

<http://it.wikipedia.org/wiki/Nanotossicologia>

Nanotossicologia

Da Wikipedia, l'enciclopedia libera.

Le informazioni qui riportate hanno solo un fine illustrativo: non costituiscono e non provengono da prescrizione né da consiglio medico. Wikipedia non dà consigli medici: [leggi le avvertenze](#)

La **nanotossicologia** o **nanopatologia** è una disciplina (la parte della tossicologia) che studia la tossicità e i potenziali effetti sull'ambiente e sulla salute umana dei [nanomateriali](#) e delle [nanoparticelle](#) cioè particelle aventi dimensione micrometrica o nanometrica. Su tale scala, infatti, il comportamento biochimico delle sostanze può essere significativamente differente rispetto a quello riscontrabile su scale maggiore, e quindi avere effetti non previsti.

Indice

- [1 Definizioni](#)
- [2 Il particolato fine](#)
 - [2.1 Effetti sulla salute](#)
 - [2.2 La dimensione micrometrica](#)
 - [2.3 La dimensione nanometrica](#)
- [3 Nanopatologie](#)
 - [3.1 Le "nanoparticelle"](#)
 - [3.2 Epidemiologia](#)
 - [3.3 Eziologia \(meccanismi di causa-effetto\)](#)
 - [3.4 Considerazioni](#)
- [4 Note](#)
- [5 Bibliografia](#)
- [6 Voci correlate](#)
- [7 Collegamenti esterni](#)

Definizioni

Per dimensioni nanometriche si intende un diametro medio compreso indicativamente fra 0,2 e 100 [nm](#)^[1]. La prima proposta di utilizzare la parola **nanopatologia** è di Gatti e Rivasi, nel 2002^[2], mentre nel 2004 Donaldson **propone nanotossicologia**^[3] ed è **quest'ultimo che ha avuto maggior fortuna**.

In entrambi i casi ci si riferisce a patologie correlate non a [virus](#), [batteri](#) o [parassiti](#), ma a micro- e nanoparticelle prodotte in ambito ingegneristico^[2]. La nanotossicologia è inquadrata, quindi, primariamente come disciplina della [medicina del lavoro](#), e quindi della [medicina legale](#) e [delle assicurazioni](#).

Lo studio nanopatologico è volto sia all'aspetto [tossicologico](#) che [carcinogenico](#) di tali materiali.

Forse per il fatto che la [letteratura scientifica](#) riguardante le patologie da [inalazione](#) di materiale inerte (si veda le [pneumoconiosi](#), ad esempio) è ampia e consolidata da studi decennali, la nanotossicologia è stata fin dall'inizio impiegata per indagare principalmente l'aspetto polmonare di tali patologie^[4].

I due termini proposti (nanopatologia e nanotossicologia) hanno suscitato non poche critiche^[5], poiché, contrariamente al loro ampio significato etimologico, riguardano invece un ambito settoriale della patologia, cosa che causa numerose ambiguità soprattutto per i "non addetti ai lavori". Le critiche riguardano anche il fatto che in tal modo si sia voluto dare, senza alcuna utilità, una veste del tutto nuova a una scienza, la patologia del lavoro, che di per sé non ne aveva bisogno^[6].

Il particolato fine

Effetti sulla salute

Alcuni effetti sulla salute causati dal particolato fine (sia di natura [organica](#) che [inorganica](#)) sono già noti da tempo. La pneumoconiosi in genere (asbestosi, silicosi, talcosi, ecc.) o il mesotelioma nelle

sue forme pleurica e peritoneale sono tra questi. Numerosi studi epidemiologici hanno infatti mostrato una chiara correlazione tra malattie cardiovascolari e respiratorie, da un lato, e quantità e concentrazione nell'ambiente di particelle (*particulate matter*, PM) di diametro aerodinamico medio inferiore a 10 [micron](#) (PM₁₀) o a 2,5 micron (PM_{2,5}).^{[7] [8]}

Esistono ampie prove che dimostrano come la facilità con cui il particolato entra nell'organismo dipenda in massima parte dalle sue dimensioni, al diminuire delle quali corrispondono maggiori quote d'ingresso.^{[9][10]}

La dimensione micrometrica

Per particolato di dimensione micrometrica si intendono, in questo contesto, particelle di diametro aerodinamico medio compreso fra 10 ed un micron (10^{-5} - 10^{-6} m, cioè PM₁₀) e PM_{2,5}.

Già per il [PM₁₀](#) è stata dimostrata una relazione diretta con i dati di mortalità cardiogena e respiratoria della popolazione esposta alle polveri.^[11] Scendendo di dimensioni, ad esempio valutando gli effetti del PM_{2,5}, è stata dimostrata una relazione molto stretta con la mortalità [cardiogena](#). Fra le ultime indagini [epidemiologiche](#) vi è uno studio di Dominici e colleghi della [Johns Hopkins University](#) di [Baltimora](#) per stimare il rischio di malattie cardio-respiratorie in seguito all'esposizione a particolato fine pubblicato nel 2006.^[12] I ricercatori hanno analizzato le informazioni relative ai ricoveri di pazienti con problemi cardio-respiratori negli ospedali di 204 città (>200.000 ab.) degli USA dal 1999 al 2002. Nei soggetti di età superiore ai 65 anni che vivevano entro un raggio di 10 km da una centralina di monitoraggio delle PM_{2,5}, i ricercatori hanno dimostrato un'evidente correlazione tra concentrazione di quel particolato e ricoveri ospedalieri per disturbi cardiorespiratori. Gli studi hanno rivelato che per ogni 10 µg/m³ di PM_{2,5} si ha un aumento di 1,28% di attacchi cardiaci, anche per esposizione di breve durata. Si consideri che la normativa italiana vigente sul limite di particolato nell'aria prende in considerazione solo il PM₁₀, mentre per il PM_{2,5} si dovrà attendere il recepimento della recente nuova direttiva europea 2008/50/EC. In ambedue i casi, le rilevazioni continueranno ad essere gravimetriche e non considereranno le polveri per classi di numerosità legata alle dimensioni come sarebbe necessario per ricavare indicazioni sanitarie migliori.^[13] Vi sono tuttavia evidenze che indicano come le quantità dei due tipi di particolato siano in stretta correlazione l'una con l'altra, e di conseguenza alcuni sostengono l'inutilità di sottoporli a misurazione separata.^[14]

La dimensione nanometrica

Scendendo ancora di dimensioni si entra nel campo delle [nanopolveri](#) (cioè particolato di dimensione nanometrica il cui diametro medio è ritenuto compreso indicativamente fra 0,2 e 100 [nm](#)^[15]).

Attualmente le classificazioni di particolato più consolidate spaziano dal PM₁₀ (10 [µm](#) cioè 10000 nm) a scendere fino al PM_{0,1} (100 nm): in quest'ultimo caso si parla di "particolato ultrafine respirabile" (in grado di penetrare negli [alveoli](#)). Secondo la definizione suddetta già il PM_{0,1} (0,1 [µm](#), cioè 100 nm) ricadrebbe nell'ambito delle "nanopolveri", visto che queste spaziano appunto da 100 nm a scendere fino a 0,2 nm (praticamente dimensioni molecolari o atomiche). Non ha tuttavia senso parlare di "particolato" per tali livelli di finezza, relativi più che altro a processi tecnologici (specie nell'industria elettronica) e materiali avanzati.

Premesso che – in ogni caso – le "nanopatologie" non riguardano solo il particolato aerodisperso, relativamente all'inquinamento dell'aria la dicitura "nanopolvere" non ha ancora trovato una definizione univoca ed universalmente riconosciuta: ad esempio il centro di ricerche [Agip](#) considera "nanoparticelle" il particolato di dimensioni 40-50 nm ovvero si tratterebbe di PM_{0.04} - PM_{0.05}^[16]

A questo livello estese indagini epidemiologiche non sono ancora state condotte, a causa della difficoltà di precise misurazioni e monitoraggio ambientale delle nanopolveri ma soprattutto della relativamente recente attenzione che l'argomento sta destando. La ricerca sta in ogni caso procedendo alquanto rapidamente.^[17] I dettagliati meccanismi di formazione di queste [nanopolveri](#)

sono ancora oggetto di studio. Particelle non biodegradabili di dimensioni che possono arrivare a qualche millesimo di millimetro (micrometriche) sono prodotte naturalmente da alcune fonti come i vulcani, ma l'origine più comune di particelle nanometriche (millesimi di millimetro) in ambiente urbano è costituita da procedimenti ad alta temperatura, industriali e non, e soprattutto dal traffico automobilistico e dagli impianti di riscaldamento: tali fonti antropiche sono cioè in grado di produrre particolato molto più fine di quello di origine naturale.

Nanopatologie

Il termine *nanopatologia* è stato concepito nel [1999](#) dalla dottoressa [Antonietta Morena Gatti](#), ricercatrice presso l'Università di Modena e Reggio Emilia, con l'intenzione di includere in una categoria specifica le [patologie](#) che sono sospettate di essere causate da particelle inorganiche di dimensione nanometrica, malattie per ora classificate come criptogeniche (cioè di [eziologia](#) ignota). L'attribuzione della causa delle patologie alle "nanoparticelle" è stata ipotizzata a seguito di alcune scoperte accidentali su alcuni pazienti che presentavano sintomi anomali (e nei cui tessuti erano state rilevate micro- e nanopolveri inorganiche di natura esogena) e come sviluppo delle indagini sulle patologie dei soldati in zone di guerra ([sindrome del Golfo](#) e [sindrome dei Balcani](#), effettuate in collaborazione con il *Department of Materials and Metallurgy* dell'[Università di Cambridge](#) e l'*Institute of Pathology* presso la [Johannes Gutenberg Universität](#) di [Magonza](#)) e nel poligono di tiro militare di [Perdasdefogu](#) e di [Capo San Lorenzo](#) in Sardegna, dove si era constatato un incremento nei casi di [Linfoma di Hodgkin](#) ([sindrome di Quirra](#)) anche tra la popolazione civile a [Villaputzu](#).

L'autrice, dottoressa Gatti, è stata ed è consulente della commissione senatoriale italiana che, nel corso della XIV e XV legislatura, ha indagato e indaga sulle malattie da uranio impoverito. Sentita in qualità di esperto, ha dichiarato:

« rimangono aperti gli interrogativi [...] circa i danni a lungo termine per la salute dei militari e delle popolazioni residenti che potrebbero derivare dall'esposizione ai particolati fini e ultrafini che si disperdono nell'ambiente in occasione di combustioni ad altissime temperature »

e ha concluso con l'auspicio che la commissione italiana si attivi presso gli enti competenti dell'Unione Europea e della NATO perché sia progettato e realizzato uno studio di carattere scientifico sulla questione.^[18]

A seguito delle sue ricerche in ambito militare, la dottoressa Gatti è stata invitata a relazionare presso la Camera dei Lords di Londra dalla commissione britannica impegnata sul tema.

Le "nanoparticelle"

 Per approfondire, vedi la voce [nanopolvere](#).

Uno dei metodi utilizzati per caratterizzare queste particelle è una tecnica di indagine in [microscopia elettronica](#) ([ESEM](#), microscopio elettronico a scansione ambientale, associato ad uno [spettroscopio a dispersione d'energia](#), (EDS). Questo strumento è in grado di elaborare immagini ingrandite di campioni provenienti da [biopsie](#) e di caratterizzare forma, dimensioni e composizione atomica delle particelle.

Le nanopatologie sono malattie derivanti da [nanopolveri](#) che, oltre ad avere piccolissime dimensioni, sono di natura inorganica (quindi da aggregati e [leghe](#) di metalli come, per esempio, [Ti](#), [Al](#), [W](#), [Ba](#), [Si](#), [Bi](#), [Fe](#), [Zn](#) sia di origine antropica come combustioni ad alta temperatura, le esplosioni di ordigni all'uranio impoverito, che di origine naturale come ad esempio le ceneri [basaltiche](#) vulcaniche).

Vi sono ancora pareri discordanti sul "raggio d'azione" di queste polveri. Secondo alcuni si potrebbero diffondere per centinaia di chilometri. Una volta rilasciate in sospensione nell'aria sotto forma di [aerosol](#) sarebbero trasportate dal vento per poi disperdersi ed essere respirate o ricadere sui vegetali o nei mari, entrando anche nella [catena alimentare](#).

A riprova di ciò si citano le evidenze dei pollini europei che si trovano nell'Antartide e delle sabbie del Sahara che arrivano in Europa e alle coste nord-orientali americane (le cosiddette "piogge rosse"). Del resto, ipotizzare una distruzione di particelle quali quelle legate agli studi sulle nanopatologie, particelle spesso formate da leghe metalliche come, tra le altre Ferro, Cromo e Nichel, cioè un classico acciaio inossidabile, costituisce, quanto meno, motivo di perplessità. Le indagini sperimentali che spesso vengono citate e che riportano un calo drastico della presenza di nanoparticolato dalla fonte di riferiscono a particelle di natura liquida o, comunque, idrosolubili, del tutto non omologabili con quelle in questione.

È stato addirittura suggerito che alcuni prodotti industriali, come le [gomme da masticare](#) contenenti microsferiche di vetro (per la pulizia dei denti) siano probabili fonti di nanoparticelle, ma non vi sono prove della loro eventuale pericolosità. È stato anche suggerito che il talco contenga nanoparticelle pericolose ^[19], ma anche qui per ora non vi sono prove, anzi, un recente studio ha evidenziato come non vi sia alcun incremento del rischio di tumori per lavoratori esposti ad alti livelli di talco ^[20]. D'altra parte, fotografie eseguite al microscopio elettronico sulle gomme da masticare che contengono micro- e nanoparticelle di biossido di silicio ne mostrano con evidenza quantità rilevanti in forme che non sono mai sferiche ma molto irregolari e, dunque, che offrono all'ambiente una superficie assai ampia con relativo aumento della loro reattività, come è noto dalle nanotecnologie. Resta tutta da dimostrare la loro innocuità una volta che siano inevitabilmente ingerite con la saliva deglutita, mancando del tutto, tra l'altro, qualsiasi lavoro che ne mostri l'escrezione attraverso le feci o un qualsiasi organo emuntore. Per quanto riguarda il talco, la sua costituzione sotto forma di microparticelle è visibile al microscopio, il suo contenuto di impurezze radioattive (uranio) è altrettanto facilmente rilevabile e la talcosi (una pneumoconiosi provocata dall'inalazione di talco) è malattia nota da secoli.

Epidemiologia

La novità della ricerca, la sua ancora scarsa diffusione, pur con l'interesse in grande aumento, e il fatto che il nanoparticolato (non liquido o idrosolubile) sia in grandissima parte di origine antropica assai recente fanno sì che non esistano studi epidemiologici estesi sull'argomento, richiedendo questi tempi assai lunghi.

I ricercatori sottolineano la complessità che la valutazione dell'esposizione alle polveri ultrafini presenta, dovute a diversi fattori intrinseci: la grande variabilità dei dati nello spazio, la grande varietà di fonti esistenti (sia *indoor* che esterne) e le forti variabilità stagionali dovute a fattori meteorologici. Questo richiede che siano sviluppate, oltre che validate, tecnologie e metodologie di indagine adeguate, che tengano in considerazione tali elementi. ^[7]

Esistono, comunque, lavori (citati) sulle malattie cardiovascolari e dell'apparato respiratorio, così come diverse ricerche condotte intorno ad inceneritori di rifiuti, grandi produttori di nanopolveri.

Un contesto epidemiologico riguarda l'incidenza delle malattie nei militari che presero parte alla [prima guerra del Golfo \(sindrome del Golfo\)](#), e della [guerra del Kosovo \(sindrome dei Balcani\)](#). In entrambe le campagne militari fu fatto largo uso di proiettili all'[uranio impoverito](#), una fonte certa di nanopolveri inorganiche (di numerosi metalli ma non di uranio) prodotte a temperature superiori ai 2500-3000 °C. In tale contesto sono state identificate nanoparticelle nei tessuti biologici degli individui ammalati, tuttavia non sono state svolte analisi epidemiologiche che indagassero eventuali correlazioni tra la presenza delle particelle e l'insorgere delle patologie. Gli studi epidemiologici che invece hanno analizzato, in generale, la correlazione tra la partecipazione alle missioni e l'incidenza di varie patologie non hanno rilevato incrementi significativi. ^[21].

È da considerare che fra le varie possibili cause e concause sono al vaglio anche altre ipotesi, fra cui vaccini inoculati ai militari e l'uso di armi chimiche e biologiche.

Eziologia (meccanismi di causa-effetto)

Le [nanopolveri](#) inorganiche, entrerebbero nel corpo umano per inalazione (e da qui agli [alveoli](#) e poi al [sangue](#) e alla [linfa](#))^[22] oppure per ingestione.

Non esiste alcuna evidenza sperimentale che il micro e il nano particolato inorganico, insolubile e non biocompatibile, sia in qualunque maniera eliminato dall'organismo tramite feci, urina o, comunque, organi emuntori. I pochi studi condotti mostrano saltuariamente la presenza di piccole quantità di ioni di metalli estranei all'organismo nelle urine, ma mai di particelle che, anche nelle loro dimensioni più piccole, contengono miliardi di atomi. Gli studi condotti sul particolato inalato dimostrano come questo passi la barriera alveolare entro una sessantina di secondi per entrare nel circolo sanguigno^[23]. Da qui agli organi interni, il tempo di passaggio è di circa un'ora. I casi patologici studiati dalla dott.ssa Antonietta M. Gatti e oggetto di diverse pubblicazioni^[24] mostrano micro- e nanoparticelle inorganiche sequestrate all'interno di vari organi malati, spesso circondati da tessuto di granulazione^{[25][26]}. Allo stato delle conoscenze oggettive attuali, non è possibile affermare che esistano meccanismi di eliminazione atti a liberare tessuti ed organi dalla presenza di particolato con le caratteristiche descritte.

I [macrofagi](#) riconoscono queste micropolveri come dei corpi estranei e li attaccano, ma non sono in grado di metabolizzare le sostanze inorganiche, che quindi rimangono nel corpo umano, creando fenomeni di infiammazione cronica (primo passo verso un potenziale tumore).

Non è ancora chiaro se nel meccanismo è coinvolta la [tossicità](#) delle nanoparticelle (e quindi la loro composizione chimica) oppure no. Ad ora, parrebbe che i fattori di maggiore aggressività sia il fatto di essere corpo estraneo e di avere dimensioni tanto piccole da potersi insinuare con facilità nei tessuti. Alcuni lavori in vivo sull'animale pubblicati dimostrano, comunque, la loro capacità patogena^{[27][28]} (nanoparticelle metalliche confrontate a dischetti macroscopici dello stesso materiale hanno indotto rhabdomyosarcoma nel topo al contrario dei dischetti che hanno mostrato solo una reazione cicatrizzante). Numerosissime descrizioni di casi clinici umani frutto di osservazione diretta sono riportati nel libro "Nanopathology, the health impact of nanoparticles" di A.M. Gatti e S. Montanari (op. cit.).

Le particelle più piccole sono state fotografate e pubblicate dalla dott.ssa Gatti all'interno del nucleo delle cellule, dove potrebbero danneggiare e mutare il [materiale genetico](#) della cellula. Un nuovo campo di ricerca chiamato epigenetica valuterà le interazioni "deboli" tra particelle e DNA.

Tra le tante patologie ipotizzate spiccano alcune malattie del sangue come le [trombosi](#) (a causa dell'indotta trasformazione del [fibrinogeno](#) in [fibrina](#)), i [tumori](#) (come i [Linfoma di Hodgkin](#)), granulomi renali permanenti, nonché tutti gli stati patologici causati da concentrazione di elementi inquinanti nell'organismo.

Le evidenze sono le più disparate:

- Biopsie renali in pazienti malati che mostravano granulomi sviluppati intorno a particelle di ceramica provenienti da protesi dentarie. ^[29]
- Tessuti di militari contenenti particelle formate da leghe di [Al](#), [Ni](#), [Mn](#), [Si](#), [Bi](#), [Ti](#), [Fe](#), [Zn](#) e [Zr](#) (ma non [uranio](#)). ^[30]
- In generale nanoparticelle inorganiche sono state individuate in tumori del fegato e altre parti del corpo.

Gli studi in corso presso vari centri di ricerca stanno accumulando evidenze che riguardano la capacità delle nanoparticelle di penetrare in profondità nei tessuti, promuovendo quindi condizioni di infiammazione a bassa intensità ^[31] che ben si accordano con le evidenze epidemiologiche che associano l'esposizione di particolato fine e ultrafine con l'aumento del rischio di malattie cardiovascolari e respiratorie ^{[32] [33]}.

Considerazioni

Questi studi, sebbene contestati da alcuni e non supportati da estese analisi epidemiologiche, sono stati apprezzati sia dalla [Camera dei Lord](#) inglese che dalla commissione parlamentare italiana sugli effetti dell'uranio impoverito. ^[34]

Basandosi sulla letteratura esistente, in un articolo della rivista dell'ARPAT (Arpa della Toscana), Paolo Lauriola ^[35] sostiene la necessità di monitorare le nanoparticelle in quanto, per le loro ridotte dimensioni, sono particolarmente adatte a «penetrare fino nelle vie aeree profonde e di passare direttamente nel circolo sanguigno», aggiungendo (probabilmente in riferimento alla letteratura scientifica sul particolato fine e ultrafine PM_{2,5} e PM₁) che «è emersa con sufficiente chiarezza la capacità di aumentare il rischio di crisi [ischemiche](#) o di [aritmie](#)» ^[36]

In attesa di ulteriori studi ed evidenze epidemiologiche l'[Organizzazione mondiale della sanità](#) (OMS) ha sospeso il giudizio sulla pericolosità delle particelle ultrafini ^[36]. Nel 2006 l'OMS ha però abbassato i limiti delle sostanze inquinanti nell'atmosfera e ha indicato il PM_{2,5} (particelle di dimensione micrometrica di cui esistono evidenze epidemiologiche) come misura aggiuntiva di riferimento delle [polveri sottili](#) nell'aria ^[37], riscontrando che questi ultimi fanno perdere agli abitanti dell'Europa Occidentale quasi 9 mesi di vita ^[38]. Recentemente l'FDA (Food and Drugs Administration) ha considerato le particelle d'argento come pesticidi, in questo modo mettendo in seria discussione il loro uso come battericidi in lavatrici domestiche e condizionatori d'aria.

Note

1. [^] [\(EN\) SCENIHR](#) *The appropriateness of existing methodologies to assess the potential risks associated with engineered and adventitious products of nanotechnologies* "the range of the nanoscale is from the atomic level, at around 0.2 nm up to around 100nm" pag. 8-9.
2. [^] ^a ^b AM Gatti, F Rivasi (giugno 2002) *Biocompatibility of micro- and nanoparticles. Part I: in liver and kidney* - in *Biomaterials* 23;11,2381-2387 ed. Elsevier
This evidence led us to develop a new word: nano-pathologies, to identify pathologies not due to virus, bacteria or parasites, but to non-degradable micro- and nano-particles.
3. [^] Donaldson K, Stone V, Tran CL, Kreyling W, Borm PJ (settembre 2004) *Nanotoxicology* *Occup Environ Med* 61(9):727-8.
4. [^] Oberdörster G (gennaio 2010) *Safety assessment for nanotechnology and nanomedicine: concepts of nanotoxicology*. *J Intern Med.* 2010 Jan;267(1):89-105.
5. [^] Kurath M, Maasen S (aprile 2006) *Nanotoxicology as a science?--disciplinary identities reconsidered*. *Part Fibre Toxicol* 28;3:6.
6. [^] Kane AB, Hurt RH. (luglio 2008) *Nanotoxicology: the asbestos analogy revisited*. *Nat Nanotechnol* 3(7):378-9

7. ^{a b} [\(EN\)](#) Sioutas C, Delfino RJ, Singh M. Exposure assessment for atmospheric ultrafine particles (UFPs) and implications in epidemiologic research. *Environ Health Perspect.* 2005 Aug;113(8):947-55. [Abstract](#)
8. [\(EN\)](#) Delfino RJ, Sioutas C, Malik S. Potential role of ultrafine particles in associations between airborne particle mass and cardiovascular health. *Environ Health Perspect.* 2005 Aug;113(8):934-46. [Abstract](#)
9. [\(EN\)](#) Poluzzi, V., Ricciarelli, I., Maccone, C. "Il monitoraggio ambientale di polveri ultrafini e nanoparticelle. ARPA Emilia-Romagna, 14 novembre 2006
10. [\(EN\)](#) "The health effects of waste incinerators - 4th Report of the British Society of Ecological Medicine.
11. [\(EN\)](#) Donaldson K, MacNee W. Potential mechanisms of adverse pulmonary and cardiovascular effects of particulate air pollution (PM10). *Int J Hyg Environ Health.* 2001 Jul;203(5-6):411-5. [Sunto](#)
12. [\(EN\)](#) Francesca Dominici, PhD; Roger D. Peng, PhD; Michelle L. Bell, PhD; Luu Pham, MS; Aidan McDermott, PhD; Scott L. Zeger, PhD; Jonathan M. Samet, MD - *JAMA.* 2006;295:1127-1134. [Sunto](#)
13. [\(EN\)](#) Harrison R.M., Shi J.P, Xi S., Khan A., Mark D., Kinnersley R., Yin J., "Measurement of number, mass and size of particles in the atmosphere." *Phil. Trans. R. Soc. Lon. A* (2000)2567-2580.
14. [\(EN\)](#) Kappos AD, Bruckmann P, Eikmann T, Englert N, Heinrich U, Hoppe P, Koch E, Krause GH, Kreyling WG, Rauchfuss K, Rombout P, Schulz-Klemp V, Thiel WR, Wichmann HE. Health effects of particles in ambient air. *Int J Hyg Environ Health.* 2004 Sep;207(4):399-407. [Sunto](#)
15. [\(EN\)](#) [http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihr/docs/scenihr_o_003b.pdf] SCENIHR *The appropriateness of existing methodologies to assess the potential risks associated with engineered and adventitious products of nanotechnologies* "the range of the nanoscale is from the atomic level, at around 0.2 nm up to around 100nm" pag. 8-9.
16. [\(EN\)](#) [1Definizioni di particolato e nanopolveri adottate dall'AGIP-ENI, pag. 40.
17. [\(EN\)](#) [Emerging issues in nanoparticle aerosol science and technology, Univ. della California, 2003 \(PDF\)](#)
18. [\(EN\)](#) [senato.it: commissione d'inchiesta sull'uranio impoverito, resoconto della seduta n° 6 del 18 maggio 2005 \(PDF\)](#)
19. [\(EN\)](#) [ecoblog.it](#)
20. [\(EN\)](#) [Occup Environ Med. 2006 Jan;63\(1\):4-9. Sunto](#)
21. [\(EN\)](#) [senato.it: commissione d'inchiesta sull'uranio impoverito, resoconto della seduta n° 6 del 18 maggio 2005 \(PDF\)](#)
22. [\(EN\)](#) Nemmar, A., Hoet, P.H., Vanquickenborne, B., Dinsdale, D., Thomeer, M., Hoylaerts, M.F., Vanbilloen, H., Mortelmans, L. e Nemery, B. (2002), "Passage of inhaled particles into the blood circulation in humans" *Circulation.* 2002 Jan 29;105(4):411-415.
23. [\(EN\)](#) Nemmar, A., Hoet, P.H., Vanquickenborne, B., Dinsdale, D., Thomeer, M., Hoylaerts, M.F., Vanbilloen, H., Mortelmans, L. e Nemery, B. (2002), "Passage of inhaled particles into the blood circulation in humans" *Circulation.* 2002 Jan 29;105(4):411-415.
24. [\(EN\)](#) Per una bibliografia esaustiva si veda <http://www.nanodiagnosics.it/Articoli.aspx>
25. [\(EN\)](#) Gatti A.M., Balestri M., Bagni A., "Granulomatosis associated to porcelain wear debris." *Am. J. of Dentistry* (2002) 15(6) 369-372
26. [\(EN\)](#) Ballestri M., Baraldi A., Gatti A.M., Furci L., Bagni A., Loria P., Rapana' R., Carulli N., Albertazzi A. "Liver and kidney foreign bodies granulomatosis in a patient with malocclusion, bruxism and worn dental prosthesis" *Gastroenterology* (2001) 121 1234-238
27. [\(EN\)](#) Hansen, T., Clermont, G., Alves, A., Eloy, R., Brochhausen, C., Boutrand, J.P., Gatti, A.M., Kirkpatrick, J. "Biological tolerance of different materials in bulk and nanoparticulate form in a rat model: Sarcoma development by nanoparticles", *J.R. Cos. Interface* (2006) 3, 767-775 doi:10.1098/rsif.2006.0145.
28. [\(EN\)](#) Gatti A.M., Kirkpatrick J., Gambarelli A., Capitani F., Hansen T., Heloy R., Clermont G., "ESEM evaluation of muscle/nanoparticles interface in a rat model." *J. Mater. Sci. Mater Med.* Apr. 19(4) 1515-22.
29. [\(EN\)](#) A.M. Gatti, Balestri M., Bagni, A. Granulomatosis associated to procelain wear debris, *American Journal of Dentistry* 2002, 15(6): 369-372
30. [\(EN\)](#) [AM. Gatti, Montanari The so-called Balkan Syndrome: a bioengineering approach](#)
31. [\(EN\)](#) [J Nanosci Nanotechnol. 2004 May;4\(5\):521-31. Sunto](#)
32. [\(EN\)](#) Sioutas C, Delfino RJ, Singh M. Exposure assessment for atmospheric ultrafine particles (UFPs) and implications in epidemiologic research. *Environ Health Perspect.* 2005 Aug;113(8):947-55. [Sunto](#)
33. [\(EN\)](#) Delfino RJ, Sioutas C, Malik S. Potential role of ultrafine particles in associations between airborne particle mass and cardiovascular health. *Environ Health Perspect.* 2005 Aug;113(8):934-46. [Sunto](#)
34. [\(EN\)](#) [senato.it: relazione conclusiva della commissione d'inchiesta sull'uranio impoverito, 1 marzo 2006 \(PDF\)](#)
35. [\(EN\)](#) Direttore della [Struttura Tematica di Epidemiologia Ambientale](#) di ARPA Emilia-Romagna
36. ^{a b} [\(EN\)](#) [arpat.toscana.it: ARPAT News \(PDF\)](#)
37. [\(EN\)](#) [OMS: 2006 Air quality guidelines executive summary, PDF](#)
38. [\(EN\)](#) [corriere.it: "Inquinamento: più bassi i nuovi limiti Oms", 23 ottobre 2006](#)

Bibliografia

- [\(EN\)](#) Antonietta Gatti e Stefano Montanari, *Nanopathology*, Singapore: Pan Stanford: 2007.
- [\(EN\)](#) Yuliang Zhao, Hari Singh Nalwa, *Nanotoxicology - Interactions of Nanomaterials with Biological Systems*, (2006); [ISBN 1-58883-088-8](#)
- [\(EN\)](#) Hari Singh Nalwa, *Handbook of Nanostructured Biomaterials and Their Applications in Nanobiotechnology*, American Scientific Publishers; [ISBN 1-58883-033-0](#)
- [\(EN\)](#) *Handbook of Nanostructured Biomaterials and Their Applications in Nanobiotechnology*
- [\(EN\)](#) Nemmar, A., Hoet, P.H., Vanquickenborne, B., Dinsdale, D., Thomeer, M., Hoylaerts, M.F., Vanbilloen, H., Mortelmans, L. e Nemery, B. (2002), "Passage of inhaled particles into the blood circulation in humans" *Circulation*. 2002 Jan 29;105(4):411-415.
- Hansen, T., Clermont, G., Alves, A., Eloy, R., Brochhausen, C., Boutrand, J.P., Gatti, A.M., Kirkpatrick, J. "Biological tolerance of different materials in bulk and nanoparticulate form in a rat model: Sarcoma development by nanoparticles", *J.R. Cos. Interface* (2006) 3, 767-775 doi:10.1098/rsif.2006.0145.
- Linkov, *Human Health Risks of Engineered Nanomaterials in Nanomaterials: Risks and Benefits (NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security)*, Springer Netherlands, 2009.

Voci correlate

- [Micromeritica](#)
- [Nanoparticella](#)
- [Nanotecnologia](#)
- [Particolato](#)
- [Particolato carbonioso](#)
- [Termovalorizzatore](#)

Collegamenti esterni

- [\(IT\) Inquinamento atmosferico e polveri](#)
- [\(EN\) Nanotoxicology at the University of Florida](#)
- [\(EN\) Center for Biological and Environmental Nanotechnology \(CBEN\)](#)
- [\(EN\) NCI Alliance for Nanotechnology in Cancer](#)
- [\(EN\) IOSH Safety and Health Topic: Nanotechnology](#)
- [\(EN\) Journal of Nanobiotechnology: Nanoparticles – known and unknown health risks](#)
- [\(EN\) Nanovic Ltd Health Implications of Nanoparticles \(PDF\)](#)
- [\(EN\) Wise-nano: sito collaborativo per lo studio delle implicazioni delle nanotecnologie \(su piattaforma MediaWiki\)](#)

-  [Portale Medicina](#): accedi alle voci di Wikipedia che trattano di medicina

Estratto da "<http://it.wikipedia.org/wiki/Nanotossicologia>"

Categorie: [Patologia](#) | [Ambiente](#) | [Nanotecnologia](#)

- Ultima modifica per la pagina: 14:44, 11 nov 2009.
- Il testo è disponibile secondo la [licenza Creative Commons Attribuzione-Condividi allo stesso modo](#); possono applicarsi condizioni ulteriori. Vedi le [condizioni d'uso](#) per i dettagli. Wikipedia® è un marchio registrato della [Wikimedia Foundation, Inc.](#)