

## LE NANOTECNOLOGIE

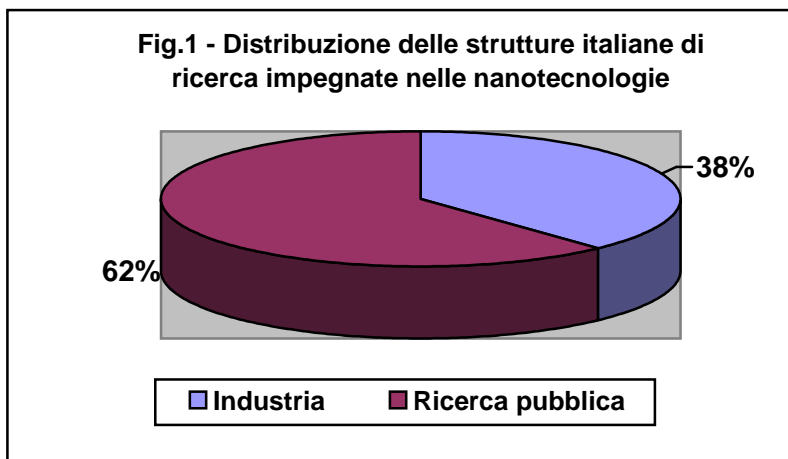
Le nanotecnologie rappresentano ormai una sfida globale che vede coinvolti i principali Paesi del mondo, molti dei quali hanno fatto delle nanotecnologie una delle opzioni principali a sostegno della loro strategia di sviluppo. La principale motivazione di questo generalizzato interesse verso le nanotecnologie è che la grande ampiezza dello spettro dei potenziali settori di applicazione di tali tecnologie: elettronica, ITC, salute e sistemi medicali, trasporti, aerospazio, chimica, difesa, energia, tessile e materiali.

### Le nanotecnologie in Italia

L'Italia mostra un discreto posizionamento a livello europeo nella ricerca nel settore delle nanotecnologie. Esse sono divenute una delle priorità della ricerca nazionale, così come stabilito anche nel Programma Nazionale di Ricerca 2005 - 2007.

Secondo i dati forniti dal secondo "Italian Nanotechnology Census" realizzato nel 2006 dall'AIRI, i fondi pubblici stanziati per la ricerca in nanotecnologie ammontavano a 60 milioni di euro nel 2005, a cui vanno aggiunti i finanziamenti da parte dell'Unione Europea ricevuti nell'ambito del VI Programma Quadro e stimati in circa 45 milioni di euro.

Il 1° Censimento realizzato dall’AIRI nel 2004 aveva mostrato una notevole intensità delle attività di ricerca italiane nel campo delle nanotecnologie, che coinvolgeva sia la ricerca pubblica sia quella privata. Nel corso degli ultimi anni questo impegno è ulteriormente aumentato ed il nuovo Censimento, realizzato a fine 2006, ne ha messo in



evidenza l’entità. Il numero di organizzazioni/strutture (imprese, enti di ricerca, dipartimenti universitari, Istituti, ecc) attive nelle nanotecnologie è passato infatti da 120 nel 2004 a 169. Circa il 60% di esse fa riferimento alla ricerca pubblica, ed il 40% ad imprese private (Figura 1).

Notevolmente aumentato è anche il numero dei ricercatori e degli addetti alla ricerca e sviluppo (full time equivalent), compresi i PhD e il personale con contratti di ricerca temporanei: essi sono infatti passati dai circa 1.330 rilevati nel 2004 agli attuali 4.300.

In particolare, gli addetti del settore pubblico sono aumentati da 1.122 a 1.958, ma l’incremento maggiore si riscontra nel settore privato, passato da 200 a 2.360 addetti (Figura 2 ).

**Fig.2 - Addetti R&S in Italia impegnati in nanotecnologie**

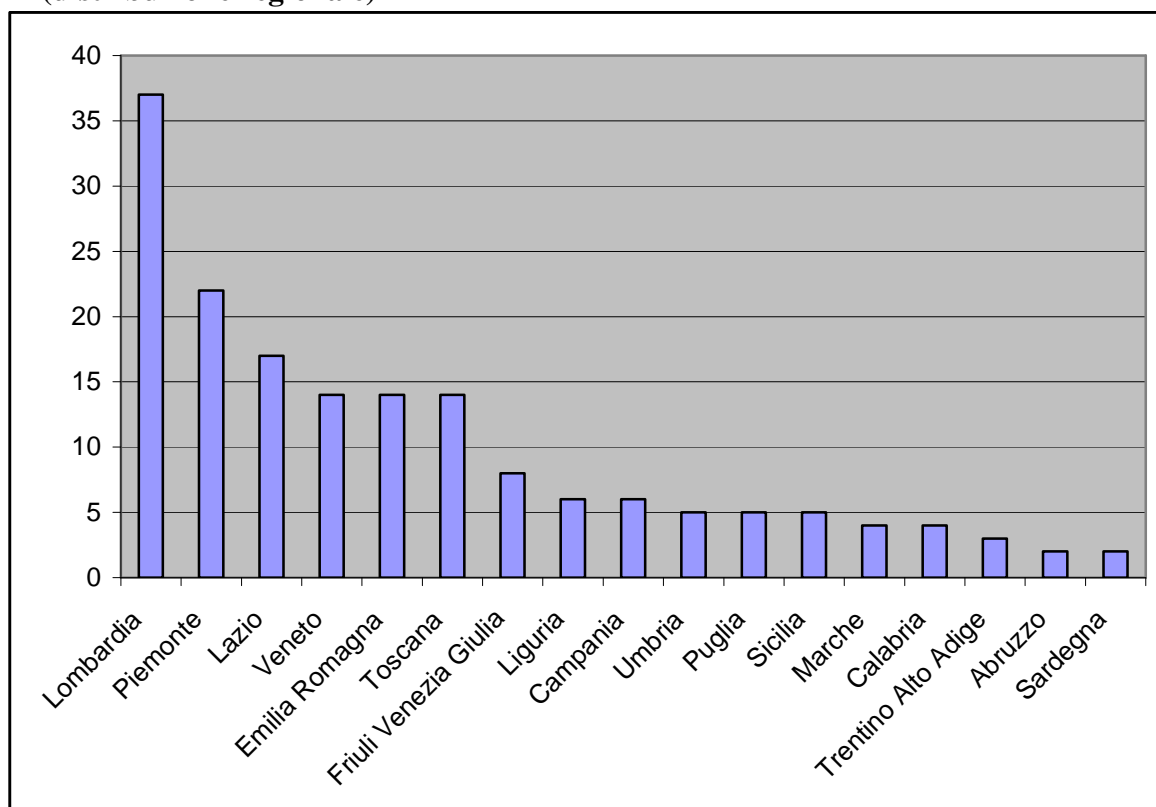
Anno	2004	2006
<i>Ricerca pubblica</i>	1122	1958
<i>Industria</i>	200	2360
<b>Totale</b>	<b>1330</b>	<b>4300</b>

*Fonte: AIRI*

## Le nanotecnologie in Lombardia

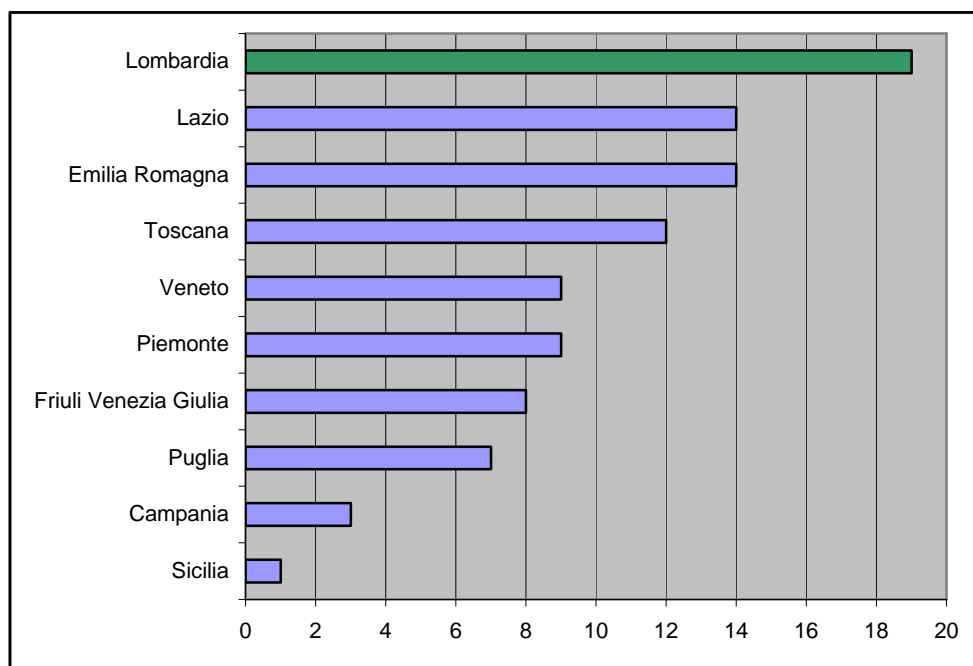
La Lombardia è certamente la regione italiana maggiormente impegnata nel settore delle nanotecnologie, come si evidenzia dal numero di organizzazioni censite dall'AIRI nel settore (Figura 3) e dal numero di addetti che vi operano (Figura 4).

**Fig. 3 – Numero di organizzazioni attive nella ricerca sulle nanotecnologie (distribuzione regionale)**



La distribuzione territoriale delle organizzazioni censite dall'AIRI mostra come circa il 70% delle strutture considerate siano concentrate nelle regioni del Centro e Nord Italia. E conferma che la regione con la più alta densità di organizzazioni che operano nel settore delle nanotecnologie è la Lombardia, con circa il 25% delle strutture italiane e poco meno del 20% di addetti.

**Fig. 4 – Distribuzione percentuale sul territorio nazionale degli addetti R&S nelle nanotecnologie**



La Regione conferma quindi nel campo delle nanotecnologie la sua posizione di leadership generale nel sistema della ricerca e innovazione italiano (Figura 5).

<b>Fig. 5 - Il sistema di ricerca e innovazione lombardo</b>						
	<b>Lombard ia</b>	<b>Venet o</b>	<b>Campa nia</b>	<b>Piemo nte</b>	<b>Italia</b>	<b>% Lom b/ Ita</b>
Abitanti	9,032	4,527	5,701	4,214	56,995	15,8
Numero ricercatori	31.753	7.859	10.387	17.192	147.000	21,6
Occupati High-Tech	587.209	221.502	101.849	309.459	2.204.302	26,6
Investimento in R&I (MLD)	2,792	0,569	0,749	1,662	12,46	22,4
Inv. Privati in R&I	2,065	0,271	0,259	1,364	6,23	33,1
Brevetti EPO high tech	806,80	68,19	29,68	172,41	1.669,91	48,3
Brevetti EPO /1000 addetti	5,66	2,42	0,71	1,93		
<i>Fonti: Unioncamere Lombardia, Istat, Eurostat</i>						

La Lombardia è stata inoltre definita da una ricerca dell'AIRI come luogo di eccellenza per la ricerca in 7 settori su 11 analizzati: Oncologia, Biotecnologie, Chimica, Microtecnologie, Fisica dei Solidi, Telecomunicazioni e Chip, Energia.

La regione vede inoltre la presenza di 5 meta-distretti (biotecnologie, nuovi materiali, ICT, design, moda) e 3 cluster (biotech, nuovi materiali e ICT).

### **Le strutture pubbliche**

Le attività di ricerca pubblica nel settore delle nanotecnologie sono suddivise a livello nazionale tra i seguenti soggetti:

- ▶ *INFN - National Institute for the Physics of Matter*: è la principale struttura pubblica che si occupa di nanotecnologie con ben il 42% degli addetti nazionali.

In Lombardia vi sono ben 3 importanti strutture dell'INFN:

- il "National Laboratory for Ultrafast and Ultraintense Optical Science" (ULTRAS) con sede a Milano<sup>1</sup>;
- il laboratorio nazionale MDM con sede ad Agrate Brianza<sup>2</sup>;
- il "Laboratory for Gas Sensors and Artificial Olfactive Systems", con sede a Brescia<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> <http://www.dei.unipd.it/ricerca/ultras/>

<sup>2</sup> <http://www.mdm.infn.it/>

<sup>3</sup> <http://sensor.ing.unibs.it/index2.php>

- ▶ Inoltre in Lombardia hanno sede anche altri importanti istituti di ricerca del *CNR* nel settore:
  - ▶
    - ISTM - Institute of Molecular Science and Technologies<sup>4</sup>;
    - IFN - Istituto di Fotonica e Nanotecnologie<sup>5</sup>;
    - IENI - Institute for Energetics and Interphases;
    - ISMAC - Institute for macromolecular studies.
  
- ▶ *INSTM* – Consorzio Interuniversitario Nazionale per la Scienza e Tecnologia dei Materiali<sup>6</sup>: conta circa il 29% degli addetti che si occupano di nanotecnologie in Italia.

Per ciò che riguarda la Lombardia, sono impegnate nel consorzio unità di ricerca del Politecnico di Milano, e delle Università di Bergamo e Brescia. Inoltre in regione è presente il “Centro per la Preparazione di Materiali Innovativi con proprietà chimico-fisiche Ottimizzate” (PREMIO), con sede a Pavia.

- ▶ Le università italiane occupano invece il 22% dei ricercatori in nanotecnologie. Il MIUR a partire dal 2004 ha promosso la creazione di 7 “Centri di Eccellenza per le Nanotecnologie” sul territorio nazionale,

---

<sup>4</sup> <http://www.istm.cnr.it/>

<sup>5</sup> <http://www.ifn.cnr.it/>

<sup>6</sup> <http://87.241.56.172/instm/index.php>

- ▶ che coinvolgono complessivamente 253 ricercatori di elevata qualità. La Lombardia è sede di ben 2 dei 7 Centri nazionali:
  - “Centro per Ingegneria Superfici e Interfacce Nanostrutturale”, presso il Politecnico di Milano;
  - “Centro Interdisciplinare per i Materiali e le Interfacce Nanostrutturale (CIMANIA)”, presso l’Università degli Studi di Milano.

Le strutture pubbliche della Lombardia inoltre garantiscono una vasta offerta didattica per la formazione di risorse umane qualificate sui temi delle scienza e tecnologia e delle nanotecnologie. In Lombardia sono presenti 12 Università che presentano una offerta formativa fatta di oltre 200 corsi disciplinari (tra lauree triennali, specialistiche, master e dottorati di ricerca) con insegnamenti scientifici-tecnologici nelle aree delle scienze della salute, dell’ambiente/energia e delle scienze alimentari (Figura 6).



<b>Fig. 6 - Corsi disciplinari in S&amp;T attivati presso le università lombarde</b>			
	Area Salute	Area Ambiente ed Energia	Area Alimentare
Politecnico di Milano	5	10	
Università "Carlo Cattaneo" di Castellanza	1		
Università Cattolica del Sacro Cuore di Milano	22	1	3
Università Commerciale "Luigi Bocconi"	2	1	
Università degli Studi di Bergamo	2	1	
Università degli Studi di Brescia	9	1	
Università degli Studi di Milano	44	18	7
Università degli Studi di Milano - Bicocca	17	7	
Università degli Studi di Pavia	29	6	1
Università dell'Insubria	8	6	
Università Vita Salute - San Raffaele	11		
<i>Fonte: Osservatorio Regionale per il Diritto allo Studio Universitario - 2006</i>			

Per quanto riguarda in particolare l'insegnamento delle nanotecnologie nell'ambito dei corsi disciplinari delle università si segnalano:

- ▶ Area Salute: due corsi di dottorato di ricerca offerti dall'Università degli studi di Milano e dall'Università Milano-Bicocca ("Medical Nanotechnology" e "Nanostrutture e nanotecnologie") il cui argomento centrale del percorso di studi è la conoscenza delle nanotecnologie applicate alle discipline mediche e farmaceutiche.

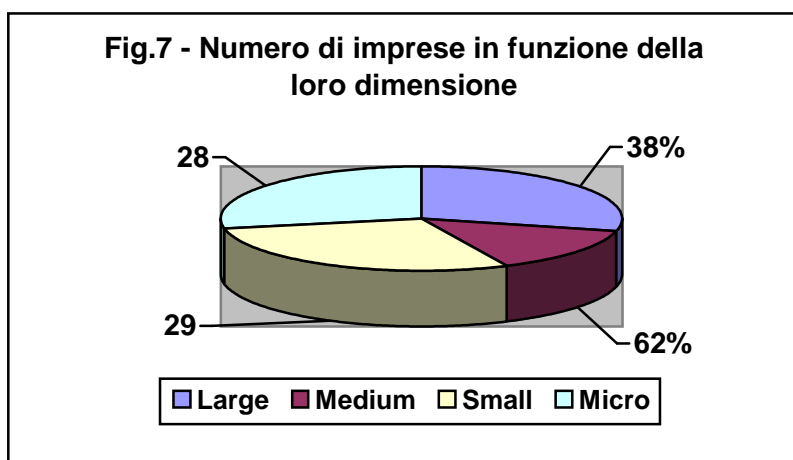
Inoltre vi sono insegnamenti di nanotecnologie per gli studenti dei corsi di laurea in "Management sanitario", in "International health care management" e in "Progettazione, valorizzazione e gestione delle strutture ospedaliere e sanitarie".

- ▶ Area Ambiente ed Energia: un corso di dottorato di ricerca promosso dall'Università di Bergamo in "Tecnologie per l'energia e l'ambiente", oltre ai curriculum tradizionali dei corsi di "Ingegneria energetica" ed "Ingegneria per l'ambiente e il territorio" del Politecnico di Milano.
- ▶ Area Alimentare: vi sono insegnamenti di nanotecnologie nei corsi di laurea specialistica in "Scienze alimentari", in "Scienze viticole ed enologiche", in "Biotecnologie vegetali, alimentari e agro-ambientali".

## Le strutture private

Per quanto riguarda invece il settore privato sono state individuate 65 imprese italiane impegnate nel settore delle nanotecnologie.

Il 30% di queste è costituito da grandi imprese (> 250 addetti), mentre il restante 70% sono PMI. Tra le PMI, la maggioranza di esse sono piccole (< 50 addetti) o micro (< 10), spesso start-up o spin-off di strutture di ricerca pubblica, le quali giocano però un ruolo non marginale (Figura 7).



Tra le grandi imprese vi sono importanti aziende Nazionali quali: Centro Ricerche Fiat (CRF), Centro Sviluppo Materiali (CSM), Centro Tecnico di Gruppo di Italcementi,

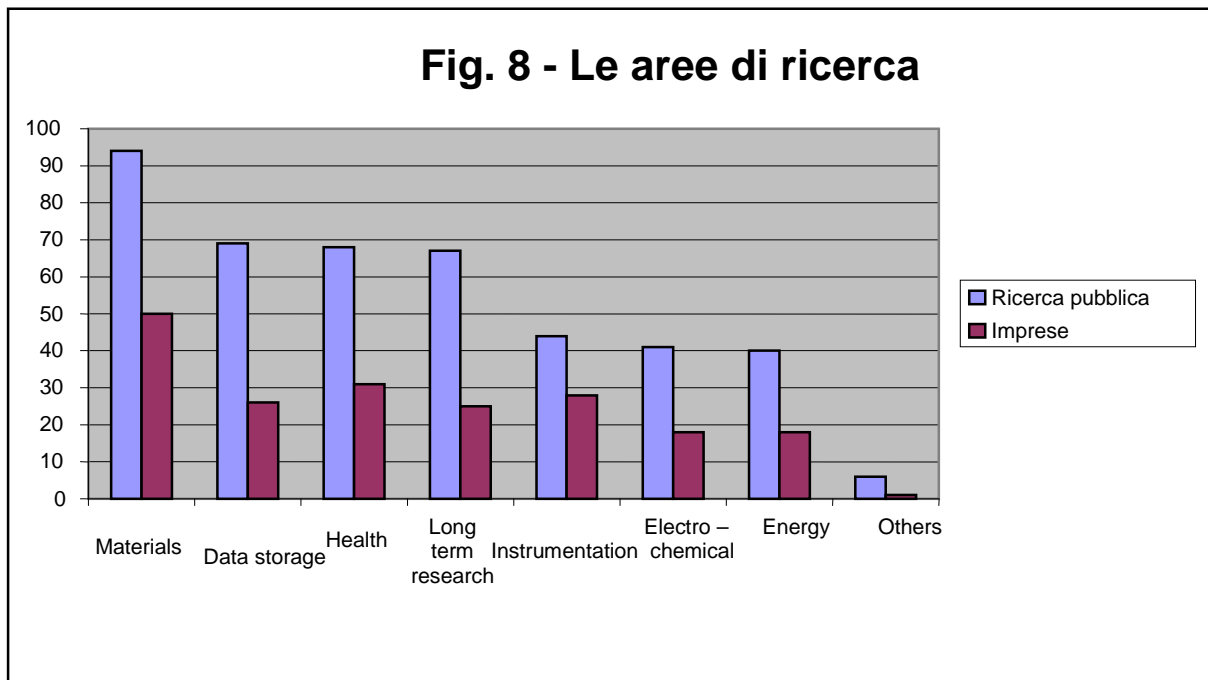
Colorobbia, il gruppo Finmeccanica (con imprese quali Alenia Aeronautica, Alcatel-Alenia Spazio, Selex Communication, Selex Sistemi Integrati), ENI, Pirelli Labs, Saes Getters, STMicroelectronics.

La Lombardia può certamente essere definita come il principale motore italiano per quanto riguarda lo sviluppo di tecnologie nano nel settore industriale. Se si prendono in considerazione le 19 principali imprese private che si occupano di nanotech, indicate dal “Centro Italiano per le Nanotecnologie” (nanotecIT), ben 12 di queste hanno sede nella regione lombarda:

- ▶ STMicroelectronics (dispositivi, sensori, sistemi medicali, microelettronica, optoelettronica)
- ▶ Pirelli Labs (materiali, dispositivi, polimeri nanorinforzati, optoelettronica)
- ▶ SAES Getters (dispositivi, superfici e tecnologie in alto vuoto)
- ▶ Bracco Imaging (diagnostica biomedicale)
- ▶ ENI Tecnologie (catalisi, energia)
- ▶ Selex Integrated Systems (materiali, sensori, dispositivi)
- ▶ CTG - Group Technical Centre di Italcementi (materiali)
- ▶ Tethis
- ▶ De Nora Tecnologie Elettrochimiche
- ▶ Laboratorio elettrofisico Nerviano
- ▶ TexClubTec
- ▶ Servitec

## I campi di ricerca

Le aree di ricerca su cui si concentra l'attività dei soggetti pubblici e privati italiani e lombardi sono sintetizzate in Figura 8.



In particolare, le attività di ricerca nel settore delle nanotecnologie in Lombardia si concentrano sulle seguenti famiglie tecnologiche:

- ▶ Materiali nanostrutturali funzionali (materiali nanofasici, uso di nanoparticelle per coatings, pigmenti e scrittura, ecc.)
- ▶ Applicazioni biologiche e medicali delle nanotecnologie (miglioramento delle capacità diagnostiche ed investigative grazie a strumentazione avanzata per lo studio cellulare e molecolare con risoluzione nanometrica, diagnosi e cura remota in vivo, ecc.)
- ▶ Applicazioni aerospaziali delle nanotecnologie (nuovi materiali ultraleggeri, ad alta resistenza, ad alto grado termico, crescita di nanostrutture in microgravità, nanosensori integrati per avionica, ecc)
- ▶ Tecnologie nanoelettroniche ed informatiche (tecnologie ad informazione quantistica, nanosensori integrati in sistemi complessi, nanostrutture in dispositivi funzionali con caratteristiche ed architetture innovative, ecc.)
- ▶ Applicazioni ambientali delle nanotecnologie (nuovi materiali “environment-friendly”, fra cui gomme per pneumatici, filtri, liquidi di raffreddamento e lubrificanti, polveri decontaminanti, ecc.)
- ▶ Polimeri, compositi a matrice polimerica

Lo studio realizzato dall'IRER nell'ambito del progetto RISE “Ricerca, innovazione e sviluppo economico: un percorso regionale per l'eccellenza”, ha fornito, utilizzando la metodologia del foresight, un giudizio qualitativo delle attività di ricerca nel campo delle nanotecnologie, attraverso il parere dei principali esperti del settore. In Figura 9 sono riportati tali giudizi.

<b>Fig. 9 - Posizionamento del sistema lombardo di ricerca nell'ambito delle nanotecnologie</b>	
Possesso di competenze avanzate su tecnologie (di prodotto o di processo) abilitanti nel settore delle nanotecnologie	Giudizio: buono
Accesso a materiali, risorse, componenti, che hanno un utilizzo centrale rispetto all'applicazione industriale della tecnologia	Giudizio: abbastanza buono
Livello di sviluppo della rete di partnership e delle alleanze nazionali e internazionali necessarie per sviluppare la tecnologia fino ai livelli applicativi industriali.	Giudizio: discreto
Congruenza rispetto alla struttura industriale della Lombardia, in termine per esempio di dimensioni tipiche delle imprese necessarie per sviluppare e applicare le tecnologie, della loro cultura manageriale, del mercato del lavoro, ecc.	Giudizio: molto buono
Compatibilità del sistema di regolamentazioni regionale, nazionale ed europeo e delle sue prevedibili evoluzioni rispetto al modello di sviluppo industriale associato alla tecnologia	Giudizio: buono
Livello di sviluppo delle infrastrutture regionali (reti di comunicazione, sistemi di trasporto, ecc.) che supportano lo sviluppo della tecnologia	Giudizio: molto buono

Le attività di ricerca italiane hanno prodotto, nel periodo 2002-2005, 6.989 pubblicazioni scientifiche, la quasi totalità delle quali (6.795) sono state pubblicate su riviste internazionali. Il 95 % di tali pubblicazioni sono prodotte da organizzazioni pubbliche.

Anche nell'attività di pubblicazione scientifica si conferma il ruolo di primo piano giocato dalla regione Lombardia: il 24,7 % delle pubblicazioni scientifiche italiane sono pubblicazioni lombarde.

Infine, nonostante l'attività nel campo delle nanotecnologie sia essenzialmente a livello di ricerca, diversi soggetti, soprattutto privati, hanno alcuni prodotti e processi già in fase avanzata di sviluppo (prototipo) o a livello commerciale:

- ▶ Nanoelettronica (tecnologie CMOS per logiche e memorie)
- ▶ Dispositivi ottici nanometrici
- ▶ Trattamenti superficiali (per tessile, ceramica, metalli, ecc.)
- ▶ Diagnostica (es. DNA chips)
- ▶ Nanoparticelle
- ▶ Nanoemulsioni (per cosmetici)
- ▶ Strumentazione (es. AFM)
- ▶ Nano sensori
- ▶ Nanomateriali fotocatalitici