

SISTEMI DI CONTROLLO E PROTEZIONE DEI LAVORATORI POTENZIALMENTE ESPOSTI A NANOMATERIALI INGEGNERIZZATI

G. CASTELLET Y BALLARÀ*

SOMMARIO

1. Introduzione. - **2.** Nanomateriali e nanoparticelle. - **3.** Vie di esposizione a nanoparticelle. - **4.** Limiti di esposizione a nanoparticelle. - **5.** Potenziale esposizione occupazionale. - **6.** Sistemi di controllo. - **7.** Dispositivi di protezione individuale. - **8.** Conclusioni.

1. Introduzione

Il settore delle nanotecnologie continua a crescere rapidamente attraverso lo sviluppo di nuovi materiali, prodotti e applicazioni. I prodotti derivanti dall'uso delle nanotecnologie sono relativamente recenti, già presenti sul mercato da 10 - 15 anni. Ad oggi, si contano più di 1.800 prodotti di consumo che contengono nanomateriali immessi sul mercato da 622 aziende in 32 paesi. Tra le categorie dei beni di consumo, quella della salute e fitness racchiude la maggior parte dei prodotti (762, ovvero il 42% del totale). L'argento è il nanomateriale più utilizzato (435 prodotti con il 24%). I nanomateriali sono prodotti e manipolati da parte dei lavoratori i quali, pertanto, sono i primi ad essere esposti. Allo stesso tempo, molte questioni sono state sollevate in relazione ai potenziali rischi per la salute umana e per l'ambiente causati da alcuni di questi nuovi nanomateriali. Vista la rapida crescita di prodotti immessi nel mercato e quindi di lavoratori potenzialmente esposti, è essenziale che i produttori e gli utilizzatori di nanomateriali assicurino un ambiente di lavoro sano e sicuro. Ad oggi, le evidenze scientifiche non sono tali da far affermare con certezza come le esposizioni professionali alle nanoparticelle possano influire sulla salute e sicurezza dei lavoratori e quali livelli di esposizione possono ritenersi accettabili. È dunque importante adottare tutte le necessarie precauzioni per ridurre al minimo l'esposizione e

* Inail - Consulenza tecnica accertamento rischi e prevenzione.

tutelare la salute e sicurezza dei lavoratori, tra cui fondamentali sono le misure di protezione. L'uso di dispositivi di protezione respiratoria è spesso necessaria quando i sistemi di controllo tecnici e di processo non mantengono i livelli di esposizione al di sotto di un certo limite normativo o precauzionale previsto. La decisione di utilizzare i dispositivi di protezione individuale dovrebbe essere basata su un giudizio professionale, sulla valutazione dei rischi e sulle pratiche di gestione del rischio. In Italia l'uso dei dispositivi di protezione individuale è regolato dal Decreto Legislativo N. 81 del 9 aprile 2008 (Titolo III, Capo II). In particolare la Norma UNI 10720 (Guida alla scelta ed all'uso degli apparecchi di protezione delle vie respiratorie) stabilisce le linee guida sui criteri di selezione, uso e manutenzione dei dispositivi di protezione per le vie respiratorie.

L'ISO (International Organization for Standardization) ha pubblicato la norma ISO/TR 12885:2008 Nanotechnologies - Health and safety practices in occupational settings relevant to nanotechnologies, oggi in fase di revisione, dove vengono suggerite misure e criteri di controllo negli ambienti lavorativi caratterizzati dall'esposizione a nanoparticelle ingegnerizzate. Nel presente lavoro, pertanto, dopo aver esaminato la problematica dell'esposizione a nanoparticelle, vengono illustrati i principali fattori che influenzano la scelta dei sistemi di controllo e riportate le principali indicazioni sui criteri di selezione per la scelta dei dispositivi di protezione individuale negli ambienti caratterizzati da esposizione a nanomateriali.

2. Nanomateriali e nanoparticelle

I nanomateriali sono una classe di sostanze su piccola scala che hanno componenti strutturali di dimensioni inferiori a 100 nanometri (nm) in almeno una dimensione. I nanomateriali possono essere classificati in tre tipologie a seconda della loro provenienza: naturali, incidentali e ingegnerizzati. I nanomateriali naturali sono, ad esempio, quelli emessi durante le attività vulcaniche di tipo gassoso, mentre quelli incidentali sono nanomateriali generati da attività antropiche, come i fumi di scarico dei motori diesel o il fumo da tabacco. I nanomateriali ingegnerizzati (NMI) sono, invece, intenzionalmente progettati e prodotti con specifiche proprietà e composizione, attraverso processi chimici e fisici. Questi nanomateriali possono essere rilasciati nell'ambiente principalmente attraverso applicazioni industriali. I nanomateriali includono particelle con almeno due dimensioni comprese tra circa 1 e 100 nm. Queste nanoparticelle presentano spesso proprietà fisiche e chimiche uniche, e ancora poco si sa sugli effetti che queste proprietà possono avere sulla salute umana. La ricerca scientifica ha dimostrato che la dimensione delle particelle, la forma, l'area superficiale, la carica, le proprietà chimiche, la solubilità, la potenziale generazione di ossidanti e il grado di agglomerazione possono influenzare la tossicità delle

nanoparticelle. Come con qualsiasi pericolo di inalazione di sostanze chimiche, i rischi potenziali per la salute dovuti a nanoparticelle sono in funzione della concentrazione e del tempo di esposizione. Questi rischi sono più seri per quei lavoratori che possono essere esposti a nanoparticelle aerodisperse nel corso dell'attività di produzione, manipolazione o imballaggio. Mentre alcuni rischi sono stati identificati, sono necessarie ulteriori ricerche per comprendere meglio le vie e i livelli di esposizione per i lavoratori e valutare pienamente la tossicità delle nanoparticelle.

3. Vie di esposizione a nanoparticelle

Vi è una limitata informazione sugli effetti per la salute dei NMI, ma i risultati di studi di laboratorio sugli animali generano motivi di preoccupazione. Inoltre, la forma nanometrica di alcuni materiali dimostra un'accresciuta reattività nei test biologici. Le incertezze in materia di rischio da esposizione possono avere un certo rilievo, perché le caratteristiche chimico-fisiche dei nanomateriali possono essere molto diverse da quelle di particelle più grandi della stessa composizione chimica. La via di esposizione più comune alle particelle aerodisperse negli ambienti lavorativi è quella inalatoria. Come avviene per altri tipi di particelle, la deposizione di particelle nanometriche (PN) nel tratto respiratorio è determinata dal loro diametro. Gli agglomerati di PN si depositeranno in funzione del loro diametro e non in funzione del diametro delle singole PN. Conformemente al modello di deposizione accreditato è prevista una sostanziale deposizione delle PN in tutte le diverse regioni polmonari, in modo predominante nella regione alveolare, ma anche nelle regioni tracheobronchiali ed extra-toracica (figura 1). Occorre, altresì, considerare che, a seguito della deposizione, il destino delle PN dipende dalla loro biopersistenza, e dal loro potenziale trasloco in altri organi e tessuti. Sono tuttora in corso ricerche per determinare i fattori che regolano tali fenomeni e i meccanismi che contribuiscono all'agglomerazione e de-agglomerazione delle PN, nonché il loro ruolo nell'attività tossica dopo l'inalazione.

Oltre alla via inalatoria, è stato suggerito che anche le vie di esposizione ingestiva e dermica possono avere un rilievo importante durante l'attività lavorativa comportante la manipolazione di PN. Per quanto riguarda l'esposizione per ingestione risulta principalmente dovuta al contatto mano - bocca, ma può anche avvenire per via mucociliare dopo l'inalazione. L'ingestione potrebbe avvenire anche per deglutizione di particelle intrappolate nelle vie aeree. Ne consegue che le strategie che tendono a ridurre l'esposizione cutanea ai nanomateriali nei luoghi di lavoro tenderanno a ridurre l'esposizione per ingestione.

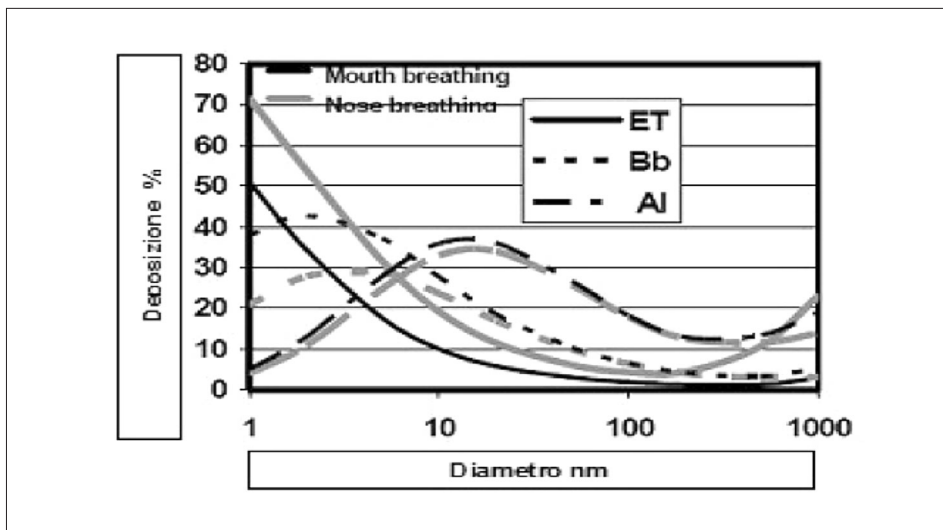


Fig. 1: Deposizione nell'apparato respiratorio; ET: extratoracica; Bb: bronchiale; Al: alveolare.

4. Limiti di esposizione a nanoparticelle

Attualmente non esistono valori limite di esposizione a particelle nanometriche ingegnerizzate (PNI) riconosciuti in sede europea né internazionale. Mentre l'Associazione degli Igienisti Industriali Americani (ACGIH) considera attualmente insufficienti i dati per determinare i valori limite specifici per le PNI, l'Istituto Nazionale per la Salute e Sicurezza nei luoghi di lavoro americano (NIOSH), verso la fine del 2005, propose un valore limite di esposizione a particelle fini del Biossido di Titanio (TiO₂) di 1,5 mg/m³ (la concentrazione media ponderata su 40 ore di lavoro settimanali) e a particelle ultrafini (< 100 nm) di 0,1 mg/m³. Le conoscenze tossicologiche sono ancora insufficienti, a parte casi particolari riferiti alle particelle prodotte dalla combustione dei motori diesel e il Nero di carbone (Carbon Black), per stabilire dei valori limite di esposizione professionale. La vasta eterogeneità dei NMI riduce il numero di specifici limiti di esposizione professionale (LEP) che possono essere probabilmente sviluppati nel prossimo futuro. Ma i LEP per i NMI possono essere sviluppati più rapidamente utilizzando i dati di dose-risposta ottenuti dagli studi su animali per specifiche nanoparticelle attraverso categorie di nanomateriali con proprietà e modalità di azione simili. Quando saranno disponibili adeguati dati di dose-risposta da studi su animali e su umani, l'applicazione di metodi di accertamento del rischio potrà fornire una stima dei rischi da esposizione a nanomateriali per la salute dei lavoratori e, in relazione con i dati di esposizione nei luoghi di lavoro, fornire la base

per determinare specifici limiti di esposizione. In assenza, quindi, di adeguati dati quantitativi, l'approccio qualitativo per l'accertamento del rischio, per il controllo dell'esposizione e per l'applicazione di buone pratiche costituisce una misura adeguata e prudente per ridurre i rischi da esposizione a NMI per i lavoratori.

5. Potenziale esposizione occupazionale

Sono scarsi i dati di esposizione a nanomateriali sul posto di lavoro in cui vengono appositamente prodotti. In generale, è probabile che i processi di fabbricazione di nanomateriali nella fase gassosa (dopo la rimozione del nanomateriale da un sistema chiuso), o che utilizzano o producono nanomateriali come polveri o residui/sospensioni/soluzioni (cioè, in mezzi liquidi), presentano un maggior rischio per il rilascio di nanoparticelle. Inoltre, la manutenzione dei sistemi di produzione (compresa la pulizia e lo smaltimento dei materiali provenienti da sistemi di raccolta della polvere) è suscettibile di provocare l'esposizione a nanoparticelle. Possono anche verificarsi esposizioni connesse con la gestione dei rifiuti contenenti nanomateriali. Al momento non vi sono informazioni sufficienti per prevedere tutte le situazioni e gli scenari di lavoro che possono comportare l'esposizione ai nanomateriali. Tuttavia, ci sono alcuni fattori che possono aumentare il rischio di esposizione:

- lavorazione con nanomateriali in un liquido senza adeguata protezione (ad esempio, senza guanti);
- lavorazione con nanomateriali in un liquido durante operazioni di versamento o di miscelazione o dove è necessario un alto grado di agitazione;
- generazione di nanomateriali in fase gassosa in sistemi aperti;
- manipolazione (ad esempio, pesatura, miscelazione, spray) con polveri di materiali nanostrutturati;
- manutenzione di attrezzature e processi usati per produrre o fabbricare nanomateriali;
- pulizia o smaltimento dei rifiuti;
- pulizia dei sistemi di raccolta della polvere usati per catturare le nanoparticelle;
- lavorazione, levigatura, perforazione di nanomateriali, o altre trasformazioni meccaniche che possono potenzialmente portare alla aerosolizzazione di nanoparticelle.

6. Sistemi di controllo

Date le limitate informazioni circa i rischi associati con l'esposizione professio-

nale a NMI, adeguate misure dovrebbero essere prese per ridurre al minimo il rischio di esposizione del lavoratore attraverso l'attuazione di un programma di gestione del rischio. Se il potenziale pericolo non può essere eliminato con la sostituzione di una sostanza con una meno pericolosa o non pericolosa, allora dovrebbero essere installati sistemi di controllo specifici per il processo o la manzione potenzialmente a rischio. I sistemi di controllo come sorgenti chiuse (vale a dire, isolando la sorgente dal lavoratore) e sistemi di ventilazione locali devono essere efficaci per la cattura di nanomateriali aerodispersi, in base alle conoscenze del movimento aerodinamico dei nanomateriali in aria. Anche la quantità in massa dei nanomateriali, che viene sintetizzata o utilizzata nella fabbricazione di un prodotto, influenza in modo significativo la selezione dei sistemi di controllo. Diversi, quindi, sono i fattori che influenzano la scelta dei sistemi di controllo: la quantità di nanomateriali manipolati o prodotti, la forma fisica e la durata della specifica attività (produzione /manipolazione). Per esempio, lavorare con basse quantità di nanomateriale in forma liquida richiederebbe un sistema di controllo meno rigoroso di quello che sarebbe necessario per grandi quantità di nanomateriali in polvere (figura 2). I nanomateriali che non sono in forma libera (incapsulati in un solido, nanocompositi, materiali rivestiti superficialmente), a meno di tagli o frantumazione, non richiedono normalmente dei sistemi di controllo.

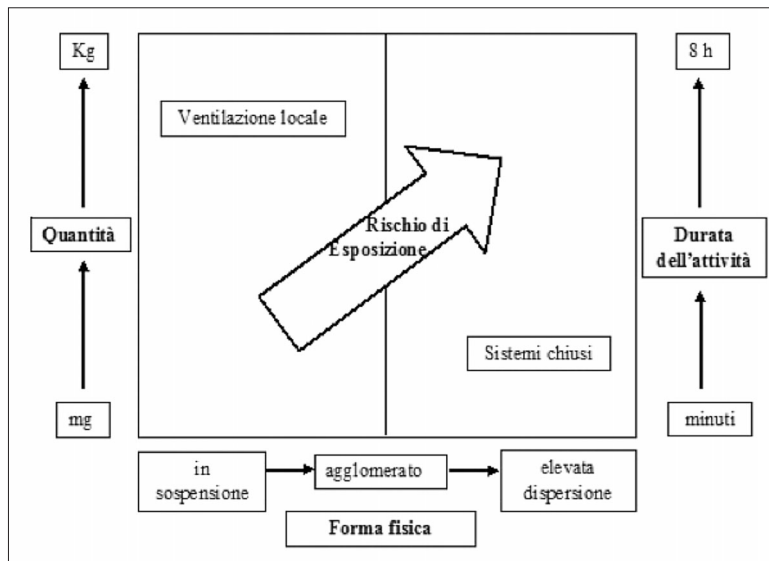


Fig. 2: Fattori che influenzano la scelta dei sistemi di controllo dell'esposizione ai nanomateriali. All'aumentare di queste variabili, aumenta l'esposizione e la necessità di misure di controllo più efficienti.

7. Dispositivi di protezione individuale

Se i livelli di esposizione lavorativa ai nanomateriali rimangono preoccupanti anche dopo l'adozione di sistemi di controllo e di processo, l'utilizzo di dispositivi di protezione individuale (DPI), come guanti e respiratori può ulteriormente ridurre l'esposizione. Sono state sviluppate diverse Linee Guida che forniscono raccomandazioni per l'uso dei DPI compresi indumenti, guanti e respiratori nei luoghi di lavoro dove si utilizzano nanoparticelle. Ad esempio, il National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) riporta sia su "Approaches to Safe Nanotechnology" che su "Nanomaterial Production and Downstream Handling Processes" i criteri di scelta per i DPI e per i respiratori per gli ambienti di lavoro dove si utilizzano nanomateriali. L'Associazione dell'industria chimica tedesca (VCI) e l'Istituto federale tedesco per la sicurezza e la salute (BAuA) hanno pubblicato una "Guida per la gestione e l'utilizzo di nanomateriali nei luoghi di lavoro", che contiene orientamenti sulla scelta e l'uso di indumenti di protezione individuale, guanti e respiratori tra cui i dati di efficacia dei filtri per particelle nanometriche. Inoltre, sulla base di un'indagine svolta nei luoghi di lavoro dove si utilizzano nanotecnologie (ICON 2006), l'84% dei datori di lavoro raccomanda l'uso di dispositivi di protezione individuale e di indumenti per i dipendenti che lavorano con i nanomateriali. La scelta dei dispositivi di protezione proposti nelle suddette Linee Guida dipende principalmente dalle caratteristiche dell'attività in corso. Per la protezione delle vie respiratorie durante la manipolazione di nanomateriali in un sistema chiuso, in processi produttivi automatici e per l'utilizzo dei nanomateriali incorporati nelle resine, è richiesta una protezione respiratoria con un fattore di protezione (FP) 10 o superiore. Questo include semimaschere sostituibili e maschere antipolvere monouso. Se viene invece utilizzato un limite di esposizione, è necessaria una protezione respiratoria con un FP 50 o superiore, come ad esempio semimaschere PAPR (powered air-purifying respirator) assistite da ventola, maschere fornite di aria e maschere intere sostituibili antipolvere.

In caso di attività specialistiche o in presenza di alte concentrazioni di nanoparticelle, ad esempio durante le operazioni di pulizia o di raccolta e riciclaggio dei prodotti, è consigliato l'uso di protezioni delle vie respiratorie con un FP da 100 a 1000 o anche superiore. Questi valori di FP possono essere forniti da una maschera facciale completa e un cappuccio ventilato tipo PAPR fornito di un respiratore alimentato ad aria.

L'uso di guanti è anche considerato necessario da tutte le Linee Guida specifiche per i nanomateriali prodotti e manipolati nei laboratori. I guanti devono essere impermeabili e il materiale più idoneo è considerato il nitrile; ulteriori materiali consigliati sono in lattice, anche se occorre tener presente il problema delle allergie. Il materiale dei guanti deve essere scelto in base alla compatibilità chimica con il nanomateriale da manipolare. Si raccomanda inoltre la rimozione dei guanti all'interno di un sistema confinato, ad esempio una cappa chiusa.

Per quanto riguarda le calzature è fortemente raccomandato l'uso di scarpe chiuse costituite preferibilmente da un materiale impermeabile o di bassa permeabilità (neoprene). Come ulteriori misure di protezione sono indicati prevalentemente i camici da laboratorio usa e getta o le tute monouso (tessuto non tessuto, polipropilene).

Per la protezione degli occhi, è consigliato l'uso di occhiali di sicurezza con protezione laterale o di visiere.

Possono essere inoltre utilizzati DPI per la protezione del capo, pantaloni lunghi, camice a maniche lunghe o grembiuli.

8. Conclusioni

In generale, l'esposizione a sostanze tossiche deve essere impedita evitando, per quanto ragionevolmente possibile, l'uso di sostanze pericolose. Se, tuttavia, questo non è possibile, l'esposizione deve essere controllata mediante l'applicazione di misure adeguate di prevenzione e protezione coerenti con l'ordine di priorità indicato nella figura 3, che descrive la gerarchia di controllo dell'esposizione a sostanze pericolose.

Eliminare
Sostituire
Confinare
Utilizzare i sistemi di controllo
Applicare procedure di controllo
Utilizzare i dispositivi di protezione individuale

Fig. 3: Gerarchia di controllo dell'esposizione a sostanze pericolose.

Evidenze tossicologiche indicano che l'esposizione ad alcune nanoparticelle possono provocare effetti nocivi per la salute in animali da laboratorio, ma non esistono studi specifici sui lavoratori esposti. Le attuali conoscenze circa i possibili rischi sanitari dovuti all'esposizione professionale a nanoparticelle ingegnerizzate sono scarse. Se, in seguito all'applicazione delle misure di controllo dell'esposizione a nanomateriali i livelli rimangono elevati, l'uso di respiratori, indumenti e guanti protettivi può ridurre l'esposizione. Respiratori certificati hanno mostrato di garantire buoni livelli di protezione dell'esposizione a nanomateriali diventando così un importante strumento per una strategia di gestione del rischio in quei casi in cui non è praticabile il controllo dell'emissione alla sorgente. È necessario sviluppare studi di laboratorio in vivo o sul posto di lavoro

per misurare la perdita totale interna (PTI) dei respiratori utilizzati come protezione per l'esposizione a nanoparticelle.

Il progetto europeo Nanosafe2 ha fornito una serie di indicazioni e criteri per l'uso di DPI tradizionali e dispositivi di protezione respiratoria (DPR) in termini di protezione dei lavoratori da nanoparticelle e nanoaerosol. Alcune delle conclusioni più significative, basate su studi di nanoparticelle di grafite, sostengono che:

- i filtri in normale fibra sono molto efficienti a rimuovere nanoparticelle rimanendo intrappolate nelle fibre stesse attraverso una combinazione dei moti Browniani e delle forze di Van der Waals,
- le maschere costituite con filtri in fibra, con respiratori a cartuccia e con filtri HEPA sono efficienti per la cattura di nanoparticelle; il problema principale è la tenuta tra volto e maschera;
- gli indumenti di tipo tessuto non-tessuto a tenuta d'aria sono molto più efficienti dei tessuti come il cotone nel contrastare la penetrazione delle nanoparticelle;
- ci sono in commercio una varietà di guanti (in vinile, nitrile, neoprene o lattice) attraverso i quali le nanoparticelle possono penetrare; si raccomanda pertanto di indossare almeno due paia di guanti.

RIASSUNTO

Il presente studio esamina le attuali conoscenze sui criteri di selezione, proposti in alcune linee guida, per la scelta dei dispositivi di protezione individuale in ambienti nei quali è probabile un'esposizione a nanoparticelle ingegnerizzate. I nanomateriali sono una classe di sostanze di piccole dimensioni che hanno componenti strutturali di dimensioni inferiori a 100 nanometri (nm) in almeno una dimensione, e includono nanoparticelle con almeno due dimensioni comprese tra circa 1 e 100 nm. Queste nanoparticelle hanno spesso proprietà chimiche e fisiche uniche, ma ancora poco si sa circa gli effetti che queste proprietà possono avere sulla salute umana. La ricerca scientifica ha dimostrato che la dimensione delle particelle, la forma, la superficie, la carica, le proprietà chimiche, la solubilità, la potenziale generazione di ossidanti e il grado di agglomerazione possono influenzare sulla tossicità delle nanoparticelle. Come con qualsiasi rischio di inalazione di sostanze chimiche, i potenziali rischi per la salute da esposizione a nanoparticelle dipendono dalla concentrazione della sostanza aerodispersa e dal tempo di esposizione. Questi rischi potenziali sono più gravi per i lavoratori che possono essere esposti alle nanoparticelle disperse nell'aria durante l'attività di produzione, di manipolazione o di imballaggio. Mentre sono già stati individuati alcuni rischi, sono necessarie ulteriori ricerche per capire meglio i modi e i livelli di esposizione per i lavoratori e per valutare pienamente la tossicità delle

nanoparticelle. Spesso è necessario l'uso di dispositivi di protezione delle vie respiratorie quando i sistemi di abbattimento e di controllo non mantengono i livelli di esposizione dei lavoratori al di sotto di un certo limite regolamentare o interno previsto. La decisione di utilizzare i dispositivi di protezione individuale deve basarsi sul giudizio professionale, sulla valutazione dei rischi e attraverso le pratiche di gestione del rischio.

SUMMARY

The present study explores the current knowledge about the selection criteria set out by some guidelines for the selection of personal protective equipment in environments with exposure to engineered nanoparticles. Nanomaterials are a class of small-scale substances that have structural components smaller than 100 nanometers (nm) in at least one dimension. Nanomaterials include nanoparticles with at least two dimensions between approximately 1 and 100 nm. These nanoparticles often have unique chemical and physical properties, but still little is known about the effects that these properties can have on human health. Scientific research reported that the particle size, shape, surface area, charge, chemical properties, solubility, potential generation of oxidants and the degree of agglomeration can influence the toxicity of nanoparticles. As for any risk of inhalation of chemicals, the potential risks to health from nanoparticles is depending on the amount (concentration) and the exposure time. These potential risks are more serious for workers who may be exposed to airborne nanoparticles in the course of the production, handling, or packaging. While some risks have been identified, more research is needed to better understand the ways and levels of exposure to workers and to fully assess the toxicity of nanoparticles. The use of respiratory protective equipment is often necessary when engineering and administrative control systems do not keep exposure levels of workers below a certain limit regulatory or internal expected. The decision to use the personal protective equipment should be based on professional judgment, risk assessment and risk management practices. While some risks have already been identified, more research is needed to better understand the ways and levels of exposure to workers, and to fully evaluate the toxicity of nanoparticles.

BIBLIOGRAFIA

ACHILLE MARCONI, CARLA FANIZZA, GIUSEPPE CASTELLET Y BALLARÀ: *Particelle ultrafini e nanoparticelle: tecniche di misura convenzionali ed avanzate per la determinazione dell'esposizione inalatoria*, in *Riv. Inf. e Mal. Prof.*, INAIL, Fascicolo 2/2007, pp. 261-278.

BAUA, VCI: *Guidance for Handling and Use of Nanomaterials at the Workplace*, 2007.

EILEEN D. KUEMPEL, CHARLES L. GERACI, E PAUL A. SCHULTE: *Risk Assessment and Risk Management of Nanomaterials in the Workplace: Translating Research to Practice*, in *Ann. Occup. Hyg.*, Vol. 56, No. 5, pp. 491-505, 2012.

EPA: *Technical Fact sheet - Nanomaterials*, <http://www2.epa.gov/sites/production/files/2014>.

G. CASTELLET Y BALLARÀ, G. MANCINI: *Limiti di esposizione specifici per le nanoparticelle: sono subito necessari?*; 2° Incontri Mediterranei AIDII SUD; Lamezia Terme, 17 - 18 settembre 2009.

ISO/PDTS 12901-1 (2011): *Nanotechnologies - Occupational risk management applied to engineered nanomaterials - part 1: Principles and approach*.

NIOSH: *Approaches to Safe Nanotechnology. Managing the Health and Safety Concerns Associated with Engineered Nanomaterials*, March 2009.

NIOSH: *General Safe Practices for Working with Engineered Nanomaterials in Research Laboratories*. DHHS (NIOSH) Publication No. 2012-147. May 2012.

NIOSH: *Nanomaterial Production and Downstream Handling Processes*. DHHS (NIOSH) Publication No. 2014-102, November 2013.

OECD/WPMN: *Guidance on Personal Protective Clothing, Gloves and Respirators for Nanotechnology Workplaces*, 2008.

PAUL A. SCHULTE, VLADIMIR. MURASHOV, R. ZUMWALDE, E.D. KUEMPEL, C.L.GERACI: *Occupational exposure limits for nanomaterials: state of the art*, in *J Nanopart Res* (2010) 12: 1971-1987.

RONALD E. SHAFFER, SAMY RENGASAMY: *Respiratory protection against airborne nanoparticles: a review*, in *J Nanopart Res* (2009) 11:1661-1672.

SAFE WORK AUSTRALIA: *Engineered Nanomaterials: Evidence on the Effectiveness of Workplace Controls to Prevent Exposure*. <http://www.safeworkaustralia.gov.au/>, 2009.

WOODROW WILSON INTERNATIONAL CENTER *for Scholars and the Project on Emerging*, Nanotechnologies (2015), <http://www.nanotechproject.org/>.