

ROZWIĄZANIE
TIOACTIVE

Polbruk
A CRH COMPANY

Polbruk TIOACTIVE

Kostka brukowa o właściwościach antysmogowych

Smog stanowi jedno z głównych wyzwań środowiskowych współczesnych miast. Wśród jego najbardziej szkodliwych składników znajdują się tlenki azotu (NO_x) – toksyczne i trwałe zanieczyszczenia powstające m.in. w procesach spalania paliw. Odpowiedzią na ten problem są nawierzchnie betonowe o aktywnych właściwościach antysmogowych.





Aktywna technologia oparta na TiO_2

Kostka brukowa o właściwościach antysmogowych produkowana jest z dodatkiem **tlenku tytanu IV (TiO_2)**, który nadaje jej zaawansowane cechy funkcjonalne.

Redukcja tlenków azotu (NO_x)

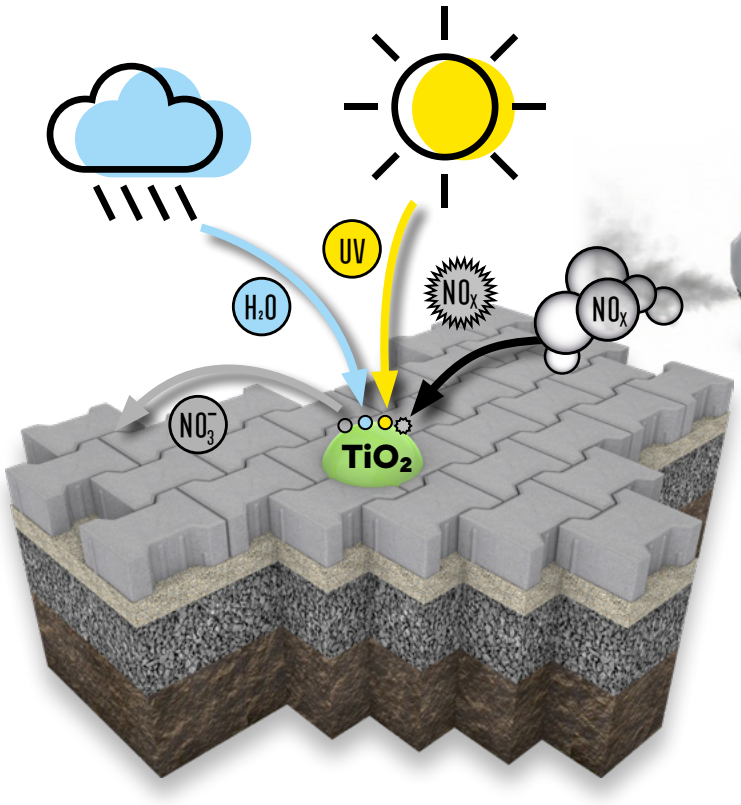
Pod wpływem promieniowania UV zachodzi reakcja fotokatalityczna, w której tlenki azotu ulegają rozkładowi do jonów azotanowych, a następnie przekształcają się w **azotan wapnia Ca ($(NO_3)_2$** – substancję bezpieczną dla środowiska. W badaniach laboratoryjnych skuteczność redukcji NOx może przekraczać 40%. W warunkach rzeczywistych efekt zależy m.in. od natężenia światła lub promieniowania UV, wilgotności, przepływu powietrza, czystości powierzchni oraz innych warunków otoczenia.

Efekt samoczyszczący

Dwutlenek tytanu wykazuje właściwości hydrofilowe, dzięki czemu woda opadowa tworzy na powierzchni betonu jednolitą warstwę, skutecznie spłukując osady i zanieczyszczenia. Dodatkowo powstające w procesie fotokatalizy rodniki rozkładają związki organiczne, ograniczając ich trwałe osadzanie się na nawierzchni.

Trwałość i bezobsługowe działanie

TiO_2 jest równomiernie rozproszony w całej objętości betonu, a nie nanoszony jako powłoka. Właściwości antysmogowe **nie ulegają starciu ani zużyciu** w trakcie eksploatacji. Proces nie wymaga zasilania elektrycznego ani filtrów. Dla utrzymania właściwości powierzchni i skuteczności działania zalecane jest okresowe czyszczenie oraz standardowe utrzymanie nawierzchni. Właściwości powierzchni mogą wspierać utrzymanie estetycznego wyglądu w sprzyjających warunkach użytkowania.





Dane poparte sprawozdaniem z badań dotyczącym redukcji szkodliwych NOx powyżej 40% podane na następnej stronie.

Opisane korzyści odnoszą się do funkcji i właściwości produktu w fazie użytkowania stanowią oceny pełnego cyklu życia produktu.

↑ W procesie fotokatalizy, pod wpływem światła UV dochodzi do utlenienia toksycznych tlenków azotu NO_x, do neutralnych soli azotanowych.

ENVI-SYSTEM
ul. Tadeusza Kościuszki 24H
32-082 Zelków
woj. małopolskietel.: 519-193-101;
e-mail: envisystem@gmail.com

SPRAWOZDANIE Nr 01/09/2025

Temat:	Pomiar fotokatalitycznej redukcji tlenku azotu NOx na materiałach nieorganicznych zdyspergowanych w cemencie i/lub wapnie lub matrycach ceramicznych metodą analityczną opartą na badaniach chemiluminescencja.	
Zleceniodawca:	Polbruk S.A. Siedziba Spółki ul. Nowy Świat 16 c 80-299 Gdańsk	
Nr zlecenia:	-	
Data wydania sprawozdania:	18.09.2025 r.	
Prowadzący zadanie:	Marcin Janik	
Opracowanie wyników:	mgr inż. Agnieszka Turek	
Zatwierdzający:	Marcin Janik	*/podpis/*

Praca jest własnością ENVI-SYSTEM, bez wiedzy i zgody autorów pracy, nie można dokonywać żadnych zmian ani jej powielać inaczej jak w całości. ENVI-SYSTEM zobowiązuje się do zachowania poufności wyników badań i bez zgody zleceniodawcy nie będzie ich rozpowszechniać. Uwaga nie dotyczy przypadków, gdy przepisy prawa stanowią inaczej.

METODA POMIAROWA

Zasada polega na pomiarze fotokatalitycznej redukcji tlenku azotu NOx, definiowanej jako suma molowa NO + NO_2, na materiałach nieorganicznych zdyspergowanych w cemencie i/lub wapnie lub matrycach ceramicznych metodą analityczną opartą na badaniach chemiluminescencji.

Próbki umieszczane są w reaktorze fotochemicznym składającym się z:

- reaktor o całkowitej objętości 8 l. Przepływ gazu (NOx + powietrze) podczas badania jest stały; temperatura i wilgotność wewnątrz reaktora są stałe rejestrowane
- lampa UV o widmie w paśmie UV (λ < 400 nm).
- analizator NO/NO_2 kalibrowany zgodnie normą PN-EN 14211; Jakość powietrza atmosferycznego. Standardowa chemiluminescencyjna metoda pomiaru stężenia monotlenku i ditlenku oraz z instrukcją I-03/PB-01 „Kalibracja urządzeń do pomiarów stężeń zanieczyszczeń powietrza".
- próbka do analizy powinna mieć geometryczną powierzchnię (kwadratowa, prostokątna lub okrągła)

Procedura obejmuje następujące etapy pomiaru:

- pomiar początkowy stężania tlenków azotu przed wejściem do reaktora fotochemicznego (C_o)
- pomiar stężenia na wyjściu z reaktora fotochemicznego w ciemności (C_c).
- pomiar stężenia na wyjściu z reaktora fotochemicznego w świetle (C_s).

Wskaźnik fotokatalitycznej redukcji (R_c) wyznacza się na podstawie wzoru:

$$R_C = \frac{\frac{100 * (C_C - C_S)}{C_C} * I_N}{\frac{I}{S} * S_N}$$

Gdzie:
R_C – wskaźnik redukcji w warunkach testowych [%]
C_C – stężenie NOx na wyjściu z reaktora w ciemności [ppb]
C_S – stężenie na wyjściu z reaktora pod wpływem promieniowania [ppb]
I – średnie natężenie promieniowania [W/m^2]
I_N – nominalne natężenie promieniowania [W/m^2]
S – zmierzona powierzchnia próbki [cm^2]
S_N – nominalna powierzchnia próbki [cm^2]

Uwaga
Wyznaczony wskaźnik fotokatalitycznej redukacji nie stanowi fizycznego pomiaru aktywności fotokatalitycznej, który można wykorzystać do prognozowania lub szacowania bezwzględnego efektu redukcji NOx. Wyznaczony wskaźnik odnosi się do warunków testowych przedstawionych w normie w celu dokonania porównania między działaniami różnych produktów.

OKREŚLENIE PARAMETRÓW POMIARU

Próbka nr 1A

Warunki meteorologiczne:

Wielkości mierzone		średnie warunki w czasie trwania procesu
Temperatura wnętrza reaktora	(°C)	31,2
Wilgotność względna	(%)	14,6
Ciśnienie atmosferyczne	(hPa)	995,2
Inne spostrzeżenia		-

Aparatura pomiarowa:

Nazwa aparatury pomiarowej	**ANALIZATOR CHEMILUMINESCENCYJNY**
Typ	NO-NO_2-NOx Teledyne API T200
Nr seryjny	1238
data świadectwa sprawdzenia	Kal. 01/09 z dnia 17.09.2025 r.
Nazwa materiału odniesienia	**Standardowy materiał odniesienia SO_2/NO/N_2**
Nr certyfikatu	5119258 z dnia 24.01.2023 r.
Nazwa aparatury pomiarowej	**TERMOHIGROBAROMETRU**
Typ	model LB-701 LB-706B
Wzorcowanie	Lab LAB –El

WYNIKI POMIARÓW

numer próbki	Nr	1A
data rozpoczęcia		17.09.2025 r.
typ lampy UV		Osram ULTRA UV
przepływ gazu	l/min	1,5
[NO]	[ppb]	198,5
[NO_2]	[ppb]	- 0,5
[NO_x]	[ppb]	198,0
[NO]	[ppb]	189,0
[NO_2]	[ppb]	- 5,0
[NO_x]	[ppb]	184,0
czas naświetlania UV	min	30
wskaźnik redukcji NOx [R_c]	[%]	**7,04**
szybkość redukcji	mg/h*m^2	**5,93**

METODA POMIAROWA

Zasada polega na pomiarze fotokatalitycznej redukcji tlenku azotu NOx, definiowanej jako suma molowa NO + NO_2, na materiałach nieorganicznych zdyspergowanych w cemencie i/lub wapnie lub matrycach ceramicznych metodą analityczną opartą na badaniach chemiluminescencji.

Próbki umieszczane są w reaktorze fotochemicznym składającym się z:

- reaktor o całkowitej objętości 8 l. Przepływ gazu (NOx + powietrze) podczas badania jest stały; temperatura i wilgotność wewnątrz reaktora są stałe rejestrowane
- lampa UV o widmie w paśmie UV (λ < 400 nm).
- analizator NO/NO_2 kalibrowany zgodnie normą PN-EN 14211; Jakość powietrza atmosferycznego. Standardowa chemiluminescencyjna metoda pomiaru stężenia monotlenku i ditlenku oraz z instrukcją I-03/PB-01 „Kalibracja urządzeń do pomiarów stężeń zanieczyszczeń powietrza".
- próbka do analizy powinna mieć geometryczną powierzchnię (kwadratowa, prostokątna lub okrągła)

Procedura obejmuje następujące etapy pomiaru:

- pomiar początkowy stężania tlenków azotu przed wejściem do reaktora fotochemicznego (C_o)
- pomiar stężenia na wyjściu z reaktora fotochemicznego w ciemności (C_c).
- pomiar stężenia na wyjściu z reaktora fotochemicznego w świetle (C_s).

Wskaźnik fotokatalitycznej redukcji (R_c) wyznacza się na podstawie wzoru:

$$R_C = \frac{\frac{100 * (C_C - C_S)}{C_C} * I_N}{\frac{I}{S} * S_N}$$

Gdzie:
R_C – wskaźnik redukcji w warunkach testowych [%]
C_C – stężenie NOx na wyjściu z reaktora w ciemności [ppb]
C_S – stężenie na wyjściu z reaktora pod wpływem promieniowania [ppb]
I – średnie natężenie promieniowania [W/m^2]
I_N – nominalne natężenie promieniowania [W/m^2]
S – zmierzona powierzchnia próbki [cm^2]
S_N – nominalna powierzchnia próbki [cm^2]

Uwaga
Wyznaczony wskaźnik fotokatalitycznej redukacji nie stanowi fizycznego pomiaru aktywności fotokatalitycznej, który można wykorzystać do prognozowania lub szacowania bezwzględnego efektu redukcji NOx. Wyznaczony wskaźnik odnosi się do warunków testowych przedstawionych w normie w celu dokonania porównania między działaniami różnych produktów.

OKREŚLENIE PARAMETRÓW POMIARU

Próbka nr 1A

Warunki meteorologiczne:

Wielkości mierzone		średnie warunki w czasie trwania procesu
Temperatura wnętrza reaktora	(°C)	31,2
Wilgotność względna	(%)	14,6
Ciśnienie atmosferyczne	(hPa)	995,2
Inne spostrzeżenia		-

Aparatura pomiarowa:

Nazwa aparatury pomiarowej	**ANALIZATOR CHEMILUMINESCENCYJNY**
Typ	NO-NO_2-NOx Teledyne API T200
Nr seryjny	1238
data świadectwa sprawdzenia	Kal. 01/09 z dnia 17.09.2025 r.
Nazwa materiału odniesienia	**Standardowy materiał odniesienia SO_2/NO/N_2**
Nr certyfikatu	5119258 z dnia 24.01.2023 r.
Nazwa aparatury pomiarowej	**TERMOHIGROBAROMETRU**
Typ	model LB-701 LB-706B
Wzorcowanie	Lab LAB –El

WYNIKI POMIARÓW

numer próbki	Nr	1A
data rozpoczęcia		17.09.2025 r.
typ lampy UV		Osram ULTRA UV
przepływ gazu	l/min	1,5
[NO]	[ppb]	198,5
[NO_2]	[ppb]	- 0,5
[NO_x]	[ppb]	198,0
[NO]	[ppb]	189,0
[NO_2]	[ppb]	- 5,0
[NO_x]	[ppb]	184,0
czas naświetlania UV	min	30
wskaźnik redukcji NOx [R_c]	[%]	**7,04**
szybkość redukcji	mg/h*m^2	**5,93**

Próbka nr 1B

Warunki meteorologiczne:

Wielkości mierzone		średnie warunki w czasie trwania procesu
Temperatura wnętrza reaktora	(°C)	34,1
Wilgotność względna	(%)	15,2
Ciśnienie atmosferyczne	(hPa)	995,7
Inne spostrzeżenia		-

Aparatura pomiarowa:

Nazwa aparatury pomiarowej	**ANALIZATOR CHEMILUMINESCENCYJNY**
Typ	NO-NO_2-NOx Teledyne API T200
Nr seryjny	1238
data świadectwa sprawdzenia	Kal. 01/09 z dnia 17.09.2025 r.
Nazwa materiału odniesienia	**Standardowy materiał odniesienia SO_2/NO/N_2**
Nr certyfikatu	5119258 z dnia 24.01.2023 r.
Nazwa aparatury pomiarowej	**TERMOHIGROBAROMETRU**
Typ	model LB-701 LB-706B
Wzorcowanie	Lab LAB –El

WYNIKI POMIARÓW

numer próbki	Nr	1B
data rozpoczęcia		17.09.2025 r.
typ lampy UV		Osram ULTRA UV
przepływ gazu	l/min	1,5
[NO]	[ppb]	198,0
[NO_2]	[ppb]	0,0
[NO_x]	[ppb]	198,0
[NO]	[ppb]	89,5
[NO_2]	[ppb]	1,4
[NO_x]	[ppb]	90,9
czas naświetlania UV	min	30
wskaźnik redukcji NOx [R_c]	[%]	**53,82**
szybkość redukcji	mg/h*m^2	**45,38**

Próbka nr 2B

Warunki meteorologiczne:

Wielkości mierzone		średnie warunki w czasie trwania procesu
Temperatura wnętrza reaktora	(°C)	39,0
Wilgotność względna	(%)	10,3
Ciśnienie atmosferyczne	(hPa)	995,7
Inne spostrzeżenia		-

Aparatura pomiarowa:

Nazwa aparatury pomiarowej	**ANALIZATOR CHEMILUMINESCENCYJNY**
Typ	NO-NO_2-NOx Teledyne API T200
Nr seryjny	1238
data świadectwa sprawdzenia	Kal. 01/09 z dnia 17.09.2025 r.
Nazwa materiału odniesienia	**Standardowy materiał odniesienia SO_2/NO/N_2**
Nr certyfikatu	5119258 z dnia 24.01.2023 r.
Nazwa aparatury pomiarowej	**TERMOHIGROBAROMETRU**
Typ	model LB-701 LB-706B
Wzorcowanie	Lab LAB –El

WYNIKI POMIARÓW

numer próbki	Nr	2B
data rozpoczęcia		17.09.2025 r.
typ lampy UV		Osram ULTRA UV
przepływ gazu	l/min	1,5
[NO]	[ppb]	196,0
[NO_2]	[ppb]	- 2,0
[NO_x]	[ppb]	194,0
[NO]	[ppb]	89,0
[NO_2]	[ppb]	0,2
[NO_x]	[ppb]	89,2
czas naświetlania UV	min	30
wskaźnik redukcji NOx [R_c]	[%]	**53,75**
szybkość redukcji	mg/h*m^2	**44,41**

Próbka nr 3B

Warunki meteorologiczne:

Wielkości mierzone		średnie warunki w czasie trwania procesu
Temperatura wnętrza reaktora	(°C)	29,8
Wilgotność względna	(%)	15,7
Ciśnienie atmosferyczne	(hPa)	995,5
Inne spostrzeżenia		-

Aparatura pomiarowa:

Nazwa aparatury pomiarowej	**ANALIZATOR CHEMILUMINESCENCYJNY**
Typ	NO-NO_2-NOx Teledyne API T200
Nr seryjny	1238
data świadectwa sprawdzenia	Kal. 01/09 z dnia 17.09.2025 r.
Nazwa materiału odniesienia	**Standardowy materiał odniesienia SO_2/NO/N_2**
Nr certyfikatu	5119258 z dnia 24.01.2023 r.
Nazwa aparatury pomiarowej	**TERMOHIGROBAROMETRU**
Typ	model LB-701 LB-706B
Wzorcowanie	Lab LAB –El

WYNIKI POMIARÓW

numer próbki	Nr	3B
data rozpoczęcia		17.09.2025 r.
typ lampy UV		Osram ULTRA UV
przepływ gazu	l/min	1,5
[NO]	[ppb]	194,0
[NO_2]	[ppb]	- 0,4
[NO_x]	[ppb]	193,6
[NO]	[ppb]	90,0
[NO_2]	[ppb]	- 1,0
[NO_x]	[ppb]	89,0
czas naświetlania UV	min	30
wskaźnik redukcji NOx [R_c]	[%]	**53,76**
szybkość redukcji	mg/h*m^2	**44,32**

Dane poparte sprawozdaniem z badań dotyczącym redukcji szkodliwych NOₓ powyżej 40%!

Opisane korzyści odnoszą się do funkcji i właściwości produktu w fazie użytkowania stanowią oceny pełnego cyklu życia produktu.

- KONIEC -

→ **Kontaktuj się z lokalnym Działem Handlowym: kontakt@polbruk.pl**

→ **lub z Koordynatorem Projektu: lidia.bukowinska@polbruk.pl mob. 601 839 924**



REGION **PÓŁNOCNY**

BYDGOSZCZ
85-758 Bydgoszcz
ul. Przemysłowa 30
Maciej Potarzyński
609 548 906
maciej.potarzynski@polbruk.pl
Krzysztof Świdziński
609 548 905
krzysztof.swidzinski@polbruk.pl

GDAŃSK
80-299 Gdańsk
ul. Nowy Świat 16 C
Robert Bogusz
605 334 790
robert.bogusz@polbruk.pl
Sebastian Rowiński
605 334 397
sebastian.rowinski@polbruk.pl

KOSZALIN
75-846 Koszalin
ul. Słowiańska 10
Norbert Gotowicki
601 171 577
norbert.gotowicki@polbruk.pl

REGION **CENTRALNY**

ŁÓDŹ
93-231 Łódź
ul. Dostawcza 16
Krzysztof Smoliński
605 322 456
krzysztof.smolinski@polbruk.pl
Piotr Fornalik
607 230 094
piotr.fornalik@polbruk.pl

OLSZTYN
14-105 Łukta
Florczaki 28 a
Andrzej Koszewski
601 959 311
andrzej.koszewski@polbruk.pl

WARSZAWA
04-458 Warszawa
ul. Chełmżyńska 249
Dariusz Piekarski
607 062 673
dariusz.piekarski@polbruk.pl
Arkadiusz Chojnacki
503 937 854
arkadiusz.chojnacki@polbruk.pl

PRUSZKÓW
05-800 Pruszków
ul. Parzniewska 6
Radosław Kszczot
607 038 957
radoslaw.kszczot@polbruk.pl

REGION **POŁUDNIOWY**

DĘBICA
39-218 Straszęcin k/Dębicy
Straszęcin 295i
Henryk Wilk
601 699 267
henryk.wilk@polbruk.pl

KIELCE
25-116 Kielce
ul. Ściegiennego 262
Zbigniew Grabowski
607 062 934
zbigniew.grabowski@polbruk.pl
Marcin Skrzypczyk
607 063 276
marcin.skrzypczyk@polbruk.pl

LIBIĄŻ/KRAKÓW
32-590 Libiąż
ul. Krakowska 52
Tomasz Malinowski
501 718 773
tomasz.malinowski@polbruk.pl

LUBLIN
20-234 Lublin
ul. Mełgiewska 74
20-231 Lublin
ul. Pancerniaków 12
Stanisław Bartnik
605 119 949
stanislaw.bartnik@polbruk.pl
Dariusz Fedec
517 829 148
dariusz.fedec@polbruk.pl

NIEPOŁOMICE
32-005 Niepołomice
ul. Skarbowa 43
Adrian Nowak
667 987 341
adrian.nowak@polbruk.pl

RZESZÓW
36-060 Głogów Małopolski
Lipie 83
Bartosz Leniar
798 660 015
bartosz.leniar@polbruk.pl

REGION **ZACHODNI**

LEGNICA
59-220 Legnica
ul. Gniewomierska 1
Dariusz Słapek
600 820 461
dariusz.slapek@polbruk.pl
Robert Supernak
604 402 787
robert.supernak@polbruk.pl

TARNOWSKIE GÓRY
42-680 Tarnowskie Góry
ul. Batalionów Chłopskich 2
Aleksandra Tobor
694 485 129
aleksandra.tobor@polbruk.pl
Lesław Bartuś
694 485 103
leslaw.bartus@polbruk.pl

OPOLE
45-129 Opole
ul. Kępska 3
Romuald Stanik
694 485 107
romuald.stanik@polbruk.pl

ŻORY
44-240 Żory
ul. Strażacka 47
Rafał Radziej
694 485 137
rafal.radziej@polbruk.pl



Polbruk
A CRH COMPANY

polbruk.pl

facebook.com/Polbruk

instagram.com/Polbruk_inspirujemy

Broszura ma charakter wyłącznie informacyjny. Wszelkie informacje zawarte w broszurze nie są prawnie wiążące i nie stanowią oferty w rozumieniu art. 66 § 1 Kodeksu cywilnego.