

MONITOR

NANOTECHNOLOGIE

**L'invasione
dei Nanotech**



La nuova frontiera tecnologica

Un settore in crescita esponenziale grazie anche alle molteplici possibilità di applicazione nei diversi mercati.

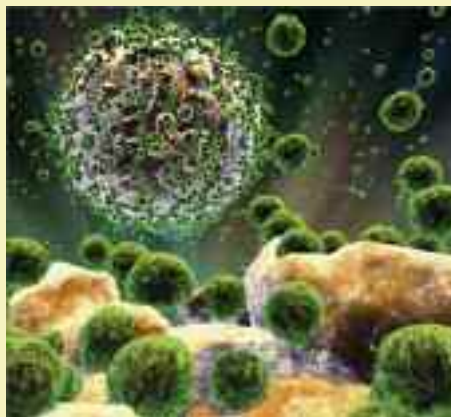
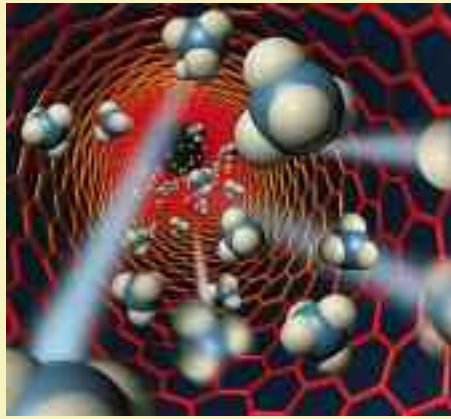
I numeri parlano chiaro: le nanotecnologie rappresentano il futuro.

AIRI/Nanotec IT ci delinea l'attuale panorama italiano

E' opinione pressoché unanime che le nanotecnologie saranno tra i promotori principali dello sviluppo tecnologico di questo inizio del XXI secolo. Nanotecnologie è infatti un termine collettivo per indicare l'insieme delle tecniche e dei processi basati sulle conoscenze derivanti dalla scienza dei materiali, della fisica quantistica, della chimica supra - molecolare, della biologia molecolare, che consentono di osservare, misurare e manipolare la materia su scala atomica e molecolare (il mondo delle nanotecnologie è quello compreso nell'intervallo 1-100 nanometri). Per la prima volta si è in grado di manipolare la materia praticamente a volontà ed a causa delle proprietà e comportamenti spesso specifici della materia alla scala nanometrica, è possibile ottenere materiali e dispositivi con caratteristiche grandemente migliorate o del tutto nuove. Le nanotecnologie costituiscono insomma un nuovo modo di produrre ed in conseguenza del loro carattere abilitante sono ritenute in grado di innescare una vera e propria rivoluzione tecnologica, capace di influenzare praticamente tutti i più importanti settori produttivi e la stessa vita di tutti i giorni.

Il punto su ReS

L'attenzione per queste tecnologie emergenti è cresciuta in maniera quasi esponenziale negli ultimi 8-9 anni ed ha coinvolto praticamente tutti i paesi più importanti. Inizialmente propellente principale di questa attività sono stati i finanziamenti pubblici, ma negli ultimi anni è cresciuto progressivamente, soprattutto negli Stati Uniti e Est asiatico, anche l'impegno dei privati. È stimato che la spesa per ricerca e sviluppo nelle nanotecnologie ammonti attualmente nel mondo complessivamente (2008) a più di 13 miliardi di dollari, suddivisi, praticamente equamente, tra pubblici e privati. Si stima siano più di 2.000 le imprese che nel mondo sono impegnate in questo settore, la gran parte (circa il 70%) sono PMI, generalmente spin off e start up, ma anche molti grandi nomi dell'industria mondiale dedicano risorse crescenti alle nanotecnologie convinti della loro importanza strategica per accrescere/difendere il loro posizionamento tecnologico e competitivo. Anche la Commissione Europea ha mostrato di essere ben consapevole del ruolo decisivo che le nanotecnologie possono avere nel condizio-



nare lo sviluppo tecnologico futuro e la necessità per l'Unione Europea di acquisire una posizione d'avanguardia in questo campo. Nel 7° Programma Quadro (PQ7) i finanziamenti per l'area tematica NMP (Nanotechnologies, Materials and New Production Technologies) ammontano a circa 3500 milioni di euro (periodo 2007-2013) e fondi facenti riferimento a ricerche legate alle nanotecnologie saranno erogati anche in altre aree tematiche. Delle 31 piattaforme tecnologiche create a livello Europeo, due sono dedicate espressamente a nanoelettronica (ENIAC) e nanomedicina (Nanomedicine) ed in diverse altre piattaforme le nanotecnologie hanno un ruolo rilevante.

Il mercato

Alcuni prodotti derivanti dalle nanotecnologie (i cosiddetti "nano-related products") sono già a livello commerciale ed una recente indagine USA ne ha individuati circa 1000. Il mercato dei prodotti nei quali sono incorporate nanotecnologie è stato stimato essere nel 2007 di circa 147 miliardi di dollari e di circa 310 miliardi nel 2008, ma una recente analisi della Lux

Research (2008) prevede che questo mercato possa crescere fino a circa 3000 miliardi dopo il 2015! I settori che si pensa possano avvantaggiarsi di più dall'uso e dalla diffusione delle nanotecnologie sono:

- nanoelettronica/fotonica;
- materiali (funzionali e strutturali) che poi troveranno una molteplicità di applicazioni che possono spaziare dai trattamenti superficiali, all'utensileria, al tessile e abbigliamento, alle costruzioni.
- cura della salute (nanobiotech, nanomedicina).

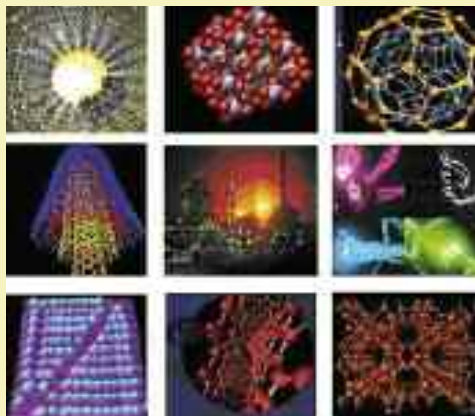
Tuttavia, anche altri settori fondamentali e trainanti per la crescita futura, quali ad esempio quelli dell'energia, dei trasporti o dell'ambiente, possono trovare nelle nanotecnologie soluzioni grandemente innovative ed efficaci in un'ottica di sviluppo responsabile.

Le nanotecnologie in Italia

La situazione a livello nazionale è fotografata nel rapporto "Secondo Censimento delle nanotecnologie in Italia", realizzato da AIRI/Nanotec IT nel 2006. Il documento ha messo in evidenza l'esistenza nel Paese di un'attività consistente che coinvolge sia strutture di ricerca pubblica sia imprese. Delle circa 180 strutture che hanno risposto, infatti, circa il 60% fa riferimento alle prime, mentre il rimanente 40% alle seconde. Rispetto al 1° Censimento (2004), le imprese sono quasi raddoppiate e sicuramente la terza edizione del Censimento (in corso) registrerà una ulteriore crescita. Il finanziamento pubblico che, si stima, nel 2007 sia stato circa 70 ml di euro, è stato (e rimane) essenziale per sostenere questo impegno. L'attività è distribuita su tutto il territorio nazionale, con circa il 57% di strutture che hanno risposto all'ultimo Censimento (pubbliche e private) situate al Nord, il 28% al Centro ed il restante 15% al Sud. E' opportuno notare che quest'ultimo, nonostante i numeri più piccoli, non gioca un ruolo secondario vantando la presenza di strutture con un elevato livello di competenza e massa critica adeguata. Numerose iniziative sono state intraprese negli ultimi anni con l'obiettivo di migliorare l'uso delle risorse, aumentare l'efficienza operativa complessiva e rafforzare l'impegno. Centri di eccellenza per le nanotecnologie sono stati creati in diverse Università, attività di ricerca, anche collocate in sedi diverse, sono state collegate indirizzandole verso obiettivi comuni, diversi Distretti Tecnologici hanno

fatto delle nanotecnologie un'area prioritaria di ricerca. In particolare in Veneto è stato costituito il distretto "Veneto Nanotech" dedicato interamente alle nanotecnologie, in Friuli Venezia Giulia il distretto CBM (Nanobioteleologie), in Campania IMAST (Materiali Polimerici e Compositi), in Puglia Dhitech (Nanoscienze, Bioscienze, Infoscienze) ed in Umbria DTU (Materiali speciali metallurgici e micro- e nanotecnologie). L'attività di R&S in corso, a livello sia pubblico sia privato, riguarda un ampio spettro di ambiti tematici quali chimica e materiali (strutturali e funzionali), nanoelettronica e fotonica, bio(nano)scienze, medicale, strumentazione. Le potenziali ricadute applicative riguardano comparti produttivi fondamentali che vanno da quello della cura della salute, all'elettronica e ICT, dai trasporti, all'ambiente e all'energia, ma anche settori tradizionali, tipici del Made in Italy, come il tessile e la moda, il calzaturiero, il packaging alimentare, i materiali da costruzione, la meccanica avanzata, la salvaguardia dei beni culturali. Nanoscienze e nanotecnologie hanno un ruolo di rilievo nei programmi dei principali Enti di Ricerca e delle Università italiane, nell'ambito dei quali sono presenti strutture e competenze riconosciute a livello internazionale. Il Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) (nel cui ambito nel 2004 è confluito l'Istituto Nazionale per la Fisica della Materia - INFN) ed il Consorzio Interuniversitario Nazionale per la Scienza e Tecnologia dei Materiali (INSTM), giocano un ruolo di primo piano. Le attività R&S per queste organizzazioni fanno riferimento alle tematiche citate in precedenza, con una attenzione particolare per la chimica ed i materiali da parte delle unità di INSTM. A questi due poli sono affiancate numerose altre singole realtà universitarie che svolgono attività nelle nanotecnologie, che riguardano ambiti disciplinari diversi quali fisica, scienza dei materiali, ingegneria, biotecnologia/bioingegneria, chimica, scienze farmaceutiche, meccanica e ambiente. Complessivamente queste strutture rappresentano un po' più di un terzo di quelle censite. Anche altri due importanti Enti di Ricerca nazionali, l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) e l'Ente per Energia Ambiente e Nuove Tecnologie (ENEA), sono impegnati nel campo delle nanotecnologie, ma la loro attività, al momento del 2° Censimento, risultava quantitativamente meno intensa. Un coinvolgimento crescente in questo campo vi è stato invece nel corso

degli ultimi anni da parte dell'Istituto Italiano di Tecnologie (IIT), il quale attualmente ha un ruolo di punta in settori strategici quali le bionanotecnologie, in particolare la nanomedicina. Riguardo ad aspetti trasversali relativi alle nanotecnologie, quali la metrologia e caratterizzazione dei nanomateriali ed i potenziali rischi associati a questi, sono attivi l'Istituto Superiore di Sanità (ISS), l'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (I.N.R.I.M.), l'Istituto Superiore per la Prevenzione e per la Sicurezza sul Lavoro (ISPESL) e l'Istituto Nazionale Infortuni sul Lavoro (INAIL). Crescente, come già anticipato sopra, è l'impegno delle imprese in questo campo. Il 2° Censimento ne ha identificate più di 80 e vede coinvolte sia le grandi imprese che le PMI. Queste ultime, sono come numero prevalenti. Quantitativamente, lo sforzo è concentrato nelle strutture che fanno riferimento alle società più grandi. Queste comprendono grandi aziende nazionali, come ad esempio, ENI (energia e catalizzatori); Centro Ricerche Fiat-CRF (settore auto); Bracco Imaging (biomedici-



AIRI/Nanotec IT

AIRI/Nanotec IT (www.nanotec.it), creato nel 2003 da AIRI (Associazione Italiana Ricerca Industriale), si pone come punto di riferimento per le nanotecnologie in Italia e di raccordo tra industria, ricerca pubblica, istituzioni governative, per promuovere lo sviluppo e l'applicazione delle nanotecnologie nel Paese.

Oltre alle attività di rappresentanza dei propri iscritti a livello nazionale ed internazionale, l'Associazione organizza una delle principali Conferenze italiane sulle nanotecnologie (ultima edizione: www.nanotec2009.it) e pubblica periodicamente il Censimento delle Nanotecnologie in Italia e la rivista (a diffusione gratuita) Newsletter Nanotec IT.

na); Colorobbia e Centro Sviluppo Materiali-CSM (materiali); CTG (Italcementi) e Mapei, (materiali per costruzione); Fidia Advanced Biopolymers (biomedicina); Gruppo Finmeccanica, che ha raggruppato le aziende con attività nelle nanotecnologie nel Nanomaterials and Nanotechnology Focus Group (in particolare Alenia Aeronautica, Thales Alenia Space, Eltag Datamat, Selex Sistemi Integrati, Selex Communications); Basell Poliolefine, Mascioni e Saati (tessile); Saes Getters (tecnologie del vuoto); STMicronics (elettronica). Le PMI non hanno tuttavia un ruolo marginale e svolgono una azione importante per diffondere le applicazioni di queste tecnologie emergenti. Per ricordarne solo alcune si possono citare: Ape Research (strumentazione), Organic Spintronics, Scriba Nanotecnologie (strumentazione, sensori); MBN e Tethis, (nanomateriali); Grado Zero Espace, SmartTex e MecTex (tessili); Moma Coatings, Kenosistec e Plasma Solutions (trattamenti superficiali); Bioage, Nanovector, Mavisud, Sinerga, Xeptagen (biomedicale). In conclusione, l'interesse e l'attività nelle nanotecnologie in Italia è in crescita, come dimostra l'impegno nell'ambito della ricerca pubblica, il sempre maggiore coinvolgimento di imprese, grandi e PMI e l'importante partecipazione italiana a "integrated projects" europei nell'ambito del 7° Programma Quadro (NMP e non solo). Vi sono tuttavia anche alcuni aspetti critici, che penalizzano il nostro sistema Paese in questo settore, rispetto ad altri grandi Paesi. In primo luogo quelli Europei, ma anche rispetto a Paesi, oltre a Stati Uniti e Giappone, quali Sud Corea o, in prospettiva, Cina ed India. Senza dubbio uno di questi aspetti critici è l'entità del sostegno economico pubblico, che nei Paesi suddetti è molto più alto. Ma pesa forse ancora di più il fatto che manchi in Italia un disegno unitario nazionale, che in questi paesi è espresso attraverso iniziative nazionali dedicate, come ad esempio USA e Germania, o comunque, con una attenzione ad hoc al settore. Un approccio di questo tipo, fornendo una visione strategica complessiva, contribuisce, infatti, ad ottimizzare l'attività e limita il pericolo di indirizzare le risorse in modo frammentario, con massa critica insufficiente, su obiettivi non collegati a temi prioritari. Una azione di questo tipo, unita ad un maggiore sforzo economico in questo campo, è auspicabile, anche nel nostro Paese, a partire dal Programma Nazionale di Ricerca (PNR) attualmente in via di definizione.



Nano rivoluzione

La rivoluzione nanotecnologica è iniziata da tempo. Anche se molti, forse proprio per le dimensioni infinitesimali che caratterizzano queste tecnologie, non ne sono ancora del tutto consapevoli. Quindi, più che di potenzialità e prospettive future, che pure sono immense, si può già parlare di risultati e tante applicazioni concrete. Ma cosa s'intende esattamente con il termine nanotecnologia? Esso può in realtà interessare un'enorme varietà di discipline e di soluzioni tecnologiche. I campi di applicazione, infatti, sono pressoché illimitati e la loro influenza è in grado di raggiungere non soltanto quasi tutti i settori produttivi e industriali, ma anche diversi aspetti della vita umana e del suo ambiente. Di conseguenza non è facile, per chi vuole saperne di più, cominciare a delineare in modo preciso il campo di studio.



a cura di Alessandro Bignami

Una prima certezza è che si può parlare di nanotecnologia quando si ha una produzione o una gestione di particelle con diametro inferiore ai cento nanometri, quindi di particelle su scala nanometrica. Un nanometro, per la precisione, equivale a un milionesimo di millimetro. Ma la grande rivoluzione delle nanotecnologie, che qualcuno ha già paragonato, per l'importanza delle conseguenze sulle condizioni di vita e di lavoro dell'uomo, a quella industriale, si deve non solo alle straordinarie opportunità offerte dalle dimensioni infinitamente piccole, ma anche dal cambiamento delle proprietà (fisiche, meccaniche, elettriche...) che subiscono le sostanze e i materiali quando sono strutturati su scala nanometrica. A volte gli stessi elementi si comportano in maniera perfino opposta rispetto a quanto farebbero in una scala macro: da opachi possono diventare trasparenti, da stabili a combustibili, da fragili a resistenti. Il comportamento modificato dei materiali si deve in particolare al rapporto fra il numero degli atomi all'interno della struttura e quelli sulla superficie. Anche l'Unione europea ha fatto importanti passi in avanti sul fronte della ricerca nanotech. Forti investimenti e il sostegno di progetti di alto livello hanno consentito di recuperare almeno in parte il gap nei confronti di Usa e Giappone, che si pongono all'avanguardia del settore. A spingere innovazione e ricerca nel mondo dell'ultrapiccolo, insieme agli straordinari progressi realizzabili nei campi più diversi, dalla medicina all'alimentazione, fino all'industria, è anche la previsione di un esponenziale aumento dell'impatto economico. Alcuni autorevoli istituti di ricerca internazionali prevedono che entro il 2014 il mercato della nanotecnologia possa superare ampiamente i 2000 miliardi di euro, ben oltre dunque i 110 miliardi che dovrebbe raggiungere nel 2010. Di fronte a una rivoluzione tecnologica dalle conseguenze così eclatanti, l'Europa, forte della sua esperienza, ha già formulato una serie di regole, pur su base volontaria, per la creazione di un codice etico finalizzato a favorire un uso corretto e non dannoso delle nanotecnologie. In sintesi, la Com-



missione richiama alla precauzione nei confronti dell'ambiente e della sicurezza per l'uomo, alla finalità ultima della salute e del benessere delle persone, alla trasparenza delle informazioni. Il bisogno di dare delle regole a un settore decisivo per lo sviluppo della scienza e di tante discipline è d'altronde più che comprensibile. Senza contare che, a esclusione di esperti e addetti ai lavori, la conoscenza del ruolo e delle caratteristiche delle nanotecnologie è tutt'altro che diffusa e approfondita. In Italia, secondo un'indagine condotta su circa 2.500 persone, oltre l'80% della popolazione dichiara di avere una conoscenza nulla,



o quasi, delle finalità e delle possibili applicazioni del nanotech. E anche la sparuta percentuale di chi dichiara di conoscere bene l'argomento dimostra poi di averne un'idea piuttosto confusa. Pochi, inoltre, sanno che la tecnologia dell'ultrapiccolo è già presente in molti settori e quasi nessuno ritiene che possa nascondere dei pericoli per la nostra salute e per l'ambiente. Quasi tutti, insomma, ne hanno una percezione positiva e ottimistica. Per la maggioranza degli italiani, quindi, non è affatto scontato che, in molti aspetti che riguardano anche la loro vita quotidiana, le nanotecnologie siano già ampiamente utilizzate: dall'edilizia al trattamento delle confezioni alimentari in plastica fino all'industria tessile. Se la scarsa conoscenza degli impieghi e delle potenzialità delle tecnologie dell'ultrapiccolo riguarda soprattutto la gente comune, ciò non significa che ricercatori e scienziati siano del tutto consapevoli della portata futura di questo comparto. Anche e soprattutto per quanto riguarda le conseguenze del suo impatto sull'ambiente e sulla salute. Le regole suggerite dalla Commissione europea rappresentano così un utile approccio etico. A preoccupare alcuni esperti è, in realtà, l'oggettiva difficoltà, oggi, di stabilire se alcune applicazioni nanotecnologiche possano essere nocive per l'uomo oppure innocue. Tale difficoltà è dovuta soprattutto ai cambiamenti delle proprietà fisiche, meccaniche, elettriche e magnetiche, a cui abbiamo già accennato, che si possono manifestare su scala nanome-

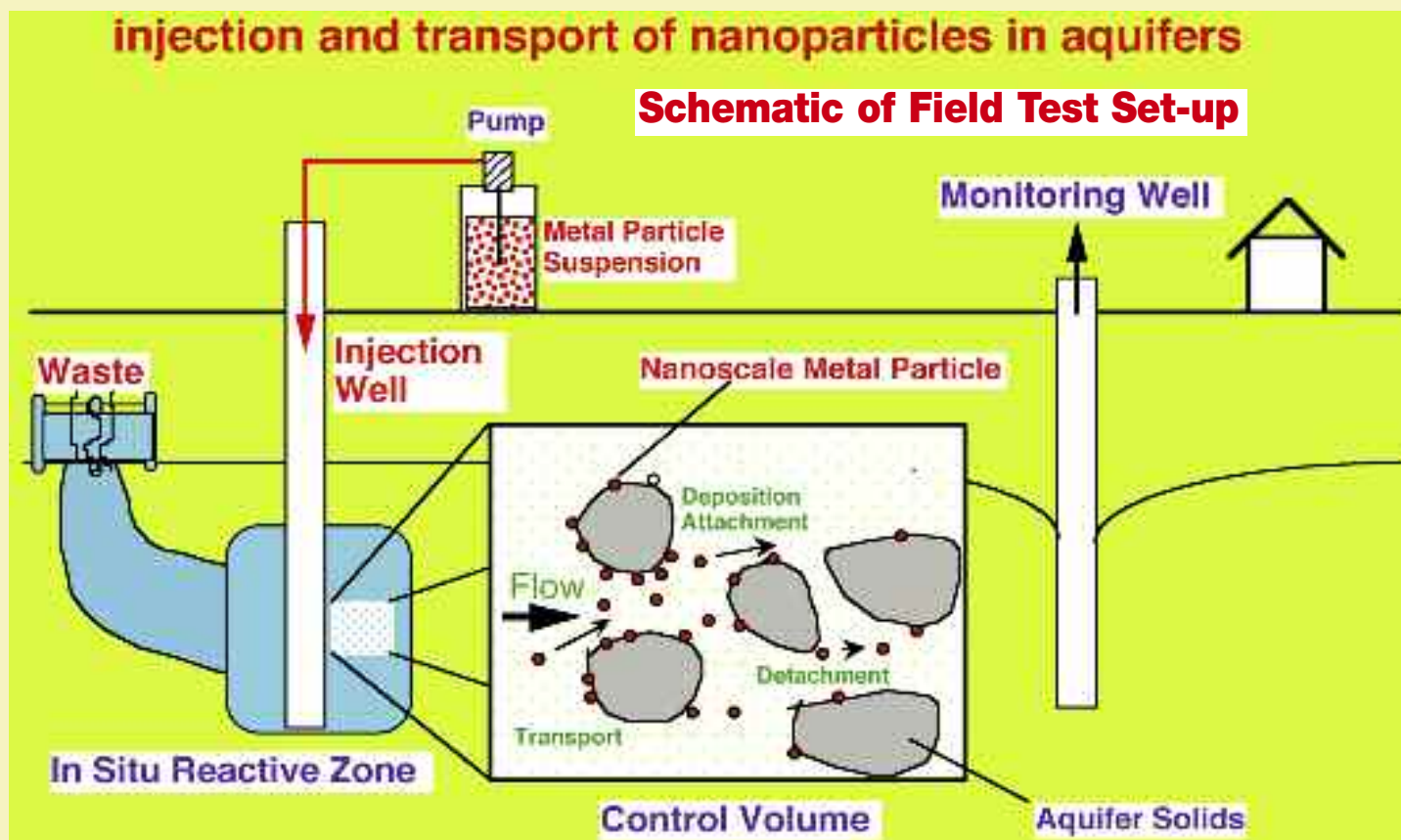


trica. Ciò che risulta assolutamente innocuo nelle dimensioni a cui siamo abituati potrebbe diventare pericoloso nell'infinitamente piccolo. Per esempio, le nanoparticelle, una volta entrate nell'organismo per inalazione, ingestione o contatto, si spostano molto facilmente, accumulandosi in alcuni organi, come il cuore, il cervello e il fegato. Inoltre alcuni esperimenti hanno rilevato che l'esposizione ai nanotubi di carbonio può comportare problemi ai polmoni e diminuire la capacità di contrastare le infezioni batteriche. Fra i campi di applicazione più promettenti e ricchi di aspettative spiccano la medicina e le terapie farmacologiche, soprattutto nell'ambito della diagnostica di svariate malattie. Nella ricerca per la lotta contro il cancro, in particolare, si sta facendo strada la possibilità di utilizzare dei nanovettori, che possono viaggiare nei vasi sanguigni senza ostruirli e rilasciare il farmaco in un punto specifico, ovvero dove è situato il tumore. Ciò consentirebbe di evitare buona parte degli effetti collaterali dei tradizionali 'bombardamenti' di farmaci. I nanovettori riuscirebbero a rilasciare il farmaco al momento opportuno grazie alla 'cedevolezza' causata dal contatto con l'elemento da 'colpire'. Nella terapia genica antitumorale sono già state sviluppate nanoparticelle capaci di trasportare geni antitumorali in modo selettivo verso le cellule tumorali, senza 'toccare' le

cellule sane. Uno dei ricercatori protagonisti dello studio, Andreas Schatzlein dell'Università di Londra, ha spiegato che "la sfida è rappresentata proprio dalla capacità di colpire solo le cellule tumorali in modo selettivo". Una sfida in cui le nanotecnologie avranno senz'altro un ruolo decisivo. E non è l'unica. Anche per la fase di diagnosi di un tumore, infatti, la ricerca nanotech sta dando importanti contributi. È il caso delle nano-sonde, sviluppate da un gruppo di ricercatori della Purdue University, che possono aiutare a localizzare con precisione piccole masse tumorali, permettendone così il bersagliamento mirato. I ricercatori hanno inoltre dimostrato che le nano-sonde, illuminate da infrarossi, possono essere impiegate come agenti anti-tumorali foto-



termici. La 'nanomedicina' non si ferma alla diagnostica e alla terapia nelle malattie tumorali. Potrà essere impiegata, per esempio, al fine di rilevare molto precocemente e contrastare il morbo d'Alzheimer. A questo proposito è già stato avviato il progetto NAD (Nanoparticles for therapy and diagnosis of Alzheimer Disease), una ricerca multidisciplinare finanziata dall'Unione europea e che vede come capofila l'Università Milano Bicocca. L'obiettivo dell'equipe di ricercatori è realizzare nanoparticelle che, grazie alle loro dimensioni, possano attraversare la barriera ematoencefalica e raggiungere in tal modo il cervello, organo dove si sviluppa principalmente il morbo. Guardando al futuro, si prevede inoltre che le nanotecnologie potranno avere ripercussioni nell'alimentazione degli animali e dell'uomo stesso. Esse infatti consentono di manipolare gli ingredienti a livello molecolare, intervenendo sulle caratteristiche organolettiche e meccaniche, modificando così il gusto, la consistenza e persino il valore nutrizionale di un alimento. Altre possibili campi d'azione sono il miglioramento della protezione del cibo nell'ambito del confezionamento e l'allungamento della shelf life del prodotto. Di fronte a questi possibili scenari, che potrebbero cambiare radicalmente il nostro rapporto con il cibo, dovrà essere naturalmente prima accertata l'effettività assenza di nocività dei nanomateriali. L'era dei 'nanocibi', dunque, non è ancora iniziata, ma presto potrebbe diventare una delle applicazioni cruciali delle tecnologie dell'ultrapiccolo nella nostra società, alla luce anche del vecchio adagio per cui l'uomo è ciò che mangia... Un altro campo da tempo di interesse nanotecnologico è quello rappresentato dall'elettronica e dalla fotonica. In particolare è recentemente stato avviato un progetto europeo riguardo i nuovi sviluppi dei nanomateriali in tale settore. Lo studio lavorerà per esempio sui semi-conduttori biologici a base di carbonio, che hanno costi di fabbricazione più bassi e un minore impatto ambientale rispetto ai tradizionali semi-conduttori a base di silicio.



Nanotecnologie per la decontaminazione del sottosuolo

La riduzione in situ di contaminanti con nanoFe⁰ di dimensioni inferiori ai 100 nm rappresenta un'alternativa più efficace alla decontaminazione di altre tecnologie, come l'elettrosmosi, i trattamenti con solventi, con vapore o l'iniezione di materiali reattivi

Nanoparticelle contenenti Fe⁰ (nanoFe⁰) sono state utilizzate con successo per la rimozione fisica (sequestrazione) e per la trasformazione chimica a specie meno tossiche di inquinanti presenti in acque sotterranee o in suoli. In questa attività di decontaminazione sono state utilizzate nanoparticelle supportate o non su polimeri o carbone di Fe⁰, da solo oppure drogato da Pd, Ni, Pt o Cu. Nel trattamento di suoli ed acque in profondità contaminate sono disponi-

bili due modalità, quella ex situ che consiste nella rimozione del materiale contaminato per trattamenti successivi in superficie ed in situ quando il trattamento è applicato nelle acque e nei suoli in profondità ed è in questo secondo caso che sono applicate le nanoFe⁰.

Le nanoparticelle sono utilizzate introducendole in barriere reattive permeabili (PRB) attraverso le quali scorre l'acqua inquinata o iniettandole in sospensione acquosa o come ma-

teriale secco trasportato da azoto o aria compressa, per il trattamento di zone contaminate immobili. La prima applicazione di una PRB di nanoFe⁰ è avvenuta a Borden (Ontario) nel giugno 1991 in scala pilota per trattare acque sotterranee contaminate da percloroetilene, mentre la prima realizzazione su scala industriale è avvenuta nel 1995 a Sunnyvale in California. Attualmente sono almeno 50 le diverse applicazioni di nanoFe⁰ realizzate negli USA.



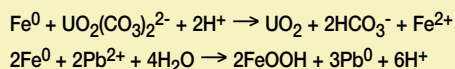
I contaminanti con i quali le nanoFe⁰ sono capaci di reagire sono solventi clorurati, erbicidi, pesticidi, PCB, sali inorganici tossici e fertilizzanti, in particolare reagiscono con nanoFe⁰:

- 1) sali solubili di metalli tossici come Cu, Hg, Ni, Pb e Cd che sono ridotti a specie insolubili;
 - 2) ossianioni pericolosi come As(V), Cr(VI), U(VI) e Tc(VII) che sono ridotti e diventano insolubili;
 - 3) alogenuri alifatici ed aromatici che vengono dealogenati;
 - 4) nitroaromatici e nitrati che vengono ridotti.
- In Tab. 1 e Tab. 2 sono riportate le reazioni chimiche coinvolte nel trattamento disquinante.

Tab. 1 Le trasformazioni chimiche indotte da nanoFe⁰

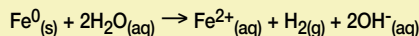
- $\text{Fe}^0 + 2\text{HOCl} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{H}^+ + 2\text{Cl}^-$
- $4\text{Fe}^0 + \text{NO}_3^- + 10\text{H}^+ \rightarrow 4\text{Fe}^{2+} + \text{NH}_4^+ + 3\text{H}_2\text{O}$
- $3\text{Fe}^0 + \text{ArNO}_2 + 6\text{H}^+ \rightarrow 3\text{Fe}^{2+} + \text{ArNH}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- $\text{Fe}^0 + \text{RCl} + \text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{RH} + \text{Cl}^-$
- $4\text{Fe}^0 + \text{C}_2\text{Cl}_4 + 4\text{H}^+ \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + 4\text{Fe}^{2+} + 4\text{Cl}^-$
- $\text{Fe}^0 + \text{CrO}_4^{2-} + 8\text{H}^+ \rightarrow \text{Cr}^{3+} + \text{Fe}^{3+} + 4\text{H}_2\text{O}$

Tab. 2 Le reazioni di sequestrazione

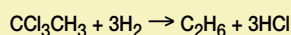


Tab. 3 Le reazioni catalitiche di idrogenazione

Corrosione anaerobica



Reazione catalitica

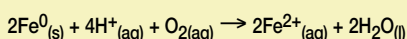


Depuratore



Sito di Bagnoli

Disattivazione



Contemporaneamente alle reazioni riportate in Tab. 1 e 2 avviene la reazione catalitica, riportata in Tab. 3, di idrodealogenazione con l'idrogeno formato per reazione del Fe⁰ con l'acqua.

Funge da catalizzatore non solo il Fe⁰ ma anche i metalli eventualmente addizionati alla sua superficie, come il Pd, Pt, Ni e Cu.

Il ruolo delle nanoparticelle

I vantaggi dell'utilizzo di nanoFe⁰ sono l'elevata reattività, in quanto diminuendo le dimensioni delle particelle aumenta l'area superficiale e quindi la reattività del Fe⁰ in reazioni di riduzione, l'elevata mobilità e la facilità di realizzare sospensioni per condurre il riducente nelle zone contaminate.

I metodi di preparazione di nano Fe⁰ sono:

- 1) la riduzione di sali di Fe²⁺ con Na BH₄;
- 2) la riduzione di nanoparticelle di Fe₂O₃ con C;
- 3) la riduzione di nanoparticelle di Fe₂O₃ con H₂;

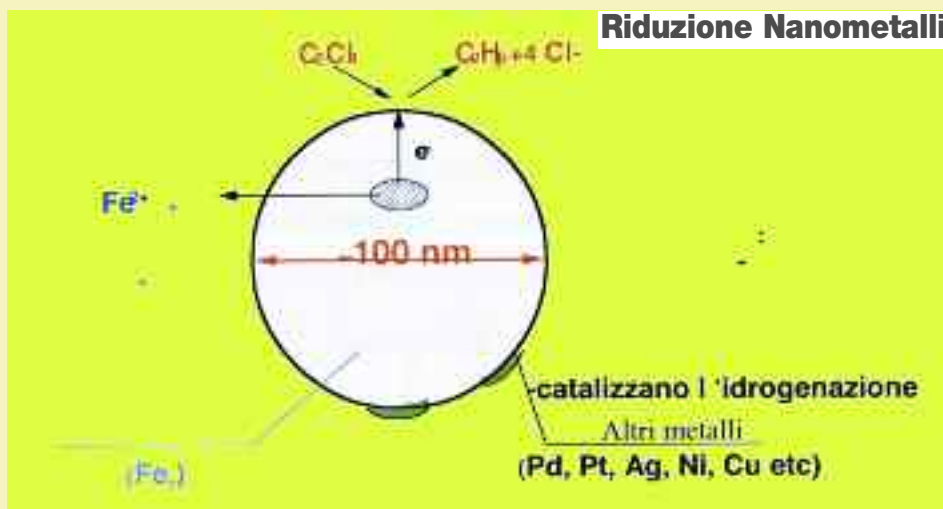
- 4) la decomposizione di Fe pentacarbonile per riscaldamento a 200-250 °C, a Fe⁰ e CO;

- 5) l'interazione di ferro liquido ad alta temperatura con acqua;

- 6) la macinazione spinta di ferro con mulini a palle. Ma la nanoFe⁰ hanno anche dei problemi come la facile passivazione con l'ossigeno, la bassa mobilità di particelle piccole che si aggregano facilmente, la bassa reattività del Fe⁰ verso reazioni di dealogenazione e gli alti costi e la difficoltà di scalare molte delle preparazioni sopra indicate., questo è il motivo per cui non viene più utilizzato Fe⁰ da solo.

Le preparazioni meno costose e più adatte per una realizzazione industriale sono la riduzione con carbone, la macinazione con mulini e l'interazione fra ferro liquido ed acqua. Per aumentare l'attività riducente vengono aggiunte alla superficie di nanoFe⁰ altri metalli come Pd, Pt, Ni o Cu.

Per evitare l'agglomerazioni di piccole particelle di Fe⁰ queste vengono supportate su polimeri come il polimetilmetacrilato o su carbone reso elettrofilico. Per evitare l'aggregazione di nanoparticelle ed aumentare la loro mobilità e facilitare la loro sospensione sono stati anche utilizzati dei tensioattivi come il sodio dodecilbenzenesolfato. L'utilizzo di nanoFe⁰ permette la degradazione di una larga gamma di sostanze tossiche, non è pericoloso nella manipolazione ed uso, è ambientalmente accettabile, non consuma energia e le nanoparticelle sono reattive per un lungo periodo di tempo e non costano molto. La riduzione in situ di contaminanti con nanoFe⁰ di dimensioni inferiori ai 100 nm rappresenta una alternativa più efficace alla decontaminazione di altre tecnologie, come l'elettrosmosi, i trattamenti con solventi, con vapore o l'iniezione di materiali reattivi.



L'edilizia punta sul nanotech

Le nanotecnologie occupano oggi un ruolo sempre più importante nel mondo dell'industria. Mapei, grande realtà italiana sul panorama internazionale, punta a vincere anche questa sfida...con l'aiuto di un'università di tutto prestigio



Ecco, in sintesi quanto è emerso dall'intervento di **Amilcare Collina**, Responsabile dei Rapporti con la comunità scientifica, presentato in occasione di un'importante conferenza nazionale sulle Nanotecnologie per l'industria chimica. E' stato infatti siglato, a metà 2007, un importante accordo di durata decennale tra MAPEI e l'Università di Padova, Dipartimento di Scienze della Terra, ed è in pieno svolgimento un programma di intensa collaborazione tra il Centro di Ricerca Corporate di **MAPEI** e il Gruppo accademico guidato dal Prof. Gilberto Artioli. Il principale ritorno atteso è l'ac-

quisizione da parte dell'azienda della capacità di progettare e realizzare, con riferimento ai materiali cementizi, nuove nanostrutture al fine di ottenere prestazioni superiori dei propri formulati. Le opportunità in linea di principio offerte sono molteplici e si articolano nelle due linee principali delle nuove funzionalità e delle multi- funzionalità dei materiali. Esempi di tali proprietà funzionali sono: azione antibatterica delle superfici, idrofobia/idrofilia delle superfici, Isolamento termo-acustico, elevate caratteristiche meccaniche e di durata e degradazione fotocatalitica degli inquinanti

La sfida è aperta

Il pensiero della società è che nano scienze e nanotecnologie per un'Impresa di formulati e additivi per edilizia non debbano essere identificate con nano-particelle, nano-tubi, nano-polveri. Per i ricercatori della società significano, con riferimento alla struttura dei prodotti, la capacità di caratterizzarla alla scala nanometrica, la capacità di controllarla e influenzarla alla scala nanometrica e la capacità di correlare la nano struttura con la funzionalità del materiale. Le conoscenze odierne in materia possono essere considerate buone per quanto riguarda la struttura del materiale alla scala micrometrica, mentre per quanto attiene alla scala nanometrica la struttura non è ancora ben compresa. La sua morfologia è definita di tipo "gel" difficile da analizzare; il tempo in cui si forma è genericamente definito come un periodo di induzione che precede la formazione della microstruttura. Ma è precisa convinzione dei ricercatori Mapei che la nano struttura sia una sorta di DNA delle proprietà fisico-meccaniche del materiale. Si impone quindi una approfondita caratterizzazione della nanostruttura durante il suo periodo di formazione, periodo associato alle prime ore del contatto acqua - cemento.



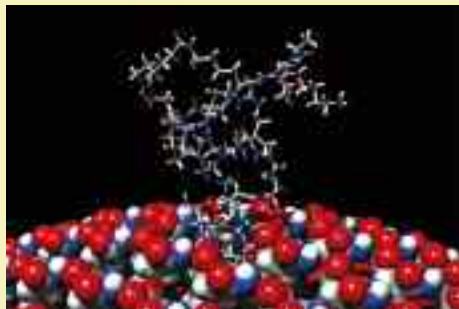
Nanomateriali per l'edilizia

I *nanolattici*, impiegati nel campo dei materiali per l'edilizia come consolidanti e promotori di adesione, sono dispersioni di polimeri in acqua con particelle di dimensioni inferiori a 70 nm, quindi nettamente inferiori alla lunghezza d'onda della luce nel visibile, per cui appaiono trasparenti. Le caratteristiche principali dei nanolattici, in rapporto ai lattici tradizionali con particelle di dimensioni superiori (micron) sono le elevatissime superfici specifiche, la filiazione senza coalescenti, e l'elevato potere di penetrazione in supporti porosi. Gli *adesivi nanostrutturali* a base di polivinilacetato sono impiegati nel settore adesivi per legno. Una delle caratteristiche più rilevanti di questi adesivi termoplastici a base acqua è quella di realizzare incollaggi con resistenza finale superiore a quella del legno stesso e contemporaneamente resistenza nel tempo alla sollecitazione da carichi costanti (creep). Le caratteristiche meccaniche sono correlate all'affinità fra l'adesivo e il substrato e possono essere influenzate dal tipo di legno, mentre la resistenza al creep è influenzata dalle proprietà meccaniche dell'adesivo stesso.

Passi da gigante

Il 9-11 giugno si è tenuta la quinta edizione del NANOFORUM, per la prima volta a Torino presso le sale convegno di Torino Incontra. Molteplici gli sviluppi negli ultimi anni, in alcuni ambiti in particolare

Fin dalla prima edizione, nanoforum ha confermato un trend in costante crescita. All'interno del convegno è stata presentata la sintesi della ricerca applicata italiana nel settore delle micro e nanotecnologie. E' stata presente una folta delegazione straniera proveniente da paesi tecnologicamente avanzati come USA, Gran Bretagna, Svizzera, Francia e Giappone e da paesi emergenti come Cina, India, Corea. Il Meeting, ideato da ITER è stato organizzato quest'anno dal Politecnico di Torino insieme a Camera di Commercio di Torino, ICE (Istituto per il Commercio Estero), Politecnico di Milano, Università di Torino, Università del Piemonte Orientale, INRiM (Istituto Nazionale Ricerca Metrologica). All'interno anche due Eventi Satellite dedicati alla formazione e alla ricerca nel settore delle nanotecnologie al Politecnico di Torino: "La Storia nel Futuro - Formazione e Nanotecnologie" e il "Meeting Annuale del Centro di Eccellenza LATEMAR" (Laboratorio di Tecnologie Elettrobiocchimiche Miniaturizzate per l'Analisi e la Ricerca). L'evento ha previsto un ricco calendario di iniziative: 1 tutorial generale, 3 tutorial specifici (nanomeccanica & mems, nanomedicina, energia), 3 sessioni di Business Opportunity con 7 delegazioni



estere (Giappone, Corea del Sud, India, Russia, Singapore, Svezia, USA), 1 sessione plenaria, 18 sessioni di convegno, incontri 1to1.

Nanomedicina e il caso LATEMAR

Tre sessioni del NANOFORUM 2009 si sono focalizzate sul tema "hot" della nanomedicina con un particolare riguardo ai successi del Laboratorio di eccellenza LATEMAR che unisce e coordina attività di ricerca di base ed applicata finalizzate allo sviluppo di micro e nanosistemi per applicazioni biologiche quali la proteomica, la genomica, la post-genomica, la biomedicina e le tecnologie agroalimentari.

Energia

Le ricerche nanotecnologiche nel settore dell'energia relazionate al convegno si possono riassumere in due linee guida: la produzione e lo stoccaggio.

La prima linea ha visto la presentazione di risultati relativi a materiali nanostrutturati e tecnologie per la produzione di energia fotovoltaica, per la costruzione di celle a combustibile, per il recupero dell'energia (harvesting) dal movimento e dai gradienti termici, per la produzione e lo stoccaggio dell'idrogeno. La seconda linea ha visto la presentazione di risultati relativi a materiali e tecnologie per la realizzazione di batterie e supercapacitori.

L'Elettronica e ICT

Il convegno ha mostrato che nella preparazione dei dispositivi si sta passando dall'attuale approccio "top-down" (si crea un circuito integrato depositando strati uniformi e rimuovendo le parti degli strati che non interessano) ad un approccio nuovo, "bottom-



up", in cui il dispositivo che interessa viene costruito assemblando in modo coordinato e controllato "mattoni" più piccoli: atomi, cluster, molecole. Ad esempio sono stati presentati risultati relativi a nanotubi di carbonio che forniscono il doppio della corrente elettrica dei migliori transistor convenzionali. Nuovi dispositivi per l'immagazzinamento dell'informazione sono rappresentati da schiere di nanodot (nanopunti) di materiale magnetico. Si sono visti interessanti risultati relativi a nano strutture per la fotonica e una





recente applicazione delle nanotecnologie all'elettronica, la cosiddetta "elettronica stampabile". L'avvenire della nano elettronica è basato su film sottili che possono essere facilmente spruzzati su superfici qualsiasi. Le aree di applicazione sono i display, i sensori, le batterie, le celle fotovoltaiche, le "smart cards", l'identificazione a radiofrequenza (RFID) che consente il riconoscimento a distanza di oggetti, animali e persone sfruttando onde radio.

Agroalimentare

La sessione relativa al settore agroalimentare si è concentrata sulle parole chiave: qualità, tracciabilità, stato di conservazione, sofisticazione dei prodotti. L'introduzione di protocolli di analisi basati sui labs-on-chip (nanosensori e nanobiosensori) garantisce vantaggi considerevoli per il controllo della qualità e per la sicurezza. L'uso di queste nuove tecnologie permette di migliorare la sensibilità delle misure e contemporaneamente diminuire i tempi di esecuzione delle stesse. In particolare l'elettronica può essere integrata per trasferire i dati con all'interfaccia data-sending e utilizzare protocolli di comunicazione wireless. Altro settore di importanza strategica dove le nanotecnologie stanno avendo un ruolo prioritario è lo "smart packaging". Il ruolo dal packaging alimentare si sta radicalmente trasformando da passivo, ad attivo, cioè l'imballo che agisce sul prodotto e con il consumatore, diventando un sistema dinamico, dove alimento e imballo comunicano e interagiscono tra loro e con l'esterno.

I Nanomateriali: versatili prodotti delle Nanotecnologie

Il convegno ha mostrato come le Nanotecnologie stanno contribuendo alla nascita di una nuova ampia classe di materiali particolarmente funzionali: i cosiddetti 'nano'-materiali. Alcune proprietà dei nanomateriali sono influenzate dalle leggi della fisica atomica piuttosto che dal comportamento del materiale che si presenta su dimensioni macroscopiche, questo può dotare le nanostrutture di peculiari proprietà fisiche e chimiche, che rende possibili straordinarie applicazioni riguardanti diversi settori di attività, dall'elettronica alle tecnologie dell'informazione, dall'agroalimentare all'energia e ambiente, dai mezzi di trasporto alla farmaceutica e biomedicale, dalla meccanica ed elettromeccanica al tessile e abbigliamento, dalla chimica e petrolchimica. Nell'ampia categoria dei nanomateriali presentati, spiccano rappresentativi esempi quali i nanotubi di carbonio e il grafene.

La formazione

Una intera sessione del convegno si è focalizzata sulla formazione universitaria nel settore nanotech presentando i risultati del percorso internazionale in Nanotecnologie per le ICT (Master in Micro and Nanotechnologies for Integrated Systems. Il Master è l'unico percorso formativo universitario completo esistente in Italia ed in Europa su questo argomento e vede protagonisti tre poli tecnologici europei (INPG di Grenoble – EPFL di Losanna - Politecnico di Torino).



Computer-Aided Solutions for Chemistry and Pharmaceutical Chemistry

Ricerca su contratto

CADD, virtual screening, docking, predizioni ADMET, QSAR/QSPR, analisi multivariata, progettazione di esperimenti

REACH e regolamento cosmetico

predizioni (Q)SAR, read-across, chemical grouping

Formazione

corsi, seminari, presentazioni

Distribuzione software

laboratorio analitico, databasing, modellistica molecolare, chemiometria

www.s-in.it

S-IN Soluzioni Informatiche, via Salvemini, 9 – 36100 Vicenza
tel: 0444 1821160, fax: 0444 1821169, info@s-in.it