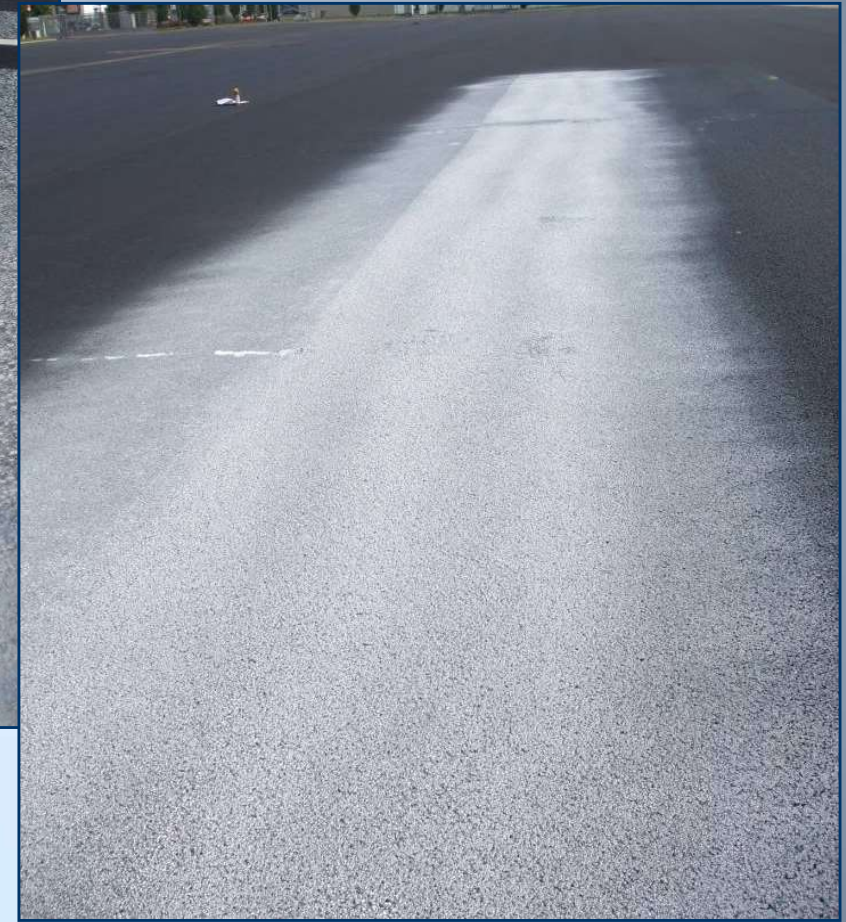
# Bituminous Pavement Sprayed with Photocatalytic

## “HOT” APPLICATION



# Bituminous Pavement Sprayed with Photocatalytic

## “COLD” APPLICATION



Fonte: Impresa Bacchi - Milano



# Bituminous Pavement Sprayed with Photocatalytic

## CASE STUDY 1: Auto-Park in Milan

Area: 4000 m<sup>2</sup>

NO<sub>x</sub> Reduction: **49%\***



Fonte: Impresa Bacchi - Milano

\* Conditions Test: gas flux=1.5 l/min radiant flux=20W/m<sup>2</sup>



# Bituminous Pavement Sprayed with Photocatalytic

## *CASE STUDY 2: Highway Forlì-Cesena*

Area: 2500 m<sup>2</sup>

NO<sub>x</sub> Reduction: **46%** \*



Fonte: Impresa Bacchi - Milano

\* Conditions Test: gas flux=1.5 l/min radiant flux=20W/m<sup>2</sup>

## CASE STUDY 3: Urban Road in Cantù and Monza

GPP: Glass Photocatalytic Pavement

NO<sub>x</sub> Reduction: **50%\***





# Bituminous Pavement Sprayed with Photocatalytic

## CASE STUDY 4: Urban Road in Ferrara

Area: 13000 m<sup>2</sup>

NO<sub>x</sub> Reduction: **42%** \*



Fonte: Impresa Bacchi - Milano

\* Conditions Test: gas flux=1.5 l/min radiant flux=20W/m<sup>2</sup>



# Bituminous Pavement Sprayed with Photocatalytic

## CASE STUDY 5: Gallery in Milan

Area: 11000 m<sup>2</sup>

NO<sub>x</sub> Reduction: **46%** \*



Fonte: Impresa Bacchi - Milano

\* Conditions Test: gas flux=1.5 l/min radiant flux=20W/m<sup>2</sup>



# Bituminous Pavement Sprayed with Photocatalytic

## *CASE STUDY : Malpensa Airport, Terminal 1*

NO<sub>x</sub> Reduction: **40%**

In site: 9%



Fonte: Impresa Bacchi - Milano

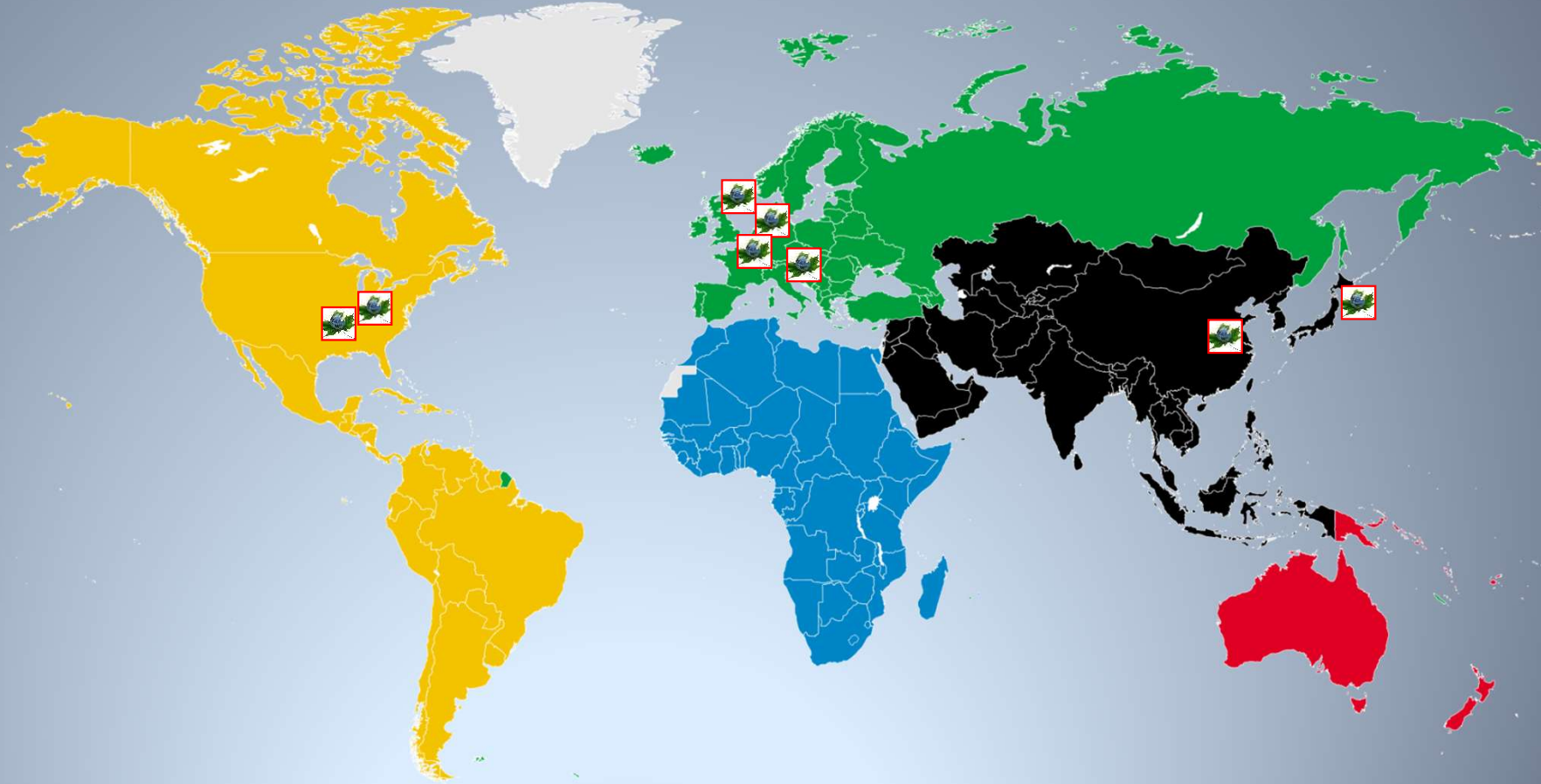


## *Altre iniziative in Italia*

- **Prove in vera grandezza – con misure di efficacia in laboratorio - di diversi prodotti fotocatalitici – Comune di Milano, 2008**
- **Visita di ricercatori del Sud Korea a Milano per conoscere tecnologie fotocatalitiche italiane in vista di un importante progetto ambientale sulla rete stradale Koreana 2019**
- **Atlante delle pavimentazioni per la riduzione del surriscaldamento estivo - Strategie di adattamento climatico per Roma – Università La Sapienza di Roma, 2025**



# TiO<sub>2</sub> Applications around the world





# Photocatalytic Pav.: R&D around the world




Journal of Hazardous Materials

Volume 495, 5 September 2025, 139124



## Photocatalytic semi-flexible pavement for NO removal to alleviate urban automobile emissions pollution

Hang Diao<sup>a</sup>  , Bo Peng<sup>b</sup>, Wenjing Kuang<sup>c</sup>, Tianqing Ling<sup>c</sup>, Ying Gao<sup>a</sup>  , Kaiyuan Luo<sup>c</sup>



University of Tehran Press

**Pollution**

Print ISSN: 2383-451X

Online ISSN: 2383-4501

<https://jpoll.ut.ac.ir/>

### On-site Evaluation of NO<sub>x</sub> Removal Efficiency on Photocatalytic Pavements and Analysis of Environmental Variables

**Haejoon Chun** | **Min Young Song**

Division of climate and Environmental Research, Seoul Institute of Technology, Seoul, 03909, Republic of Korea



## “Guía Práctica para el Diseño, Ejecución y Control de Pavimentos Fotocatalíticos”

La guida, pubblicata dall'Associazione Iberica della Fotocatalisi (AIF):

- **raccoglie le conoscenze maturate** negli ultimi anni sullo sviluppo e sull'applicazione delle pavimentazioni fotocatalitiche,
- **ha l'obiettivo di fornire criteri tecnici** per la progettazione, l'esecuzione e il controllo di qualità di queste soluzioni innovative.

### Esperienze e casi studio

Il documento raccoglie numerose esperienze realizzate in Spagna tra il 2011 e il 2025, comprese applicazioni su **autostrade, strade urbane, barriere di sicurezza e pavimentazioni pedonali**.

Tra i progetti più significativi figurano LIFE MINOX-STREET, EQUINOX e altre iniziative sostenute da enti pubblici e dall'Unione Europea.



## “Guía Práctica para el Diseño, Ejecución y Control de Pavimentos Fotocatalíticos”

Il documento contiene **misure in scala reale** (autostrade e infrastrutture esistenti) e **prove di laboratorio**. *Le conclusioni quantitative vanno però interpretate con cautela perché gli autori stessi evidenziano limiti metodologici e la forte dipendenza dalle condizioni ambientali.*



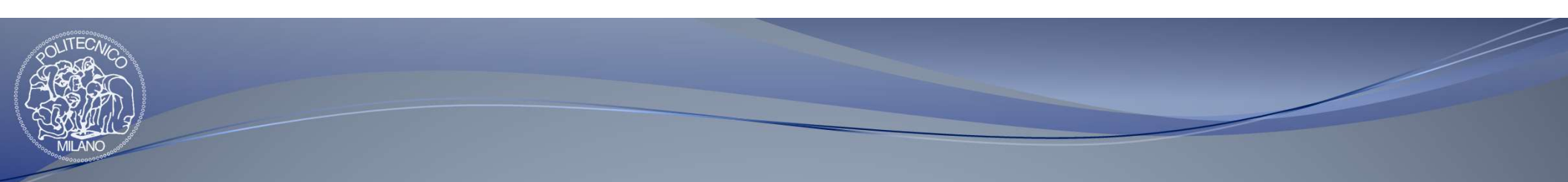
## “Guía Práctica para el Diseño, Ejecución y Control de Pavimentos Fotocatalíticos”

### Conclusione tecnica

Come sintesi di tutti i casi studio, il beneficio realistico di una pavimentazione fotocatalitica ben progettata risulta essere:

- **NO<sub>2</sub>:** riduzione tipica 20–35%, con casi superiori al 50%.
- **NO<sub>x</sub> totale:** riduzione tipica 15–20%.
- **Altri inquinanti da traffico:** riduzioni frequentemente tra 18% e 40%.
- **Durata:** efficacia osservabile per almeno 1–2 anni, con necessità di manutenzione e pulizia periodica per mantenere le prestazioni.

Il documento non presenta la fotocatalisi come una soluzione risolutiva dell'inquinamento urbano, ma come una misura passiva complementare capace di fornire miglioramenti misurabili e continuativi della qualità dell'aria, soprattutto lungo corridoi stradali ad alto traffico.



## **Altre applicazioni internazionali**

Antwerp, Block Concrete pavement: 10000 m<sup>2</sup>, Belgium (2004)



“Den Hoek 3”, Ecoprofit-Interreg Project, Wijnegem-Belgium (2004)



Hengelo, Block concrete pavement and spray coating: 150m in length, The Netherlands (2009)



Outdoor monitoring 26 days over a year,

Ballari and Browsers, 2013

HighSouth Lakeland, Block concrete paving (pavement and sidewalk), 2485 m<sup>2</sup>, UK (2012)



Baton Rouge -Louisiana, Spray coating and field evaluation, USA (2010)



Dylla and Hassam, 2012

Cermak Road and Blue Island Avenue, Concrete block paving, Two-miles project Chicago-USA (2012)

CHICAGO DEBUTS SMOG-EATING STREET



Highway b 141, St Louis, Missouri, Concrete pavement: Two –lift Highway construction, 5300 m<sup>2</sup>, USA (2011-2012)



<http://home.eng.iastate.edu/~jea/TX-Active-Project>

Highway b 141, St Louis, Missouri, Concrete pavement: Two –lift Highway construction, USA (2011-2012)



Lanes with a top layer with TX Active, and pervious concrete shoulder with TX active VS Controls test sections

Highway b 141, St Louis, Missouri, Concrete pavement: Two –lift Highway construction, USA (2011-2012)



Albedometer for initial reflectance measurements)

<b>Location</b>	<b>Albedo</b>
TX Active Roadway	0.33
Control Roadway	0.31
TX Active Pervious Shoulder	0.33
Control Pervious Shoulder	0.29



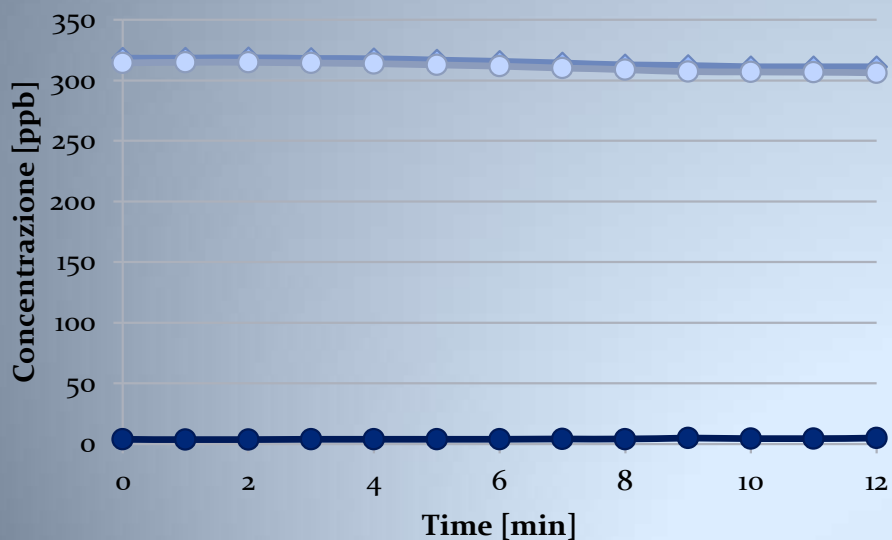
**Attenzione alla verifica dei prodotti**



# Testing different “photocatalytic” materials

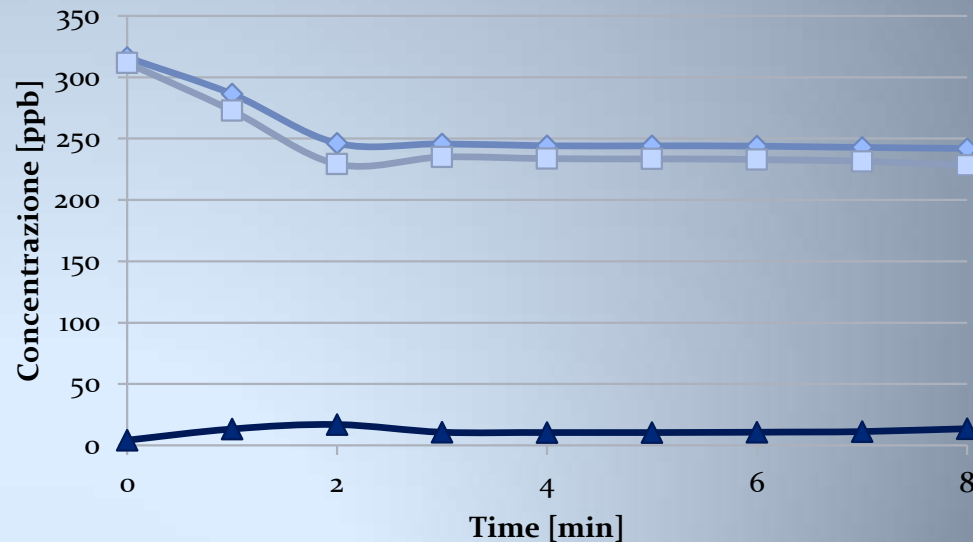
NO<sub>x</sub> Concentration Abatement :  
Sprayed pavements

Material A



—◆— NO x [ppb] —○— NO [ppb] —●— NO<sub>2</sub> [ppb]

Material B



—◆— NO x [ppb] —□— NO [ppb] —▲— NO<sub>2</sub> [ppb]



## CONCLUSIONI

- Venti anni circa di imponente ricerca di livello mondiale dimostra che le pavimentazioni e le infrastrutture «fotocatalitiche» **possono dare un importante contributo ambientale**
- **Necessario lo sviluppo di modelli previsionali del beneficio a scala reale da usare in fase progettuale**
- **Test di caratterizzazione e certificazione delle performance dei prodotti (efficacia fotocatalitica, permanenza, ecc)**



## SOME PAPERS

Crispino M., Lambrugo S., *“Surface characteristics and environmental performances of a photocatalytic innovative pavement”*, International Conference Road Safety and Simulation **RSS2007**, Roma, Italy, 7-8-9 November 2007.

Crispino M., Lambrugo S., *“An experimental characterization of a photocatalytic mortar for road bituminous pavement”*, **International Rilem Symposium on Photocatalysis**, Firenze, Italy, 8-9 October 2007

Crispino M., Lambrugo S., Venturini L., *“A real scale analysis of surface characteristics of a photocatalytic pavement”*, **4<sup>th</sup> International SIIV Congress**, Palermo, Italy, 12-14 September 2007.

Toraldo E., Lambrugo S., *“The optimization of photocatalytic mortars for road pavements”*, **4<sup>th</sup> International Conference Bituminous Mixtures and Pavements**, Thessaloniki, Greece, April 2007

Da Rios G., Lambrugo S., *“Pavimentazioni di supporto ad azioni fotocatalitiche”*, *Strade&Autostrade*, 3, 2007.

Crispino M., Lambrugo S., Bacchi M., *“Photocatalytic Road Pavements: an analysis of structural and functional performance”*, **4<sup>th</sup> International Gulf Conference on Roads**, Qatar, 2008.

Da Rios G., Lambrugo S., Bacchi M., *“Analisi sperimentale per pavimentazioni urbane fotocatalitiche”*, Enna, Convegno nazionale **SIIV**, 2008.

Crispino M., Lambrugo S., *“Effectiveness of a photocatalytic wearing course through experimental analysis”*, **ISAP 2008**, Zurich.

Da Rios G., Fiori F., Lambrugo S., *“Fotocatalisi per l'ambiente urbano”*, *Strade&Autostrade*, 3, 2008



## SOME PAPERS

Crispino M., Brovelli C., Guerrini G., Venturini L., *Innovation materials for road construction: Photocatalytic road pavements*, Le Strade 2011

Guerrini G, Crispino M, G. D'Ambrosio, Beeldens A., S. Vismara, *Environmental Benefits of Innovative Photocatalytic Cementitious Road Materials*, 10th International Conference on Concrete Pavements



**Grazie per l'attenzione**