



**Emanato con Decreto Rettorale n. 338/AG del 01 febbraio 2013**

**REGOLAMENTO DI ORGANIZZAZIONE E FUNZIONAMENTO DEL  
DIPARTIMENTO DI MECCANICA**

**Art 1 - Il Dipartimento**

**1.1 Generalità e obiettivi**

Missione del Dipartimento di Meccanica è la promozione e lo sviluppo della cultura, della ricerca e dell'innovazione sia nei settori che tradizionalmente lo caratterizzano, sia in nuovi campi destinati ad assumere un'importanza sempre maggiore nella società e nel contesto in cui viviamo, quali ad esempio i trasporti e la mobilità sostenibile, le tecnologie per energia, la biomeccanica e la robotica di servizio, i materiali bio, smart e ibridi e le tecnologie e i sistemi di lavorazione, lo spazio e la difesa.

Le linee di ricerca, le aree applicative di riferimento e gli obiettivi specifici che il Dipartimento intende perseguire a breve, medio e lungo termine sono riportati nel progetto scientifico del Dipartimento (Allegato n.1)

Il Dipartimento di Meccanica aggrega la maggior parte delle competenze presenti in Ateneo sui temi tradizionali ed innovativi della meccanica ed è la sede istituzionale in cui si valorizzano e coordinano le risorse umane per le attività di ricerca e didattica.

Più specificatamente, le linee di azione del Dipartimento riguardano:

1. l'attività di ricerca teorica e sperimentale, nell'ambito della meccanica di base e applicata, con particolare attenzione agli aspetti progettuali, alla ideazione, alla realizzazione, all'ottimizzazione, all'affidabilità, al controllo, alla sicurezza, alla qualità funzionale e alla fine della vita utile (dismissione, riciclo) dei componenti delle macchine e dei sistemi meccanici. In questa linea di azione il Dipartimento vuole mettere a sistema le conoscenze e promuovere azioni di collaborazione intra- e inter-dipartimentale, favorendo inoltre lo sviluppo di relazioni con gruppi di ricerca internazionali.
2. L'attività di supporto allo sviluppo, gestione e miglioramento di percorsi per l'alta formazione, soprattutto di secondo e terzo livello, per trasmettere ai laureati e dottori di ricerca l'etica e le conoscenze per consentire loro di competere al meglio nell'attuale contesto nazionale e internazionale e di trasmettere i valori di cui il Dipartimento si fa promotore.
3. L'attività di trasferimento tecnologico, attraverso lo stimolo e la promozione di una rete di collaborazioni con aziende operanti sia in settori innovativi sia consolidati della meccanica, anche mediante cessione di brevetti e politiche di co-licensing e attraverso iniziative di spin-off.

Il Dipartimento è articolato in Sezioni (disciplinate dall'art. 3.1 del presente Regolamento).

Il Dipartimento è dotato di autonomia organizzativa e gestionale, nei limiti fissati dallo Statuto e dai Regolamenti di Ateneo.

**1.2 Competenze**

Al Dipartimento sono attribuite le competenze previste da Statuto (art. 20).

### 1.3 Organi del Dipartimento

Sono Organi del Dipartimento:

- Il Consiglio di Dipartimento
- Il Direttore
- La Giunta

Sono Organi di supporto del Dipartimento:

- La Commissione Scientifica
- I Responsabili di Sezione

Il Consiglio di Dipartimento può deliberare la costituzione di nuovi organi di supporto.

### 1.4 Variazioni dell'assetto

Le variazioni di assetto del Dipartimento sono disciplinate dal regolamento Generale di Ateneo (art 24).

## Art 2 - Gli Organi di Governo del Dipartimento

### 2.1 Il Consiglio di Dipartimento

Il Consiglio di Dipartimento programma e coordina le attività di ricerca e di didattica che fanno capo al Dipartimento, in conformità con gli orientamenti generali espressi dagli organi di governo dell'Ateneo e compatibilmente con le risorse disponibili.

Fanno parte del Consiglio di Dipartimento tutti i docenti che afferiscono al Dipartimento e le rappresentanze definite dall'art. 22 dello Statuto. Il Consiglio è convocato dal Direttore, anche su richiesta motivata di almeno un terzo dei componenti.

Al Consiglio di Dipartimento sono attribuite le funzioni previste dallo Statuto (art. 22):

- a) approva le modifiche al progetto istitutivo del Dipartimento;
- b) attiva, in base alle risorse assegnate, i procedimenti di chiamata dei professori di prima e seconda fascia e l'adozione dei bandi per i ricercatori, acquisendo preventivamente il parere delle Scuole in cui è previsto l'assolvimento del compito didattico istituzionale;
- c) formula al Consiglio di amministrazione le proposte di chiamata dei docenti;
- d) concorda con le Scuole le coperture delle attività previste nei programmi formativi istituzionali, garantendo l'equa ripartizione dei compiti didattici tra i docenti che afferiscono al Dipartimento;
- e) propone al Senato accademico, in coerenza con il proprio progetto, l'istituzione di corsi di Dottorato di ricerca, di Master di primo e di secondo livello e di Scuole di specializzazione, anche d'intesa con altri Dipartimenti;
- f) propone al Senato accademico strutture di coordinamento dell'attività di ricerca in ambiti specifici, facendo ricorso ad adeguate modalità organizzative che coinvolgano più Dipartimenti
- g) cura, anche in collaborazione con soggetti esterni, iniziative d'interesse scientifico e formula eventuali proposte in merito da sottoporre agli organi di governo dell'Ateneo;
- h) delibera la stipula di contratti di ricerca, consulenza e didattica e di convenzioni;
- i) indica i criteri generali per l'utilizzazione coordinata delle risorse assegnate al Dipartimento;
- j) approva preventivamente l'utilizzo dei fondi per spese che devono essere autorizzate dal Consiglio di amministrazione secondo quanto previsto dal Regolamento per l'amministrazione, la finanza e la contabilità;

- k) disciplina, anche ai fini della sicurezza, l'accesso al Dipartimento, ai singoli laboratori, alle officine e agli altri servizi dipartimentali;
- l) adotta, su iniziativa del Direttore, il Regolamento del Dipartimento che definisce, tra l'altro, l'assetto organizzativo del Dipartimento.

Il Consiglio può delegare alla Giunta di Dipartimento alcune funzioni deliberanti secondo quanto disposto dall'art. 23 dello Statuto.

Alle sedute del Consiglio partecipa, senza diritto di voto, il Responsabile Gestionale e, su invito del Direttore, eventualmente suoi collaboratori.

E' compito del Responsabile Gestionale garantire la corretta gestione delle delibere assunte e di verbalizzazione.

Il Consiglio, in seduta ristretta ai docenti afferenti al Dipartimento, esprime pareri e formula proposte agli organi competenti sulle questioni relative ai docenti, limitatamente ai settori di competenza. Se la questione riguarda professori di seconda fascia, la seduta è ristretta ai professori di prima e seconda fascia. Se la questione riguarda professori di prima fascia, la seduta è ristretta ai professori di prima fascia.

## **2.2 Il Direttore di Dipartimento**

Il Direttore rappresenta il Dipartimento e tiene i rapporti con gli organi di governo dell'Ateneo. Promuove le attività del Dipartimento e cura l'osservanza della normativa vigente, dello Statuto e dei Regolamenti di Ateneo.

Il Direttore presenta il Piano Strategico di Direzione e, almeno annualmente, riferisce al Consiglio di Dipartimento su eventuali aggiornamenti ed in merito ai risultati raggiunti.

Le modalità di elezione, la durata del mandato e le incompatibilità del Direttore di Dipartimento sono definite dallo Statuto e dal Regolamento Generale di Ateneo.

Il Direttore secondo quanto previsto dallo Statuto (art. 21):

1. convoca e presiede il Consiglio e la Giunta di Dipartimento, dando esecuzione alle relative delibere;
2. vigila sulle attività didattiche e di ricerca che fanno capo al Dipartimento e verifica l'assolvimento da parte dei docenti dei compiti stabiliti dalla normativa vigente;
3. ha potere di rappresentanza nei confronti dei terzi e sottoscrive le convenzioni e i contratti, in armonia con gli orientamenti espressi dal Senato accademico e in conformità con le disposizioni del Consiglio di amministrazione, secondo le procedure previste nell'ambito del Regolamento per l'amministrazione, la finanza e la contabilità;
4. approva gli atti relativi alla partecipazione a bandi per la concessione di finanziamenti e contributi alla ricerca e allo sviluppo tecnologico;
5. è responsabile, nel rispetto di quanto previsto dall'art. 17, comma 4, dell'organizzazione e gestione del Dipartimento, nonché della tenuta dell'archivio degli atti ufficiali;
6. individua, in accordo con il Direttore generale, un'adeguata organizzazione interna del Dipartimento finalizzata all'efficienza e all'efficacia dei servizi, sentito il Consiglio di Dipartimento;
7. formula le richieste di finanziamento da sottoporre al Consiglio di amministrazione;
8. è consegnatario di tutti i beni a disposizione del Dipartimento.

Il Direttore inoltre secondo quanto stabilito dal Regolamento Generale di Ateneo (art. 25) ha la responsabilità di:

1. assegnare al responsabile gestionale obiettivi atti ad assicurare la gestione delle attività in modo funzionale agli obiettivi del Dipartimento;
2. allocare, secondo le modalità previste dal Regolamento di Dipartimento, le risorse assegnate al Dipartimento dall'Ateneo o acquisite autonomamente dal Dipartimento;
3. dare attuazione alle delibere del Consiglio di Dipartimento.

Il Direttore adotta, in caso di necessità e urgenza, provvedimenti amministrativi indifferibili, che necessitano del parere del Consiglio di Dipartimento, che saranno allo stesso sottoposti per ratifica nella prima seduta utile.

Il Direttore designa un Direttore vicario che in caso di impedimento può sostituirlo in tutte le sue funzioni.

### **2.3 La Giunta di Dipartimento**

La Giunta di Dipartimento ha il compito di coadiuvare il Direttore nella gestione del Dipartimento e svolge attività di carattere istruttorio per le pratiche relative al Consiglio di Dipartimento.

La Giunta di Dipartimento è composta da:

- Il Direttore
- Il Direttore Vicario
- Il Responsabile Gestionale
- Docenti e personale tecnico amministrativo afferenti al Dipartimento, in numero compreso tra un minimo di 6 e un massimo di 10, individuati dal Direttore per lo svolgimento delle funzioni di supporto alla direzione del Dipartimento.

La Giunta di Dipartimento è proposta dal Direttore e approvata dal Consiglio di Dipartimento.

La Giunta di Dipartimento è nominata con decreto del Rettore.

La Giunta di Dipartimento è convocata dal Direttore quando se ne presenti la necessità o quando almeno un terzo dei membri ne faccia richiesta.

Alla Giunta di Dipartimento possono essere delegate dal Consiglio di Dipartimento alcune funzioni, nel rispetto all'art. 23 dello Statuto.

E' compito del Responsabile Gestionale garantire la corretta gestione delle delibere assunte e di verbalizzazione.

Le funzioni deliberanti delegate dal Consiglio di Dipartimento alla Giunta di Dipartimento decadono con essa.

E' data facoltà al Direttore di invitare alle sedute della Giunta di Dipartimento, senza diritto di voto, altre persone che possano contribuire alla discussione di specifici punti all'ordine del giorno.

Il mandato della Giunta di Dipartimento coincide con quello del Direttore. In caso di decadenza del Direttore, la Giunta di Dipartimento rimane in carica fino all'entrata in carica del nuovo Direttore.

### **Art 3 - Gli organi di supporto**

#### **3.1. Le Sezioni del Dipartimento**

Il Dipartimento è organizzato in Sezioni. Le Sezioni costituiscono articolazioni funzionali allo sviluppo dell'attività scientifica e didattica del Dipartimento. Le Sezioni non hanno autonomia amministrativa e non dispongono di personale tecnico-amministrativo proprio.

Alle Sezioni afferiscono professori di I fascia, professori di II fascia e ricercatori che, nell'ambito del progetto scientifico globale che identifica il Dipartimento, operano su particolari settori della ricerca e della didattica di riferimento per la Sezione. Ogni docente deve afferire ad una sola Sezione. L'afferenza dei docenti alle singole Sezioni del Dipartimento viene disposta dal Consiglio di Dipartimento, su richiesta degli interessati, sentito il parere delle Sezioni coinvolte e della Commissione Scientifica.

L'elenco delle Sezioni del Dipartimento di Meccanica è riportato nell'Allegato 2 del presente Regolamento. L'Allegato 2 può essere modificato o aggiornato da una delibera del Consiglio di Dipartimento.

Il numero minimo per costituire una nuova Sezione è di cinque afferenti, di cui almeno due professori di ruolo.

La Sezione è attivata su delibera del Consiglio di Dipartimento sentita la Commissione Scientifica.

Se il numero di afferenti scende al di sotto del minimo, la Sezione presenta un piano annuale di adeguamento al Consiglio di Dipartimento, che esprime parere in merito. La Sezione è sciolta se il piano non è approvato o rispettato, entro due anni dalla sua approvazione.

### **3.1.1. Responsabile di Sezione**

L'organizzazione interna necessaria per lo sviluppo dell'attività scientifica e per le esigenze organizzative e didattiche di ogni Sezione è definita dalle singole Sezioni ed è curata da un Responsabile.

Il Responsabile è un professore di I fascia o un professore di II fascia afferente alla Sezione.

Il Responsabile tiene i rapporti con la Direzione e con gli Organi di Dipartimento.

Il Responsabile resta in carica per la durata del mandato del Direttore.

## **3.2 La Commissione Scientifica**

La Commissione Scientifica è composta da:

- Il Direttore
- Il Direttore Vicario
- Un membro eletto per ogni Sezione
- I Responsabili di Sezione del Dipartimento

La Commissione Scientifica elegge al suo interno un Coordinatore.

Sono membri invitati i docenti del Dipartimento che ricoprono cariche istituzionali in Ateneo (Senatori, Prorettori, membri del Consiglio di Amministrazione, Presidi di Scuole).

Il coordinatore della Commissione Scientifica invita il Coordinatore del Dottorato e i Presidenti dei Corsi di Studio e altri componenti del Dipartimento ogni qualvolta l'ordine del giorno coinvolga le loro competenze.

La Commissione Scientifica resta in carica per la durata del mandato del Direttore.

### **3.2.1 Attribuzioni**

La Commissione Scientifica ha il compito di:

- a) redigere e proporre modifiche al progetto scientifico del Dipartimento, da sottoporre all'approvazione del Consiglio di Dipartimento;

- b) stimolare e indirizzare le attività di ricerca delle Sezioni del Dipartimento e monitorarne i risultati;
- c) formulare i criteri e la proposta di ripartizione dei punti organico disponibili e dei diritti di chiamata del personale docente, da sottoporre all'approvazione del Consiglio di Dipartimento;
- d) verificare le pubblicazioni scientifiche ed altri prodotti degli afferenti al Dipartimento, da sottoporre agli organi preposti dal Senato Accademico;
- e) stimolare il Piano Strategico di Direzione.

#### **Art 4 - Laboratori e sicurezza**

L'organizzazione funzionale, la gestione degli spazi, le procedure di sicurezza e la relativa formazione inerenti ai laboratori sono disciplinate dal "Regolamento per la Sicurezza e la salute dei lavoratori che operano nei laboratori del Dipartimento" approvato dalla Giunta.

Per tutto quanto non previsto dal suddetto Regolamento, si rinvia al Regolamento di Ateneo per la sicurezza e la salute dei lavoratori sul luogo di lavoro.

#### **Art 5 – Gestione amministrativa del Dipartimento**

L'ambito gestionale di attività del Dipartimento e le responsabilità del Responsabile Gestionale, del Direttore del Dipartimento e del Direttore generale sono definite dal Regolamento Generale di Ateneo (art. 25) e dal Regolamento per l'Amministrazione, la finanza e la contabilità del Politecnico.

E' compito del Direttore di Dipartimento:

- a) proporre al Consiglio di Dipartimento per l'approvazione i criteri d'indirizzo per l'organizzazione interna e per i processi di funzionamento e di supporto alle attività di ricerca e di didattica del Dipartimento;
- b) proporre al Consiglio di Dipartimento, in merito a specifici progetti tra cui lo sviluppo dei laboratori, il reperimento delle risorse necessarie, i criteri di allocazione delle risorse assegnate al Dipartimento dal Consiglio di Amministrazione o autonomamente acquisite;
- c) riferire, almeno annualmente, al Consiglio di Dipartimento in merito all'attuazione e ai risultati ottenuti in relazione ai punti a) e b) e al loro relativo impegno di spesa;
- d) riferire, almeno annualmente, in merito allo stato complessivo del Dipartimento;
- e) proporre al Consiglio di Dipartimento per l'approvazione il budget preventivo, il conto consuntivo e quanto necessario al Bilancio Unico di Ateneo.

Al fine di favorire la più ampia partecipazione al processo di sviluppo del Dipartimento, di norma le delibere relative ai punti elencati saranno adottate in sedute del Consiglio di Dipartimento successive rispetto a quella nella quale sono state presentate.

E' compito del Responsabile Gestionale:

- a) predisporre l'organizzazione interna e le procedure gestionali funzionali agli obiettivi del Dipartimento e coerenti ai criteri di indirizzo definiti;
- b) riferire, almeno annualmente, al Consiglio di Dipartimento in merito al raggiungimento degli obiettivi prefissati con l'organizzazione interna e le procedure gestionali.

#### **Art 6 - Modalità di svolgimento delle elezioni**

Le elezioni sono disciplinate dal Regolamento Generale di Ateneo (art. 3 e art. 7)

#### **Elezione del Direttore**

Le elezioni del Direttore sono disciplinate dal Regolamento Generale di Ateneo (art 3 e art 7)

### **Elezione dei Responsabili di Sezione**

Il Direttore indice le elezioni dei Responsabili di Sezione predisponendone il calendario.

L'elettorato attivo è costituito dai docenti afferenti alle Sezioni.

L'elettorato passivo è costituito dai professori di I o II fascia afferenti alle Sezioni.

Il Decano della Sezione organizza le elezioni in coerenza con il calendario e comunica al Direttore l'esito.

### **Elezione della Commissione Scientifica**

Il Direttore indice le elezioni dei membri della Commissione Scientifica e predisponendone il calendario.

L'elettorato attivo è costituito dai docenti afferenti alle Sezioni.

L'elettorato passivo è costituito dai professori di I o II fascia afferenti alle Sezioni.

Il Decano della Sezione organizza le elezioni in coerenza con il calendario e comunica al Direttore l'esito.

### **Elezione dei Rappresentanti del personale tecnico-amministrativo nel Consiglio di Dipartimento**

Per l'espletamento delle votazioni per la elezione dei Rappresentanti del personale tecnico-amministrativo nel Consiglio di Dipartimento, si fa riferimento all'art. 22 dello Statuto, riguardo al numero dei rappresentanti da eleggere, e all'art. 3 "Norme generali e comuni delle elezioni" del Regolamento Generale di Ateneo

L'elettorato attivo è attribuito al personale tecnico-amministrativo, ivi compreso quello con contratto a tempo determinato, in servizio alla data di espletamento delle votazioni.

L'elettorato passivo è attribuito al solo personale tecnico-amministrativo di ruolo a tempo indeterminato in servizio alla data di scadenza per la presentazione delle candidature.

Per i casi di esclusione dall'elettorato attivo e/o passivo si fa riferimento al Contratto Collettivo nazionale di Lavoro – Comparto Università, ai Regolamenti interni di Ateneo e alla normativa vigente in materia di pubblico impiego che dispongono limitazioni all'attribuzione dell'elettorato attivo e/o passivo.

E' comunque escluso dall'elettorato passivo il personale tecnico-amministrativo sospeso dal servizio anche in via cautelativa per procedimento penale o disciplinare.

Le nomine sono disposte con Decreto del Direttore Generale.

Per l'espletamento delle votazioni per la elezione delle rappresentanze degli studenti iscritti ai corsi di dottorato attivati, con sede amministrativa presso il Dipartimento, e degli Assegnisti di ricerca in seno al Consiglio di Dipartimento, si fa riferimento all'art. 3 "Norme generali e comuni delle elezioni" del Regolamento Generale di Ateneo.

L'elettorato attivo è attribuito, per ciascuna Componente, agli Assegnisti di ricerca e agli Studenti iscritti ai dottorati di ricerca assegnati al Dipartimento alla data di espletamento delle votazioni.

L'elettorato passivo è attribuito, per ciascuna Componente, agli Assegnisti di ricerca e agli Studenti iscritti ai corsi di dottorato di ricerca assegnati al Dipartimento alla data di scadenza per la presentazione delle candidature.

Gli Assegnisti di ricerca e gli Studenti iscritti ai corsi di dottorato di ricerca che ricoprono entrambi gli status, ai fini dell'attribuzione dell'elettorato passivo, devono optare per la Componente per cui intendono presentare la candidatura.

Sono comunque esclusi dall'elettorato passivo gli Assegnisti di ricerca e gli Studenti iscritti ai Corsi di dottorato di ricerca sospesi dal relativo status anche in via cautelativa per procedimento penale o disciplinare.

Le nomine sono effettuate con provvedimento del Direttore pro-tempore del Dipartimento.

#### **Art 7 - Gestione degli Organi collegiali**

La gestione degli organi collegiali è disciplinata dal Titolo III del Regolamento Generale di Ateneo.

#### **Art 8 - Accesso al Dipartimento**

L'accesso ai locali del Dipartimento è disciplinato da:

- a) "Regolamento per la Sicurezza e la salute dei lavoratori che operano nei laboratori del Dipartimento" approvato dalla Giunta;
- b) "Procedura per la gestione di accessi e abilitazioni" che stabilisce le responsabilità e l'organizzazione inerenti la gestione degli accessi alle strutture del Dipartimento e alla formazione ed informazione sui rischi connessi alle attività ivi svolte, nell'ambito dei DLgs 81/08 e 363/09 e successive modificazioni.

#### **Art 9 - Durata e revisione del regolamento**

Il presente Regolamento è approvato dal Consiglio di Dipartimento convocato in seduta plenaria a maggioranza assoluta degli aventi diritto ed è emanato con Decreto Rettorale previa approvazione del Senato Accademico, sentito il Consiglio di Amministrazione per quanto di competenza.

Il Regolamento entra in vigore alla data di emanazione del Decreto Rettorale di cui al comma precedente.

Per la revisione del presente Regolamento si applicano le stesse norme richieste per l'adozione.

#### **Art 10 - Norme transitorie e finali**

Per quanto non definito e previsto nel presente Regolamento, si applicano le norme contenute nello Statuto di Ateneo e nei Regolamenti di Ateneo, nonché le norme generali con esso compatibili.

# ALLEGATI

## ALLEGATO 1

### Progetto Scientifico del Dipartimento di Meccanica

#### *Indice*

1. Le ragioni fondative e la missione
2. Le competenze, le linee e le reti di ricerca e trasferimento tecnologico
3. Il rapporto tra ricerca e formazione
4. Laboratori e altre strutture dipartimentali
5. Strategie di internazionalizzazione
  - Allegato: ERC keywords
  - I docenti aderenti

#### *1. Le ragioni fondative e la missione*

##### **1.1. Le ragioni fondative**

Il Dipartimento di Meccanica, istituito nel 1982 sulla base di quello che era l'Istituto di Meccanica e Costruzione di Macchine, attivo dal 1951, è tra i primi dipartimenti del Politecnico. Di fatto, è dalla fondazione del Politecnico che la meccanica costituisce una delle principali aree di formazione, di ricerca e di collaborazione e di scambio con il territorio e con il tessuto industriale: ciò è fondamento della ottima reputazione che il Dipartimento ha avuto e mantiene nel contesto Politecnico, e in uno scenario scientifico ed industriale, nazionale ed internazionale.

Le attività di ricerca e di formazione del Dipartimento di Meccanica sono riconducibili a contesti e scenari scientifici ed industriali, che sono in rapida evoluzione. Le aziende, che si trovano oggi ad operare in uno scenario di forte interdipendenza economica, sociale, culturale e politica, e alla luce di un mutamento strutturale dell'industria, devono migliorare la propria competitività attraverso l'innovazione dei loro prodotti, sistemi e processi. Soluzioni a problemi complessi dell'ingegneria richiedono nuove teorie, metodi e tecnologie che vadano al di là delle singole discipline. Oggi si rende necessario un approccio ai problemi basato sul continuo apprendimento e sulla continua innovazione, che si devono inserire in un contesto di globalizzazione delle reti industriali così come quelle accademiche. Inoltre, contrariamente al passato, l'ingegneria pone grande attenzione agli aspetti sociali e di sostenibilità, dove la qualità della vita dei cittadini e la salvaguardia dell'ambiente sono requisiti imprescindibili di ogni progetto.

Il finanziamento alla ricerca rimane una criticità per le università, da affrontarsi con grande flessibilità e partnership stabili e di eccellenza con il mondo accademico e industriale. Tre sono le linee principali su cui si basa il finanziamento della ricerca scientifica:

- Il finanziamento pubblico europeo, caratterizzato da una crescente competizione internazionale, dove una solida partnership con il mondo delle imprese diventa un *asset*;
- il finanziamento pubblico nazionale, caratterizzato da risorse decrescenti e da maggior incertezza istituzionale, il quale si propone sempre più come finanziamento alla ricerca erogato attraverso strumenti per l'impresa (credito d'imposta, progetti congiunti, cluster e distretti);
- il finanziamento privato, che trova difficoltà intrinseche nazionali, anche di carattere culturale, che hanno visto la riduzione nel tempo della grande impresa e una maggior difficoltà nel sostenere la ricerca da parte delle PMI.

Il contesto di riferimento in cui si colloca la ricerca scientifica del Dipartimento di Meccanica è identificato da alcuni *megatrend* individuati da organismi di riferimento quali ASME e Unione Europea, e da università di riferimento nel panorama internazionale.

Il documento “2028 Vision for Mechanical Engineering” di ASME prevede “*a future characterized by engineering large and small scale systems, meeting the competitive edge of knowledge and embracing the collaborative advantage, regulating global innovation, anticipating the diverse force of a global engineering profession, preparing for the technological capabilities of the Nano-Bio future and designing at home.*”

Più in particolare, il documento ASME indica come temi strategici per il futuro dell'ingegneria meccanica:

- *Developing new technologies to meet great challenges in energy, environment, food, housing, transportation, safety, and health.*
- *Creating global, sustainable engineering solutions that meet the basic needs of all people.*
- *Fostering global partnership and locally appropriate development*
- *Connecting practitioners with the joy of discovery, creation and application of engineering solutions to improve human life.*

In maniera analoga, il programma Horizon 2020 della Commissione Europea sarà focalizzato su tematiche che riguardano la società: la salute, **l'energia pulita**, l'ambiente, i **trasporti**. Il documento programmatico preliminare evidenzia come le soluzioni tecnologiche debbano nascere da collaborazioni **multi-disciplinari**, che comprendono anche le scienze sociali ed umane. Dai documenti emerge che la maggior parte delle macro-tematiche della ricerca di Horizon 2020 potrà coinvolgere le varie discipline della meccanica su tematiche che riguardano la salute e il benessere, **l'energia, i trasporti, i materiali, la sicurezza** per la società.

Un'analisi condotta presso dipartimenti di meccanica in Atenei di riferimento a livello internazionale evidenzia aree di ricerca emergenti, come le biotecnologie e le nanotecnologie, che diverranno tecnologie di base per la soluzione di problemi in vari campi applicativi, tra cui la medicina, l'energia, l'aerospazio, l'agricoltura, e l'ambiente. Si evidenzia altresì come le discipline della meccanica siano spesso strettamente correlate alle discipline dello **spazio e dell'aeronautica**, spesso compresenti in un unico Dipartimento.

In sintesi, il contesto attuale vede la ricerca scientifica nel settore della meccanica in continua evoluzione verso scenari ibridi, con sempre crescenti interazioni ed intersezioni con settori limitrofi, quali l'elettronica, l'informatica, il design. Le metodologie e le tecnologie sono in continua e rapida evoluzione e tale mutamento caratterizza i vari settori applicativi, dove trova impiego la meccanica. Il settore dei trasporti evolve rapidamente verso soluzioni ibride ed eco-sostenibili, le macchine tradizionali verso sistemi mecatronici, i materiali metallici verso i compositi, le classiche tecnologie di lavorazione verso sistemi di produzione eco-compatibili ed energeticamente efficienti. L'innovazione della sensoristica e dei sistemi di attuazione risolve problemi complessi ed apre prospettive per nuove applicazioni; la virtualizzazione e di prodotti e processi e l'ingegneria della conoscenza ottimizzano la gestione del processo di vita del prodotto, e l'innovazione continua e sistematica migliora i prodotti e i processi produttivi.

La politica di Dipartimento, condivisa ormai da tempo dai suoi ricercatori, si pone l'obiettivo di mettere a sistema le competenze, le infrastrutture e le opportunità, al fine di migliorare la qualità della ricerca e della didattica, e rafforzare il proprio posizionamento nel panorama scientifico e industriale, nazionale ed internazionale.

## 1.2. La missione

Missione del Dipartimento di Meccanica è la promozione e lo sviluppo della cultura, della ricerca e dell'innovazione sia nei settori che tradizionalmente lo caratterizzano, sia in nuovi campi destinati ad assumere un'importanza sempre maggiore nella società e nel contesto in cui viviamo, quali ad esempio i trasporti e la mobilità sostenibile, le tecnologie per energia, la biomeccanica e la robotica di servizio, i materiali bio, smart e ibridi e le tecnologie e i sistemi di lavorazione, lo spazio e la difesa.

Tale missione si realizzerà attraverso lo sviluppo di attività di ricerca scientifica in sinergia con centri di eccellenza italiani e stranieri, e sviluppando progetti in collaborazione con le più dinamiche imprese industriali; attraverso progetti dipartimentali e progetti rivolti ai giovani ricercatori, su tematiche di ricerca di base e ricerca applicata, dando priorità all'interdisciplinarietà; attraverso il potenziamento dei laboratori, anche in collaborazione con altri dipartimenti; attraverso investimenti crescenti su iniziative di internazionalizzazione e sul dottorato di ricerca; e attraverso piani di offerta di percorsi formativi interdisciplinari. A tale scopo il Dipartimento si propone di programmare l'investimento di risorse su temi di prospettiva più di lungo termine, incluse tematiche di interesse sociale, anche in virtù delle risorse acquisite su attività di interesse industriale nel breve-medio termine.

Il Dipartimento di Meccanica si propone di indirizzare maggiormente la propria ricerca e di fare investimenti in linea con i trend della ricerca scientifica, su tematiche di ricerca di base ed applicata. Tali iniziative saranno attuate internamente alle aree di ricerca del Dipartimento, ma particolare attenzione sarà posta alla collaborazione interdisciplinare che sempre più caratterizza la ricerca scientifica di eccellenza. Ciò al fine di favorire l'individuazione di soluzioni ingegneristiche creative e innovative che rispondono a problemi sempre più complessi e su diversa scala.

La realizzazione della missione del Dipartimento non può prescindere dal costituire un riferimento insostituibile per l'alta formazione, soprattutto di livello post graduate, in grado di trasmettere ai nostri laureati l'etica, le competenze e le conoscenze che li metteranno nelle condizioni di competere al meglio nell'odierno contesto nazionale e internazionale e di trasmettere i valori di cui il Dipartimento si fa promotore.

Questi obiettivi possono essere perseguiti solo mettendo l'individuo al centro di ogni attività e finalità, definendo una struttura in cui egli possa trarre motivi di arricchimento e di soddisfazione, umana e professionale, ad ogni livello in cui si trovi ad operare all'interno del Dipartimento:

- una struttura di ricerca dove la **persona** possa trovare opportunità per valorizzare le proprie capacità e provare quell'orgoglio di appartenenza necessario alla soddisfazione personale e al successo dell'istituzione;
- una struttura dove l'**allievo** possa vivere il completamento del proprio percorso formativo a contatto con una realtà internazionale di ricerca;
- una struttura di ricerca che permetta al **ricercatore** di trovare l'interdisciplinarietà, l'internazionalità, la massa critica e le strutture tecnologiche necessarie per raggiungere livelli di eccellenza, e al **docente** di fornire formazione di base e specialistica attraverso laboratori di livello;
- una struttura di ricerca dove il **personale tecnico amministrativo**, attraverso la propria efficienza e professionalità, possa sentirsi parte di un progetto e responsabile dei successi;
- una struttura di ricerca che possa attrarre **docenti e ricercatori stranieri**, che vi riconoscano opportunità di arricchimento scientifico e culturale, anche attraverso brevi periodi di visita.

Al fine di raggiungere gli obiettivi della propria missione, il Dipartimento di Meccanica si propone di operare come segue, nel quadriennio 2013-2016:

- investire in quelle aree della ricerca ritenute strategiche e di frontiera, sia di ricerca di base sia di ricerca applicata, che contribuiscono a risolvere i sempre più complessi problemi dell'ingegneria;

- sviluppare le alleanze strategiche con partner selezionati, sia in Europa sia in paesi extra-EU.
- attrarre talenti accademici di eccellenza a livello internazionale, sia cogliendo le opportunità offerte dall'Ateneo, sia tramite azioni in auto-finanziamento;
- cogliere l'opportunità offerta dalla formazione di secondo livello e dottorale erogata in lingua inglese al fine di attivare percorsi formativi di doppia laurea e di dottorato congiunto, con università internazionali di riferimento;
- continuare ad investire in strutture e attrezzature per la ricerca.

### 1.3.I temi di ricerca

Il Dipartimento di Meccanica è un dipartimento multi-disciplinare che sviluppa la propria attività di ricerca in modo trasversale sulle *aree applicative di riferimento* dell'ingegneria, quali:

- Automotive, ingegneria ferroviaria e mobilità sostenibile
- Beni culturali e strumenti musicali
- Biomedicale
- Prodotti di consumo
- Energia (produzione, accumulo, distribuzione e uso)
- Sistemi di produzione
- Ingegneria del vento e strutture civili
- Meccatronica e robotica
- Metallurgia e materiali per l'ingegneria
- Monitoraggio e diagnostica
- Nautica
- Spazio e difesa

con l'obiettivo di consolidare il proprio ruolo di riferimento a livello nazionale e internazionale sulle aree di competenza delle discipline presenti:

- Analisi sperimentali macro- e micro-strutturali
- Caratterizzazione meccanica e tecnologica dei materiali
- Controllo attivo di sistemi meccanici
- Ergonomia, interfacce utente ed emotional engineering
- Gestione e controllo qualità
- Meccanica dei materiali e integrità strutturale
- Meccanica sperimentale e controlli non distruttivi
- Metodi di innovazione sistematica & Knowledge Engineering
- Metodi di progettazione di sistemi, componenti e processi
- Modellazione dei processi di trasformazione dei materiali metallici
- Modellazione FEM
- Modellazione multi-body
- Modelli multi-fisici
- Modellistica, dinamica e stabilità dei sistemi meccanici
- Reverse Engineering
- Robotica
- Sensori e attuatori
- Sistemi di lavorazione e assemblaggio
- Sistemi di misura, monitoraggio e diagnostica
- Tecniche di ottimizzazione
- Tecnologie di lavorazione
- Vibrazioni e acustica
- Virtual Prototyping & Product Lifecycle Management

e di sviluppare nuove iniziative e nuove aree di ricerca, in linea con l'evoluzione del contesto sociale, ambientale, economico e industriale, quali la biomeccanica e la robotica di servizio, i materiali bio, smart e ibridi e le tecnologie di lavorazione.

#### **1.4.L'organizzazione**

Il Dipartimento di Meccanica si organizza in sei Sezioni come in passato, che raggruppano ricercatori prevalentemente appartenenti allo stesso settore scientifico disciplinare, più precisamente:

- progetto e disegno di macchine;
- costruzione di macchine e veicoli;
- meccanica dei sistemi;
- tecnologie meccaniche e produzione;
- materiali per applicazioni meccaniche;
- misure e tecniche sperimentali.

Il progetto scientifico del Dipartimento di Meccanica per il quadriennio 2013-2016, pur mantenendo l'assetto attuale basato su una struttura composta dalle Sezioni e rispettive aree di ricerca, si propone di favorire la trasversalità delle competenze rispetto alle aree applicative di riferimento, di valorizzare le aree di eccellenza e di investire anche su nuove tematiche di ricerca, alcune delle quali sono sopra riportate.

## 2. Le competenze, le linee e le reti di ricerca e trasferimento tecnologico

### 2.1 Obiettivi e linee di sviluppo

Il Dipartimento di Meccanica sviluppa le proprie linee di ricerca nel rispetto dell'autonomia scientifica delle Sezioni in cui si articola la struttura, incentivando iniziative che accrescano la visibilità ed il prestigio internazionale e che offrano prospettive di ampliamento verso tematiche emergenti e sviluppo delle eccellenze presenti.

Il Dipartimento di Meccanica partecipa a progetti riconducibili a diversi programmi della Unione Europea. Solo nell'ultimo triennio sono stati finanziati 22 progetti, in varie aree tematiche del programma FP7 (ICT, ENERGY, ENVIRONMENT, TRANSPORT, INFRASTRUCTURES, NMP, SME), ed in programmi Erasmus, PEOPLE/MarieCurie e Life+. L'obiettivo scientifico per il prossimo quadriennio è quello di consolidare la partecipazione a programmi di ricerca internazionale, anche ampliando i programmi di interesse per favorire la ricerca su tematiche emergenti e le aggregazioni di ricerca più innovative. In questa prospettiva, un'importanza di prim'ordine assume pertanto la partecipazione continua a progetti europei, in particolare quelli in cui il Dipartimento di Meccanica ha ruolo di coordinatore, su cui si intende intensificare l'impegno anche alla luce delle nuove sfide di ricerca che emergeranno con il programma Horizon 2020.

Un ulteriore obiettivo del Dipartimento è consolidare la posizione di partner privilegiato di industrie pubbliche e private, in special modo rivolgendo l'attenzione verso quei temi descritti precedentemente, e che ben si inquadrano nella missione del Dipartimento. Analogamente si intende rafforzare il legame con la piccola e media impresa, soggetto fondamentale nel contesto industriale italiano, favorendone i processi d'innovazione.

### 2.2 Aree di ricerca

Il Dipartimento di Meccanica è al momento organizzato in sei Sezioni, ciascuna caratterizzata da proprie competenze e linee di ricerca.

#### **Sezione: Progetto e Disegno di Macchine**

L'attività di ricerca della Sezione di Progetto e Disegno di Macchine riguarda i metodi e gli strumenti per la progettazione e lo sviluppo di prodotto, dal concept alla progettazione, alla validazione e test. Alcuni dei *megatrend* di riferimento per la Sezione e individuati negli anni recenti sono i seguenti: *Knowledge centeredness, Digitization and Virtualization (J.T. Fokkema, Challenges and answers for competitive engineering, Delft University of Technology, 2008); enhanced Virtual Reality (Grand Challenges for Engineering, National Academy of Engineering, USA, 2010); Understanding creative processes, especially when mediated by user interfaces (Creativity Support Tools: A Grand Challenge for HCI Researchers, Ben Shneiderman, 2009).*

#### **Competenze e Linee di Ricerca**

Nel contesto scientifico di riferimento, le funzioni di interesse applicativo ed industriale della Sezione di Disegno comprendono: la formalizzazione e rappresentazione della conoscenza, l'innovazione di prodotto, la modellazione, simulazione e interazione, i metodi e le tecnologie per la digitalizzazione e ricostruzione di artefatti fisici.

L'attività della Sezione di Disegno si articola su quattro linee di ricerca:

**Metodi di innovazione sistematica.** Questa area di ricerca riguarda i metodi, gli strumenti e le tecnologie per la ideazione e progettazione di nuovi prodotti e per lo sviluppo di soluzioni innovative. La ricerca verte su aspetti teorici ed applicativi declinati sia su un piano operativo, quali Problem Solving inventivo basato su TRIZ e Biomimetica, sia su un piano strategico della ricerca e sviluppo industriale, quali il Forecasting Tecnologico e la Gestione della Proprietà Intellettuale. In particolare, sono oggetto di studio la formalizzazione scientifica dei metodi di problem solving inventivo e gli aspetti cognitivi della creatività nella progettazione; lo sviluppo di sistemi Computer-Aided Innovation (CAI) per la sistematizzazione delle attività di progettazione

concettuale; la reingegnerizzazione di Business Process guidata dal valore del prodotto; lo sviluppo di tecniche di text-mining per l'analisi brevettuale; i modelli di evoluzione dei sistemi tecnici finalizzati alla anticipazione di scenari tecnologici futuri; gli algoritmi di ottimizzazione topologica e genetica per l'integrazione di sistemi CAI con i tradizionali sistemi PLM.

**Virtual Prototyping e le tecnologie abilitanti.** Questa area di ricerca si occupa dello studio e dello sviluppo di nuove metodologie per lo sviluppo prodotto basate sulla prototipazione virtuale e sulla realizzazione di prototipi virtuali utilizzando lo stato dell'arte delle tecnologie di Virtual Reality, Augmented Reality e haptics. La ricerca è rivolta a vari settori applicativi di prodotti sia per il mercato industriale sia per il mercato consumer, ad esempio prodotti nel settore automobilistico e aeronautico, prodotti di largo consumo, elettrodomestici, prodotti del design. Nello specifico, tematiche di ricerca riguardano l'interazione multimodal e multisensory, interazione haptic, experience design, user-centered design ed emotional engineering, la modellazione funzionale, la simulazione physics-based, lo sviluppo e sperimentazione di nuove tecnologie di interazione multimodale.

**PLM e Knowledge Engineering.** Questa area di ricerca è focalizzata sul processo di sviluppo prodotto e si occupa degli strumenti integrati di supporto, della gestione delle informazioni e dei dati, dell'acquisizione, formalizzazione e rappresentazione della conoscenza. Primo tema d'interesse riguarda i metodi, gli strumenti e le applicazioni per l'automazione dello sviluppo prodotto mediante la modellazione del processo e del prodotto. Metodologie innovative per la formalizzazione e la rappresentazione della conoscenza sono sperimentate, con enfasi sull'integrazione delle diverse attività connesse al ciclo di vita del prodotto. Il secondo tema riguarda la virtualizzazione dei processi, anche in ambiti non ingegneristici (esempio tipico, quello biomedicale). L'obiettivo è quello di informatizzare processi basati su metodi e strumenti tradizionali sviluppando e utilizzando tecniche avanzate per l'elaborazione di immagini digitali, di modellazione geometrica, di simulazione numerica, di rappresentazione esplicita della conoscenza, di gestione di dati complessi e strutturati.

**Reverse Modeling/Engineering.** Questa area di ricerca si occupa dei sistemi e dei metodi di acquisizione tridimensionale per la costruzione di modelli 3D fedeli all'originale a partire da oggetti reali nei settori della meccanica, del design, e dei beni culturali. Gli apparati coinvolti sono sia sistemi di range sensing attivi, quali laser scanner e camere a proiezione di frange, sia sistemi passivi, come fotogrammetria o computer vision 3D, sia forme di integrazione tra sistemi complementari. Il gruppo possiede un consolidato know-how sull'elaborazione di dati geometrici acquisiti secondo la consueta pipeline di lavoro, e sull'estrazione di features da dati geometrici acquisiti, l'individuazione di superfici matematiche per la rimodellazione CAD, lo sketching di modelli semplificati a partire da dati geometricamente complessi. La ricerca si colloca trasversalmente rispetto ai vari settori applicativi al di là dei confini tradizionali dell'ingegneria meccanica, con esperienze particolari nella caratterizzazione metrologica di camere 3D, nell'impiego delle tecniche di Reverse Engineering per la progettazione dei prodotti industriali e di design, di contenuti digitali per la conservazione e valorizzazione dei beni culturali e nello sviluppo di sistemi 3D innovativi.

### **Gli obiettivi e le strategie di sviluppo**

Gli obiettivi per il quadriennio sono i seguenti:

- leadership nei settori scientifici di riferimento, anche entrando a far parte in organi di steering di associazioni internazionali nel design e nell'ingegneria, così da allargare la rete di relazioni internazionali, con scopi di progetti congiunti e scambio di Post Doc e tesisti;
- consolidamento a livello internazionale della leadership scientifica nei quattro ambiti di interesse applicativo;
- organizzazione di eventi primari internazionali (convegni, summer school) per il consolidamento della leadership scientifica, e incremento della partecipazione a editorial board di riviste scientifiche di riferimento

Le strategie per il raggiungimento degli obiettivi sono le seguenti:

- incrementare la interdisciplinarietà e multi-competenza del gruppo, con l'acquisizione ed il consolidamento di competenze da settori limitrofi (design, ingegneria informatica ed elettronica, robotica), e da settori relativi allo studio di scienze umane (psicologia e neuroscienze, cultural heritage), attraverso assegnisti e dottorandi;
- incrementare le reti di collaborazione con altri gruppi di ricerca di Ateneo (informatici, elettronici, automatici, bio, chimici), con università nazionali ed internazionali, sempre in contesto interdisciplinare;
- partecipare a progetti e network di ricerca con le industrie in ambito internazionale, o con industrie leader nazionali;
- maggior focus ed investimenti su tematiche di ricerca emergenti quali: Biomimetics and Bio-Inspired Design, Technological Forecasting, multisensory interaction (adding smell), interactive Virtual Prototyping based on functional mock-up (FMU), Human In the Loop (HIL), Reverse Engineering for digital heritage.

### **Sezione: Costruzione di Macchine e Veicoli**

Le attività di ricerca della Sezione di Costruzione di Macchine e Veicoli sono focalizzate sulla concezione, progetto, dimensionamento, verifica strutturale e ottimizzazione di componenti e sistemi meccanici, in diversi ambiti applicativi.

Nello specifico, le tematiche delle ricerca riguardano: la concezione, il progetto, la costruzione e la sperimentazione dei sistemi meccanici eventualmente abbinati a sistemi multifisici; la scelta e l'applicazione dei materiali più avanzati (metallici, compositi, ibridi, biomimetici), dei quali si studia e si modella il comportamento meccanico in presenza di carichi statici, variabili e impulsivi; i trattamenti superficiali per ottenere proprietà meccaniche migliori, con particolare attenzione ai processi innovativi e a ridotto impatto ambientale; lo studio dei sistemi e componenti meccanici più diffusi (componenti automobilistici e aeronautici, trasmissioni, ingranaggi, ecc.), con approfondimenti nell'ambito del miglioramento delle prestazioni o della sicurezza; la valutazione dell'integrità strutturale con particolare attenzione alla meccanica del danneggiamento, con applicazioni nella definizione dei processi manutentivi secondo l'ottica *on demand* e nell'incremento della sicurezza rispetto ai cedimenti in esercizio; la concezione, progetto, costruzione e sperimentazione di veicoli e relativi sottosistemi (casce, trasmissioni, sospensioni, ruote).

I metodi scientifici e tecnici utilizzati dal gruppo di ricerca si riferiscono ad approcci differenti ed integrati, in particolare:

- modelli analitici, per avere a disposizione strumenti in grado di cogliere il processo fisico coinvolto;
- simulazioni numeriche relative sia al comportamento statico e dinamico di sistemi meccanici, sia al cimento in campo di non linearità geometrica e del materiale, utili a riprodurre con elevata affidabilità il comportamento dei sistemi sotto indagine e di valutare l'effettivo grado di sollecitazione presente;
- prove sperimentali, applicate sia ai sistemi meccanici (quali veicoli e loro componenti), sia ai materiali per ottenere una caratterizzazione meccanica completa nei diversi campi (statica, fatica, impatto, presenza di difetti, propagazione di cricche, alta temperatura, ecc.), sia ai componenti e ai sistemi per realizzare prove full-scale che permettono la validazione e conferma dei precedenti modelli analitici/sperimentali.

Le metodologie sopra indicate sono quindi applicate in differenti ambiti: automotive, aerospaziale/difesa, energia, ferroviario, ecc.

### **Competenze e linee di ricerca**

Le competenze della Sezione riguardano:

- i metodi per la valutazione dell'integrità strutturale e per l'applicazione di processi di ottimizzazione di sistemi e componenti meccanici, basati sulla conoscenza del comportamento del materiale e dei fenomeni di danneggiamento (da fatica, impatto, usura, contatto), e sulla valutazione del danneggiamento accumulato;
- i metodi di simulazione numerica (sistemi a parametri concentrati o FEM, con formulazione esplicita o implicita) o analitica, con specifiche competenze di schematizzazione di comportamenti di sistemi anche complessi (considerando anche applicazioni multifisiche) e convalida dei modelli attraverso confronto con risultati sperimentali;
- i metodi sperimentali per lo studio del comportamento di sistemi, componenti meccanici e materiali in laboratorio e in condizioni operative, anche con l'impiego di sistemi di diagnostica non distruttiva (ultrasuoni, emissioni acustiche, monitoraggio con fibre ottiche, ecc.);
- la concezione, progettazione, costruzione e sperimentazione di veicoli e relativi sottosistemi: ruote pneumatiche, sospensioni e sistemi di sterzata, trasmissioni (elettriche o meccaniche), differenziali, sistemi frenanti, casse e cabine;
- l'ottimizzazione multi-obiettivo dei sistemi complessi, sia meccanici, sia multifisici con particolare riferimento ai veicoli e relativi componenti.

L'attività della Sezione di Costruzione di Macchine e Veicoli si articola su cinque linee di ricerca:

**Diagnostica e Integrità strutturale.** Questa linea di ricerca riguarda lo studio e l'applicazione di metodi di valutazione del danneggiamento nelle strutture, allo scopo di sviluppare sistemi di monitoraggio on-line dell'integrità strutturale. Sono utilizzate tecniche di simulazione numerica che, noto il livello di danno, permettono la previsione della vita residua. Tra le modalità di danneggiamento, sono considerati i carichi di fatica, gli impatti, anche ad alta velocità, la nucleazione e propagazione di cricche di fatica, anche nucleate da difetti esistenti. I campi di applicazione sono svariati: elicotteristico, difesa, ferroviario, meccanico.

**Meccanica avanzata.** Il gruppo di ricerca si occupa dello studio di trasmissioni e ingranaggi. Anche per applicazioni speciali, in particolare: prestazioni delle trasmissioni ad ingranaggi e fenomeni di cedimento, pitting e a micropitting, errore di trasmissione ed emissione acustica delle trasmissioni a ingranaggi.

Gli studi sono affrontati da un punto di vista analitico per definire dei modelli teorici e sperimentale, prove effettuate con un pulsatore Single Tooth Fatigue e un banco a ricircolo meccanico e disc-on-disc. Sono effettuate misure di rendimento, gioco, rigidità torsionale.

**Materiali compositi e ibridi.** L'attività di ricerca si articola in attività numeriche e sperimentali, legate al problema della modellazione del danno per fatica e della propagazione di fratture in materiali compositi, sandwich e giunzioni incollate. L'attività sperimentale comprende: prove di fatica su materiali compositi (rinforzati con fibre corte o continue), su giunti incollati, prove di propagazione su giunti incollati DCB (modo I) e ENF (modo II), prove di propagazione interlaminare in laminati compositi, monitoraggio delle fratture con ultrasuoni, fibre ottiche (FBG) e micro tomografia computerizzata, prove di impatto su pannelli a costruzione sandwich e composita. L'attività numerica comprende la modellazione di manufatti in composito con fibre continue e giunzioni incollate, con verifiche agli sforzi locali e modellazione della propagazione con tecniche VCCT, e la simulazione dello stampaggio a iniezione e successiva analisi agli sforzi locali, tenendo conto delle proprietà locali dei materiali.

**Tecniche di modifica delle superfici per materiali funzionali e a elevate prestazioni.** La ricerca comprende lo studio e lo sviluppo di nuove tecniche di modifica delle superfici per incrementare le caratteristiche meccaniche dei materiali metallici e per l'ottenimento di superfici funzionali. In particolare si fa attualmente riferimento ai trattamenti meccanici e alle tecniche di rivestimento a freddo, con particolare interesse verso quei processi in grado di garantire una nanostrutturazione della superficie.

**Veicoli e sistemi di trasporto.** Questa linea di ricerca riguarda i metodi teorici e sperimentali per la costruzione (concezione, progettazione, realizzazione e sperimentazione) di veicoli e relativi sottosistemi. Sono utilizzati metodi di ottimizzazione multi-obiettivo per la concezione di sistemi innovativi relativi a veicoli *greener, safer e smarter*. Particolari attività sono svolte con riferimento alla riduzione della massa, alla sicurezza attiva (stabilità e guidabilità), alla sicurezza passiva (ricostruzione degli incidenti e equipaggiamenti per l'incremento della sicurezza), al comfort (NVH: noise vibration, harshness), alla sostenibilità (veicoli elettrici).

### **Obiettivi futuri e strategie di sviluppo**

L'obiettivo principale della Sezione di Costruzione di Macchine e Veicoli è quello di una crescita armoniosa negli ambiti scientifici e industriali, approfondendo tematiche specifiche con differenti campi applicativi, quali: veicoli e sistemi di trasporto, aeronautica/difesa, meccanica avanzata, energia, integrità strutturale e controlli non distruttivi, progettazione ottima e rispettando tematiche più generali quali: affidabilità strutturale, risparmio energetico ed impatto ambientale.

Al fine del raggiungimento di tali obiettivi è necessario l'incremento delle collaborazioni scientifiche internazionali, con attivazione di ricerche collaborative con partner nazionali ed europei, aumentando il numero e la qualità degli scambi con università /centri di ricerca esteri (visiting professor, PhD student, ecc. ), e l'attivazione di progetti di ricerca di ampio respiro con industrie/amministrazioni pubbliche che permettano di applicare ad ambienti industriali il risultato delle ricerche svolte.

### **Sezione: Meccanica dei Sistemi**

L'attività di ricerca della Sezione di Meccanica dei Sistemi verte sull'analisi del comportamento dinamico lineare e non lineare dei sistemi meccanici, delle macchine e delle strutture. L'approccio metodologico del gruppo di ricerca si basa sull'idea di coniugare i più avanzati metodi di modellazione matematica e simulazione numerica, con le moderne tecniche sperimentali.

### **Competenze e linee di ricerca**

Le competenze della Sezione riguardano:

- la modellistica dei sistemi meccanici (modelli multibody per la simulazione del moto in grande, modelli FEM e FEM/BEM per lo studio delle vibrazioni e del rumore, modelli per la simulazione di problemi di interazione fluido-struttura, contatto tra solidi, lubrificazione e per l'analisi di stabilità dei sistemi meccanici, modelli FEM per lo studio di interazione elettromagnetica/meccanica);
- i metodi di progettazione, diagnostica e controllo (progettazione cinematico-funzionale e dinamica di macchine, manipolatori e meccanismi, progettazione e sviluppo di sistemi attivi per il controllo di sistemi meccanici e di sistemi di monitoraggio e diagnostica, progettazione e sviluppo di convertitori statici per la gestione dei flussi di potenza);
- l'analisi sperimentale del comportamento dinamico di sistemi meccanici, mediante test di laboratorio su banchi prova dedicati, misure full-scale in campo, test in galleria del vento.

L'attività della Sezione di Meccanica dei Sistemi si articola su cinque linee di ricerca:

**Meccatronica, Robotica e Smart Structures.** Questa linea di ricerca riguarda lo sviluppo di sistemi attivi e semi-attivi per il controllo del moto, delle vibrazioni e del rumore, le applicazioni robotiche innovative, le smart structures e i sistemi embedded, i MEMS (Micro-Electro-Mechanical-System), le tecniche di energy harvesting, la bio-meccatronica e le applicazioni sportive, i sistemi di attuazione e gli azionamenti elettrici per i sistemi di trasporto e le applicazioni industriali, l'elettronica industriale di potenza per la gestione dell'energia.

**Dinamica dei rotori.** Il gruppo di ricerca si occupa dell'analisi del comportamento dinamico e delle vibrazioni delle macchine rotanti, con particolare riferimento ai grandi gruppi di turbo-generazione, e di tecniche di monitoraggio e diagnostica specifiche per macchinari rotanti.

**Ingegneria del vento.** Questa linea di ricerca copre un ampio spettro di problemi legati alle vibrazioni indotte da forze di natura fluidodinamica e all'interazione fluido-struttura, con applicazione al comportamento aerodinamico e aeroelastico di ponti e strutture civili snelle, alle vibrazioni eoliche di cavi, all'aerodinamica dei veicoli stradali/ferroviari, delle imbarcazioni a vela e delle turbine eoliche.

**Ingegneria ferroviaria.** Questa linea di ricerca riguarda la dinamica dei veicoli su rotaia, l'analisi di sicurezza, comfort e prestazioni, l'interazione treno-armamento e l'analisi di percorribilità di ponti ferroviari, l'interazione pantografo-catenaria e l'interazione treno/linea elettrica, l'analisi e lo sviluppo di sistemi di controllo attivo per veicoli su rotaia, l'aerodinamica dei veicoli ferroviari, le tecniche di monitoraggio e diagnostica per il veicolo e l'infrastruttura.

**Veicoli stradali.** Il gruppo di ricerca si occupa della dinamica dei veicoli stradali e dell'analisi di sicurezza e prestazioni (comfort, handling e aerodinamica), dell'analisi e dello sviluppo di sistemi di controllo attivo, dell'analisi del comportamento dello pneumatico e della sua interazione con il veicolo, di veicoli ibridi ed elettrici (powertrain e interfaccia veicolo/rete elettrica).

### **Obiettivi futuri e strategie di sviluppo**

L'impegno dei ricercatori della Sezione di Meccanica dei Sistemi nel quadro del presente Progetto Scientifico è di proseguire nella proficua collaborazione con le altre Sezioni del Dipartimento, di consolidare il proprio ruolo attivo per lo sviluppo delle industrie italiane ed europee ad elevato contenuto tecnologico, e di fornire un forte contributo alla crescita del Dipartimento nell'ambito della comunità scientifica internazionale.

I settori di ricerca strategici per lo sviluppo del gruppo di ricerca nei prossimi anni saranno quelli legati a:

- veicoli e sistemi di trasporto e mobilità ad alta efficienza, affidabilità e sicurezza, leggeri e a basso impatto ambientale;
- applicazioni meccatroniche innovative per i sistemi di trasporto, l'industria e la vita (veicoli intelligenti, smart structures, robotica, bio-meccatronica, ecc.);
- energia, sia lato sistemi di monitoraggio e diagnostica per gli impianti di produzione, sia lato nuove tecnologie per le energie rinnovabili.

### **Sezione: Tecnologie Meccaniche e Produzione**

La Sezione di Tecnologie Meccaniche e Produzione si occupa di ricerca nel campo del manifatturiero avanzato, con l'obiettivo di contribuire all'innovazione tecnologica nella realizzazione di prodotti industriali, nel settore dei beni strumentali e di largo consumo. In molti settori strategici per il *Made in Italy* la competitività è affidata al miglioramento continuo delle tecniche e dei sistemi di lavorazione per incrementare la qualità, ridurre i costi di produzione e aumentare la capacità produttiva. E' in queste direzioni che l'attività di ricerca della Sezione svolge la propria attività.

### **Competenze e linee di ricerca**

Le competenze della Sezione riguardano un ampio spettro di approcci, strumenti e metodologie analitiche, numeriche e sperimentali utili per:

- la caratterizzazione dei materiali in relazione ai processi che andranno a trasformarli;
- la progettazione dei processi, dei componenti e dei sistemi di trasformazione;
- la configurazione e gestione dei sistemi di produzione, assemblaggio, controllo e riciclo;
- la gestione, il controllo e il miglioramento continuo della qualità dei prodotti trasformati.

I campi di attività della Sezione testimoniano dei diversi modi in cui la ricerca può contribuire a questo percorso innovativo in ambito *manufacturing*:

**Processi di Lavorazione.** Per acquisire e mantenere adeguati livelli di competitività, le aziende manifatturiere devono essere in grado di realizzare prodotti di qualità sempre più elevata

mantenendo sufficientemente contenuti i costi associati. Questo obiettivo è possibile a patto di riuscire a mantenere i più elevati livelli di innovazione tecnologica, migliorando continuamente i processi esistenti o investendo in nuove soluzioni manifatturiere. La progettazione, sviluppo e implementazione di nuove soluzioni per soddisfare i futuri requisiti manifatturieri rappresenta il principale obiettivo del gruppo di ricerca sui processi di lavorazione, obiettivo che viene perseguito combinando lo studio teorico dei processi con la simulazione, lo sviluppo di modelli numerici ed empirici. Su quest'ultimo tema, la Sezione ha una consolidata competenza in termini di metodi per la pianificazione degli esperimenti (Design of Experiment) e l'analisi statistica dei risultati che consente di mettere a punto modelli empirici di comportamento del processo su cui si basano opportune strategie di miglioramento e ottimizzazione.

La Sezione ha una radicata competenza su alcune lavorazioni non convenzionali basate su *laser*, *water-jet*, *plasma* e *ultrasuoni*. Un grande laboratorio ospita macchine a controllo numerico basate su queste tecnologie per tagliare e saldare semilavorati in tutti i materiali di interesse industriale. Tra le recenti attività, alcune riguardano la messa a punto di processi per lavorare nuovi materiali e geometrie "impossibili", come in recenti progetti per la produzione di componenti in titanio, compositi e leghe a memoria di forma e di stent biodegradabili in magnesio per applicazioni cardiovascolari. Inoltre la ricerca fornisce idee per sviluppare macchine migliorate e nuove tecnologie, come quella per la produzione di *schiume metalliche* da utilizzare per riempimenti strutturali o nella realizzazione di strutture leggere per diverse applicazioni tra cui la mobilità sostenibile. Si continua a sperimentare anche sulle tradizionali lavorazioni dalla deformazione plastica alla tornitura e fresatura, per le quali la frontiera tecnologica spinge soprattutto in due direzioni: l'aumento della produttività e la miniaturizzazione. A questo proposito è stato recentemente avviato un nuovo laboratorio dedicato alle *microlavorazioni*, che assumeranno in futuro sempre maggiore importanza in settori come il medicale o la produzione di energia elettrica.

**Sistemi di Produzione e Qualità.** L'innovazione di processo non è sempre sufficiente a migliorare la competitività delle aziende manifatturiere. Accanto al processo, il prodotto e il sistema produttivo giocano un ruolo rilevante: il primo definisce le specifiche di progetto e le verifiche da eseguire ad ogni stadio del processo di trasformazione; il secondo determina i vincoli connessi alla disponibilità di macchine, attrezzature e utensili necessari a realizzare le trasformazioni.

Sul fronte del prodotto, l'attività di ricerca si concentra sia sulla definizione delle specifiche di prodotto in ottica *design for manufacturing*, sia sulle modalità con cui il risultato del processo manifatturiero debba essere controllato per garantire il rispetto delle specifiche stesse. Avanzati sistemi di controllo geometrico e dimensionale, mono e multi-sensore, su scala macro- e micro-geometrica sono disponibili presso il laboratorio di *metrologia*. Questa attività è strettamente collegata allo studio di nuove soluzioni per il *controllo e monitoraggio statistico* della *qualità* di processo, attuabili attraverso sensorizzazione del processo di trasformazione e tecniche di data fusion.

Uno dei problemi critici in ambito manifatturiero è la difficoltà di integrare tecnologie diverse in un unico sistema produttivo. Le diverse componenti di un sistema (manodopera, macchine, attrezzature, magazzino) devono funzionare in modo organizzato per massimizzare la produttività ed evitare sprechi di risorse. Uno dei settori di attività più consolidati della Sezione è lo sviluppo di soluzioni per la *configurazione* e la *gestione dei sistemi produttivi*. Vengono cioè studiati i modi migliori per dimensionare e bilanciare le linee di lavorazione e di assemblaggio, per organizzare il flusso dei materiali sulle linee e per valutare le prestazioni di sistemi a vari livelli di automazione. Anche in questo campo si lavora sulle problematiche dettate dall'attuale scenario industriale, come l'aumento dell'efficienza energetica dei sistemi e la loro riconfigurazione quando il prodotto cambia seguendo l'evoluzione del mercato.

### **Obiettivi futuri e strategie di sviluppo**

In riferimento al presente Progetto Scientifico la Sezione di Tecnologie Meccaniche e Produzione intende contribuire, in armonia con le altre sezioni del Dipartimento, a:

- consolidare il posizionamento scientifico del Dipartimento nella comunità di riferimento nazionale e internazionale;
- incrementarne il livello di internazionalizzazione, ampliando le occasioni di collaborazione sia accademica che industriale, mediante una rinnovata azione di networking in associazioni a livello internazionale e valutando l'inserimento di ricercatori stranieri;
- ampliare il collegamento con le realtà industriali nazionali, anche mediante la valorizzazione degli stretti legami con il CNR e con consorzi privati, quale il Laboratorio MUSP.

I settori di ricerca considerati strategici per lo sviluppo del gruppo di ricerca nei prossimi anni saranno quelli legati alle tematiche:

- manifatturiero avanzato: microlavorazioni, lavorazioni laser e water jet, processi deformativi;
- sostenibilità della produzione industriale: efficienza energetica, zero-defect manufacturing;
- tecnologie e sistemi di produzione per energia e aerospazio.

### **Sezione: Materiali per applicazioni meccaniche**

L'attività di ricerca della Sezione "Materiali per Applicazioni Meccaniche" verte sullo studio dei materiali ingegneristici (metallici e non metallici) nelle varie fasi della loro ideazione, produzione, trasformazione ed impiego attraverso l'innovazione nei processi produttivi e l'esame sistematico delle interazioni tra composizione chimica, struttura, proprietà, processi di fabbricazione e trasformazione, prestazioni in esercizio, fenomeni di cedimento, danneggiamento e degrado.

#### **Competenze e linee di ricerca**

Le competenze della Sezione "Materiali per Applicazioni Meccaniche" riguardano:

- le analisi sperimentali macrostrutturali e microstrutturali, nonché la determinazione delle proprietà meccaniche (statiche e dinamiche) e di resistenza al degrado ambientale dei materiali e dei componenti, anche considerando le effettive problematiche in esercizio;
- le analisi numeriche per la modellizzazione e la simulazione dei processi di solidificazione, di deformazione plastica, di giunzione e di trattamento termico degli acciai e delle leghe non ferrose;
- la progettazione, il controllo e la gestione di processi di produzione complessi per il settore siderurgico e dei metalli non ferrosi (altoforni, acciaierie elettriche, raffinazione elettrolitica, processi di forgiatura, di laminazione, di stampaggio, ecc.), anche con riferimento alle problematiche ambientali.

L'attività della Sezione "Materiali per Applicazioni Meccaniche" si articola su tre linee di ricerca:

**Materiali avanzati.** Il gruppo di ricerca si occupa di nanomateriali e di materiali a grano ultrafine ottenuti mediante processi di deformazione plastica innovativi, di materiali compositi a matrice metallica (*MMCs*) rinforzati con particelle e fibre, di leghe dell'alluminio e del magnesio di tipo innovativo. Ulteriori ambiti di ricerca afferenti a tale gruppo si riferiscono allo studio ed alla modellizzazione del comportamento in temperatura (*creep*) degli acciai e delle leghe non ferrose nonché ai processi di deposizione a film sottile mediante tecnica PVD ed alla realizzazione di rivestimenti spessi con funzione antiusura ed anticorrosiva.

**Siderurgia e processi metallurgici.** Questa linea di ricerca si riferisce allo studio dei processi siderurgici (fusione ed affinazione delle leghe metalliche attraverso processi tradizionali ed innovativi), ai fenomeni di solidificazione di lingotti, di prodotti di colata continua e di vetri metallici, ai processi di deformazione plastica a caldo e a freddo degli acciai e delle leghe non ferrose. Un ulteriore ambito di ricerca riguarda l'impatto ambientale dei processi di fabbricazione dell'acciaio in termini di recupero energetico, recupero delle scorie, emissione di gas serra, ecc.

**Metallurgia applicata.** Il gruppo di ricerca si occupa dei criteri di scelta dei materiali e dell'ottimizzazione del loro comportamento meccanico (tenacità a frattura, resistenza a fatica, a corrosione e ad usura) correlando tra loro proprietà e microstrutture degli acciai e delle leghe non ferrose. Oggetto di studio sono anche i trattamenti termici massivi e superficiali, la metallurgia della saldatura ed i processi di giunzione, la metallurgia delle polveri, la metallurgia a basso impatto ambientale. Un ulteriore ambito di ricerca riguarda la *Failure Analysis* e la *Forensic Engineering*, ossia l'analisi tecnica delle anomalie di componenti, strutture e sistemi meccanici, anche con ricadute in ambito legale-assicurativo.

### **Obiettivi futuri e strategie di sviluppo**

L'impegno dei ricercatori e dei professori della Sezione "Materiali per Applicazioni Meccaniche" è di proseguire nella proficua collaborazione con le altre Sezioni del Dipartimento, di consolidare il proprio ruolo attivo per lo sviluppo del tessuto industriale italiano ad elevato contenuto tecnologico e di fornire un importante contributo alla crescita del Dipartimento nella comunità scientifica internazionale, anche attraverso collaborazioni di ricerca in ambito UE ed extra UE.

I settori considerati strategici per lo sviluppo del gruppo di ricerca nei prossimi anni saranno quelli legati a:

- Materiali per l'energia e *Smart Materials*, con riferimento all'ottimizzazione dei sistemi tradizionali di produzione di energia ed allo sviluppo di sistemi per le energie rinnovabili;
- Materiali innovativi a basso impatto ambientale per i trasporti nel settore *automotive* ed aerospaziale;
- Biomateriali e materiali per applicazioni sportive in condizioni di elevate sollecitazioni meccaniche e accentuata aggressione chimica;
- Materiali tradizionali ed innovativi a resistenza migliorata per impieghi strutturali nel settore alimentare, chimico, petrolchimico, *oil & gas*.

### **Sezione: Misure e tecniche sperimentali**

L'attività di ricerca della Sezione di Misure e Tecniche Sperimentali verte sullo sviluppo e qualificazione di tecniche sperimentali innovative nonché sullo studio e applicazione di metodologie usuali di misura in nuovi settori. La caratteristica applicativa della disciplina conduce naturalmente a ricerche multidisciplinari in collaborazione con ricercatori di differenti discipline, quali ad esempio gli elettronici per lo sviluppo ed applicazione di sensori innovativi, i civili per il monitoraggio di beni architettonici e grandi strutture, i fisici e gli aerospaziali per la strumentazione per lo spazio, gli idraulici per la vulnerabilità idraulica dei ponti, i meccanici applicati per la sperimentazione in galleria del vento e sulle ferrovie, i biomedici per la caratterizzazione e riduzione delle vibrazioni trasmesse al corpo umano.

### **Competenze e linee di ricerca**

Le competenze della Sezione riguardano:

- lo sviluppo applicativo di strumentazione innovativa: MEMS, fibre ottiche, sistemi wireless, sistemi di visione;
- lo sviluppo di sistemi complessi per il monitoraggio continuo e la diagnostica di veicoli e di strutture e per la raccolta ed elaborazione dei dati raccolti;
- lo sviluppo di strumentazione e di metodologie per l'individuazione di sorgenti di rumore fisse o in movimento
- lo sviluppo di strumentazione per satelliti e missioni di esplorazione spaziale nonché di apparati e tecniche di misura per la caratterizzazione e qualifica di componenti per impiego spaziale.

Le linee di ricerca attualmente sviluppate dalla Sezione di Misure e Tecniche Sperimentali sono:

**Monitoraggio strutturale.** Il gruppo di ricerca è impegnato nella misura ed analisi delle forzanti che agiscono su grandi strutture e del comportamento delle stesse; sono attualmente sotto analisi: lo stadio Meazza di Milano forzato dal pubblico durante gli eventi sportivi o i concerti; la guglia maggiore del Duomo di Milano, e le impalcature di intervento strutturale, sotto l'azione di vento e

variazioni termiche; la vulnerabilità idraulica dei ponti che attraversano fiumi per effetto della corrente durante le piene; sono inoltre state svolte prove preliminari per lo sviluppo di progetti di monitoraggio sia sulla copertura della piazza coperta sia sulla torre del nuovo palazzo della Regione Lombardia sotto l'azione del vento e per la previsione del loro comportamento sismico. A tutte queste strutture sono anche applicate tecniche di analisi modale, in fusione con informazioni statiche o quasi statiche, per definirne il comportamento di firma.

**Misure con l'ausilio della visione.** Le tecniche DIC (Digital Image Correlation), di visione stereoscopica, di visione termica, di riconoscimento di forme, sono utilizzate in: riconoscimento di persone per la sicurezza e per la medicina legale; riconoscimento di oggetti per la robotica e per la loro manipolazione in contesti industriali ad alta automazione; analisi dello stato di deformazione di piccoli particolari metallici ma anche di travi di strutture civili; studio della forma di vele in galleria del vento ma anche in vivo; analisi delle folle per analizzare le forzanti create col loro movimento; analisi di stati termici in ambienti ostili.

**Misure per lo spazio.** Progettazione e realizzazione di strumentazione per remote sensing, in particolare spettrometria nel visibile e nel vicino infrarosso. Sono stati progettati, realizzati, e sono attualmente in funzione, vari strumenti; da ultimo si è sviluppato lo spettrometro MIMA (Mars Infrared MApper) che opera nel campo spettrale 2-25 $\mu$ m con una risoluzione di 5 $\text{cm}^{-1}$  che include sottosistemi innovativi quali ad esempio microattuatori basati su leghe a memoria di forma, sistemi di smorzamento non lineari delle vibrazioni all'interfaccia, tecniche di correzione degli spettri per gli effetti di transitori termici durante le misure. Questo al fine di soddisfare le specifiche estreme di massa ridotta, accelerazioni del lancio, ambiente durante il funzionamento.

**Vibrazioni mano-braccio e corpo intero.** Sono stati sviluppati sistemi di misura e si sono condotte prove per la caratterizzazione delle vibrazioni trasmesse agli operatori da utensili manuali e/o veicoli ai fini delle valutazioni inerenti la salute dei lavoratori. Si sono inoltre sviluppate tecniche di caratterizzazione delle vibrazioni generate dagli utensili ai fini della progettazione ottimizzata dei sistemi di riduzione della trasmissione delle vibrazioni ai lavoratori.

**Misure acustiche.** Sono state studiate tecniche di misura per la localizzazione e caratterizzazione delle sorgenti acustiche e sviluppati metodi di attenuazione, anche attiva, del rumore nonché l'ottimizzazione del progetto delle sorgenti al fine della riduzione dell'emissione acustica.

**Misure e controllo delle vibrazioni.** Il gruppo di ricerca è impegnato nello sviluppo di strategie di riduzione delle vibrazioni attraverso vari approcci; quelli su cui si concentra in maniera preminente l'attenzione sono basati su metodologie semi-passive e semi-attive. Il controllo della vibrazione è di solito ottenuto per mezzo di smart materials (ad esempio piezo-materiali), processori FPGA e reti elettriche tempo-invarianti o tempo-varianti. Sono già state sviluppate procedure che tengano in considerazione l'attenuazione delle vibrazioni in diversi scenari: attenuazione mono-modale, multi-modale ed a banda larga.

**Misure in ambienti ostili.** Sono stati sviluppati sensori a fibra di Bragg per la misura di forze e deformazioni in ambienti caratterizzati da pesanti interferenze radio ed elettromagnetiche come ad esempio i pantografi dei treni o per i quali sia inopportuno l'utilizzo di sensori in tensione come all'interno del corpo umano, o sensori MEMS wireless per misure in condizioni nelle quali il peso ed il collegamento elettrico sono fattori importanti come nei sistemi biomedici riabilitativi.

### **Obiettivi futuri e strategie di sviluppo**

L'impegno dei ricercatori della Sezione di Misure e Tecniche Sperimentali nel quadro del presente Progetto Scientifico è di proseguire nella proficua collaborazione con le altre Sezioni del Dipartimento e di ulteriormente sviluppare le collaborazioni, del resto già attive, sia all'interno del panorama nazionale sia a livello internazionale nei campi della diagnostica strutturale, della strumentazione spaziale, delle misure acustiche su veicoli, e in ambito industriale ed aeroportuale.

I settori di ricerca strategici per lo sviluppo del gruppo di ricerca nei prossimi anni saranno quelli legati a:

- sviluppo di sistemi di raccolta ed elaborazione di misure a fini di monitoraggio e diagnostici;
- sviluppo di strumentazione innovativa per lo spazio;
- sviluppo di strategie di attenuazione delle vibrazioni;
- sviluppo di tecniche di elaborazione di immagini e di segnali acustici ai fini della misura di parametri complessi;
- misure per l'ottimizzazione dello sfruttamento di fonti di energia rinnovabile.

### **2.3 Posizionamento interno ed esterno**

Il contesto rispetto a cui posizionare il Dipartimento di Meccanica può essere inteso come il Politecnico stesso, oppure un contesto nazionale e internazionale. Al variare del livello cui ci si riferisce, variano i riferimenti con cui valutare il posizionamento del Dipartimento.

Di seguito verranno descritti i diversi contesti ed il posizionamento del Dipartimento al loro interno e, infine, verranno delineati i punti di forza e di debolezza, le azioni già intraprese e quelle da intraprendere al fine di migliorare il posizionamento del Dipartimento nel prossimo futuro.

#### ***Posizionamento del Dipartimento in Ateneo***

Dalla sua istituzione il Dipartimento ha avuto una continua e costante espansione, che l'ha portato alle sue attuali dimensioni (dati a fine 2011): 24 professori ordinari, 26 professori associati, 48 ricercatori, di cui 5 T/D, circa 90 studenti di dottorato di ricerca, oltre a uno staff di 23 tecnici, e 16 amministrativi. Si confida che tali dimensioni possano garantire al Dipartimento la capacità di far fronte alle sfide già delineate nel prossimo futuro, e a quelle che si definiranno nel medio termine.

Più che buona appare, all'interno dell'Ateneo, la capacità di autofinanziamento del Dipartimento, sia in termini assoluti sia pro-capite, che negli ultimi sei anni è quasi raddoppiata, con un attuale valore pro-capite, annuale, di poco superiore a €100k.

La produttività scientifica, sempre analizzata rispetto all'Ateneo, è stata misurata attraverso i parametri riconosciuti e applicati dall'Ateneo stesso ed ha visto il Dipartimento, pur collocandosi in linea con gli altri dipartimenti industriali, migliorare il proprio posizionamento nell'Ateneo, grazie ad una migliore collocazione dei propri prodotti scientifici.

Tuttavia, considerando da un lato l'importanza che la produzione scientifica ricopre nella valutazione e attribuzione del merito, sia internamente all'Ateneo sia in contesto nazionale e internazionale, e dall'altro la qualità della ricerca in corso presso il Dipartimento di Meccanica, è possibile affermare che esiste un potenziale margine di miglioramento, che potrà essere sfruttato definendo una chiara strategia per valorizzare ulteriormente la qualità delle sedi di pubblicazione e stimolando, soprattutto i giovani ricercatori, a una maggiore pubblicazione in riviste selezionate.

Per quanto riguarda le tematiche di competenza, molteplici sono le affinità con altre realtà: l'ingegneria aerospaziale, l'ingegneria dei materiali, l'ingegneria strutturale, e l'ingegneria elettronica e dell'informazione. Tali affinità sono da intendersi come opportunità che il Dipartimento ha già dimostrato di saper cogliere attraverso una collaborazione proficua e complementare, instaurata con altre realtà di Ateneo, su tematiche multidisciplinari che coinvolgono aspetti di competenza meccanica.

#### ***Posizionamento nazionale ed internazionale***

Rivolgendo lo sguardo alla realtà regionale e nazionale, il Dipartimento di Meccanica mostra notevoli punti di peculiarità e di eccellenza. Il Dipartimento fa ricerca su tematiche che comprendono sia quelle tradizionali della meccanica sia le tematiche più innovative. Le attività sono fortemente supportate dall'industria, e in modo crescente da finanziamenti regionali e nazionali. Inoltre, il fatto stesso di essere una realtà politecnica permette al Dipartimento di avvalersi di una serie di infrastrutture e di competenze interdipartimentali uniche in Italia.

Un'analisi delle relazioni con l'industria mostra che il Dipartimento è presente in molti distretti industriali d'interesse strategico, quali ad esempio il distretto dell'auto, della nautica, dell'automazione, delle macchine utensili, della metallurgia. Inoltre, il rapporto con la grande industria è ben strutturato, ed esistono consolidate e fruttuose collaborazioni con molte aziende leader, come Ansaldo Energia, Avio, Agusta, Pirelli, Ferrovie dello Stato, Lucchini, Tenaris, Whirlpool, Indesit, e molte altre.

Meno stabile appare, invece, il rapporto con la media impresa, con cui la collaborazione avviene prevalentemente sulla base dei contatti con i singoli ricercatori, e non in modo strutturato e sistematico. Recenti iniziative a livello regionale, quali la proposizione di Distretti Regionali, potranno presumibilmente, in un futuro prossimo, migliorare l'istituzionalizzazione delle collaborazioni con le PMI.

Per quanto riguarda il posizionamento internazionale, i ranking internazionali collocano il Dipartimento in buona posizione, e a fianco di analoghi dipartimenti di atenei europei con cui ci si confronta (Chalmers, KTH, ...). Facendo riferimento al QS Rankings del 2011 e nello specifico all'area *Mechanical, Aeronautical and Manufacturing Engineering* (settori non distinguibili nei rankings), il Politecnico di Milano (e quindi, in buona parte, il Dipartimento di Meccanica) si pone al 69° posto, 20° in Europa, in linea con la valutazione complessiva nel settore *Engineering and Technology* del Politecnico di Milano, che si pone in 49ª posizione (in realtà il risultato è allineato con quello di tutte le altre aree disciplinari previste, ad eccezione di Civil Engineering, dove, unico caso, il Politecnico è nei primi 50 posti, e per l'esattezza al 46°).

Le tematiche di interesse dei dipartimenti di meccanica di alcune università di riferimento, posizionate ai vertici dei vari sistemi di rankings internazionali (quali Università di Delft, Imperial College, Stanford, MIT, Cambridge, Berkeley), indicano un sempre maggiore coinvolgimento di queste realtà in ricerche di base e in campi emergenti di ricerca, per citarne alcuni, la biomimetica e la ricerca di soluzioni tecnologiche a grande efficienza ispirata dai "sistemi" naturali, la simulazione multi-scale, fino a livello molecolare e atomico, la biomeccanica, in special modo rivolta alle problematiche legate alle maggiori aspettative di vita, l'energia e le problematiche legate al miglioramento dell'efficienza energetica e alla riduzione dei consumi, lo sviluppo di tecnologie eco-sostenibili, le nanotecnologie.

La forza e la posizione del Dipartimento è legata ai risultati raggiunti in settori tradizionalmente meccanici, che ha consentito di avere buona parte dell'autofinanziamento, generato da progetti di ricerca con industrie italiane ed europee, che operano in settori produttivi tradizionali. Negli ultimi anni il Dipartimento ha fatto uno sforzo per favorire la partecipazione a progetti cooperativi, quali progetti finanziati dalla Commissione Europea, da Fondazioni, da Regione Lombardia, che permettono di intraprendere progetti su tematiche di base e di ampio respiro. In questa ottica, il Dipartimento di Meccanica ha avviato attività in alcuni delle sopracitate aree della ricerca emergenti, che verranno ulteriormente sviluppate nel prossimo quadriennio.

## 2.4 Reti di ricerca

In linea con gli obiettivi di coltivare ed implementare la propria leadership nei settori di ricerca di interesse, il Dipartimento di Meccanica intende consolidare la propria rete di contatti nazionali ed internazionali oggi più che mai necessari sia per sviluppare progetti di ricerca sinergici con competenze complementari e multi-disciplinari, sia per accrescere l'impatto dei propri prodotti della ricerca.

I docenti e i ricercatori del Dipartimento di Meccanica hanno un ruolo attivo in diverse organizzazioni internazionali dedite al coordinamento ed alla diffusione di attività di ricerca scientifica e tecnologica, quali associazioni scientifiche, comitati di indirizzo, ed editorial board di riviste internazionali. Di seguito si riportano a titolo di esempio le principali attività.

**Associazioni scientifiche internazionali nei cui comitati di indirizzo operano i docenti e i ricercatori del Dipartimento di Meccanica:** ASME (American Society of Mechanical Engineers), CIRP (The International Academy for Production Engineering), EASN (European Aeronautics Scientific Network), EFFRA (European Factories of the Future Research Association), ESIS (European Structural Integrity Society), ETRIA (European TRIZ Association), IAVSD (International Association for Vehicle System Dynamics), IAWE (International Association for Wind Engineering), IFIP (International Federation for Information Processing), IFToMM (International Federation for the Promotion of Mechanism and Machine Science), OITAF (Organizzazione Internazionale Trasporti A Fune), SAWE (Society of Allied Weight Engineers), VSMM (Virtual Systems and MultiMedia).

**Riviste scientifiche internazionali nel cui comitato editoriale operano i docenti e i ricercatori del Dipartimento di Meccanica:** Flexible Services and Manufacturing Journal, International Journal of Design Creativity and Innovation, International Journal of Materials and Structural Integrity, International Journal of Rotating Machines, International Journal of Vehicle Performance, International Journal of Vehicle Systems Modelling and Testing, Journal of Integrated Design & Process Science, Journal of Modern Transportation, Journal of Quality Technology, Journal of Railway Technology, Journal of Sailboat Technology, Journal of Vibroengineering, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Mechanical Systems and Signal Processing, Structural Damage and Health Monitoring, Vehicle System Dynamics.

**Altre organizzazioni e comitati internazionali in cui sono presenti i docenti e i ricercatori del Dipartimento di Meccanica:** CEN-WG6 preparation of the European Standard on Evaluating crosswind effects on trains, Desire Initial Training Network on Creative Design for Innovation in Science and Technology, European Technology Platform Manufacture, European Wind Energy Technology Platform.

Oltre alle strutture formalizzate e agli organi ufficiali di indirizzo della ricerca scientifica, un'importanza notevole rivestono le interazioni informali con altre università e centri di ricerca accademici e industriali in virtù delle quali si registrano proficui scambi di docenti e studenti da cui hanno origine collaborazioni e progetti congiunti.

In particolare negli ultimi tre anni sono intercorsi scambi di breve e media durata di docenti e ricercatori universitari con molteplici Università in diversi paesi, tra cui in ordine di frequenza di scambi, America, Cina, Germania, Cile, Corea del Sud, Danimarca, Francia, Iran, Norvegia, Spagna, Inghilterra, Russia, Repubblica Ceca.

Gli scambi internazionali coinvolgono anche studenti in procinto di conseguire la Laurea Magistrale o il titolo di Dottore di Ricerca; tali scambi costituiscono un'ulteriore opportunità all'attivazione e al consolidamento di relazioni di ricerca e collaborazione sia con altre organizzazioni universitarie, sia con enti di ricerca industriale di rilevanza internazionale.

In linea con la propria missione, il Dipartimento di Meccanica si propone di incentivare gli scambi internazionali coerenti con le proprie linee di ricerca, premiando le cooperazioni formali ed informali che si concretizzano in risultati scientifici di rilievo per visibilità ed impatto nel mondo della ricerca scientifica ed industriale.

## 2.5 Trasferimento tecnologico

La ricerca del Dipartimento di Meccanica si presenta come fortemente legata alle tecnologie e applicata alle principali innovazioni in tutti i settori presenti in Dipartimento. Le tematiche di ricerca legate ai trasporti, all'energia, all'innovazione di prodotto, al sistema manifatturiero sono quindi indirizzate verso il tessuto industriale e dei servizi, a livello nazionale e internazionale.

In questo contesto esiste la necessità di un legame forte con il territorio e un'attenzione particolare alla fase di trasferimento tecnologico e di valorizzazione dei risultati della ricerca stessa.

Le attività di ricerca sono quindi spesso in collaborazione con le grandi imprese internazionali: Agusta Westland, Pirelli, Eni, Whirlpool, Ansaldo Energia, Tenaris, Ferrari, FS, Siemens, Bombardier, RFI, ed altri. Il Dipartimento è inoltre inserito in reti di imprese e distretti tecnologici in modo da rivestire un ruolo di indirizzo per alcuni settori nazionali: la nautica, il polo automotive lombardo, le tecnologie laser, ecc. In quest'ottica diventa inoltre importante il forte legame con Fondazione Politecnico di Milano per la sua presenza capillare nel sistema produttivo delle PMI nazionali e per il suo stretto legame con le principali istituzioni. Con la Fondazione è stato fondato il Joint Research Centre per le ricerche nel settore dell'alta velocità ferroviaria.

Il Dipartimento ha promosso iniziative in collaborazione con aziende e con focus su specifiche tematiche di interesse. Si ricorda il MUSP che opera nel piacentino nel settore delle macchine utensili e dei sistemi di produzioni, e Italcertifer che opera come organismo notificato per la certificazione dei sistemi di trasporto. Sinergica l'alleanza con CNR-ITIA con cui, attraverso una continua ricerca congiunta e dottorati in co-tutela, si sviluppano le tematiche dei sistemi di produzione, della robotica e dell'automazione industriale.

La spinta a una ricerca che vede nell'applicazione e nel legame alle esigenze del sistema produttivo il proprio obiettivo ha visto quindi crescere il numero di brevetti depositati dai ricercatori del Dipartimento, sia da ricerca autonoma sia da ricerca commissionata. Inoltre sono nati in questi ultimi anni spin-off universitari volti all'immissione sul mercato di prodotti della ricerca del Dipartimento.

Alle più storiche TIVeT che sviluppa sistemi attivi nel settore dei trasporti ferroviari, ISS S.r.l. - Innovative Security Solutions che propone soluzioni innovative nell'ambito dei sistemi di visione industriale e Mcm Energy Lab S.r.l. che sviluppa sistemi di controllo digitale e di conversione statica dell'energia, si sono affiancate ultimamente SmartMechanical-Company che presenta un sistema innovativo per la misura del tensore d'inerzia e E-Co che si presenta sul mercato delle auto elettriche con soluzioni after market.

### 3. Il rapporto tra ricerca e formazione

#### 3.1. Il Dipartimento e le Scuole

Uno degli aspetti fondamentali del presente progetto è sicuramente costituito dal ruolo che il Dipartimento di Meccanica intende avere nei confronti della formazione, sia a livello di Lauree (L) e Lauree Magistrali (LM), sia a livello di Dottorato di Ricerca.

Per quanto riguarda L e LM, il Dipartimento intende proseguire nel proficuo rapporto di collaborazione con le Scuole e i Corsi di Studio dell'Ateneo, contribuendo non solo a livello di erogazione di insegnamenti, ma anche in termini di progettazione e continuo miglioramento dell'offerta formativa, soprattutto in relazione agli obiettivi strategici dell'Ateneo. Si citano, tra gli altri:

- il passaggio alla lingua inglese per tutti gli insegnamenti delle LM a partire dall'a.a. 2014-2015;
- il processo di internazionalizzazione, da attuarsi mediante partnership strategiche (in ambito formazione e ricerca) con prestigiosi atenei europei ed extraeuropei, quali ad esempio alcune tra le cinque università tecniche afferenti a IDEA League, alcune tra le università cinesi che fanno parte della C9 League;
- l'attuazione dei nuovi progetti formativi per i Poli, soprattutto per quanto riguarda le Sedi di Piacenza, Lecco e Cremona.

Il Dipartimento di Meccanica è fortemente impegnato sul fronte della formazione, nell'ambito delle L e LM dell'Ateneo, in prevalenza a supporto dell'attività didattica delle Scuole di Ingegneria. Attualmente, circa il 64% dei CFU complessivamente erogati dal Dipartimento si riferiscono a insegnamenti della Scuola di Ingegneria Industriale, seguita in ordine decrescente dalle Scuole di Ingegneria dei Processi Industriali (14%), di Ingegneria dell'Informazione (7%), di Ingegneria dei Sistemi (6%) e di Ingegneria Civile (1%). A ciò vanno aggiunti gli insegnamenti tenuti per la Scuola di Design, pari a circa l'8% dei CFU complessivamente erogati.

Nell'ultimo a.a. (2011-2012), il Dipartimento di Meccanica ha erogato 227 insegnamenti, per complessivi 1.572 CFU. I corsi sono stati tenuti per il 25% circa da docenti di I fascia, per il 33% da docenti di II fascia, per il 25% da ricercatori, e per il rimanente 17% da docenti esterni, che collaborano con il Dipartimento. Oltre il 60% dei corsi tenuti dai docenti strutturati del Dipartimento (I fascia/II fascia/ricercatori) è stato erogato per compito istituzionale.

Come precedentemente evidenziato, circa i due terzi dei CFU sono erogati alla Scuola di Ingegneria Industriale, principalmente verso il Corso di Studi in Ingegneria Meccanica. Seppure l'esistenza di un rapporto privilegiato con quest'ultimo sia naturale, date le competenze e le aree di ricerca proprie del Dipartimento, tuttavia fa parte degli obiettivi strategici del presente progetto potenziare il contributo del Dipartimento alla didattica degli altri corsi di studio dell'Ateneo, valorizzando il ruolo fondamentale delle discipline di area meccanica per la formazione di ingegneri e designer.

Il passaggio alla lingua inglese per tutte le LM a partire dall'A.A. 2014-2015 e il processo di internazionalizzazione della Faculty e degli allievi, imporrà una revisione dei contenuti dei manifesti e della modalità didattica. In questa logica occorrerà inserire il contributo dei visiting professor, e revisionare gli insegnamenti sia in termini contenutistici, sia in termini di strumenti formativi.

#### 3.2. Il dottorato di ricerca

In linea con quanto fatto negli ultimi anni, il Dipartimento intende dedicare grande attenzione al dottorato di ricerca come momento fondante di formazione alla ricerca, accademica e non. In particolare, la strategia che il Dipartimento intende perseguire sul Dottorato di Ricerca può essere declinata in diverse direzioni:

*Internazionalizzazione*

Il Dottorato di Ricerca è da tempo un canale privilegiato per intraprendere e consolidare relazioni internazionali. La percentuale di studenti di cittadinanza non italiana è in costante crescita e oscilla attorno al 40% negli ultimi cicli. Su questo tema si intende continuare a sostenere il flusso di candidati stranieri, consolidando accordi quadro di doppio titolo e dottorato congiunto, in armonia con le azioni intraprese a livello di Dipartimento e di Ateneo e preparandosi a sfruttare l'opportunità che il passaggio alla lingua inglese sulla Laurea Magistrale offrirà in termini di internazionalizzazione in ingresso. Parallelamente, un altro canale importante di apertura verso l'estero è rappresentato dai visiting PhD student, in ingresso e in uscita. Negli ultimi anni abbiamo stabilito, attraverso questo canale, importanti connessioni con istituzioni come Imperial College, Technische Univesitat Munchen, KTH Royal Institute of Technology, Massachusetts Institute of Technology (MIT), University Wisconsin Madison, University of Illinois Urbana Champaign, University of California - Berkeley, Los Alamos National Laboratory, Chalmers University of Technology, Technion - Israel Institute of Tecnology (accordo di doppio titolo), Ecole centrale de Paris (accordo di co-tutela), Universidad Politecnica de Madrid (accordo di co-tutela). Si intende continuare a promuovere questi momenti di scambio sulle varie aree di ricerca attive in Dipartimento. Infine, il Dipartimento intende continuare a promuovere azioni di internazionalizzazione sulla didattica, erogando corsi tenuti da visiting professor di fama internazionale, in continuità con quanto fatto negli ultimi anni. Un'altra iniziativa che si intende continuare a sviluppare è il coinvolgimento di ricercatori di fama internazionali negli esami finali (esame finale con "opponent"), momento che rappresenta un'occasione di visibilità e di apertura dei nostri laboratori verso l'esterno. Nella stessa direzione si intende promuovere l'ingresso di docenti internazionali nel Collegio del Dottorato.

*Sviluppo di connessioni e sinergie nel Dipartimento e tra Dipartimenti.*

Il percorso di dottorato è un momento di scambio importante tra aree di ricerca nel Dipartimento. I momenti di valutazione semestrale sono seguiti da tutto il Collegio e sono importanti momenti di visibilità (di docenti e studenti di dottorato) sui vari temi di ricerca in corso in Dipartimento. Con lo stesso spirito, nel nostro dottorato, ogni studente viene seguito da un tutor che è tipicamente scelto in altro settore scientifico rispetto al supervisor, e che può contribuire positivamente al percorso educativo e scientifico dell'allievo di dottorato. Momenti simili sono importanti a livello interdottorale. In questo senso, il Dipartimento continua a promuovere azioni di didattica sul Dottorato che coinvolgono diversi Dipartimenti, al fine di potenziare gli scambi culturali tra docenti e ragazzi di dottorato.

*Momento di collegamento con la ricerca industriale.*

Il Dottorato in Ingegneria Meccanica è strutturalmente collegato al mondo industriale, come dimostrato dall'elevato numero di borse aziendali che annualmente vengono bandite. La presenza di progetti di ricerca che vengono congiuntamente seguiti da gruppi di ricerca in azienda e in università, favorisce la chiara definizione di obiettivi di ricerca coerenti con l'esigenze del mondo industriale e l'utilizzo di strumenti metodologici avanzati nello svolgimento della tesi di dottorato.

Si intende proseguire in quest'azione di confronto con il mondo industriale, estendendo i canali di connessione a importanti gruppi industriali fuori confine e collegandoli a iniziative di placement dei nostri dottori di ricerca, in Italia e all'estero.

#### *4. Laboratori e altre strutture dipartimentali*

Per il Dipartimento di Meccanica i laboratori costituiscono un elemento qualificante e vitale per la ricerca e la didattica, al quale il Dipartimento stesso dedica importanti risorse, sia dal punto di vista del personale addetto, sia da quello dell'impegno di budget ed anche come spazi: l'insieme di tutti i laboratori copre, infatti, un'area totale di 8.000m<sup>2</sup>.

Il Dipartimento di Meccanica ha sempre lavorato per garantire l'eccellenza dei suoi laboratori, investendo costantemente in essi anche grazie all'attività di autofinanziamento, a sua volta potenziata dalla disponibilità di strutture sperimentali all'avanguardia.

Nell'ambito del trasferimento del Dipartimento nel Campus Bovisa si è potuto potenziare in modo rilevante le strutture sperimentali, giungendo ad avere una rete di laboratori fra le più complete nel panorama universitario europeo.

Un elemento chiave del sistema laboratori è certamente costituito dal capitale umano, costituito da circa trenta tecnici, che nei laboratori svolgono la propria attività con dedizione e competenza, garantita anche dalle attività di formazione e aggiornamento che vengono promosse costantemente.

I laboratori scientifici del Dipartimento di Meccanica sono oggi strutturati, in base alle specifiche finalità di ciascuno di essi, nelle seguenti 18 aree: automotive e trazione ibrida, azionamenti elettrici, CAD/CAM e macchine utensili, controlli non distruttivi, controllo vibrazioni e rumore, didattici, dinamica dei cavi, Galleria del Vento, haptics e virtual prototyping, indagini metallurgiche, ingegneria ferroviaria, manufacturing, modellazione e simulazione, modelli e compositi, prove meccaniche su componenti, prove meccaniche sui materiali, strumenti di misura e riferibilità metrologica e tecniche di visione 3D. Ogni area dispone di strutture e strumentazioni all'avanguardia e mantenute costantemente aggiornate con lo sviluppo scientifico e tecnologico; nel suo insieme il patrimonio di strumenti del Dipartimento ha un valore di oltre 17 milioni di euro.

Il Dipartimento di Meccanica dispone anche di laboratori trasversali alle diverse aree di ricerca, che si occupano fra l'altro delle lavorazioni meccaniche tradizionali e di numerosi servizi necessari al funzionamento dell'attività del Dipartimento stesso. Queste strutture svolgono una attività di supporto ai diversi filoni di attività, fra cui la didattica, la ricerca scientifica e le prove conto terzi.

Il Dipartimento dispone anche di un sistema di qualità dei laboratori, che si uniforma al "Sistema Qualità del Politecnico di Milano" (SQP), e nell'ambito del quale vengono svolte gran parte delle attività didattiche e di ricerca. E' altresì attivo un sistema di taratura interna di numerose grandezze, oltre al centro accreditato per la taratura di trasduttori di accelerazione.

Un elemento importante nel sistema laboratori sono anche le aule dedicate ed attrezzate per la didattica sperimentale, per la quale il Dipartimento ha sempre dimostrato una particolare attenzione. I numerosi laboratori didattici presenti nel Dipartimento consentono una frequenza di circa 200 studenti contemporaneamente e sono attrezzati per permettere esperienze di didattica sperimentale in molteplici aree scientifiche, fra cui: progettazione meccanica, processi di lavorazione, materiali, mecatronica, misure, veicoli e prototipazione virtuale.

Nel prossimo quadriennio il Dipartimento si propone di mantenere in efficienza gli attuali laboratori, mettendoli a sistema dell'intero Ateneo, e del tessuto industriale e della ricerca. Sarà necessario un continuo potenziamento delle infrastrutture tecnologiche dei laboratori stessi, attraverso opportunità offerte dall'Ateneo e attraverso l'impiego di risorse proprie. Il Dipartimento valuterà la possibilità di fare investimenti e di dare supporto ai gruppi di ricerca per le proprie esigenze specifiche. Attenzione particolare sarà rivolta allo sviluppo di nuovi laboratori interdipartimentali e network di laboratori.

## 5. Strategie di internazionalizzazione

### 5.1.L'obiettivo

Una delle missioni del Dipartimento di Meccanica è perseguire la qualità del sistema di ricerca e di formazione del capitale umano, che ne costituisce l'asset. A tal fine, nel quadriennio 2013-2016 il Dipartimento intende potenziare le attività di internazionalizzazione della ricerca e della didattica, e di promozione della mobilità sia del corpo docente sia del corpo studente.

Il progetto per l'internazionalizzazione del Dipartimento di Meccanica si pone l'obiettivo di rafforzare la reputazione internazionale del Dipartimento, migliorare la rete di rapporti internazionali, con l'obiettivo di una maggior apertura ed incremento della qualità della ricerca, attrarre eccellenze internazionali nelle posizioni di visiting professor, e reclutare studenti di dottorato stranieri di eccellenza.

Obiettivi prioritari della politica di internazionalizzazione del Dipartimento comprendono:

- inserire il Dipartimento in reti internazionali, intensificando le collaborazioni scientifiche con università straniere, valorizzando i programmi di cooperazione allo sviluppo di conoscenze e di esperienze, ed istituendo percorsi di studio in collaborazione con università straniere (*joint/double degrees, dottorati internazionali, ecc.*).
- favorire la costituzione di un ambiente internazionale per i nostri studenti, attraverso la presenza di studenti stranieri, e favorendone anche la mobilità, attraverso programmi di scambio.

Molteplici sono i benefici attesi dal potenziamento dell'attività di internazionalizzazione del Dipartimento, tra cui il raggiungimento di una maggior visibilità internazionale del Dipartimento e dei suoi docenti, il miglioramento della reputazione internazionale dei programmi di ricerca e formazione, il raggiungimento di una posizione più competitiva nel panorama internazionale, la possibilità di attivare partnership di eccellenza, anche multidisciplinari, ed il miglioramento della qualità dell'internazionalizzazione ai fini dei Rankings interni ed esterni.

### 5.2.La Strategia

Le iniziative per l'internazionalizzazione del Dipartimento si articolano in molteplici azioni.

#### *Valorizzazione della ricerca*

Il Dipartimento riconosce qualche spazio di miglioramento per ciò che riguarda la valorizzazione e la comunicazione dei risultati della ricerca e delle proprie attività, che al momento non rendono adeguati ritorni in termini di riconoscimenti e collaborazioni, rispetto all'effettivo valore degli stessi. Pertanto, nel prossimo periodo il Dipartimento si impegnerà per una più efficace raccolta e strutturazione di dati ed informazioni, per il miglioramento del proprio sito e del materiale divulgativo, soprattutto in lingua inglese.

#### *Partnership internazionali*

Il Dipartimento si propone di intensificare le collaborazioni scientifiche con università straniere, attraverso l'istituzione di programmi di ricerca e didattica congiunti, anche partendo dalla messa a sistema di contatti individuali. Il Dipartimento cercherà anche di impegnarsi sulla proposizione di un maggior numero di proposte di progetti nel contesto EU/People, al fine di incrementare gli scambi di studenti/Faculty con università partner di eccellenza.

#### *Azioni sul dottorato di ricerca*

Il Dipartimento riconosce nel dottorato di ricerca uno degli strumenti più efficaci, e su cui maggiormente investire, ai fini del raggiungimento di un eccellente livello di internazionalizzazione dei docenti, degli studenti, e del Dipartimento tutto. Tra le attività, si individuano come strategiche:

- Rafforzamento della rete internazionale attraverso azioni quali visiting professor invitati e coinvolgimento di foreign opponents (vedasi sez. 3.2).
- Attrazione di un maggior numero di studenti, in particolare studenti eccellenti, provenienti da università straniere con buon collocamento nei rankings.
- Organizzazione di scambi di PhD students con colleghi di Università straniere e co-tutoring di dottorandi a seguito di proficui periodi di visita all'estero, in un'ottica di creazione e rafforzamento di stabili relazioni a supporto della attrazione di dottorandi stranieri.

*Faculty e visiting*

Il Dipartimento si propone di cogliere le varie opportunità a favore dell'internazionalizzazione:

- Utilizzo dei fondi per il finanziamento alla ricerca di base (FARB) per ospitare ricercatori eccellenti a livello internazionale, con l'obiettivo di collaborare su tematiche di ricerca di base, con i ricercatori del Dipartimento.
- Utilizzo ottimale dei finanziamenti per le politiche di internazionalizzazione disponibili in Ateneo. Nello specifico, obiettivi minimi individuati per il futuro quadriennio sono:
  - la chiamata di 1 PA straniero.
  - 1 posizione di PoliMI International fellowship.
  - Faculty Internazionale – temporary short visits: 4 prof./anno.
  - Faculty Internazionale – long term visits (6-12 mesi): 2 prof. /anno.
  - Invito di Faculty internazionale per tenere seminari per i dottorandi, e organizzazione di corsi di dottorato con docenti stranieri.

*Eventi internazionali*

Il Dipartimento si propone di organizzare eventi internazionali o con visibilità internazionale, per far conoscere il Dipartimento, le ricerche, il corpo docente, i laboratori. Il Dipartimento pertanto favorirà:

- L'organizzazione di Summer Schools.
- Patrocinio e promozione per l'organizzazione di conferenze internazionali.
- Organizzazione di un evento PoliMI-MECC in occasione del 150° PoliMI.

*Allegato – ERC Keywords*

PE1\_17 Numerical analysis

PE1\_18 Scientific computing and data processing

PE1\_19 Control theory and optimization

PE2\_6 Electromagnetism

PE2\_12 Acoustics

PE2\_17 Metrology and measurement

PE3\_2 Mechanical and acoustical properties of condensed matter

PE4\_17 Corrosion

PE4\_18 Characterization methods of materials

PE5\_1 Structural properties of materials

PE5\_3 Surface modification

PE5\_4 Thin films

PE5\_6 New materials: oxides, alloys, composite, organic-inorganic hybrid, nanoparticles

PE6\_2 Computer systems, parallel/distributed systems, sensor networks, embedded systems, cyber-physical systems

PE6\_8 Computer graphics, computer vision, multi media, computer games

PE6\_9 Human computer interaction and interface, visualization and natural language processing

PE7\_2 Electrical and electronic engineering: semiconductors, components, systems

PE7\_3 Simulation engineering and modelling

PE7\_9 Man-machine-interfaces

PE7\_10 Robotics

PE8\_1 Aerospace engineering

PE8\_5 Fluid mechanics, hydraulic-, turbo-, and piston engines

PE8\_6 Energy systems (production, distribution, application)

PE8\_7 Micro (system) engineering

PE8\_8 Mechanical and manufacturing engineering (shaping, mounting, joining, separation)

PE8\_9 Materials engineering (biomaterials, metals, ceramics, polymers, composites, ...)

PE8\_10 Production technology, process engineering

PE8\_11 Product design, ergonomics, man-machine interfaces

PE8\_12 Sustainable design (for recycling, for environment, eco-design)

PE8\_13 Lightweight construction, textile technology

PE8\_14 Industrial bioengineering

PE9\_17 Instrumentation - telescopes, detectors and techniques

ALLEGATO 2

**Elenco delle Sezioni del Dipartimento di Meccanica:**

- Costruzioni di Macchine e Veicoli
- Materiali per Applicazioni Meccaniche
- Meccanica dei Sistemi
- Misure e Tecniche Sperimentali
- Progetto e Disegno di Macchine
- Tecnologie Meccaniche e Produzione