

## Dipartimento di Matematica “F. Casorati”

### 1 Presentazione

La ricerca scientifica, in un rapporto continuo e dinamico tra i risultati di base e le applicazioni, rappresenta il principale punto di forza del Dipartimento di Matematica. La qualità dei risultati scientifici è ben evidente nei risultati della prima VQR (che discutiamo sotto più in dettaglio) e in molti altri aspetti legati all’attività di ricerca.

La politica di reclutamento portata avanti dal Dipartimento con criteri di selezione, volti ad una valutazione chiara delle capacità e del merito scientifico, ha permesso di selezionare giovani ricercatori, anche provenienti da altre sedi, che hanno poi ottenuto importanti risultati, contribuendo all’ottima valutazione del Dipartimento. Da questo punto di vista, la politica del Dipartimento è sempre stata quella che in molti dipartimenti americani è definita come “hire on potentials, promote on achievements”.

L’attività seminariale, l’organizzazione di cicli settimanali di conferenze su invito con la partecipazione di autorevoli scienziati nazionali ed internazionali, l’invito a trascorrere presso il Dipartimento di Matematica periodi di soggiorno destinati alla ricerca ad alto livello in collaborazione con membri del Dipartimento e all’insegnamento di corsi avanzati per il Dottorato, costituiscono un’importante occasione di scambio culturale e interazione scientifica offerta ad ogni livello.

Al di là delle capacità dei singoli ricercatori del Dipartimento (qui intesi come attivi nella ricerca scientifica, indipendentemente dal loro inquadramento accademico), ci sono altri fattori meno tangibili, ma non meno importanti, che contribuiscono alla qualità scientifica del Dipartimento stesso: la politica di reclutamento adottata è ben conosciuta nell’ambiente e rende, dunque, il Dipartimento attrattivo, proprio perché è risaputo che il criterio che conta è quello del merito; in un settore in cui il lavoro scientifico coinvolge in ogni caso poche persone per volta e in una attività che in gran parte richiede solo carta e penna e una grande tranquillità al contorno, i buoni rapporti esistenti pressochè fra tutti i ricercatori contribuiscono a creare un clima di lavoro sereno; il personale tecnico amministrativo supporta questa situazione, cercando di semplificare il più possibile ai ricercatori le richieste burocratiche.

C’è, infine, un impegno attivo e continuo nella formazione degli insegnanti delle scuole medie inferiori e superiori, sia iniziale, sia in servizio, concretizzato anche attraverso il contributo e l’apporto a progetti nazionali promossi dal MIUR (Accompagnamento alle Indicazioni, M@t.abel, PLS). La partecipazione alle attività della comunità scientifica nazionale e internazionale ha portato i componenti del gruppo di Didattica ed Epistemologia della Matematica a ricoprire importanti ruoli istituzionali di organizzazione e coordinamento scientifico.

Le numerosissime collaborazioni esistenti con centri di ricerca sia italiani sia esteri (che dettagliamo specificatamente sotto) permettono a vari studenti di Pavia di svolgere la tesi di laurea magistrale o il proprio dottorato in cotutela

con relatori stranieri, anche utilizzando progetti Erasmus e Erasmus Placement. Sono state svolte e/o sono in corso di svolgimento lauree magistrali con progetti Erasmus ed Erasmus placement in cotutela con le università di Barcellona, Bergen, Humboldt-Universität Berlin, Imperial College, Cambridge e dottorati in cotutela con Eindhoven ed Erlangen–Nürnberg. Inoltre, queste stesse collaborazioni hanno permesso ad alcuni nostri studenti di laurea magistrale di vincere presso importanti Università straniere master (Paris-Sud (Orsay) e Oxford) e dottorati (Imperial College, University of Utah, Bonn, Hannover).

Per quanto riguarda, inoltre, i finanziamenti su bandi competitivi, negli ultimi anni (2009, 2010-11, 2012) le domande presentate per progetti PRIN che includevano Unità Operative con sede a Pavia sono state finanziate. Quanto agli altri bandi, ci limitiamo a citare i Grant ERC e FIRB che membri del Dipartimento hanno ottenuto negli ultimi anni (maggiori particolari sono forniti nel quadro G1 della Scheda):

- FIRB Grant 2008 “Discretizzazioni Isogeometriche per la Meccanica del Continuo”. Unità operative: Pavia 1, Pavia 2, Milano. Responsabile Scientifico del Progetto e Coordinatore dell’Unità locale di Pavia: Giancarlo Sangalli.
- ERC Starting Grant 2010 “AnOptSetCon”, Principal Investigator: Aldo Pratelli (Pavia).
- FP7-2011-NMP-ICT - FoF 284981 “TERRIFIC”. Partners: Alenia, INRIA, JKU, Jotne, MAGNA, Missler, Siemens, SINTEF, Technische Universität Kaiserslautern, Università di Pavia. Coordinatore dell’Unità di Pavia: Carlo Lovadina.
- ERC Starting Grant 2012 “Stability and wall-crossing in algebraic and differential geometry”, Principal Investigator: Jacopo Stoppa (Pavia). Altri partecipanti al progetto: Alessia Mandini (Pavia) and Gabor Szekelyhidi (Notre Dame).
- FIRB Grant 2012 “Geometry and topology of low-dimensional manifolds”. Unità operative: Pisa, Roma “Sapienza”, Pavia. Coordinatore dell’Unità locale di Pavia: Francesco Bonsante.
- ERC Consolidator Grant 2013 “HIgeoM”, Principal Investigator: Giancarlo Sangalli (Pavia). Assegnato nel 2013, il progetto ha avuto ufficialmente inizio con il 1 Giugno 2014.

Infine, nel Dipartimento sono presenti Editors delle Riviste Internazionali “Advances in Mathematical Sciences and Applications”, “Annali dell’Università di Ferrara”, “Open Mathematics” (già “Central European Journal of Mathematics”), “Journal of the European Mathematical Society”, “Kinetic and Related Models”, “Mathematical Methods in the Applied Sciences”, “Potential Analysis”, “Rendiconti Lincei –Matematica e Applicazioni” e membri dell’*Accademia dei Lincei* e dell’*Istituto Lombardo Accademia di Scienze e Lettere*.

Il “Colloquium Magenes”, istituito negli ultimi anni in memoria di Enrico Magenes, ospita ogni anno una lezione magistrale da parte dei massimi esponenti internazionali nel campo dell’Analisi Matematica.

## 2 Descrizione degli ambiti di interesse scientifico

Presentiamo qui di seguito i principali ambiti di attività scientifica del Dipartimento, evidenziando per ciascuno i temi di ricerca maggiormente significativi. Ciascuno dei gruppi si occupa di vari argomenti, sia teorici sia applicati, piuttosto diversi tra loro. La varietà degli argomenti trattati costituisce, a nostro avviso, un vero e proprio punto di forza del Dipartimento. I risultati ottenuti sono testimoniati dalle pubblicazioni, quasi tutte su riviste di ottimo livello. Per ulteriori dettagli, rimandiamo al quadro B.1.b della Scheda.

- Algebra e Geometria - Il gruppo svolge la propria ricerca principalmente in Geometria Algebrica e in Geometria Complessa; gli ambiti di studio sono:
  - **Spazi di moduli di curve e di fibrati vettoriali.**
  - **Problemi enumerativi in Geometria Algebrica e relazioni con la Fisica Matematica.**
  - **Metriche speciali su varietà.**
  - **Categorie derivate.**
  - **Teoria di Hodge.**
  - **Aspetti analitici della teoria di Teichmueller.**
- Analisi Matematica - Il gruppo si occupa di Equazioni Differenziali alle Derivate Parziali e di Calcolo delle Variazioni; gli ambiti di interesse sono:
  - **Problemi di transizioni di fase.**
  - **Proprietà geometriche di problemi di diffusione non lineari.**
  - **Metodi variazionali e di entropia.** Rientrano sotto questa voce molte problematiche. Menzioniamo in particolare: approccio variazionale ai flussi gradienti e ai problemi rate-independent, il metodo di viscosità, dinamiche di swarming e flocking, disuguaglianze funzionali e geometriche in forma quantitativa, problemi di ottimizzazione, approssimazione variazionale di problemi con discontinuità libere.
  - **Trasporto ottimo di massa.**
  - **Problemi di evoluzione in spazi astratti.** In questo caso l’interesse è volto soprattutto a spazi metrici di misura con curvatura di Ricci limitata dal basso.
  - **Propagazione di fratture, modelli di adesione, materiali con memoria di forma.**

- Analisi Numerica - Gli ambiti di lavoro del gruppo sono:
  - **Metodi numerici isogeometrici.**
  - **Metodi agli elementi finiti.**
  - **Stabilizzazioni di problemi multifisica e multiscala.**
  - **Immersed boundary.**
  - **Decomposizione di dominio e parallelizzazione.**
  - **Analisi a-posteriori e adattività.**
  - **Elementi virtuali.**
  - **Identificazione di modelli qualitativi e sistemi fuzzy.**
- Didattica ed Epistemologia della Matematica - I settori di studio del gruppo sono:
  - **Interventi di formazione di insegnanti di matematica.**
  - **Analisi delle potenzialità e delle modalità di utilizzo di strumenti nell'apprendimento/insegnamento della matematica.**
  - **Analisi dei processi cognitivi di insegnamento-apprendimento.**
  - **Studio dell'utilizzo di piattaforme e-learning nell'insegnamento della matematica.**
  - **Analisi di processi di insegnamento-apprendimento nel caso di studenti con disturbi specifici di apprendimento.**
- Fisica Matematica - Gli ambiti di interesse del gruppo sono:
  - **Equazioni cinetiche e idrodinamica di sistemi collisionali complessi.**
  - **Studio di equazioni cinetiche in domini dipendenti dal tempo: analisi teorica e metodi numerici paralleli su GPU.**
  - **Teorie quantistiche, metodi geometrici e applicazioni.**
  - **Modelli matematici per la Materia Soffice.**
- Probabilità e Statistica Matematica - La attività di ricerca del gruppo riguarda:
  - **Teoremi limite.** Rientrano sotto questa voce molte problematiche. Citiamo in particolare: comportamento asintotico di soluzioni di equazioni cinetiche, convergenza in distribuzione di processi empirici, comportamento asintotico delle distribuzioni finale e predittiva, proprietà asintotiche di evoluzioni Markoviane quantistiche.
  - **Alcune questioni fondazionali.** In particolare: Teorema di rappresentazione di Skorohod, Esistenza di distribuzioni condizionali regolari, Misure di probabilità finitamente additive e rappresentazione integrale di funzionali.

- **Statistica bayesiana (con particolare riferimento alla formulazione non parametrica).** In particolare: Consistenza, Successioni scambiabili, Species sampling models, Algoritmi MCMC, Gibbs sampling, Compatibilità di leggi condizionali, Modellizzazione probabilistica di problemi biologici.
- **Passeggiate aleatorie aperte quantistiche.**
- **Modelli stocastici in fluidodinamica.**
- **Equazioni differenziali stocastiche in dimensione infinita.**

### 3 Collaborazioni con Altri Centri di Ricerca Nazionali ed Internazionali

I membri del Dipartimento hanno numerose collaborazioni con Università, sia italiane sia straniere, oltre, naturalmente che con altri Dipartimenti dello stesso Ateneo pavese.

In Italia lavoriamo con colleghi dell'Accademia Navale di Livorno e delle Università di Bologna, Firenze, Genova, Milano, Milano Bicocca, Milano Politecnico, Modena e Reggio Emilia, Padova, Pisa, Roma “La Sapienza”, Roma Tor Vergata, Roma 3, Scuola Normale Superiore, SISSA, Torino Politecnico, Trento, Venezia, nonché dell'IMATI di Pavia dell'IMT (Institute for Advanced Studies) di Lucca.

All'estero collaboriamo regolarmente con colleghi negli

- Austria: Universität Wien.
- Francia: Laboratory of Computational and Quantitative Biology, Université Pierre et Marie Curie, Paris; Laboratoire de Mathématiques, Université Paris-Sud Orsay.
- Germania: Zentrum Mathematik Technische Universität, München; Universität Bonn; Universität Bayreuth; WIAS di Berlino; Universität Erlangen–Nürnberg.
- Gran Bretagna: School of Mathematics, Statistics and Actuarial Sciences, University of Kent; University of York; University of Cambridge; Imperial College; University of Leicester; University of Oxford.
- Lussemburgo: Università del Lussemburgo.
- Messico: Universidad Autonoma Metropolitana, Iztapalapa, Città del Messico.
- Portogallo: Universidade de Lisboa; Universidade de Coimbra.
- Repubblica Ceca: Accademia delle Scienze della Repubblica Ceca.
- Spagna: Università di Barcellona.

- USA: Department of Biostatistics, University of Texas MD Anderson Cancer Center; University of Notre Dame, Indiana; Rutgers University, New Jersey; University of Wyoming; University of Stanford; Carnegie Mellon University, Pittsburgh; Vanderbilt University, Tennessee.

## 4 Rischi e opportunità per il Dipartimento

Nello specifico settore della Didattica della Matematica, che ha, come evidenziato sopra, una notevole importanza formativa, la scarsa disponibilità di finanziamenti alla ricerca didattica da parte di terzi limita le molte potenzialità.

Inoltre, è da segnalare il carico degli adempimenti burocratici e degli impegni didattici e gestionali non direttamente connessi allo svolgimento delle attività di ricerca, che gravano sui ricercatori del Dipartimento.

Un ulteriore elemento di debolezza del Dipartimento è legato alla riduzione netta dell'organico, dovuta a due aspetti ben precisi. Da un lato c'è la fuga dei cervelli, che sta interessando sia giovani non strutturati, sia docenti già strutturati presso il Dipartimento; dall'altro segnaliamo la particolare distribuzione anagrafica dell'organico, che ha visto e vedrà un significativo numero di pensionamenti proprio a cavallo del blocco del turn-over.

Infine, esistono aree di ricerca significative e di grande impatto, che non sono attualmente rappresentate in Dipartimento e che a medio-lungo termine rischiano di ridurne la significatività scientifica: esempi rilevanti sono la Finanza Matematica, la Statistica (sia nella componente applicata, sia in quella teorica), la Ricerca Operativa, il Calcolo Parallelo, il Controllo Ottimo, l'Ottimizzazione.

D'altro canto, senza intendere alcun ordine di priorità nell'elenco che segue, vediamo diverse opportunità:

- I rapporti di ricerca ben consolidati con i vari Istituti stranieri elencati sopra offrono l'opportunità di costruire o sviluppare network di ricerca e di didattica (e.g. PIRE, EMMC e EMJD) e di accedere a fondi bilaterali per la collaborazione scientifica internazionale (e.g. DAAD, Vigoni, Lagrange).
- La capacità del Dipartimento di poter maturare una ricerca capace di sviluppare significative relazioni e collaborazioni nella ricerca applicata, mediante la costituzione di tavoli e panel inter-disciplinari, rappresenta una strada da percorrere per ottenere ulteriori risultati scientifici rilevanti in campi innovativi ed emergenti nelle scienze applicate e nelle nuove tecnologie (già nel breve-medio termine), nonché nuove fonti di finanziamento, nel medio-lungo termine.
- Connesso a questo aspetto è l'ulteriore rafforzamento delle interazioni e sinergie con l'Istituto di Matematica Applicata e Tecnologie Informatiche del CNR (IMATI), che ormai da decenni rappresenta un interlocutore e partner privilegiato del Dipartimento, per quanto riguarda la ricerca in Matematica applicata, nel senso più esteso del termine.

- Di notevole importanza è anche il rapporto del Dipartimento con l'INdAM (Istituto Nazionale di Alta Matematica "Francesco Severi"), formalizzato da una apposita convenzione firmata nel 2005, che ha portato, fra il resto, alla costituzione di una specifica Unità di Ricerca dell'Istituto nell'ambito del Dipartimento. Diversi ricercatori pavesi sono risultati negli ultimi anni regolarmente vincitori di bandi competitivi istituiti dall'INdAM. Tali finanziamenti non appaiono nei bilanci del Dipartimento, perché le cifre erogate sono materialmente gestite dall'Istituto stesso. Solo con il 2014, l'INdAM ha iniziato a trasferire presso i Dipartimenti italiani coinvolti le cifre assegnate ai vincitori dei bandi.
- Anche se non ha un collegamento immediato con la ricerca, riteniamo importante sottolineare qui un punto legato alla attività didattica del Dipartimento: la bassa numerosità degli studenti dei Corsi di Laurea in Matematica, riteniamo rappresenti una opportunità. Ci ha infatti portato a ripensare la nostra offerta didattica. Il suo aggiornamento (soprattutto per quanto riguarda il Corso di Laurea Magistrale), il cui studio abbiamo da poco avviato, pensiamo rappresenti una possibilità per aumentare l'attrattività dei Corsi di Studi offerti dal Dipartimento e contemporaneamente una occasione per rendere più efficace l'azione dei vari gruppi di ricerca presenti in Dipartimento, colmando le lacune citate sopra (Finanza Matematica, Statistica, Ricerca Operativa, Calcolo Parallelo, Controllo Ottimo, Ottimizzazione). Da questo punto di vista, un parametro di confronto significativo è rappresentato dalle iniziative fortunate di alcuni atenei vicini, come ad esempio il corso di laurea in Ingegneria Matematica del Politecnico di Milano. Riteniamo che non si tratti tanto di replicare qui le modalità di un'offerta sviluppata altrove, ma, al contrario, di caratterizzare la nostra offerta didattica con elementi propri e distintivi, di valorizzare le competenze esistenti, puntando ad acquisirne di nuove. I tratti di un simile progetto sono ancora tutti da definire, ma ci sembra una mossa ragionevole, con buone probabilità di successo, che incrementerebbe la specificità dell'intero Dipartimento.
- Il rafforzamento delle collaborazioni di ricerca con Università ed enti di Ricerca italiani e stranieri, oltre ad immediate ricadute di tipo scientifico, ha anche la verosimile conseguenza di attrarre studenti sia italiani, sia stranieri verso i nostri corsi di laurea.
- Consolidare il radicamento nel territorio attraverso la creazione e il rafforzamento delle relazioni con insegnanti e futuri tali; ciò sarà reso possibile dalla stabilizzazione dei percorsi di formazione iniziale degli insegnanti (questo purtroppo in gran parte non dipende dal Dipartimento) e dal rafforzamento dei programmi di formazione in servizio.

## 5 Analisi delle performances del Dipartimento sulla base di indicatori diversi dalla VQR

Per quanto riguarda la performance del Dipartimento in merito alla VQR, rimandiamo a quanto riportato nel quadro B3. Qui ci occupiamo dell'Academic Ranking of World Universities (ARWU), che lo scorso 16 agosto 2014 è stato pubblicato per il 2014; pur con tutti i *caveat* con cui simili classifiche devono essere trattate, il Dipartimento ha fatto bene, ed è classificato tra il posto 101 e il 150. In rete, in realtà, ci sono dati che permettono di conoscere la nostra posizione esatta in classifica, che è la 129 (era 156 nel 2013 e 149 nel 2012). In sostanza in Internet si trovano, per ognuna delle prime 200 università in classifica, i valori dei vari indicatori usati e da questi si risale alla classifica complessiva, che è basata su una somma pesata dei vari indicatori. Il punteggio complessivo è calcolato su

- numero delle medaglie Fields che hanno studiato presso l'università (peso 10);
- numero delle medaglie Fields in servizio presso l'università quando hanno preso il premio (peso 15);
- numero dei ricercatori "highly cited" (peso 25);
- numero dei lavori su riviste ISI (peso 25);
- percentuale dei lavori nel top 20% delle riviste ISI (peso 25);

Per noi è particolarmente significativo l'ultimo indicatore (il solo non assoluto, quindi quello in cui non siamo penalizzati dalle nostre dimensioni relativamente modeste) che ci vede al quindicesimo posto al mondo, preceduti da Chicago, Rice, Yale, Austin, Duke, Boulder, Harvard, Penn, Ginevra, Princeton, NYU, Utah, Northwestern e Brown ma davanti a MIT, Stanford, Caltech, SISSA, Johns Hopkins, ENS Parigi, College Park, tutte le sedi di University of California, etc. Naturalmente è una classifica un po' ballerina, in cui piccole fluttuazioni possono far salire o scendere di molte posizioni, ma ha comunque un suo valore. In sostanza, viene confermato il dato della VQR 2004–2010, cioè che da noi tutti tendono a pubblicare su riviste molto buone.

## 6 Principali obiettivi misurabili di ricerca per l'anno successivo

Ci preme innanzi tutto sottolineare che nella ricerca matematica, e più in generale per la ricerca di base, si può dichiarare quale problematica si intende studiare, o quali risultati sono stati ottenuti nell'ultimo periodo, ma è estremamente difficile, limitativo ed addirittura controproducente, riuscire a dichiarare in anticipo quali risultati si prevede di trovare.

Quindi, riteniamo che gli obiettivi possano essere indicati in termini di orientamento generale e sfuggano ad una misurazione quantitativa. Pertanto, nell'autovalutazione della propria produzione scientifica complessiva, il Dipartimento terrà conto di

- numero complessivo di pubblicazioni nell'anno (peraltro, avendo ben presente che la data di pubblicazione di un lavoro è una variabile che in gran parte prescinde dall'impegno dell'autore),
- numero dei lavori su riviste ISI,
- percentuale dei lavori nel top 20% delle riviste ISI,
- numero di visitatori stranieri,

senza, tuttavia, assegnare ad alcuno di questi parametri un valore assoluto.

## 7 Quale Visione nei Prossimi Tre Anni per il Dipartimento

Anche se può sembrare una battuta, ci auguriamo in primis che fra tre anni ... il Dipartimento ci sia ancora: i trasferimenti all'estero (due per il momento, ma nessuno può escluderne altri nell'immediato futuro), nonché i prossimi pensionamenti previsti fra due o tre anni, rischiano di ridurne sensibilmente la consistenza numerica.

Ciò detto, il Dipartimento continuerà a lavorare nella ricerca matematica con una prospettiva molto ampia, che abbracci gli studi teorici fondamentali e i risultati di interesse applicativo che ne possono conseguire. Proprio da questo punto di vista, lo sforzo è quello di mantenere il suo tratto in gran parte distintivo: una ricerca applicata solida e che fa la differenza può maturare solo da una ricerca di base altrettanto forte.

Vale la pena di osservare che la definizione di un Piano Strategico d'Ateneo è iniziata da poco e, dunque, al momento, non è possibile ancora descrivere come l'attività di ricerca specifica del Dipartimento si articoli ed inserisca nell'ambito di quella di lungo respiro dell'Ateneo.

Venendo, infine, ad un aspetto certamente minore, ma non per questo meno significativo, intendiamo avviare un monitoraggio preciso del numero dei visitatori che frequentano ogni anno il Dipartimento, sia per brevi, sia per lunghi periodi (in relazione anche a quanto indicato nella sezione precedente). Abbiamo, infatti, riscontrato che, pur essendo disponibile a livello di Ateneo un apposito database, da cui è possibile estrarre i dati per ogni singolo Dipartimento, tuttavia i nostri ospiti non pongono particolare attenzione alla sua compilazione e ciò rende difficile il calcolo preciso degli ospiti ogni anno. Sulla base delle risultanze, valuteremo se è necessario porre in atto specifiche politiche per incrementare il numero dei visitatori