

# IL RISULTATO FONDAMENTALE DI UN PROGETTO SIX SIGMA : MISURA DEI VOC

A cura di Vito Santarcangelo  
Centro Studi S.r.l.

Firenze  
13 Aprile 2013



# Chi è Centro Studi?

- Siamo un Centro di Ricerca Applicata operante nell'Italia del Sud
- I nostri principali filoni di ricerca consistono in implementazione di software avanzato, studio e progettazione di prodotti nanostrutturati e metodologie di gestione innovative, tra cui applicazioni del metodo Six Sigma
- Al momento sono state redatte 3 pubblicazioni scientifiche e 3 brevetti di invenzione industriale

# CASO DI STUDIO : INQUINAMENTO DA VOC IN UNA INDUSTRIA TIPOGRAFICA

- In questo ambito abbiamo sviluppato un progetto Six Sigma del quale presentiamo una rapida sintesi
- In una industria tipografica italiana si riscontravano fenomeni di disagio fisico nei dipendenti aziendali. Tali fenomeni risultavano correlati all'esposizione costante ad una presenza di inquinamento indoor.

DEFINE

D

M

A

I

C

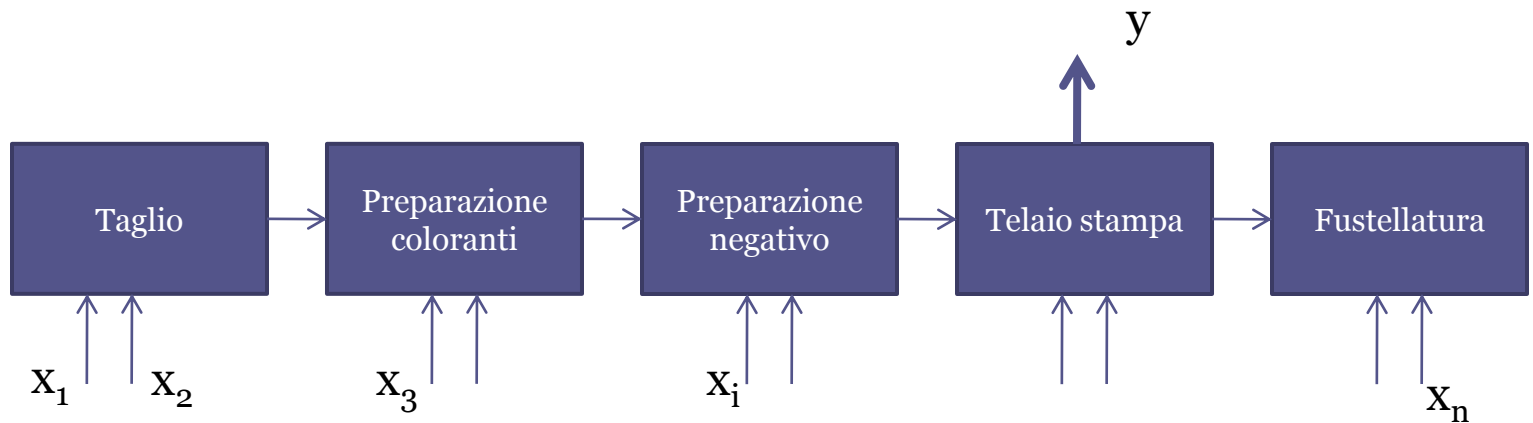
OBIETTIVO

**Riduzione del livello di discomfort  
in un ambiente industriale**

# MEASURE

Sono state sviluppate la mappa e la matrice C&E

Da tale analisi siamo arrivati alla definizione delle variabili  $x_i$  (VOC utilizzati nel processo) impattanti sulla  $y$  (discomfort)



# ANALYZE

D

M

A

I

C

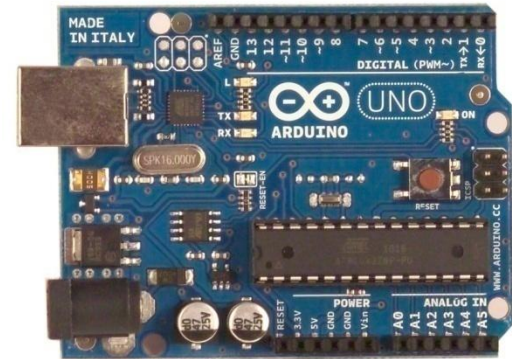
La veridicità dell'ipotesi di inquinamento da VOC (composti volatili organici) è stata **verificata** tramite l'ausilio di una scheda con sensore Figaro da noi implementata in Centro Studi su piattaforma italiana opensource Arduino.

# ANALYZE

D  
M  
A  
I  
C

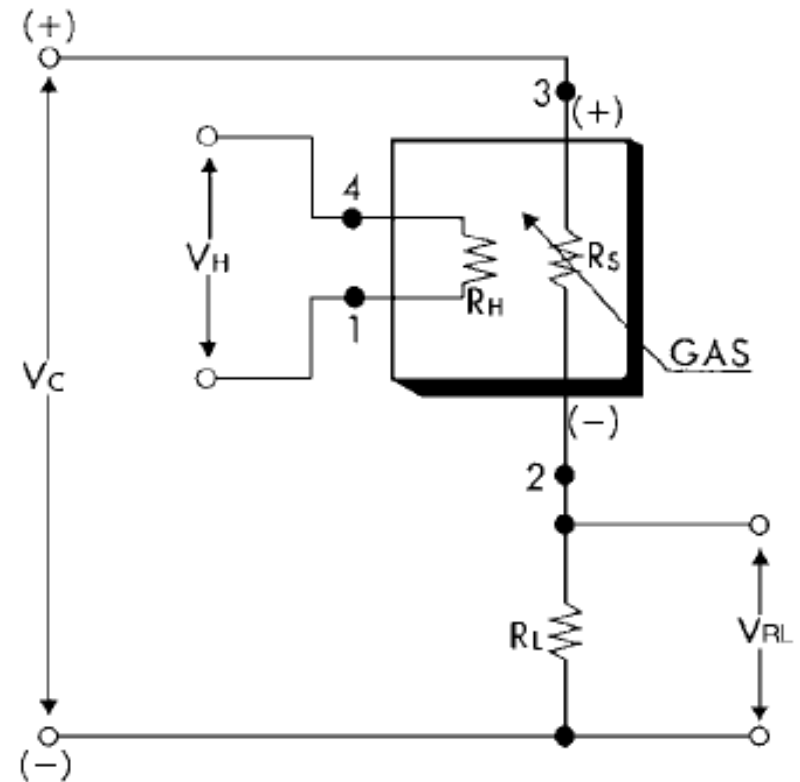
Arduino è un framework “**hardware open source**” che permette la prototipazione rapida e l'apprendimento veloce dei principi fondamentali dell'elettronica e della programmazione.

E' stata sviluppata presso l'Interaction Design Institute (fondato ad Ivrea da Olivetti e Telecom Italia).



# ANALYZE

Il sensore utilizzato per tale analisi è stato il Figaro TGS – 2602 .

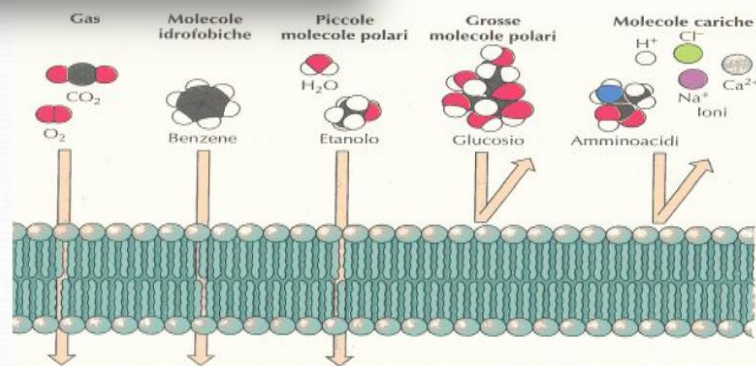




# ANALYZE

D  
M  
A  
I  
C

CLASSI DI COMPOSTI	PRINCIPALI SOSTANZE	PRINCIPALE FONTE INDOOR
IDROCARBURI ALIFATICI	propano butano esano limonene	combustibili, detersivi, propellenti ad aerosol, refrigeranti, basi di profumi, aromatizzanti
IDROCARBURI ALOGENATI	cloroformio metilico cloruro di metilene pentaclorofenolo	propellenti ad aerosol, pesticidi, refrigeranti, sgrassatori
IDROCARBURI AROMATICI	benzene toluene xilene	vernici, pitture, colle, smalti, lacche, detersivi
ALCOLI	etanolo metanolo	detersivi per finestre, vernici, diluenti, adesivi, cosmetici
ALDEIDI	formaldeide acetaldeide	funghicidi, isolanti, germicidi, resine, disinfettanti, aromatizzanti



# ANALYZE

I fenomeni di discomfort riscontrati dai dipendenti aziendali trovano risposta nell'esposizione prolungata ai VOC. Tale discomfort (effetti irritativi e sensoriali) è riconosciuto in sanità con il nome di SBS (Sick Building Syndrome) – Sindrome dell'edificio malato.

Classificazione degli effetti dei VOC in base al range di concentrazione	
Range di concentrazione	Effetti
< 200µg/m <sup>3</sup>	Comfort
200µg/m <sup>3</sup> - 3000µg/m <sup>3</sup>	Possibile insorgenza di diverse sintomatologie
3000 - 25000 µg/m <sup>3</sup>	Discomfort
> 25000µg/m <sup>3</sup>	Tossicità

} SBS

D  
M  
A  
I  
C

# IMPROVE

D  
M  
A  
I  
C

Per la risoluzione di tale problematica si è quindi deciso di implementare un progetto di applicazione di nanotecnologia attiva.

La nanotecnologia attiva è a base di Biossido di Titanio nanostrutturato.

Il biossido di titanio nanostrutturato, se viene irraggiato da raggi ultravioletti (origine solare o artificiale), catalizza molti inquinanti ambientali come CO, NO, fenoli, benzene, tricloroetilene, acetaldeide, toluene, formaldeide.

Perciò la nanotecnologia attiva è catalizzatrice di VOC.

# IMPROVE

D  
M  
A  
I  
C

“Un metro quadrato di superficie attiva rimuove il 90% dell'inquinamento contenuto in 80 m<sup>3</sup> di aria in appena un'ora.”

“La formaldeide viene degradata a biossido di carbonio”

“Il benzene viene trasformato in composti quali aldeidi o acidi bivalenti che non portano a nessun effetto ambientale.”

[FONTE : CNR – Malte cementizie fotocatalizzate per la riduzione dell'inquinamento atmosferico]

# IMPROVE

DMAC  
Mediante tecnica HVLP (Alto volume bassa pressione) è stata applicata nanotecnologia attiva su griglie metalliche che circondano la macchina e sul soffitto della stanza. Considerando le dimensioni della stanza del volume di  $400 \text{ m}^3$ , è stato necessario trattare  $80 \text{ m}^2$  di superficie.

## Technical Data:

Ingredients:	TiO <sub>2</sub> , SiO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O
Appearance:	white-transparent liquid
Active material:	3,0 %
Effective light spectrum:	up to 475 nm
pH value:	ca. 8,0
Primary particle size:	<8 nm
Crystal structure TiO <sub>2</sub> :	anatase
Agglomeration index:	2-4
Relative density:	1,02 g/ml
Consumption:	9 - 48 ml / m <sup>2</sup> (details see appl. data sheet)

## Drying:

30 minutes / 7 days at 20°C

Drying time depends on temperature and humidity during the application.

Feed of heat accelerates the drying process. In case of industrial application of filter parts a high temperature drying is possible.

## Status of registration:

Product and/or ingredients are listed in:  
CAS, EINECS, TSCA, AICS, CEPA, MITI



# IMPROVE

D  
M  
A

Come riferimento di illuminazione ottimale dell'edificio per consentire l'attivazione della fotocatalisi è stato utilizzato il valore di 500 lx (ufficio illuminato secondo l'attuale normativa europea Uni En 12464).

I  
C

Ne è stato quindi verificato il livello di illuminazione dello spazio operativo e la relativa ottimizzazione in modalità "green" per garantirne un'azione uniforme della nanotecnologia attiva.

# CONTROL

E' stato quindi potenziato il dispositivo rilevatore dei VOC con funzionalità di analisi temporale dei dati, in modo da ottenere un riscontro sull'effetto della nanotecnologia attiva.

Tale dispositivo è stato inoltre dotato di sensore di luce in modo da rilevare il livello di attivazione della fotocatalisi.



# CONTROL

Esso è stato quindi inserito all'interno di una architettura web-based in modo da garantirne l'accesso via browser da qualsiasi device (pc e dispositivi mobile).



D  
M  
A  
I  
C



# INTERROGAZIONE VIA WEB DEL DEVICE

**NANOTESTER CENTROSTUDI S.R.L.**

DIGITAL VALUE LUCE: 71

DIGITAL VALUE SBS: 232

**DISATTIVAZIONE FOTOCATALISI**

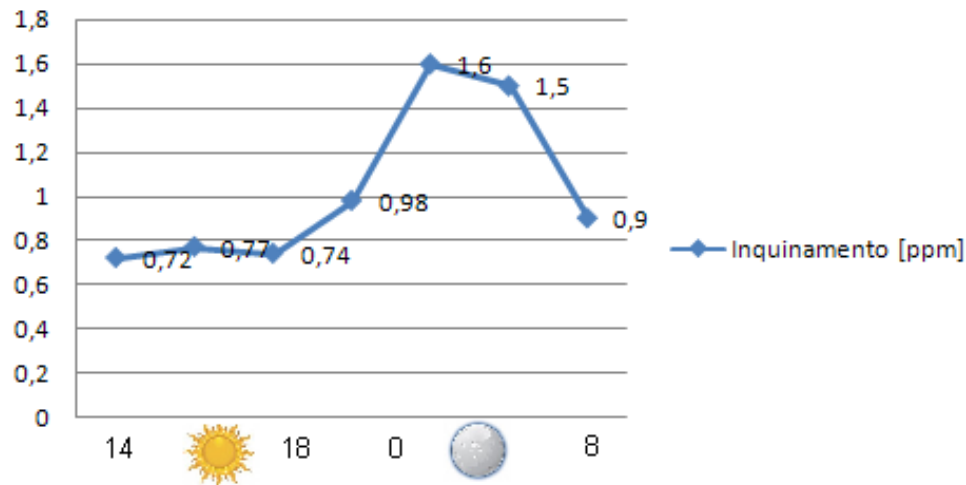
**QUALITA' DELL'ARIA OTTIMA!  
NESSUN RISCHIO SBS RILEVATO**

**NOTE: Quando effetti respiratori, irritativi e sensoriali colpiscono un numero significativo di frequentatori dello stesso luogo confinato si parla di Sick Building Syndrome (S.B.S.) in italiano 'sindrome dell'edificio malato' (riconosciuta e definita nel 1987 dall'Organizzazione Mondiale della Sanita').**

# RISULTATI

Il monitoraggio effettuato grazie al dispositivo ha consentito di notare un notevole abbattimento [in termini di ppm] del livello di inquinamento indoor da VOC grazie alla attivazione della fotocatalisi.

Inquinamento [ppm]



D  
M  
A  
I  
C

# PUBBLICAZIONE SCIENTIFICA

## **SISTEMA INNOVATIVO SVILUPPATO IN ARDUINO PER LA DETERMINAZIONE DELLA TOSSICITA' CAUSATA DA VOC IN UN AMBIENTE CONFINATO E RISOLUZIONE DELLA PROBLEMATICA MEDIANTE APPLICAZIONE DI NANOTECNOLOGIA ATTIVA\***

**Vito Santarcangelo<sup>1,2</sup>, Nancy Santarcangelo<sup>3</sup>, Annunziata Faccia<sup>4</sup>,  
Biagio Masellis<sup>5</sup>, Egidio Cascini<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> *Centro Studi S.r.l. , Zona Industriale Loc. Sant'Antuono - 84035 Polla (SA)*

<sup>2</sup> *Evopdi S.r.l. , Viale Lombardia, 16/H – 20081 Cassinetta di Lugagnano (MI)*

<sup>3</sup> *BNG S.r.l. – Via Ravenna, 2 - 75015 Ferrandina (MT)*

<sup>4</sup> *Dipartimento materno infantile asl. n. 4 Terni – U.O. di ostetricia e ginecologia del  
P.O. di Orvieto*

<sup>5</sup> *Farmacia Comunale di Ginosa S.r.l. – Viale Martiri d'Ungheria, 57 - 74013 Ginosa  
(TA)*

<sup>6</sup> *Accademia Italiana del Sei Sigma - c/o Università degli Studi Guglielmo Marconi , Via  
Vittorio Veneto, 80, 59100 Prato*

\* autore di riferimento - email: [info@iinformatica.it](mailto:info@iinformatica.it)

# BREVETTO DI INNOVAZIONE

**Tipo** RAPPRESENTANTE

**Cognome Nome/** CENTRO STUDI S.R.L.

**Denominazione** Indirizzo: POTENZA (PZ)  
VIA ISCA DEL PIOPPO,19 cap 75100  
località POTENZA

## C. TITOLO

---

**Titolo** SISTEMA PER LA DETERMINAZIONE E IL MONITORAGGIO DEL  
LIVELLO DI INQUINAMENTO DOVUTO AD AGENTI FOTO  
CATALIZZABILI MEDIANTE NANOTECNOLOGIA ATTIVA IN UN'AREA  
DELIMITATA.

## D. INVENTORE DESIGNATO

---

**Cognome Nome** SANTARCANGELO VITO  
Nazionalità: ITALIA

**Cognome Nome** CASCINI EGIDIO  
Nazionalità: ITALIA