
Prof. Claudio Minero
Via Pietro Giuria 5
Tel. 011- 670-8449/5293
Fax 011 – 6705242
e-mail: claudio.minero@unito.it

Rapporto di Prova

Norma UNI EN 16980-1:2021: Fotocatalisi - Metodo di prova in flusso continuo - Parte 1: Determinazione dell'indice di abbattimento fotocatalitico degli ossidi di azoto (NO) in aria da parte di materiali inorganici fotocatalitici

per

2G Nanotech

Via Morozzo della Rocca, 6 - 20123 Milano
P.IVA e CF 11426600968 - Codice SDI: T9K4ZHO

Advanced Materials JTJ s.r.o.

Kamenné Žehrovice 23 - 273 01 - Rep.Ceca
P.IVA: CZ26763842

Torino, 20 febbraio 2023



Indice

1. CONDIZIONI GENERALI DI PROVA	3
2. CAMPIONE	4
3. RISULTATI SPERIMENTALI E CONDIZIONI DI MISURA	5
3.1. CAMPIONE FN NANO 2	5
4. RIASSUNTO RISULTATI	6

Rapporto di Prova

1. CONDIZIONI GENERALI DI PROVA

La prova di abbattimento fotocatalitico di NO/NO_x in presenza del campione è stata effettuata mediante il metodo descritto nella **norma UNI EN 16980-1:2021** (*Fotocatalisi - Metodo di prova in flusso continuo - Parte 1: Determinazione dell'indice di abbattimento fotocatalitico degli ossidi di azoto (NO) in aria da parte di materiali inorganici fotocatalitici*).

Si è proceduto all'esecuzione della prova con procedura semplificata, ovvero raggiunta la condizione di stabilità delle concentrazioni misurate sotto irraggiamento o raggiunto il tempo massimo di irraggiamento (secondo la norma UNI EN 16980-1:2021 180 minuti) non si è proceduto alla variazione della velocità di flusso all'interno del reattore, terminando quindi la prova in queste condizioni. *Per facilitare l'interpretazione dei risultati, su due campioni si è proceduto alla prova per un tempo molto maggiore di quanto richiesto dal metodo semplificato.*

La determinazione del contenuto di NO/NO₂ nei flussi di misura è avvenuta mediante un misuratore a chemiluminescenza APNA 370 (n° di serie WWSBNNW6). Il reattore di misura presenta un volume interno di 3.6 dm³. Lo stato di rimescolamento all'interno del reattore è garantito da una ventola assiale compatta EBMPAPST 612 JH (dimensioni 60×60×32 mm) che fornisce un flusso nominale pari a 70 m³ h⁻¹.

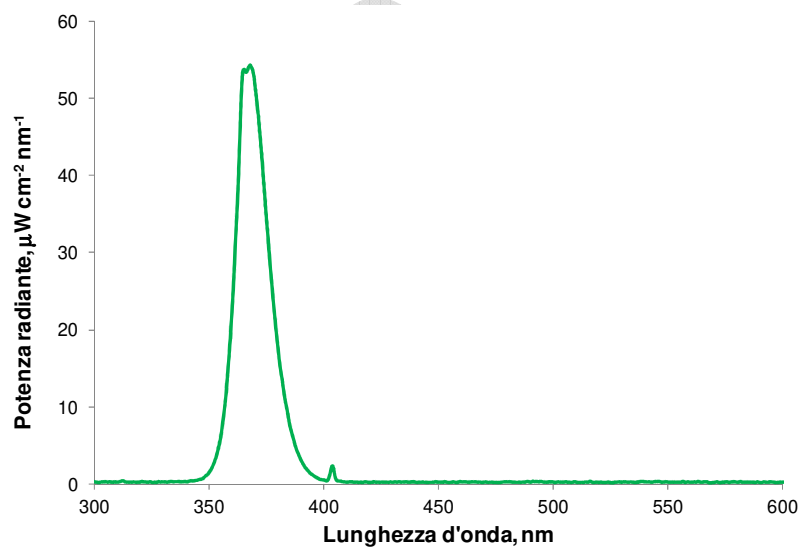


Figura 1 Spettro di emissione della lampada **Philips PL-S 9W/2P BLB** (la potenza radiante è stata misurata nella stessa posizione in cui è alloggiato il campione frapponendo fra la lampada ed il campione il coperchio in vetro Pyrex di chiusura del reattore di misura).

L'irraggiamento è avvenuto mediante un *set* di due lampade a fluorescenza Philips PL-S 9W/2P BLB aventi una significativa emissione nell'UV il cui spettro di emissione è riportato in Figura 1. L'intensità della radiazione incidente sul campione era di 10 W m⁻² tra 290 e 400 nm. Tale intensità è stata valutata per via spettroradiometrica mediante l'utilizzo di uno spettrofotometro Ocean Optics USB2000+UV-VIS dotato di una fibra ottica avente diametro pari a 400 μm e lunghezza

uguale a 30 cm dotata di un correttore al coseno (Ocean Optics CC-3-UV-T, diffusore ottico in PTFE, intervallo spettrale 200-2500 nm, diametro esterno 6.35 mm, campo di visione 180°). Lo spettroradiometro è stato calibrato con una lampada Ocean Optics DH-2000-CAL Deuterium-Halogen Light Sources per misurazioni UV-Vis-NIR calibrata a sua volta in irradianza assoluta dal venditore (*Radiometric Calibration Standard UV-NIR*, certificato di calibrazione #2162).

2. CAMPIONE

Il campione (inviato direttamente dal committente ad UNITO) è un frammento di pannello isolante per edilizia costituito da uno strato isolante polimerico (di circa 2.5 cm) sul quale è posto uno sottile strato coprente ruvido avente potenzialmente proprietà fotocatalitiche.

L'esecuzione della prova in accordo con la norma UNI EN 16980-1:2021 è avvenuta sul campione tal quale senza alcun pretrattamento.

Un riassunto delle proprietà del campione è riportato in Tabella 1.

Tabella 1 Campione oggetto di analisi

Campione	Descrizione campione	Irraggiamento	Test abbattimento	Area, cm ²	Pre-trattamento
FN NANO 2	Pannello isolante	UV	NO/NO _x , UNI EN 16980:2021	96	NO

Una fotografia del campioni in esame post analisi è riportata in Figura 2.

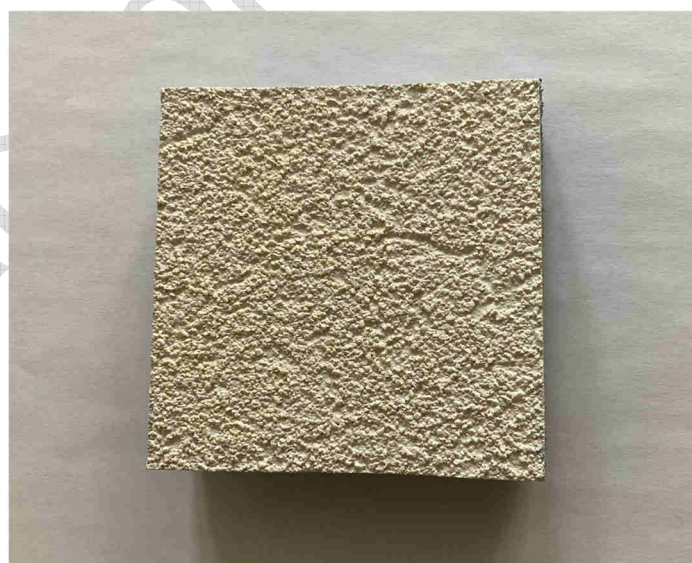


Figura 2 Fotografia (visione dall'alto) dopo la prova del campione FN NANO 2 testato in accordo con il metodo UNI EN 16980-1:2021. La faccia del campione fotografata è quella irradiata durante il test di abbattimento fotocatalitico.

3. RISULTATI SPERIMENTALI E CONDIZIONI DI MISURA

3.1. Campione FN NANO 2

Nella seguente tabella sono riportate le condizioni operative utilizzate nel test e i risultati dello stesso.

Concentrazione iniziale di ossidi di azoto prima dell'ingresso nel reattore	$C_{NO}^{IN} = 0.505 \text{ ppmv}$ $C_{NO_2}^{IN} = 0.001 \text{ ppmv}$
Flusso di gas	$F = 1.608 \text{ dm}^3 \text{ min}^{-1}$
Temperatura all'interno del reattore	$T = 28.5 \text{ }^\circ\text{C}$
Umidità relativa all'interno del reattore	$HR\% = 38.1$
Irradianza della lampada alla superficie del campione (290-400 nm)	$I = 10 \text{ W m}^{-2}$
Tempo intercorso fra il momento di accensione della lampada UV e l'inizio della registrazione delle concentrazioni	30 min
Conversione in assenza di campione	$C_{NO}^{OUT, BUIO} = 0.5036 \text{ ppmv}$ $C_{NO_2}^{OUT, BUIO} = 0.016 \text{ ppmv}$ $C_{NO}^{OUT, LUCE} = 0.4972 \text{ ppmv}$ $\eta_{NO, lamp}^{foto} = 1.3 \%$
Conversione al buio in presenza di campione	$\eta_{NO}^{buio} = 5.3 \%$ $\eta_{NO_2}^{buio} = 2.1 \%$
Conversione sotto irraggiamento in presenza di campione	Il grafico che mostra l'evoluzione delle concentrazioni di C_{NO} e C_{NO_2} durante i vari passaggi della prova è riportato in Figura 3.
Velocità osservata di degradazione fotocatalitica	Si veda Tabella 2
Note	

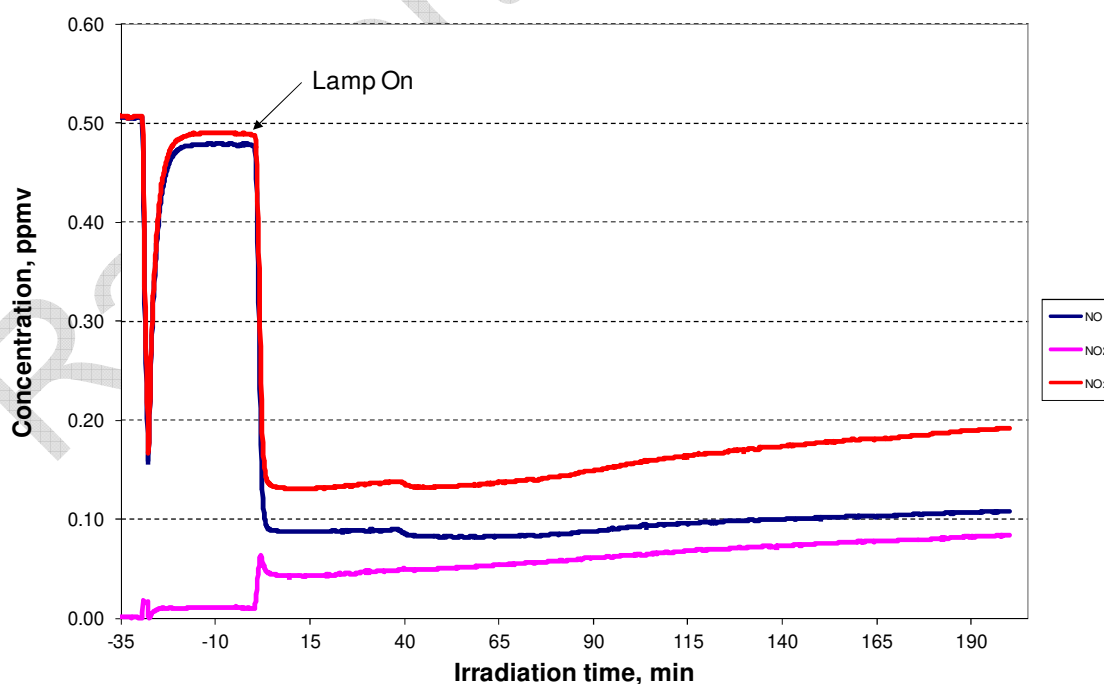


Figura 3 Profili di concentrazione per NO, NO₂ ed NO_x durante il test fotocatalitico su campione FN NANO 2 prova del 15-2-2023. Test eseguito in accordo con la norma UNI EN 16980-1:2021. Le concentrazioni misurate in funzione del tempo si riferiscono esclusivamente alle condizioni di misura.

4. RIASSUNTO RISULTATI

I risultati della misurazione di attività fotocatalitica eseguita sono riassunti in Tabella 2 (per NO/NO_x). Le conversioni e le velocità riportate si riferiscono ai valori medi ottenuti dopo 180 minuti di irraggiamento o al raggiungimento della stabilità in accordo con la norma **UNI EN 16980-1:2021**.

Il campione in analisi ha mostrato una eccellente capacità di abbattimento fotocatalitico di NO/NO_x. La conversione percentuale misurata di NO supera il 70% perciò l'attività del campione è alta a tal punto che potrebbe essere limitata nelle condizioni di misura da effetti di trasferimento di massa. Si nota una leggera diminuzione di conversione nel tempo e un aumento di produzione di NO_x, che consigliano misure di controllo a tempi lunghi per la valutazione del mantenimento dell'attività fotocatalitica.


Tabella 2. Risultato delle misurazioni in forma tabellare. Le conversioni si riferiscono ai valori misurati dopo 180 minuti di irraggiamento. N.C. = dato non calcolabile, LOD = *Limit of Detection*

Campione	Irraggiamento	$\eta_{NO,i}^{totale}, \%$	$\eta_{NO_x,i}^{totale}, \%$	$r_{NO,i}^{foto}, \mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$	$r_{NO_x,i}^{foto}, \mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1} [i]$
FN NANO 2	UV	79	63	22990	28230

[i] La velocità fotocatalitica di conversione di NO_x si esprime come μg equivalenti di NO₂ convertiti per m² di campione in 1 ora.

Si dichiara infine che la misura eseguita riguarda solamente la valutazione dell'attività fotocatalitica, quindi ad esclusione di altre proprietà funzionali del materiale, e che le conversioni misurate di Tabella 2 si riferiscono esclusivamente alle condizioni di misura, al tipo di supporto che è stato utilizzato e non sono estrapolabili ad altre condizioni di utilizzo e di applicazione. La velocità di conversione riportata, pur essendo dipendente dal tipo di supporto del *coating* fotocatalitico utilizzato e dalla concentrazione di NO, è invece indipendente dal dispositivo di misura utilizzato.

Torino, 20 febbraio 2023


Prof. Claudio Minero