

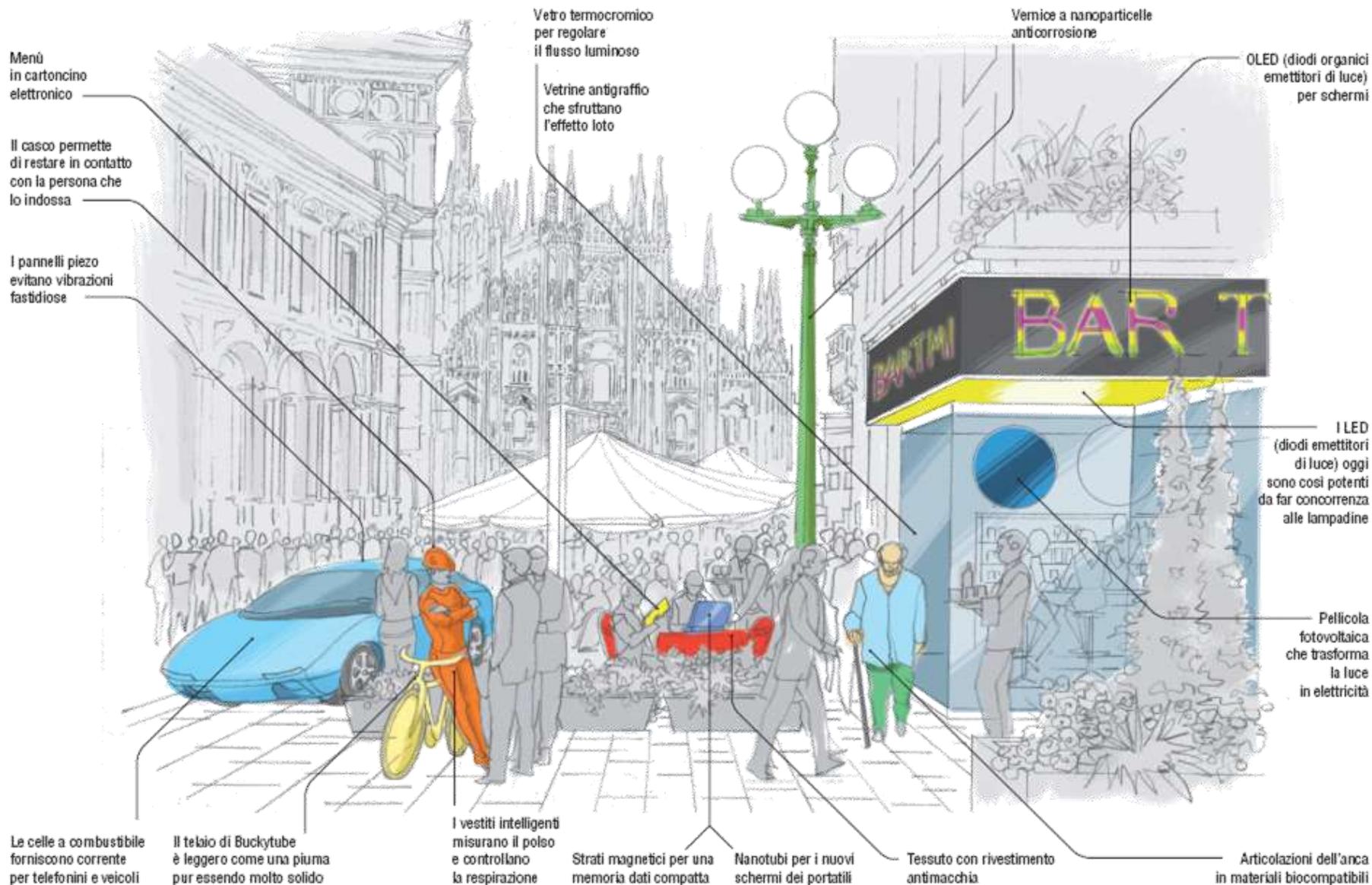
Nanomateriali e salute e sicurezza sul lavoro

Ricerca

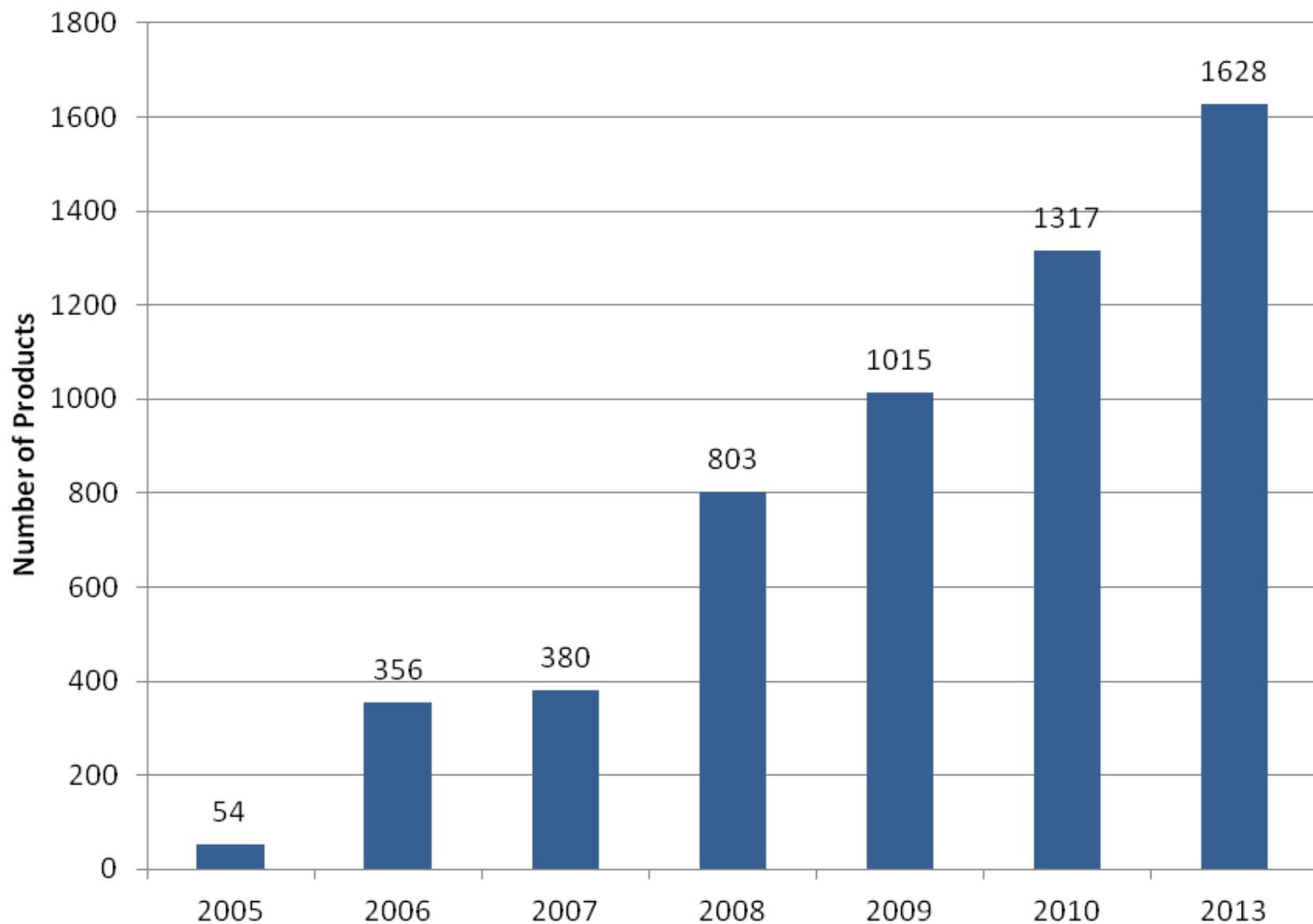
*Ing. Fabio Boccuni
INAIL
Dipartimento di Medicina, Epidemiologia, Igiene
del Lavoro ed Ambientale
Roma*

*ASSEMBLEA NAZIONALE RLS FIOM-CGIL
Firenze - 10 aprile 2015*

Lo sviluppo delle nanotecnologie



Lo sviluppo delle nanotecnologie



Fonte: <http://www.nanotechproject.org>, ultimo accesso 22/11/2014

Lo sviluppo delle nanotecnologie



RIGENERAZIONE DEI DIFETTI SULLA SUPERFICIE DEL CUSCINETTO

La foto della pista di rotolamento del cuscinetto, danneggiata appositamente prima. Dopo l'applicazione del Revitalizant, il difetto viene rimarginato con la copertura metalloceramica.

Il metallo usurato può essere rigenerato! E la sua vita può essere

di **4** volte

più lunga rispetto a quello nuovo



Le Nanotecnologie nelle costruzioni

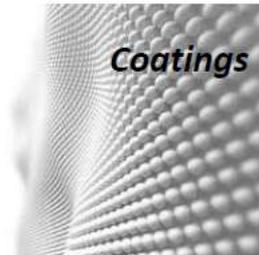
Steel



Glass



Coatings



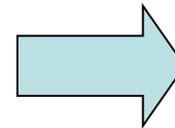
Concrete



Le nanotecnologie nelle KETs

La Commissione Europea ha annoverato le nanotecnologie nelle cinque **Key Enabling Technologies** (KETs) “quale indispensabile base tecnologica di tutta una serie di applicazioni produttive che potranno cambiare le nostre vite in futuro, come quelle necessarie per sviluppare tecnologie a bassa emissione di carbonio, migliorare l’efficienza energetica e l’utilizzo delle risorse, arginare il cambiamento climatico o permettere di invecchiare in buona salute”

- ❖ *Micro/nano elettronica,*
- ❖ *Nanotecnologie*
- ❖ *Fotonica*
- ❖ *Materiali avanzati*
- ❖ *Biotecnologie industriali*
- ❖ *Tecnologie di produzione avanzate*

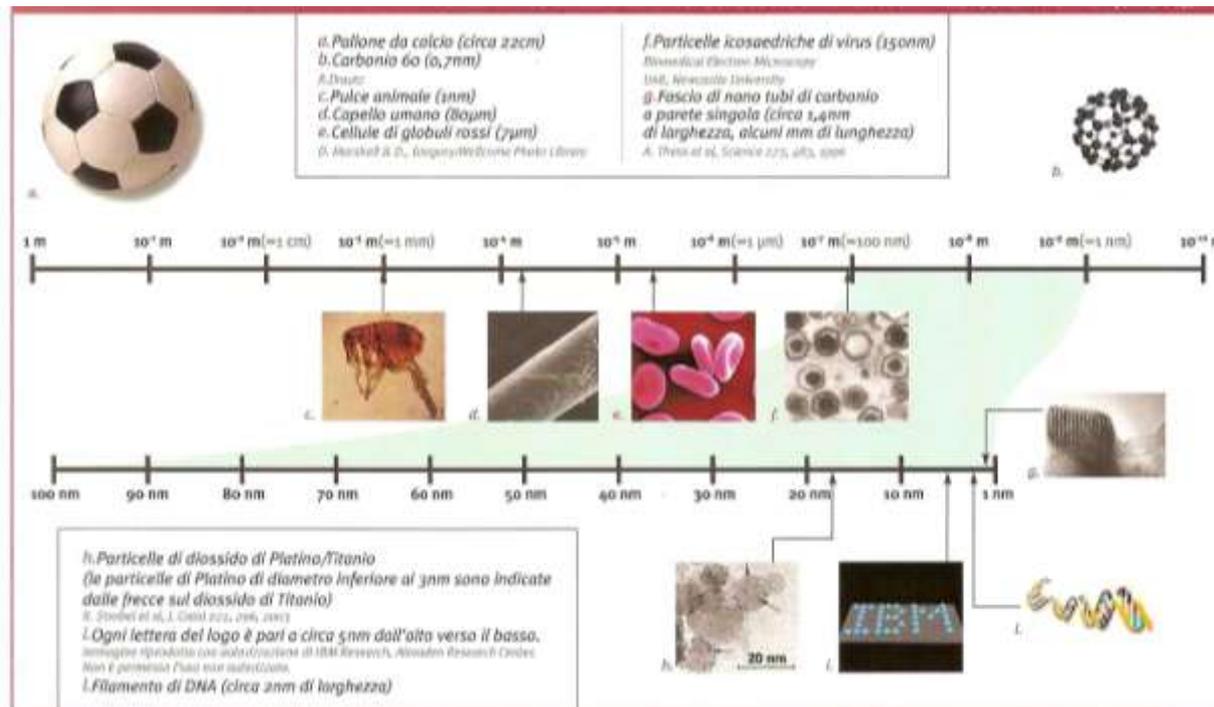


Le nanotecnologie...

Nanotecnologie

- (1) sviluppo di ricerca e tecnologia a livello atomico, molecolare o macromolecolare, in una scala dimensionale da 1 a 100 nanometri;
- (2) creazione ed utilizzo di strutture, dispositivi e sistemi che abbiano proprietà e funzioni innovative dovute alle loro dimensioni;
- (3) capacità di controllare o manipolare la materia alla scala atomica.

Fonte: NNI, 2006; EPA, 2007; NIOSH, 2009



I nanomateriali

Nel 2008 l'International Standard Organization ha pubblicato la definizione di **nano-oggetto** con cui si intende un...



“materiale con una, due o tre dimensioni esterne alla nanoscala (range dimensionale che va da 1 a 100 nm)”

Fonte: ISO/TS 27687:2008

Nel 2011 la Commissione Europea ha introdotto una definizione di **nanomateriale** con cui si intende un...



“materiale naturale, derivato o fabbricato contenente particelle allo stato libero, aggregato o agglomerato, e in cui, per almeno il 50% delle particelle nella distribuzione dimensionale numerica, una o più dimensioni esterne siano comprese fra 1 e 100 nanometri”

Fonte: CE, Raccomandazione del 18 Ottobre 2011



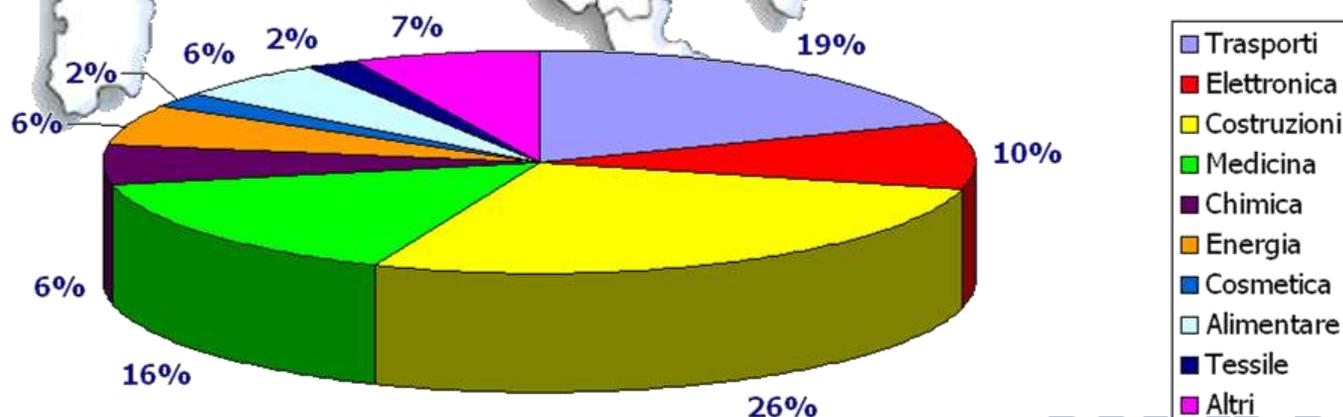
Alcuni dati in Italia

Censimento Italiano delle Nanotecnologie
1° Edizione 2004 → 3° Edizione 2011

- ❖ Organizzazioni attive **120 → 189**
- ❖ Imprese **20 → 86**
- ❖ Addetti alla R&S **1.330 → 4.219**

Fonte: AIRI-Nanotec IT, 2011

IMPATTO NEI
SETTORI
PRODUTTIVI



Fonte: Boccuni F et al. J Clean Prod 2008, 16: 949-956

Caratteristiche dei nanomateriali

Nuove proprietà utili

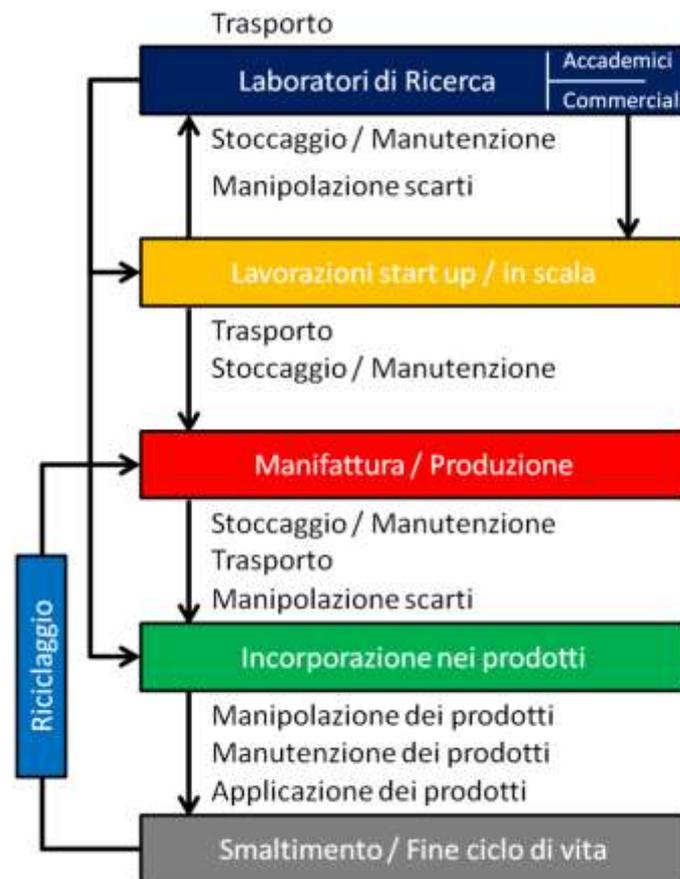
- ❖ *Resistenza*
- ❖ *Leggerezza*
- ❖ *Durabilità*
- ❖ *Punto di fusione*
- ❖ *Conducibilità elettrica*
- ❖ *Reattività chimica*

Aspetti che possono influenzare la tossicità

- ❖ *Dimensioni*
- ❖ *Forma*
- ❖ *Composizione*
- ❖ *Solubilità*
- ❖ *Struttura cristallina*
- ❖ *Carica*
- ❖ *Caratteristiche superficiali*
- ❖ *Agglomerazione*
- ❖ *Impurità*
- ❖ *Funzionalizzazione*

I nanomateriali in ambiente di lavoro

- ❖ I lavoratori sono i principali esposti potenziali in ciascuna fase del ciclo di vita dei nanomateriali.
- ❖ Con l'aumento dell'utilizzo e della produzione dei NM, cresce la potenziale esposizione dei lavoratori coinvolti.
- ❖ Nei luoghi di lavoro spesso si hanno esposizioni maggiori in quanto per le nanotecnologie non sono certi i rischi e di conseguenza le misure di gestione.



Rischio Emergente per la SSL

Definizione dell'Osservatorio Europeo dei Rischi:

“qualsiasi rischio professionale che sia nuovo e in aumento”

“Nuovo”:

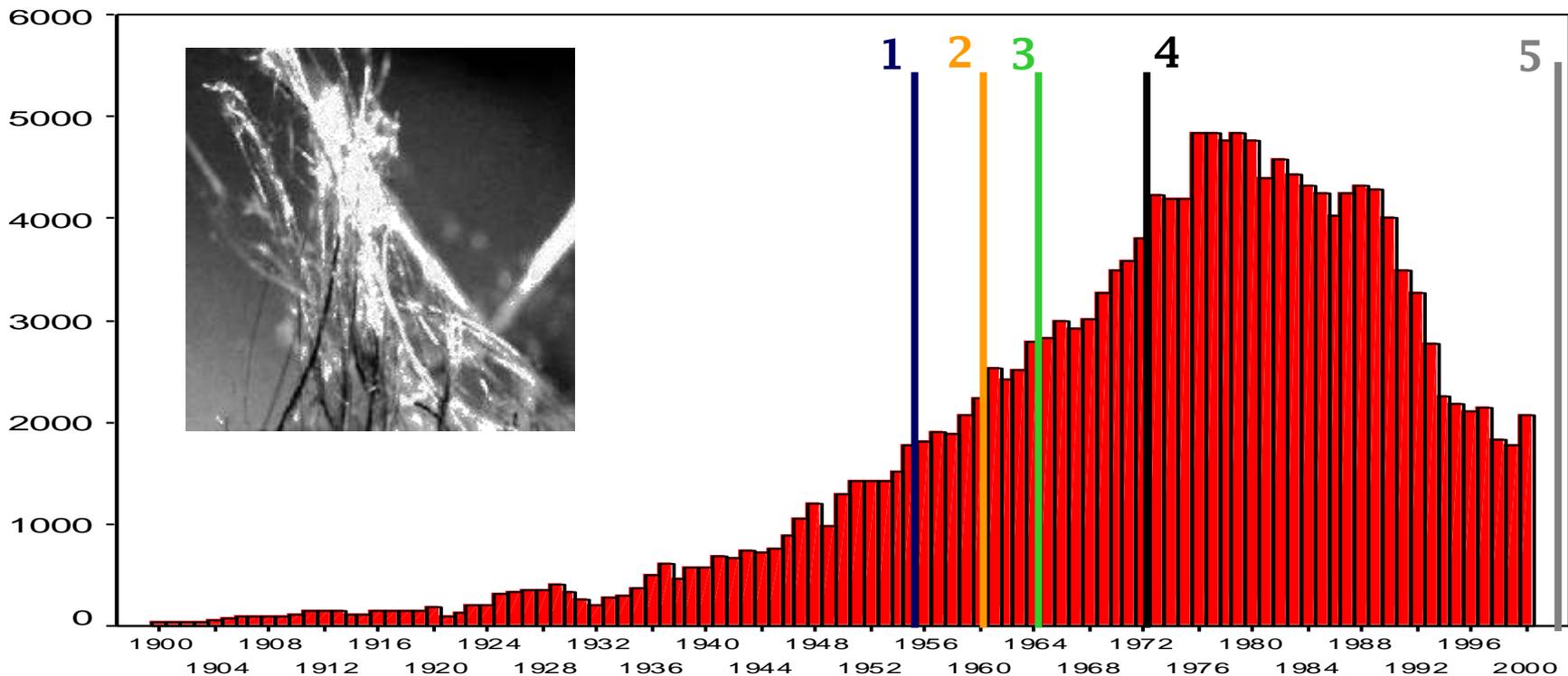
- il rischio non esisteva prima ed è causato da nuovi processi, nuove tecnologie, nuovi tipi di luoghi di lavoro, o da trasformazioni sociali o organizzative; oppure
- un problema di lunga data è da poco considerato un rischio grazie ad un cambiamento della percezione sociale o pubblica; oppure
- nuove conoscenze scientifiche consentono di identificare come rischio un problema di lunga durata.

“In aumento”:

- il numero di pericoli che conducono al rischio è in aumento; oppure
- l'esposizione al pericolo che conduce al rischio è in aumento (livello di esposizione e/o numero di persone esposte); oppure
- l'effetto del pericolo sulla salute dei lavoratori sta peggiorando (gravità degli effetti per la salute e/o del numero di persone interessate).

L'esperienza dell'amianto

Produzione di amianto nel mondo dal 1900 al 2000 (migliaia di tonnellate)



1. DOLL R. *Mortality from lung cancer in asbestos workers.* Brit J Ind Med 1955;12:81-86

2. WAGNER et al. *Diffuse pleural mesothelioma and asbestos exposure in the north western Cape Province.* Br J Ind Med 1960;17:260-71

3. SELIKOFF IJ et al. *Asbestos exposure and neoplasia.* JAMA 1964;188:22-26

4. La Danimarca bandisce l'uso dell'amianto per l'isolamento, 1972

5. 55 Bandi nazionali dell'amianto nel mondo, 2014 (www.ibasecretariat.org)

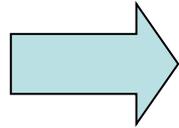
Questioni chiave



- ❖ *Aspetti di regolamentazione*
- ❖ *Analisi del rischio*
- ❖ *Effetti sulla salute*
- ❖ *Caratterizzazione e misurazione*
- ❖ *Studi su popolazioni di lavoratori*
- ❖ *Monitoraggio e gestione dei dati*
- ❖ *Principio di precauzione e sostenibilità*

Il quadro normativo nazionale

“Allo stato attuale della normativa italiana di salute e sicurezza sul lavoro i nanomateriali rientrano negli obblighi di valutazione dei rischi cui sono soggette le stesse tipologie di sostanze a prescindere dalla dimensione”



D.LGS. 81/08 e s.m.i.



Art. 2087 Codice Civile

“L'imprenditore è tenuto ad adottare nell'esercizio dell'impresa le misure che, secondo la particolarità del lavoro, l'esperienza e la tecnica, sono necessarie a tutelare l'integrità fisica e la personalità morale dei prestatori di lavoro.”

Infine, si ritiene di sottolineare la opportunità che si proceda, innanzitutto tramite le attività del “network INAIL NanOSH Italia” già in corso ma anche nel pieno rispetto delle competenze esistenti (si consideri, per tutte, quella dell'autorità nazionale per il REACH presso il Ministero della salute) e delle attività in essere a livello europeo, ad un approfondimento delle tematiche di salute e sicurezza derivanti dall'utilizzo di nano-materiali, il quale possa portare a risultati apprezzabili – che si sostanzino, ad esempio, nella predisposizione di strumenti di ausilio, come linee guida e buone prassi, per gli operatori interessati in materia – in un prossimo futuro.

Analisi del rischio e sviluppo responsabile dei NM

Identificazione del pericolo
"Si può ritenere che sono pericolosi?"

*Ci sono evidenze in nano-tossicologia"?
Quali test possono essere realizzati?*

Valutazione dell'esposizione
"Ci può essere esposizione in condizioni reali?"

*Dove avviene l'esposizione?
Come può essere misurata?
Con quali parametri?*

Valutazione del Rischio
"Sono pericolosi e ci può essere esposizione?"

Il rischio è la combinazione di pericolo ed esposizione?

Gestione del Rischio
"Come si può minimizzare il rischio?"

*Quali misure sono state realizzate?
Sono efficaci?
Di quanto si riduce il rischio?*

La comunicazione del rischio come influisce sulla percezione?

Analisi costi-benefici
"Se i lavoratori sono protetti quali sono i benefici?"

Proposte di limiti di esposizione professionale

Substance		OEL or REL (mg m ⁻³)	DNEL (mg m ⁻³)	References
MWCNT (Baytubes)	8-h TWA	0.05		Pauluhn (2010)
MWCNT (10–20 nm/5–15 µm) Scenario NOAEC pulmonary effects	Short-term inhalation		201	Stone <i>et al.</i> (2010)
	Chronic inhalation		33.5	Stone <i>et al.</i> (2010)
MWCNT (10–20 nm/5–15 µm) Scenario LOAEC immune effects	Short-term inhalation		4	Stone <i>et al.</i> (2010)
	Chronic inhalation		0.67	Stone <i>et al.</i> (2010)
MWCNT (Nanocyl)	8-h TWA	0.0025		Nanocyl (2009)
CNT (SWCNT and MWCNT)	8-h TWA	0.007		NIOSH (2010)
Fullerenes	Short-term inhalation		44.4	Stone <i>et al.</i> (2010)
	Chronic inhalation		0.27	Stone <i>et al.</i> (2010)
Fullerene		~0.8		NEDO-2 (2009)
Ag (18–19 nm)	DNEL-lung scenario 1		0.33	Stone <i>et al.</i> (2010)
	DNEL-lung scenario 2		0.098	Stone <i>et al.</i> (2010)
	DNEL-liver		0.67	Stone <i>et al.</i> (2010)
TiO ₂ (21 nm)	Chronic inhalation		17	Stone <i>et al.</i> (2010)
TiO ₂ (10–100 nm; REL)	10 h day ⁻¹ , 40 h week ⁻¹	0.3		NIOSH (2011)
TiO ₂ P25 (primary size 21 nm)	TWA 8 h day ⁻¹ , 5 day week ⁻¹	1.2		NEDO-1 (2009)

SWCNT, single-wall CNT; MWCNT, multi-wall CNT; NOAEC, no-observed adverse effect concentration; LOAEC, lowest observed adverse effect concentration.

OEL = Occupational Exposure Limit - **DNEL** = Derived No-Effect Level

Dall'esposizione potenziale alla valutazione quantitativa

Principali aspetti per la valutazione dell'esposizione nei luoghi di lavoro:

- ❖ *Analisi del processo produttivo*
- ❖ *Definizione del protocollo di misure*
- ❖ *Scelta degli strumenti per il monitoraggio*
- ❖ *Distinzione del particolato di background*
- ❖ *Valutazione complessiva dell'esposizione*
- ❖ *Integrazione con studi tossicologici*



APPROCCIO MULTI-DISCIPLINARE, MULTI-PARAMETRICO E MULTI-LIVELLO

Tecniche di Control Banding

“Le misure di controllo sono applicate ad una definita banda di esposizione ad un agente nocivo, il quale ricade all’interno di un dato gruppo di pericolo”

Table 1. Control bands for exposures to chemicals by inhalation

Band No.	Target Range of Exposure Concentration	Hazard group	Control
1	>1 to 10 mg/m ³ dust >50 to 500 ppm vapor	Skin and eye irritants	Use good industrial hygiene practice and general ventilation.
2	>0.1 to 1 mg/m ³ dust >5 to 50 ppm vapor	Harmful on single exposure	Use local exhaust ventilation.
3	>0.01 to 0.1 mg/m ³ dust >0.5 to 5 ppm vapor	Severely irritating and corrosive	Enclose the process.
4	<0.01 mg/m ³ dust <0.5 ppm vapor	Very toxic on single exposure, reproductive hazard, sensitizer*	Seek expert advice.

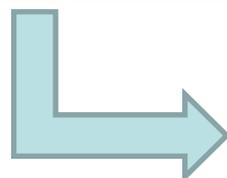
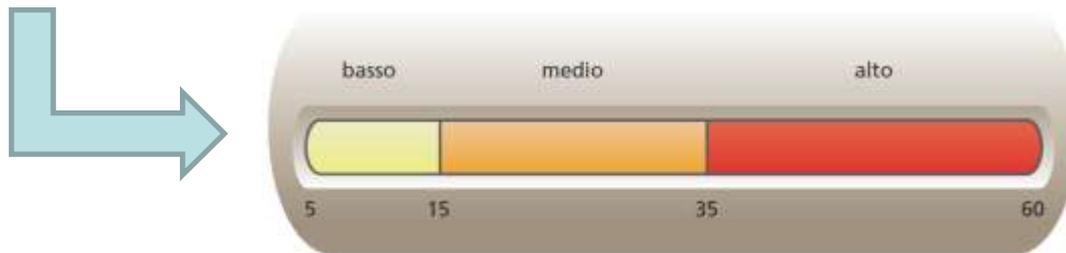
Il modello proposto dall’INAIL...

$$\text{Valutazione del Rischio} = \sum_{i=A}^J (\text{Parametri di rischio})_i * (\text{Fattore correttivo})$$



	Livello rischio Parametri di rischio
A	la numerosità dei lavoratori esposti
B	frequenza di esposizione
C	frequenza di manipolazione diretta
D	dimensioni dei NM
E	comportamento dei NM (es. dispersione o agglomerazione)
F	efficacia dei DPI usati
G	organizzazione e procedure di lavoro
H	caratteristiche tossicologiche delle sostanze
I	rischio di incendio ed esplosione
J	idoneità degli spazi di lavoro e delle attrezzature

** Il fattore correttivo varia da 0,5 a 2,0 a seconda del livello di conoscenza scientifica attribuibile al caso di studio*



MISURE DI GESTIONE

La gestione del rischio



- ❖ Eliminazione
- ❖ Sostituzione
- ❖ Modifica del processo
- ❖ Misure di ingegneria: confinamento
- ❖ Misure di ingegneria: ventilazione
- ❖ Misure organizzative
- ❖ Dispositivi di Protezione Individuale



Principio di precauzione

...Grazie per l'attenzione!



Ing. Fabio Boccuni

INAIL - Settore Ricerca

***Dipartimento di
Medicina, Epidemiologia,
Igiene del Lavoro ed
Ambientale***

f.boccuni@inail.it

Fonte: www.etcgroup.org