

Anexa 5.1

Infrastructuri experimentale cu functionalitate complexa**- analize, concluzii si recomandari finale -****1. Caracteristici ale infrastructurilor experimentale complexe**

- Procesele tehnologice esentiale necesita zone *special amenajate si izolate, cu mediu controlat si monitorizat* - numar de particule pe unitatea de volum (clasificare standardizata), temperatura, umiditate, presiune - "camera alba" (clean-room).
- *Infrastructura-suport este complexa si costisitoare*, cu urmatoarele elemente esentiale: personal auxiliar pentru suport, sisteme complexe pentru stocarea, transportul si monitorizarea gazelor de proces, instalatii de neutralizare a apei si gazelor reziduale, statie de preparare a aerului, statie de apa deionizata etc.
- De o importanta majora este existenta *personalului cu expertiza* in operarea si intretinerea echipamentelor.
- Dotarile unei infrastructuri complexe acopera in cele mai multe cazuri etapele unui *flux tehnologic complet*: modelare-simulare → micro-nano fabricatie/structurare → caracterizari → testare.
- In ce priveste echipamentele, este vorba despre instrumente moderne, caracterizate in general prin *uzura morala* relativ rapida (4-6 ani), si cu *preturi* mari si foarte mari (300 mii - 1 milion euro).
- Echipamentele necesita actualizari periodice (module cu functiuni si parametri noi, piese de schimb, mentenanta, recalibrari, cursuri), conducand la costuri anuale de *service, mentenanta si piese de schimb* de aproximativ 1-3% din pretul de achizitie.
- Cu toate particularitatile de mai sus, se ajunge la *costuri de operare foarte mari* (2-4 mii euro/an), aproape egale cu pretul de achizitie a infrastructurii-suport.

2. Bune practici, tendinte in dezvoltarea si organizarea infrastructurilor complexe

Studiind tendintele actuale in dezvoltarea infrastructurilor s-a ajuns la un set de concluzii, dintre care enumeram:

- Accentul pe *calitatea* elementelor componente - echipamentele si infrastructura suport - si pe facilitarea cercetarilor *interdisciplinare*. Prin acestea se asigura urmatoarele beneficii: facilitarea atragerii specialistilor cu experienta valoroasa; optimizarea costurilor de constructie si operare; cresterea eficientei atragerii de finantari si comenzi de servicii; crearea de teme si cunostinte noi prin favorizarea interactiunii cercetatorilor cu diverse expertize in spatii experimentale comune.
- Un alt punct important este legat de modul in care sunt valorificate investitiile anterioare si optimizate deciziile de investitii viitoare. Obiectivele-cheie sunt legate de coordonarea, corelarea, asigurarea coerentei si eficientizarea investitiilor. Accente speciale se pun pe: asigurarea *complementaritatii tehnologice* inter-infrastructuri (cu 2 factori principali de influenta: existenta expertizei in operare, distributia geografica a capabilitatilor existente); asigurarea suportului financiar si logistic pentru *actualizarile* necesare echipamentelor si infrastructurii-suport, in vederea maximizarii utilitatii si utilizarii echipamentelor existente; actiunile de *publicitate si diseminare*, care conduc la maximizarea utilizarii serviciilor oferite.
- Un accent evident se pune pe ideea de *networking*: combinare a capabilitatilor si expertizei si coordonare a utilizarii si investitiilor. Ca exemple, mentionam:
 - o in SUA: NNIN - National Nanotech. Infrastructure Network - o retea organizata si sprijinita la nivel guvernamental, formata din peste 70 de centre/facilitati. NNIN reprezinta un exemplu excelent de buna practica pentru organizarea unei retele

naționale de infrastructuri. În ce privește costurile serviciilor, acestea sunt rambursate de către beneficiari (din cercetare și industrie).

- o în Europa: EUMINAFab - reprezintă un parteneriat pan-european format din 10 centre/facilități pentru servicii tehnologice și de consultanță. Aici, serviciile sunt gratuite pentru utilizatori, fiind acoperite din fonduri europene.
- În ultimul timp, o atenție specială începe să se acorde *impartirii spațiilor tehnologice/experimentale* pentru promovarea integrării tehnologiilor. Criteriile esențiale sunt:
 - o facilitarea combinării celor 2 ramuri ale structurării: top-down și bottom-up;
 - o încurajarea caracterului interdisciplinar al studiilor prin *interacțiunea* cercetătorilor în spații comune ("intellectual collisions");
 - o accentul pe dezvoltarea eficientă a *platformelor tehnologice*, reprezentând grupări de specialiști, echipamente și tehnici mature
 - o orientarea pe integrare prin acoperirea celor 4 arii esențiale: nanofabricație, nanocaracterizare, sinteza/creștere/depunere de materiale, nanobiotehnologie.

3. Situația din România. Concluzii

Despre situația la nivel *național* a infrastructurilor complexe pentru nanotehnologie se pot face întâi următoarele observații generale:

- Instrumentele de finanțare din ultimii 5-6 ani (programe Capacități, POS-CCE, Parteneriate) au lansat procesul de creare/dezvoltare a unor centre și infrastructuri complexe moderne. Se poate spune că se atinge treptat o "masă critică" de capacități competitive.
- Cu această ocazie a crescut expertiza în *dezvoltarea capacităților*, în ceea ce privește selecția, asigurarea condițiilor de funcționare, operarea eficientă a unor echipamente esențiale din toate categoriile experimentale.
- În paralel a fost inițiat un proces (aflat încă în stadiu incipient) de dezvoltare a expertizei în operare și de largire/pregătire a bazei de specialiști prin formarea tinerilor (programe de Master și Doctorat în domeniu, de exemplu în Univ. Politehnica București).
- Se observă și în România problema universală a *sub-utilizării* infrastructurilor și capacităților existente. Astfel se constată insuficiența gradului de diseminare a capacităților existente și în pregătire care să permită largirea bazei de beneficiari și a gradului de utilizare a serviciilor disponibile. Și din acest punct de vedere se simte nevoia creării unui *organism coordonator* al unui networking eficient la nivel național, capabil să coordoneze coerent și unitar dezvoltarea și utilizarea infrastructurilor.

Harta capacităților din infrastructurile naționale în nanotehnologie

Pornind de la informațiile introduse în "Baza de date NANOPROSPECT" de entitățile naționale care activează în nanotehnologie, se propune o soluție de indexare și rating ale resurselor experimentale relevante, disponibile pe plan național pentru networking și colaborări. Modelul de rating este inspirat din practica rețelei NNIN/SUA, cu notare de la 0-minim la 4-maxim, astfel:

0 : nu există capacități semnificative

1 : există capacități limitate

2 : capacități de bun nivel

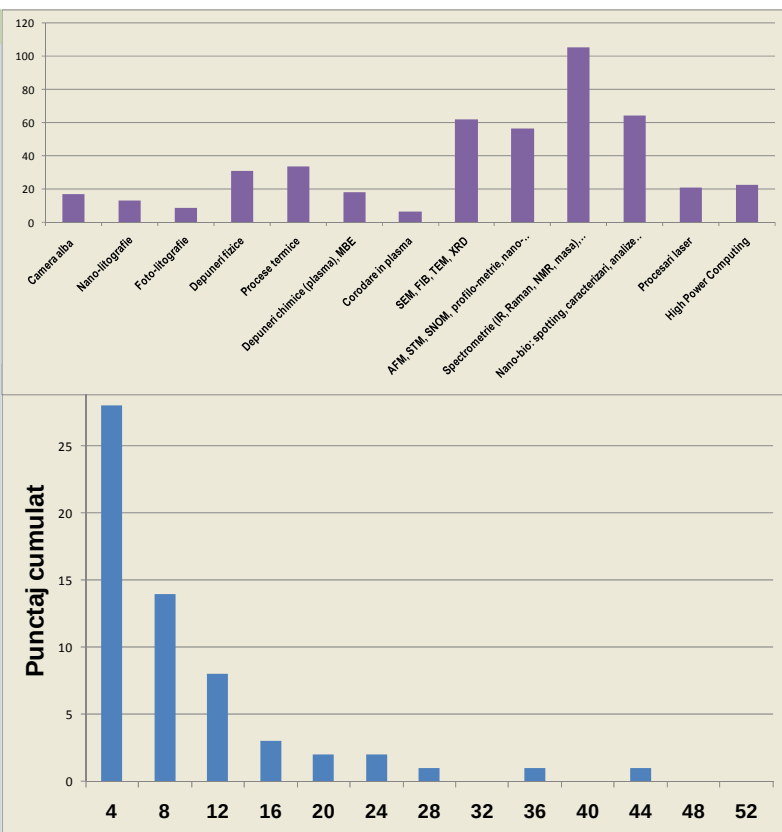
3 : capacități excelente - care depășesc pe cele oferite de cele mai multe dintre infrastructurile înregistrate și care oferă posibilități experimentale pentru abordarea celor mai multe dintre proiectele de cercetare de înalt nivel

4: capacități unice pe plan național, competitive la nivel mondial

In acest scop propunem indexarea dupa 13 categorii de echipamente/sau capacitati experimentale relevante, astfel: ♦Clean-room (>clasa 1000)♦Nanolitografie♦Fotolitografie♦Depuneri fizice♦Procese termice♦Depuneri chimice (plasma), MBE♦Corodare in plasma (RIE)♦Caracterizari/microscopie prin fascicul energetic (SEM, FIB, TEM, XRD)♦Caracterizari/microscopie prin probe de baleiaj (AFM, STM, SNOM,...), profilometrie, nano-caracterizare suprafete♦Spectrometrie (IR, Raman, NMR, masa), analize/procesari chimice♦Nano-bio (spotting, caracterizari, analize nanoparticule)♦Procesari laser♦High Power Computing.

Tabelul rezultat permite atat vizualizarea capacitatatilor entitatilor analizate (pe orizontale), cat si obtinerea unei imagini de ansamblu a distributiei pe categorii experimentale (pe verticale) - reprezentand o metoda de identificare a complementaritatilor interdisciplinare. O informatie relevanta care nu este continuta in aceasta "harta" este gradul de utilizare a capacitatatilor raportate.

Entitate	Clean-room (>clasa 1000)	Nanolitografie	Fotolitografie	Depuneri fizice	Procese termice	Depuneri chimice (plasma), MBE	Corodare in plasma (RIE)	Caracterizari/microscopie prin fascicul energetic (SEM, FIB, TEM, XRD)	Caracterizari/microscopie prin probe de baleiaj (AFM, STM, SNOM,...)	Profilometrie	Nano-caracterizare suprafete	Spectrometrie (IR, Raman, NMR, masa)	Analize/procesari chimice	Nano-bio (spotting, caracterizari, analize nanoparticule)	Procesari laser	High Power Computing
1. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
2. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
3. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
4. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
5. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
6. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
7. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
8. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
9. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
10. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
11. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
12. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
13. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
14. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
15. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
16. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
17. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
18. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
19. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
20. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
21. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
22. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
23. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
24. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
25. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
26. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
27. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
28. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
29. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
30. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
31. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
32. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
33. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
34. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
35. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
36. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
37. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
38. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
39. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
40. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
41. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
42. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
43. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
44. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
45. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
46. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
47. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
48. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
49. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
50. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
51. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																
52. Institutul de Cercetari Bucuresti R. I. C.																



Concluzii

Datele din tabel si analiza sintetica (punctaj pe verticale, si histograma a punctajelor per-infrastructura) conduc la urmatoarele concluzii principale:

- Se constata o acoperire *rezonabila* a tuturor capacitatatilor relevante pentru CD in nanotehnologie.
- Exista 10 infrastructuri (din 60 de entitati inscrite) care acumuleaza jumatate din punctajul total.
- *Situatia per-capacitate* la nivel national se prezinta sintetic astfel:
 - *foarte buna*: ♦Spectrometrie (IR, Raman, NMR, masa), analize/procesari chimice

- *buna*: ♦ Nano-bio (spotting, caracterizari, analize nanoparticule) ♦ Caracterizari/microscopie prin fascicul energetic (SEM, FIB, TEM, XRD) ♦ Caracterizari/microscopie prin probe de baleiaj (AFM, STM, SNOM,...), profilometrie, nano-caracterizare suprafete
- *satisfacatoare*: ♦ Procese termice ♦ Depuneri fizice ♦ High power computing ♦ Procesari laser
- *slaba*: ♦ Depuneri chimice (plasma), MBE ♦ Camera alba ♦ Nanolitografie
- *foarte slaba*: ♦ Fotolitografie ♦ Corodare in plasma (RIE).

4. Concluzii si recomandari finale

Redam in primul rand sintetic *premise* deja consacrate de la care pleaca efortul proiectului de strategie NANOPROSPECT: Nanotehnologia reprezinta revolutia stiintifica si tehnologica a lumii moderne, pe care Romania nu isi permite sa o rateze, cu atat mai mult cu cat este evident ca exista potentialul uman necesar pentru inalta performanta.

Dezvoltarea si optimizarea utilizarii infrastructurilor: obiective cu prioritati egale

In al doilea rand, este recunoscut faptul ca unul dintre obiectivele esentiale ale unei strategii eficiente pentru nanotehnologie consta in (1) *dezvoltarea* si (2) *optimizarea utilizarii* infrastructurii de cercetare. Eforturile in acest sens au motivatii/beneficii multiple:

- Reprezinta instrumentul de baza pentru abordarea cercetarilor de avangarda din directiile programelor europene si din alte colaborari internationale. Altfel spus: reprezinta conditia necesara pentru *alinarea la cercetarile avansate*.
- O infrastructura avansata si bine mentinuta reprezinta motorul dezvoltarii domeniului, prin faptul ca *atrage specialistii* si pune in valoare experienta acestora.
- Deasemenea, infrastructurile dezvoltate coerent reprezinta *materialul didactic* pentru formarea resurselor umane ale domeniului.
- Avand in vedere nivelul prohibitiv al costurilor pentru majoritatea afacerilor, infrastructurile majore de cercetare indeplinesc rolul deosebit de important de a fi un *punct de intalnire* intre cercetarile pre-aplicative si cele industriale.

Este recunoscut, definitoriu, faptul ca performanta reala in domeniul nanotehnologiei apare numai dupa atingerea unei *mase critice* a resurselor, acestea constand atat in *echipamentele* experimentale disponibile, cat si in *expertiza* utilizarii lor.

Din acest punct de vedere, din rezultatele analizei bazei de date NANOPROSPECT se poate afirma aproximativ ca, la nivel national, masa critica este atinsa in 4 din cele 13 categorii de capabilitati specifice nanotehnologiei, grupate in special in 10 infrastructuri.

Alaturi de problema masei critice (adica partea de dezvoltare), al doilea element - de importanta egal-majora - este *gradul de utilizare al capabilitatilor deja existente*. Acesta este determinat de urmatoorii factori:

- existenta unei infrastructuri-suport adecvate
- existenta operatorilor cu experienta
- existenta proiectelor sau clientilor pentru servicii
- nivelul de maturitate al spiritului de colaborare si al abordarilor interdisciplinare
- existenta si eficienta unui sistem de networking (indexare, monitorizare, suport, strategii, diseminare...)

Retinem deci pentru analiza in continuare, cele 2 elemente importante: necesitatea dezvoltarii si a cresterii gradului de utilizare. Dealtfel, este o realitate universal recunoscuta faptul ca resursele experimentale necesare pentru asigurarea unei baze experimentale de abordarea eficienta a domeniului nanotehnologiei nu au atins maturitatea si ca trebuie privite ca un "organism in crestere", care trebuie: dezvoltat, mentinut si utilizat eficient.

Recomandari finale

Dezvoltarea bazei (resurselor) experimentale - propunem ca solutii optime 2 mecanisme:

- *organizarea de competitii dedicate dotarilor pentru nanotehnologie*
- *actiuni de finantare centralizata*

In aceste cazuri recomandam aplicarea urmatoarelor *criterii* specifice majore in acordarea punctajelor sau prioritatilor de achizitie a unor echipamente:

- asigurarea operatorilor cu experienta pentru utilizarea echipamentului achizitionat
 - asigurarea conditiilor (mediu controlat, utilitati speciale)
 - asigurarea unei uniformitati in distributia geografica a capabilitatilor
 - integrarea intr-un flux experimental coerent in contextul propriu deja existent
 - integrarea intr-o strategie stiintifica coerenta, cu potential confirmat
 - existenta/potentialul unor parteneriate cu, si nevoi ale, industriei
 - asigurarea cadrului pentru un rol educational real, prin actiuni de:
 - hands-on training (laborator, practica, internship)
 - integrarea studentilor in colectivele proiectelor
 - colaborari pe baza de idei/proiecte proiecte evaluate de board-ul infrastructurii

In ce priveste a doua prioritate:

Utilizarea eficienta si mentinerea a resurselor experimentale, trebuie mentionat ca aceasta se traduce in Romania prin valorificarea unor investitii de ordinul a 100 milioane euro. Din acest punct de vedere, prioritatile care trebuie urmarite sunt listate in continuare:

- identificarea si mentinere a personalului cu expertiza reala in operarea echipamentelor (in "activarea capabilitatilor")
- amplificarea cercetarilor in colaborare (institute, universitati, industrie), cu urmatoarele caracteristici:
 - se utilizeaza mecanisme variate: proiecte comune, acces direct, servicii
 - in cadrul acestor mecanisme, partenerilor industriali li se asigura protectia drepturilor de proprietate intelectuala (prin rambursarea de catre acestia a costurilor de utilizare a capabilitatilor experimentate utilizate) - un exemplu tipic este reprezentat de catre competitile de tip SBIR/STTR din sistemul de finantare al SUA, competitii dedicate numai industriei (SBIR=Small Business Innovation Research; STTR=Small Business Technology Transfer Research).
- asigurarea cadrului pentru un rol educational real (ca si in cazul prioritatii in Dezvoltare, mentionata anterior)

- utilizarea la potential maxim prin completarea functionala a echipamentelor existente: completarea cu modulele functionale disponibile la producator
- finantarea activitatilor de inventariere, publicitate si diseminare pentru maximizarea utilizarii infrastructurilor existente

Ce este important pentru a putea optimiza activitatile la nivel national in vederea abordarii corecte a celor 2 prioritati enumerate? Putem sa constatam din situatia nationala in domeniu ca este nevoie de 2 elemente:

- coordonare, si
- finantare coerenta

Aceste lucruri au fost realizate pe rand in SUA (vezi NNIN) si in spatiul european (vezi EUMINAfab) - si este nevoie ca Romania sa se alinieze la aceste solutii prin urmatoarea decizie majora:

- *crearea unui organism national pentru coordonare si networking*
- acest organism poate avea, de exemplu, o finantare public-privata
- s-ar putea numi, de exemplu, "Reteaua Nationala a Infrastructurilor pentru Nanotehnologie-RNIN"
- un prim pas esential este crearea echipei de management (board-ul) acestei entitati, lucru care se poate realiza pe baza de competitie in urma unui apel al ANSC
- pentru a asigura sincronizarea eficienta a necesitatilor privite din toate cele 3 zone: cercetare, educatie si industrie, echipa de management trebuie sa includa membri din toate aceste zone

Crearea unui organism national de acest tip (RNIN) ar asigura eliminarea "cercurilor vicioase" care conduc la sub-utilizarea infrastructurilor, deoarece s-ar concentra pe urmatoarele puncte de actiune:

- valorizarea/valorificarea investitiilor anterioare
- dezvoltarea corelata, coerenta si unitara a infrastructurii nationale pentru nanotehnologie (considerata ca un ansamblu)
- dezvoltarea si mentinerea expertizei nationale in operarea infrastructurilor si categoriilor de echipament

Activitatile principale care trebuie realizate in cadrul unei RNIN sunt de urmatoarele 3 tipuri: *monitorizare, analize, recomandari*, iar obiectivul coordonator al acestor activitati este asigurarea *eficientei prin coordonare*. Cateva exemple de activitati de importanta majora:

- *inventarierea* riguroasa a echipamentelor, capabilitatilor, operatorilor experti, infrastructurii suport
- analiza *complementaritatilor* tehnologice si de expertiza, pe 3 grupe majore: fabricatie, caracterizare, modelare/simulare; aceasta trebuie sa conduca la recomandari de valorificare a acestor complementaritati
- analiza disponibilitatilor, cadrului si variantelor de *acces si utilizare* in comun a capabilitatilor existente
- *popularizarea* eficienta a capabilitatilor si practicilor de acces
- trasarea necesitatilor si prioritatilor, aplicand *tendintele si bunele practici internationale* la situatia nationala

Bibliografie:

- *Nanotechnology: What is it and how will it affect us?*, Report, Edited by: Catalan Foundation for Research and Innovation (FCRI), June 2009, (http://www.nanoforum.org/nf06~modul~showmore~folder~99999~scid~527~.html?action=longview_publication&).
- Nicole Zaro Stahl, *Nanotechnology Research Trends and Facilities Needs*, November 2006, (<http://www.tradelineinc.com/reports/E7FC86BE-2B3B-B525-8EBBC25ACAA4D6A2>).
- Johnathon Allen, *Emerging Design Trends for Interdisciplinary Research*, February 2008, (<http://www.tradelineinc.com/reports/C6E98526-2B3B-B525-875059056AECCA84>).
- Johnathon Allen, *Platform-Driven Planning for Multi-Disciplinary Science Facilities*, April 2009, (<http://www.tradelineinc.com/reports/165CDF39-E1C9-3F34-A2E2A83DE215F231>).
- *European Nanotechnology Infrastructure and Networks*, Nanoforum Report, Editor: Mark Morrison, July 2007, (http://www.nanoforum.org/nf06~modul~showmore~folder~99999~scid~321~.html?action=longview_publication&).
- <http://www.nnin.org>
- http://www.nnin.org/nnin_process2.html
- Lee Ingalls, *Making Room for Nanotechnology - Emerging Cross-Disciplinary Science Requires a Specialized Facility*, March 2003, (<http://www.tradelineinc.com/reports/C5218372-82CA-42A4-AD7F569A96053138>).
- Johnathon Allen, *Center for Integrated Nanotechnology Emphasizes Innovation*, February 2004, (<http://www.tradelineinc.com/reports/AAE2DBA0-2B3B-B525-8E157D1892B6BEC2>).
- Lisa Wesel, *Correctly Sizing Utilities is Critical for Nanotechnology Labs - Bigger is Not Necessarily Better*, November 2008, (<http://www.tradelineinc.com/reports/405406D7-2B3B-B525-8A1875DD781CA265>).
- Deborah Kreuze, *Highly Technical Facilities Cost More to Operate and Maintain Than You Think - Decision-makers Must Understand and Commit to Long-Term Expense*, April 2008, (<http://www.tradelineinc.com/reports/E2397487-2B3B-B525-8D48F2EDEEE67EC4>).
- Amy Cammell, *The Rise of Core Laboratories*, September 2007, (<http://www.tradelineinc.com/reports/948A5022-2B3B-B525-8E318FF299A246E2>).
- Lisa Wesel, *Interdisciplinary Approach Generates Better Research*, March 2007, (<http://www.tradelineinc.com/reports/7198021B-2B3B-B525-848E7F7338B66347>).
- Lisa Wesel, *Multidisciplinary Buildings Create Unique Design Challenges - Solutions Require Understanding of Instrumentation Needs*, October 2006, (<http://www.tradelineinc.com/reports/C994E73B-2B3B-B525-8DE2F93912ED8048>).
- Lee Ingalls, *Duffield Hall Nanotechnology Research Moves Forward - Cornell University's New Facility Builds on Lessons Learned*, March 2003, (<http://www.tradelineinc.com/go.cfm?id=5F4C13EE-CACC-43C1-C59075EE7926253&ul=j28zcb>).
- *Nanomaterials State of the Market Q1 2009*, Lux Research State of the Market Reports, Lux Research Inc., January 2009.
- <http://www.euminafab.eu>
- http://www.researchwatch.net/nsf_grants/0335765
- <http://www.imt.ro/NANOPROSPECT/>