

I RISCHI LEGATI ALLE NANOTECNOLOGIE: MISURA E CARATTERIZZAZIONE DELL'ESPOSIZIONE NEI LUOGHI DI LAVORO

Introduzione

Negli ultimi anni le nanotecnologie hanno avuto un rapido sviluppo in vari settori produttivi dalla farmaceutica alla medicina, dall'energia alle costruzioni, ecc., sfruttando le proprietà innovative e mostrate dai materiali alla scala nanometrica (1-100 nm). Infatti, grazie ad una maggiore superficie per unità di volume rispetto allo stesso materiale massivo (cosiddetto "in forma bulk"), i nanomateriali (NM) acquistano proprietà chimico-fisiche completamente diverse e una maggiore reattività superficiale.

La Commissione Europea nel 2022 ha aggiornato la definizione di nanomateriale ovvero un materiale naturale, derivato o fabbricato, costituito da particelle solide isolate o come particelle costituenti aggregati o agglomerati, e in cui il 50% o più delle particelle abbia almeno una o più dimensioni esterne nell'intervallo da 1 a 100 nm.

La produzione e l'utilizzo dei NM può rappresentare un rischio emergente soprattutto per i lavoratori che risultano essere i principali esposti durante l'intero ciclo di vita. Pertanto, l'identificazione dei parametri che meglio possono rappresentare la tossicità dei NM, come le dimensioni, la concentrazione in numero e in massa, l'area superficiale, la composizione chimica e morfologica, è essenziale al fine di valutare correttamente l'esposizione occupazionale. In questa ottica, le tecniche di misura e caratterizzazione rivestono un ruolo chiave nel quantificare tali parametri e distinguere i NM naturali (es. aerosol marini) e antropogenici (es. inquinanti organici, polveri ultrafini), già presenti in aria che costituiscono il cosiddetto "background", da quelli intenzionalmente prodotti.

Attualmente per i NM non sono disponibili limiti di esposizione professionale normati, per tale ragione è necessario implementare la ricerca al fine di garantirne lo sviluppo sicuro e responsabile, applicando i principi di prevenzione di pari passo con la realizzazione dei nuovi processi tecnologici.

Approccio multimetrico e per livelli successivi di indagine

Il Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale (Dimeila) dell'Inail ha sviluppato una strategia di misura e caratterizzazione dell'esposizione per inalazione a NM nei luoghi di lavoro, basata sugli standard ISO e OECD disponibili e applicabile a materiali aerodispersi di differente natura, forma e dimensionalità quali: **nanoparticelle (0-D)** ad es. silice amorfa, diossido di titanio, nanozeoliti, etc.;

nanofibre (1-D) ad es. nanotubi di carbonio, nanofili, etc.; **nanopiastre (2-D)** ad es. grafene, etc. (Figura 1).

L'approccio multimetrico prevede tre livelli successivi di indagine:

1. raccolta di informazioni su materiali, processi e scenario espositivo;
2. misure preliminari e i campionamenti con l'utilizzo di strumentazione portatile e di facile utilizzo, integrate con le simulazioni in laboratorio su materiali di prova;
3. campagne di misura approfondite durante il processo produttivo e del background con l'integrazione delle tecniche di analisi chimico/morfologica sui materiali campionati.

Tecniche di misura, campionamento e analisi

Strumentazioni altamente performanti e specifiche per l'identificazione e la caratterizzazione di nanoparticolato aerodisperso negli ambienti di vita e di lavoro, sono state integrate all'interno del Dimeila. Queste permettono sia misure ad alta risoluzione temporale (fino ad una misura per secondo) per la determinazione della concentrazione in numero, della distribuzione dimensionale e della Lung-Deposited Surface Area (LDSA), sia campionamenti su filtri per la raccolta delle polveri aerodisperse con l'ausilio di impattori inerziali, personali ed ambientali. Inoltre sono disponibili anche strumentazioni da laboratorio per la caratterizzazione chimico-fisica e morfologica delle particelle aerodisperse raccolte quali, Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS/MS), Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES), Gas chromatography Mass Spectrometry (GC-MS), Asymmetric Flow Field Flow Fractionation (AF4), Dynamic Light Scattering Nano (DLS Nano) e Field Emission Gun-Scanning Electron Microscopy (FEG-SEM) con sonda per la microscopia a raggi X.

Figura 1: Immagini SEM ad alta risoluzione di nanomateriali con differenti forme e dimensionalità: (a) Nanoparticelle di silice amorfa; (b) Nanofili di arsenuro di indio; (c) Grafene.

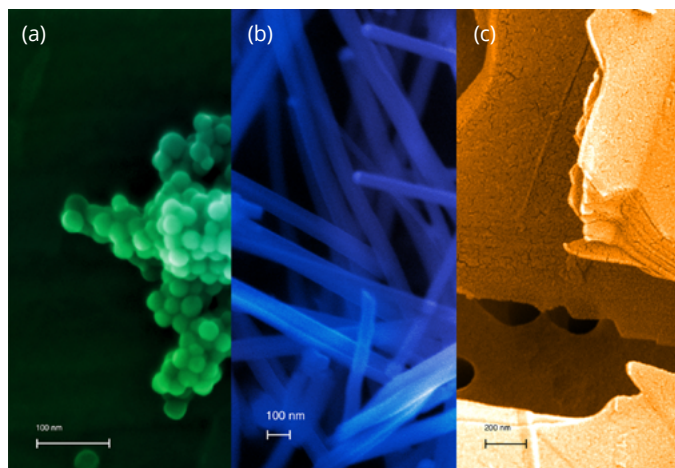




Figura 2: Strumenti di misura e campionatori ambientali e personali a disposizione del Dimeila, posizionati in ambienti di lavoro.

Conclusioni

La strategia proposta per il monitoraggio del particolato aerodisperso nei luoghi di lavoro, fornisce dati utili anche per la valutazione dell'efficacia delle strategie di mitigazione, in un'ottica di sviluppo dell'approccio di *prevention-through-design* e di ottimizzazione dei costi/benefici per le imprese.

Inoltre le tecniche di misura, caratterizzazione e analisi disponibili, rappresentano un valore aggiunto per la quantificazione dei livelli di esposizione alle differenti tipologie di nanomateriali, in scenari lavorativi complessi.

Infine, l'integrazione delle misure quantitative con lo sviluppo di studi su popolazioni di lavoratori esposti potrà fornire risultati utili per il completamento dell'analisi del rischio, nell'ottica del miglioramento continuo dei livelli di salute e sicurezza.

PER ULTERIORI INFORMAZIONI

Contatti: dmil@inail.it

PAROLE CHIAVE

Rischi per la salute nei luoghi di lavoro; nanomateriali; nanotecnologie; prevenzione.