

# LA RICERCA E IL TRASFERIMENTO DI TECNOLOGIA AL DII

LE ATTIVITÀ DI RICERCA E  
TECH-TRANS AL DIPARTIMENTO  
DI INGEGNERIA INDUSTRIALE  
DELL'UNIVERSITÀ DI PADOVA



click! PDF interattivo!

1222 · 2022  
800  
ANNI



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



## presentazione

“*Ricerca e trasferimento di tecnologia sono aspetti inscindibili dell'attività del DII, perchè esprimono la natura stessa e il significato del rapporto tra scienza ingegneristica e società.*”

Accanto alle missioni tradizionali legate all'attività didattica e alla ricerca, le Università sono chiamate a sviluppare quella che va sotto il nome, in verità un po' criptico, di "terza missione".

Al di là dei tecnicismi del linguaggio burocratico, per "terza missione" si intende assai più concretamente l'attività svolta dalle Università per promuovere all'interno della società la divulgazione e l'applicazione dei risultati delle attività di ricerca.

La "terza missione" è quindi in realtà tutt'altro che "terza", poiché risponde al profondo e continuo bisogno di innovazione espresso a tutti i livelli dagli interlocutori del sistema universitario, i "portatori di interessi" a livello sociale, imprenditoriale, economico e culturale.

Questa sintetica pubblicazione intende illustrare le attività di ricerca e trasferimento di tecnologia del Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università di Padova, che concretizzano i significati espressi dalla "terza missione". Una rassegna sui nove temi su cui si articola la ricerca al DII e sugli oltre 40 gruppi che ne sviluppano l'attività, con l'obiettivo di contribuire a processi di sviluppo sostenibili e orientati al reale miglioramento della qualità della vita nella nostra società.

Stefania Bruschi

*Direttore del Dipartimento di Ingegneria Industriale*

UNIVERSITA' FACOLTA' DI INGEGNERIA



# 01 INDEX



**bioingegneria,  
biotecnologia  
e tecnologie  
per la salute**



**energia**



**management e  
imprenditorialità**



**materiali**



**processi  
e prodotti  
industriali**



**sicurezza  
ambientale  
e industriale**



**sistemi  
aerospaziali**



**sistemi  
elettrici**



**sistemi  
meccanici**



## bioingegneria, biotecnologia e tecnologie per la salute

“La ricerca nel campo dei biomateriali è essenziale per l'avanzamento di studi e conoscenze nel settore della medicina rigenerativa e per lo studio di malattie.”

Il tema della bioingegneria è sviluppato al DII all'interno di diverse aree prioritarie di attività, sinteticamente illustrate di seguito.

### **Biomateriali**

In questo settore della ricerca, sono diversi i gruppi del DII che, a vario titolo e con competenze diverse, si occupano di progettare, realizzare e caratterizzare materiali innovativi, in grado di mimare i tessuti naturali e di interagire con l'ambiente biologico.

### **Biomeccanica e meccanica dei materiali biologici**

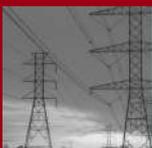
Le attuali risorse di calcolo consentono di completare con metodi numerici la caratterizzazione meccanica di tessuti biologici ottenuta con metodi sperimentali. Ciò permette l'analisi computazionale della funzionalità meccanica delle strutture biologiche e lo studio della funzionalità biomeccanica di apparati biomedicali.

### **Ingegneria biologica e biochimica**

L'approccio ingegneristico allo studio dei fenomeni biologici permette di implementare soluzioni tecnologiche capaci di superare le limitazioni della cosiddetta “flat biology”. Cellule e tessuti crescono in ambienti più simili a quelli presenti nell'organismo, e rappresentano quindi un modello di studio più fedele della biologia umana.

### **Ingegneria ortopedica e della riabilitazione**

In questo ambito della ricerca vengono sviluppate metodologie di analisi e progettazione per attrezzi sportivi e per la riabilitazione.





### I GRUPPI DI RICERCA

<https://www.dii.unipd.it>

/aerstru

Strutture aerospaziali

/ceramglass

Ceramici avanzati e vetri

/biamet

Applicazioni biomediche di  
tecnologie ingegneristiche  
multiscala

/costrmac

Costruzione di macchine

/bioera

Ingegneria biologica:  
ricerca e applicazioni

/hymat

Materiali ibridi

/bioingchim

Bioingegneria chimica

/mmsa

Meccanica applicata  
alle macchine

/biomeccbio

Bioingegneria meccanica

/parlab

Microalghe

/CAPE-Lab

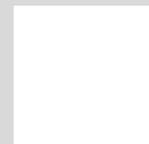
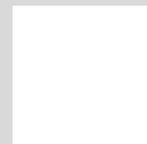
Computer aided  
process engineering

/superunit

Fluidi supercritici

### IL TRASFERIMENTO DI TECNOLOGIA

Interazioni con aziende sociosanitarie e biomedicali per attività di: medicina in silico; sviluppo di processi di conservazione e sterilizzazione; implementazione di modelli in vitro per lo screening di farmaci; ricerca di biomateriali e dispositivi; produzione di sostituti tessutali. Collaborazioni con aziende farmaceutiche, nutraceutiche e sviluppatrici di dispositivi per la chirurgia, la clinica interventistica e l'ortopedia.





## energia

“Le ricerche in ambito tecnico, economico e sociale sono coniugate insieme con un obiettivo comune: la transizione energetica e l’abbattimento delle emissioni inquinanti.”

Per la sua intrinseca multidisciplinarietà la tematica “energia” viene studiata sotto molteplici aspetti come di seguito illustrato.

### Economia e politica dell’energia

Con un approccio multidisciplinare vengono studiati gli investimenti e le scelte degli operatori e delle amministrazioni in campo energetico, la regolamentazione del settore dell’energia con particolare focus sul settore elettrico e tutte le politiche che legano l’energia alle tematiche ambientali quali ad esempio la diffusione di fonti rinnovabili e dell’efficienza energetica.

### Energia degli edifici

La riduzione dei fabbisogni energetici degli edifici, l’inserimento di sistemi di riscaldamento e raffrescamento efficienti e a basso impatto ambientale, l’integrazione di sistemi di generazione a fonte rinnovabile e il comfort termo-igrometrico, acustico e visivo degli utenti sono tematiche di ricerca che coinvolgono, a vario titolo e con competenze differenti, diversi gruppi del DII. Le ricerche, grazie all’ausilio di risorse di calcolo e laboratori dedicati, spaziano dall’analisi dei sistemi per la climatizzazione con fluidi naturali e a basso impatto ambientale, all’ottimizzazione energetica dell’involucro edilizio e dei sistemi tecnologici integrati con le fonti energetiche rinnovabili, fino al benessere degli ambienti di vita e di lavoro.

### Fusione nucleare

Vengono condotti studi e ricerche di base sia nel campo della fusione termonucleare controllata a confinamento magnetico quale fonte di energia che su plasmi per applicazioni in ambito biomedico ed industriale.

### Macchine a Fluido

Algoritmi numerici avanzati vengono sviluppati per l'ottimizzazione progettuale e delle caratteristiche funzionali sia di macchine operatrici quali compressori, ventilatori e pompe, che di macchine motrici come turbine idrauliche, a gas ed aeromotori per centrali eoliche. Le prestazioni in condizioni di design e fuori progetto delle varie tipologie di macchine a fluido sono studiate mediante tecniche CFD sviluppate ad-hoc. Inoltre, grazie alla disponibilità di due laboratori opportunamente attrezzati, si caratterizza sperimentalmente il comportamento di ventilatori, espansori radiali, motori a combustione interna, pompe e turbine idrauliche e macchine idrauliche reversibili. È disponibile inoltre un laboratorio di calcolo numerico dedicato alla progettazione e ottimizzazione avanzata delle macchine, in particolare delle turbomacchine impiegate nella propulsione aerea.

### Impianti di produzione dell'energia

Tecniche numeriche avanzate vengono sviluppate sia per ottimizzare il design e il funzionamento dei sistemi di produzione dell'energia (siano essi macro o micro) alimentati da fonti fossili e rinnovabili e integrati con sistemi di accumulo, che per modellare e controllare i singoli impianti e i loro componenti i quali sfruttano le fonti alternative e il calore di scarto e/o residuo a medio-bassa entalpia.

Inoltre, vengono condotte ricerche sia su soluzioni innovative di conversione dell'energia solare mediante l'uso di nanofluidi che di impianti cogenerativi in cui la rete di distribuzione del calore possa essere elemento per accumulare energia e renderne più flessibile il funzionamento. Infine, utilizzando la Life Cycle Assessment (LCA), vengono analizzati e quantificati i potenziali impatti sull'ambiente e sulla salute umana associati alla produzione di energia elettrica da fonti fossili e rinnovabili e a diversi processi per la produzione di calore.

### Sistemi di stoccaggio dell'energia

Sono diversi i gruppi del DII che sviluppano ricerche nell'ambito dei dispositivi e sistemi di stoccaggio. In particolare, le attività coinvolgono sia lo sviluppo di dispositivi avanzati di stoccaggio elettrochimico, sistemi di accumulo dell'energia elettrica sotto forma termica, sistemi di accumulo che impiegano materiali a cambiamento di fase e idrogeno, che l'analisi delle prestazioni di impianti di stoccaggio (quali quelli idroelettrici).



## 06



Inoltre, grazie alle risorse di calcolo e i laboratori dedicati vengono sviluppati algoritmi in grado di ottimizzare il design e le logiche di gestione e controllo di questi sistemi sia che si consideri il singolo dispositivo che soluzioni ibride dove diverse tecnologie di stoccaggio interagiscono con impianti a fonti rinnovabili e fossili per soddisfare la domanda di energia elettrica e termica.

### Termodinamica applicata e trasporto del calore

Ricerche numeriche e sperimentali vengono condotte per studiare lo scambio termico bifase, la vaporizzazione/condensazione di fluidi a basso impatto ambientale all'interno o all'esterno di tubi per il condizionamento dell'aria e per la refrigerazione, la fusione/solidificazione di materiali a cambiamento di fase (PCM) da utilizzarsi in accumuli termici o in sistemi di raffreddamento, la condensazione in microgravità e la condensazione a gocce di vapore d'acqua saturo e di aria umida su superfici a bagnabilità modificata.

## I GRUPPI DI RICERCA

<https://www.dii.unipd.it>

/betalab

**Fisica dell'ambiente costruito**

/labheatmg

**Trasmissione del calore in microgeometrie**

/capelab

**Computer-aided process engineering**

/martes

**Modelling Analysis and Research in Turbomachinery and Energy Systems**

/chemamse

**Chimica dei materiali per la metamorfosi e lo stoccaggio di energia**

/parlab

**Microalghe**

/fusione

**Plasmi e fusione**

/stet

**Tecnologie sostenibili per il calore e la refrigerazione**

/green

**Economia dell'energia**

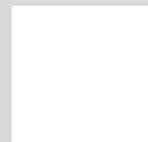
/tes

**Macchine a fluido e sistemi energetici**



### IL TRASFERIMENTO DI TECNOLOGIA

Lo sviluppo di modelli per l'ottimizzazione, l'analisi del ciclo di vita di sistemi energetici e loro componenti nonché la caratterizzazione sperimentale di macchine motrici e operatrici sono alcune delle competenze messe a disposizione di aziende (e.g. Leonardo, Rolls-Royce, Safran, Calpeda, Varisco, Tamanini, Polidoro), studi professionali (e.g. 45 Engineering, RXENERGY), gestori di energia e reti (e.g. Acque Veronesi, Veritas) e spin-off (e.g. Hit09)





## management e imprenditorialità

“L’organizzazione dei sistemi industriali, l’Industria 4.0 e il Business Sostenibile sono tematiche che puntano alla digitalizzazione e alla sostenibilità ambientale dei sistemi industriali.”

Le principali tematiche affrontate in ambito “Management e Imprenditorialità” sono brevemente descritte di seguito.

### ■ Sistemi organizzativi resilienti e Industria 4.0

La ricerca si focalizza sull’analisi dello sviluppo organizzativo e gestionale in aziende sia pubbliche che private con particolare attenzione allo studio di pratiche manageriali e sistemi di misurazione delle prestazioni come strumenti capaci di supportare la gestione della complessità organizzativa, lo sviluppo di sistemi resilienti e i processi di crescita in contesti di Industria 4.0.

### ■ Imprenditorialità e sviluppo di impresa

In questo ambito, grazie sia all’integrazione di diverse piattaforme di dati che all’applicazione di tecniche di data mining e algoritmi di machine learning e deep learning, i ricercatori del DII studiano i modelli di startup tecnologiche e innovative con l’obiettivo di analizzarne i modelli di successo. Al fine di evidenziare nuovi settori di applicazione e contestualmente innovativi modelli di business, si analizzano startup tecnologiche in ambito Consumer Internet of Things.

### ■ Modelli di business per la sostenibilità ambientale e l’economia circolare

Con l’obiettivo di sviluppare nuovi modelli di business, produzione e consumo compatibili con una crescita sostenibile si studiano i modelli di impresa dal punto di vista della sostenibilità e dell’economia circolare.



# INDUSTRY 4.0



## I GRUPPI DI RICERCA

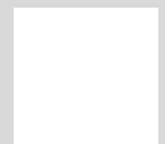
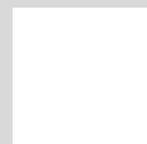
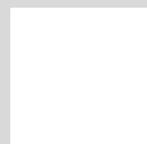
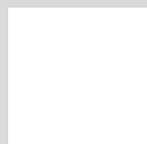
<https://www.dii.unipd.it>

/management

Management e  
imprenditorialità

## IL TRASFERIMENTO DI TECNOLOGIA

Il trasferimento di conoscenza su tematiche economico-gestionali si concretizza con progetti e consulenze su tematiche di business incubation, programmi di accelerazione, ecosistemi per l'innovazione, innovazione di sistemi organizzativi e misurazione e gestione delle prestazioni.





## materiali

“Area di ricerca volta a sviluppare e testare il materiale adatto per ogni applicazione: dall’ambito industriale al biomedicale.”

Le principali tematiche affrontate in ambito “Materiali” vengono descritte brevemente di seguito.

### Materiali ceramici, vetrosi e vetro-ceramici

Componenti ceramici, vetrosi e vetro-ceramici vengono sviluppati usando diverse tecnologie di produzione e materie prime, tra cui: la manifattura additiva di polimeri preceramici, geopolimeri, soluzioni sol-gel, polveri ceramiche e vetrose per produrre oggetti in una scala che va dal millimetro al metro; la produzione di componenti ceramici e vetrosi porosi tramite tecniche innovative di schiumaggio; l’ottenimento di bioceramici da formulazioni e processi innovativi; il *up-cycling* di residui industriali e materiali naturali per la produzione di componenti strutturali e funzionali a incrementato valore aggiunto.

### Materiali polimerici

L’attività di ricerca si focalizza sia sullo sviluppo, formulazione e processing di materiali polimerici dotati di selezionate prestazioni e funzionalità (es. elevate caratteristiche meccaniche o elettriche, stabilità termica ed idoneo comportamento al fuoco, elevate proprietà barriere), sia sull’elaborazione di innovativi processi di riciclo sia meccanico che chimico. Si analizzano e studiano inoltre polimeri termoindurenti e termoplastici, polimeri micro- e nano-compositi e/o nanostrutturati per applicazioni nei più svariati settori (ad esempio automotive, isolamento termico, packaging, applicazioni biomediche ed ambientali). Grazie alle competenze e alle apparecchiature è possibile sviluppare un materiale di prestazioni adeguate allo specifico utilizzo.

### Materiali metallici

Innumerevoli sono i campi di utilizzo e le applicazioni che richiedono l'uso di materiali metallici, i quali opportunamente combinati con materiali non metallici danno vita alle leghe metalliche. L'attività di ricerca è volta allo studio e al miglioramento delle leghe metalliche (e.g. acciai altoresistenziali, acciai inossidabili, intermetallici, leghe di titanio, magnesio, alluminio, rame, leghe preziose) e dei processi ad esse legati quali ad esempio le trasformazioni diffusion-less e i rivestimenti anticorrosivi e antiusura su acciai e leghe leggere. Le diverse leghe vengono poi studiate in termini di evoluzione microstrutturale, analisi delle tensioni residue, modellazione del movimento delle dislocazioni, elettro-plasticità.



### Nano materiali

Scienza e ingegneria dei materiali sono applicate su scala nanometrica per sviluppare nanomateriali. Le principali attività di ricerca riguardano lo studio e la preparazione di:

- nanocompositi a base polimerica con proprietà antimicrobiche;
- argille organomodificate da utilizzare nella preparazione di nanocompositi a base epossidica;
- film sottili a base di ossidi per sensori di gas e sensori plasmonici;
- film sottili a bagnabilità controllata per applicazioni industriali;
- nano-polveri a porosità controllata per catalisi, nanocompositi a base di biopolimeri, film nano strutturati per applicazioni optoelettroniche.

Diverse sono le tecnologie di deposizione di film sottili disponibili (dip, spin e spray coating), nonché di forni per trattamenti termici in atmosfera controllata.

### Caratterizzazione dei materiali

Tale ambito di ricerca è volto ad identificare sperimentalmente diverse proprietà dei materiali attraverso tecniche di misurazione all'avanguardia. In particolare, vengono studiate ed adottate le seguenti tecniche di caratterizzazione dei materiali:

- Risonanza magnetica nucleare in stato solido
- Diffrazione a raggi X, SEM, AFM, FTIR, misure BET per area superficiale, misure ottiche di film sottili ed ellissometria a temperatura ed atmosfera controllata, gas sensing ottico.
- Tecniche di misura in regime stazionario e transitorio per determinare la conduttività e la diffusività termica di materiali, tra cui il metodo transitorio Hot Disk per vari tipi di materiali (metalli, leghe, ceramiche) e metodo del termoflussimetro per materiali isolanti.
- Processi di pirolisi in condizioni controllate per la caratterizzazione chimico-fisica e morfologica di carboni attivi da biomasse.

## 12



Vengono inoltre condotte delle ricerche per la caratterizzazione:

- di nuovi catalizzatori per processi di ossidazione ed elettrocatalisi.
- di nuovi composti organometallici e organici per applicazioni industriali.
- di sistemi fosfazenici (oligomerici e polimerici) per la preparazione di materiali avanzati.
- di materiali metallici ottenuti per additive-manufacturing.
- della datazione di fibre di lino attraverso metodi alternativi al C14, quali ad esempio metodi innovativi di datazione meccanica (carico di rottura e modulo di Young) e opto-chimica (Raman e FT-IR). È in fase avanzata un nuovo metodo basato sul wide-angle X-ray scattering.

### Meccanica dei materiali

L'attività di ricerca in tale ambito è volta a studiare la meccanica e la scienza computazionale di materiali metalli, ceramici, polimerici e compositi. Diversi sono gli aspetti studiati, si va dalla tribologia e la meccanica del contatto, allo studio dei fenomeni di frattura e danneggiamento e dei difetti (e.g. dislocazioni, cricche, interfacce). Per meglio rappresentare i fenomeni studiati si fa utilizzo di una modellistica multiscala e multifisica. Parte delle ricerche sono volte allo sviluppo e all'uso di modelli numerici basati sulla dinamica molecolare, sulla dinamica delle dislocazioni, la crystal plasticity, e sui metodi agli elementi finiti. Al fine di migliorare l'aspetto computazionale dei modelli è oggetto di studio l'accelerazione delle simulazioni numeriche tramite approssimazioni arricchite, modelli di ordine ridotto, e approcci di apprendimento automatico.

### I GRUPPI DI RICERCA

<https://www.dii.unipd.it>

/biamet

**Applicazioni biomediche di tecnologie ingegneristiche multiscala**

/ceramglass

**Ceramici avanzati e vetri**

/bioera

**Ingegneria biologica: ricerca e applicazioni**

/chemamse

**Chimica dei materiali per la metamorfosi e lo stoccaggio di energia**

/bioingchim

**Bioingegneria chimica**

/chemtec

**Chimica e tecnologia dei composti metallorganici**

/biomec

**Bioingegneria meccanica**

/co2

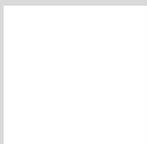
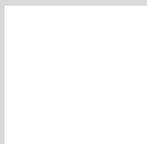
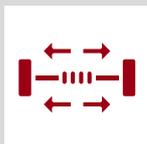
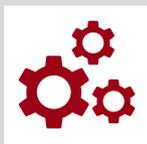
**Cattura e utilizzo dell'anidride carbonica**



/coms	<b>Scienza computazionale dei materiali</b>	/metallurgia	<b>Metallurgia</b>
/condterm	<b>Conduttività termica</b>	/nanoeng	<b>Ingegneria dei nanomateriali</b>
/costrmac	<b>Costruzione di machine</b>	/peg	<b>Ingegneria dei polimeri</b>
/lep	<b>Tecnologie elettrotermiche</b>	/sindone	<b>Analisi meccaniche sulla Sindone</b>
/hymat	<b>Materiali ibridi</b>	/tecno	<b>Tecnologie e sistemi manifatturieri</b>

**IL TRASFERIMENTO DI TECNOLOGIA**

Il supporto tecnico per la risoluzione di problemi industriali nel campo della scienza e tecnologia dei materiali è fornito tramite contratti di ricerca e consulenza o analisi e test di laboratorio. Alcune delle tematiche condivise con l'industria riguardano: produzione e caratterizzazione di vetri, ceramici, nano-polveri, materiali porosi; trattamenti superficiali; caratterizzazione e miglioramento delle proprietà meccaniche, ottiche, termiche.





## processi e prodotti industriali

*“Aree di ricerca volte a generare innovazione che possa essere trasferita in tempi rapidi ai sistemi produttivi.”*

Molteplici sono le attività di ricerca nell'ambito dei processi e dei prodotti industriali sinteticamente illustrate di seguito.

### Modellazione e ottimizzazione dei processi

Requisito fondamentale per il miglioramento dei processi industriali è una loro corretta conoscenza e rappresentazione. Questo è possibile grazie allo sviluppo e all'implementazione dei cosiddetti digital twins, modelli matematici - basati sui principi chimici, fisici e biologici che governano le trasformazioni industriali - integrati da dati di produzione (big data). A partire da questi modelli e dati, i ricercatori del DII si occupano dello sviluppo di metodologie innovative volte a monitorare, pianificare, controllare e ottimizzare l'intero processo produttivo nonché a certificare ed accreditare sia il processo che il prodotto.

### Ingegneria della produzione e dei processi chimici

Le attività condotte in questo ambito sono volte alla ricerca e allo sviluppo di materie plastiche, con particolare attenzione all'ingegneria delle formulazioni e allo studio del comportamento al fuoco e della stabilità termica dei polimeri. Agli studi teorici si affiancano le indagini sperimentali condotte nei laboratori del DII che sono forniti di strumenti all'avanguardia per la caratterizzazione termica, meccanica, chimica e chimico-fisica dei materiali nonché di diverse stazioni di processing di materiali termoplastici e termoindurenti.

### Ingegneria delle reazioni chimiche

Le reazioni chimiche di interesse nell'industria di processo sono studiate con particolare riguardo alle reazioni gas-solido dove il solido è un catalizzatore (e.g. produzione di idrogeno per reforming o ossidazione parziale del metano, metanazione di CO<sub>2</sub>, sintesi diretta del perossido di idrogeno).

Numerosi sono anche gli studi condotti nell'ambito delle reazioni gas-solido non catalitiche (e.g. pirolisi, smouldering, combustione) finalizzate al recupero di materia ed energia da biomasse o residui industriali. La sperimentazione su tali tematiche viene condotta utilizzando svariati tipi di reattore (dalle autoclavi ai reattori in flusso).



### **Ingegneria manifatturiera**

I processi industriali che riguardano le lavorazioni di metalli e polimeri vengono studiati e migliorati attraverso modellazione fisica, simulazione numerica e sperimentazione. Numerosi sono i processi oggetto di studio, tra i quali: formatura e lavorazioni per asportazione di truciolo di metalli; processi di stampaggio e formatura di polimeri; manifattura additiva di polimeri e metalli; microlavorazioni ( $\mu$ -EDM,  $\mu$ -stampaggio ad iniezione,  $\mu$  lavorazioni e  $\mu$ -sinterizzazione laser).

L'attenzione è posta non solo sul processo ma anche sul prodotto; infatti, la complessità geometrica di quest'ultimo è un elemento fondamentale nella gestione del processo. A tal fine vengono condotti studi per la ricostruzione, la rappresentazione e l'analisi di modelli geometrici di superfici a forma libera e di componenti meccanici, per la specificazione geometrica dei prodotti, per la quotatura funzionale e per le tolleranze geometriche. Sono inoltre sviluppati metodi per la modellazione geometrica, la progettazione e la simulazione dedicati alle tecnologie additive, in particolare di strutture alleggerite e reticolari.

Infine, si studiano tecniche diagnostiche non distruttive per la verifica della qualità dei prodotti, quali la metrologia geometrica e la tomografia computerizzata industriale.

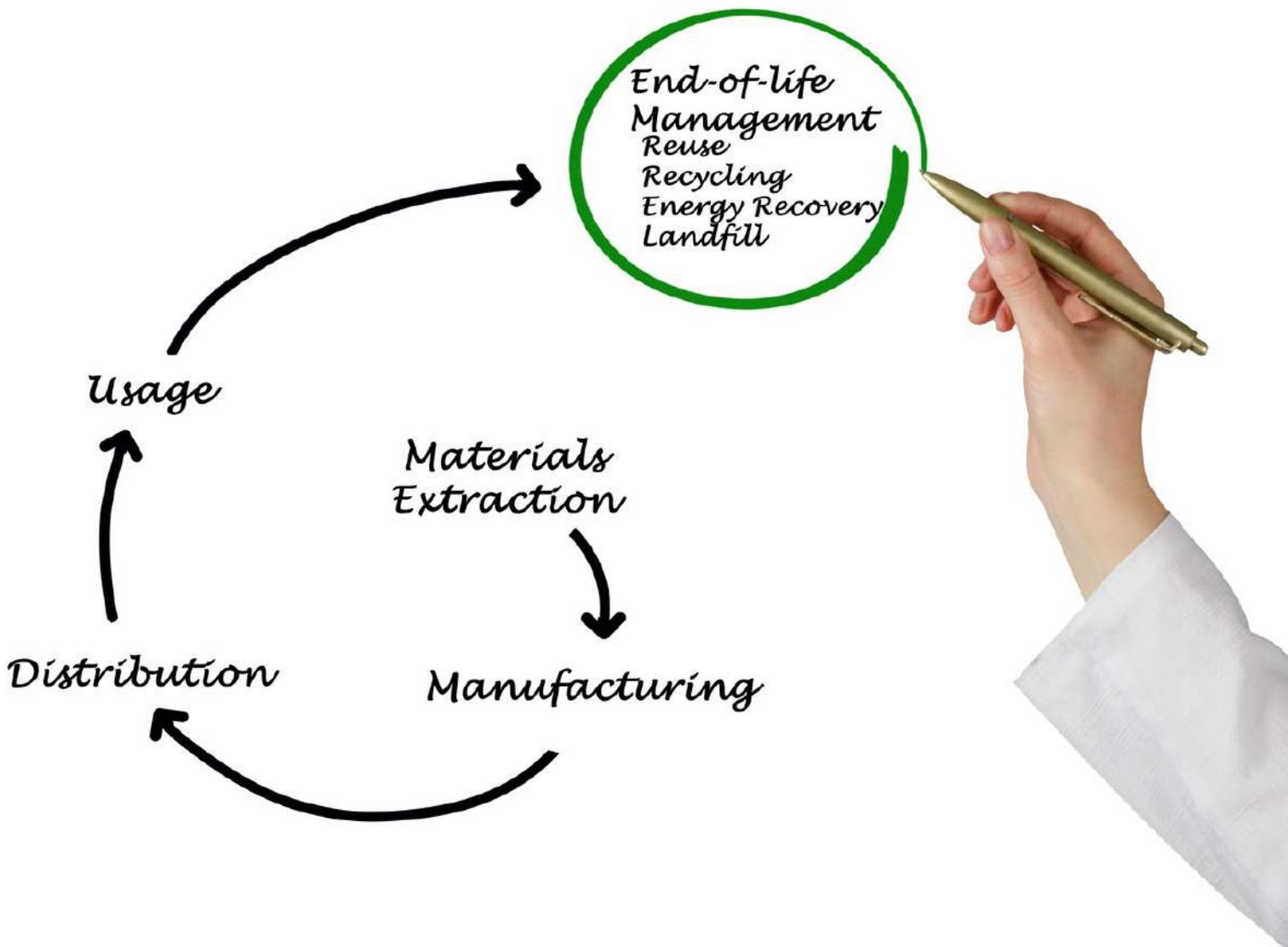
### **Tecnologia delle polveri**

Questo filone di ricerca studia il comportamento di materiali finemente suddivisi (polveri e granuli) all'interno dei processi industriali. Attraverso approcci teorici, sperimentali e numerici (FEM e DEM) si indaga come le proprietà delle singole particelle (e.g. dimensione, morfologia, composizione) determinino il comportamento d'insieme "di bulk" di tali materiali. Infatti, sebbene sia noto che proprietà 'macroscopiche' rilevanti per i processi industriali - quali densità apparente, scorrevolezza, coesione, bagnabilità, omogeneità di una miscela - dipendano dalle proprietà 'microscopiche' delle singole particelle, il legame tra loro non è affatto ovvio. La ricerca condotta in tale ambito è volta non solo a sviluppare tecniche innovative di caratterizzazione dei solidi granulari, ma affronta anche problemi di meccanica granulare (movimentazione e stoccaggio), di miscelazione e segregazione di polveri, di agglomerazione e comminazione.

## 16

**Produzione e prodotti eco-sostenibili**

Molto sentita è la tematica ambientale, numerosi studi su molteplici fronti sono condotti al DII al fine di migliorare l'efficienza dei processi produttivi e ridurre l'impatto ambientale. Essi vanno sia nella direzione di smaltire/migliorare quanto di già esistente come ad esempio il riciclo fisico e chimico dei polimeri (anche termoindurenti) e la riduzione delle emissioni di gas serra dei processi industriali sia nella direzione di sviluppare nuovi prodotti/processi ecosostenibili attraverso e.g. l'eco-design di prodotto, il Life Cycle Assessment, l'economia circolare e i sistemi di gestione ambientale.





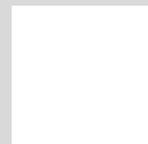
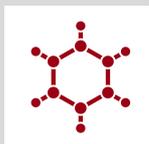
### I GRUPPI DI RICERCA

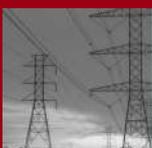
<https://www.dii.unipd.it>

/aptlab	<b>Tecnologia avanzata delle particelle</b>	/mmsa	<b>Meccanica applicata alle macchine</b>
/CAPE-lab	<b>Ingegneria di processo computer-assistita</b>	/parlab	<b>Microalghe</b>
/cesqa	<b>Centro studi qualità e ambiente</b>	/peg	<b>Ingegneria dei polimeri</b>
/co2	<b>Cattura e utilizzo dell'anidride carbonica</b>	/superunit	<b>Fluidi supercritici</b>
/kinnlab	<b>Innovazione della cinetica</b>	/tecno	<b>Tecnologie e sistemi manifatturieri</b>

### IL TRASFERIMENTO DI TECNOLOGIA

Tra le principali aziende alle quali sono state trasferite, o sono in corso di trasferimento, tecnologie di ottimizzazione di processi produttivi, vi sono GlaxoSmithKline (U.K.; farmaceutica e biofarmaceutica), Buhler (CH; alimentare), Versalis (Italia; chimica di base), BASF (Italia; specialita' chimiche), Novamont (Italia; biopolimeri), Safilo (Italia; occhialeria)





## sicurezza ambientale e industriale

*“La sicurezza in ambito industriale e l’analisi del rischio ambientale sono di fondamentale importanza per lo sviluppo ed il benessere di un Paese che guarda al domani.”*

Molteplici sono le attività di ricerca nell’ambito della sicurezza ambientale e industriale, sinteticamente illustrate di seguito.

### Sicurezza dei processi e degli impianti

Le ricerche mirano alla valutazione e prevenzione dei rischi in ambito industriale. Le applicazioni sono molteplici e spaziano dalla gestione dei rischi legati ad infrastrutture strategiche di produzione, distribuzione ed ottimizzazione di vettori energetici, alle analisi integrate di processi dell’industria chimica fino a tecniche di analisi del rischio applicate a processi produttivi basati sulla chimica verde. Ulteriori applicazioni riguardano la calorimetria di reazione, ovvero l’indagine sperimentale e teorica di sistemi altamente reattivi per lo studio di meccanismi fuggitivi allo scopo di fornire criteri di sicurezza intrinseca per la previsione precoce di anomalie e malfunzionamenti.

### Analisi quantitativa del rischio

Per quantificare il rischio indotto dalla presenza di attività industriali e infrastrutture critiche sulle persone, sull’ambiente e sul territorio si sviluppano e si applicano metodologie e modelli per l’analisi quantitativa del rischio. Tali approcci fungono da supporto a strategie gestionali, strutturali, di prevenzione e di mitigazione degli effetti avversi intrinseci o estrinseci legati all’utilizzo di una determinata tecnologia.

### Ingegneria antincendio e post incidentale

Indagini numeriche per la valutazione di scenari correlati ad incendi in ambiente confinato e in campo aperto sono sviluppate utilizzando strategie per la progettazione prestazionale antincendio e la gestione dell’esodo. Parte della ricerca è inoltre volta all’approfondimento e alla ricostruzione di eventi incidentali in campo civile, industriale e ambientale.

**Cattura e utilizzo dell'anidride carbonica**

Questo filone di ricerca si focalizza sull'analisi di processi di cattura e utilizzo dell'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) sia con la simultanea produzione di idrogeno che di biocarburanti. Mediante sia tecniche tradizionali che basate sulla radiazione di sincrotrone si caratterizzano microstrutturalmente i sorbenti solidi utilizzati per la cattura della CO<sub>2</sub>. Vengono effettuate inoltre analisi delle interazioni fisico-chimiche gas-solido e delle cinetiche di reazione nei processi di cattura e di desorbimento della CO<sub>2</sub> e analisi CFD di reattori di cattura della CO<sub>2</sub> e di rigenerazione dei sorbenti solidi.

**Trattamento e analisi dei fluidi ambientali**

La qualità dell'acqua, l'inquinamento diffuso, l'ecologia e lo stato ambientale della maggior parte dei tipi di ecosistemi acquatici (e.g. i corpi idrici di acqua dolce, salata e di transizione) vengono studiati mediante attività di monitoraggio e modellazione matematica al fine di sviluppare una strategia di gestione atta a minimizzare l'impatto delle attività antropiche sull'ambiente.

**Valutazione della sostenibilità e qualità ambientale**

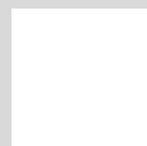
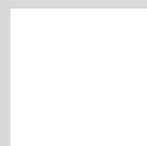
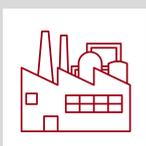
La sostenibilità ambientale, economica e sociale viene studiata con un approccio integrato che prevede lo sviluppo e l'utilizzo di strumenti che permettano di valutarla e gestirla attraverso la misurazione di rischi ed opportunità per l'ambiente, la salute umana e degli ecosistemi e la sicurezza.

**I GRUPPI DI RICERCA**
<https://www.dii.unipd.it>

/analisi_rischio	<b>Analisi del rischio nell'industria di processo</b>	/flums	<b>Modellistica e simulazione per la meccanica dei fluidi</b>
/cesqua	<b>Centro Studi Qualità e Ambiente</b>	/lasa	<b>Analisi dei sistemi ambientali</b>
/co2	<b>Cattura e utilizzo dell'anidride carbonica</b>	/mmsa	<b>Meccanica applicata alle macchine</b>
/costrmac	<b>Costruzione di macchine</b>	/tecno	<b>Tecnologie e sistemi manifatturieri</b>

**IL TRASFERIMENTO DI TECNOLOGIA**

Consulenza scientifica su analisi e mitigazione dei rischi nell'industria di processo, nell'industria chimica, in infrastrutture critiche per l'approvvigionamento energetico. Consulenza scientifica ad enti pubblici e imprese private che si occupano della qualità dei corpi idrici e della loro gestione, collaborazioni con i Consorzi di Bonifica, gli enti regionali/nazionali per la tutela dell'ambiente.





## sistemi aerospaziali

“Area di ricerca volta a migliorare le conoscenze e le tecnologie per poter raggiungere ed esplorare lo spazio.”

Molteplici sono le attività di ricerca nell’ambito dei “Sistemi Aerospaziali” condotti dai vari gruppi di ricerca, che sinteticamente vengono illustrate di seguito.

### Dinamica del volo

Le attività di ricerca si concentrano sulla previsione e ricostruzione di traiettoria e assetto per sistemi spaziali, planetari e terrestri, sulla progettazione e qualifica di sistemi di volo autonomi per la bassa e l’alta atmosfera e sull’ottimizzazione di traiettorie orbitali e della configurazione di costellazioni orbitanti. Si conducono inoltre ricerche nel campo della progettazione di vele controllate autonome e di sistemi a filo per lo spazio e l’esplorazione planetaria oltre all’attività di volo con palloni stratosferici e la realizzazione di payload per il volo. Infine, viene studiato anche lo sviluppo di sistemi per l’utilizzo di droni per il monitoraggio ambientale.

### Impianti e sistemi spaziali ed aeronautici

Le ricerche condotte si concentrano sulla progettazione e prototipazione di piccoli satelliti, sulla simulazione e prototipazione di sistemi robotici per la cattura e il “rendezvous and docking” di satelliti oltre all’analisi del rischio, alla simulazione e al test di impatto iperveloce su scudi e componenti satellitari. Particolari studi vengono inoltre condotti nel campo della progettazione, prototipazione e qualifica di sistemi per le telecomunicazioni laser da satellite.

### Misure e tecnologie spaziali

Lo sviluppo di nuove strumentazioni per le misure spaziali e la realizzazione di sistemi robotici e rover autonomi per l’esplorazione planetaria vengono studiati dai ricercatori del DII in collaborazione con i principali centri di ricerca nazionali ed internazionali inclusa l’Agenzia Spaziale Europea.

### Modellizzazione e simulazione di flussi complessi

L'attività di ricerca è incentrata nello sviluppo della modellistica Large-Eddy-Simulation per flussi turbolenti nel regime compressibile.

Vengono inoltre studiate e sviluppate tecniche computazionali per la simulazione di flussi in geometrie complesse anche mobili e per problemi con accoppiamento fluido-strutturale con danneggiamento.

### Propulsione aerospaziale

I sistemi propulsivi innovativi quali i motori a razzo chimici green basati su acqua ossigenata concentrata vengono sviluppati e testati per l'accesso allo spazio e per la movimentazione in orbita dei satelliti.

Vengono condotti studi teorici, numerici e sperimentali sull'utilizzo del plasma per apparati propulsivi alimentati a radiofrequenza ed elementi conduttivi per antenne innovative. Ricerche che hanno consentito di realizzare il primo prototipo al mondo di antenna dipolare al plasma gassoso risonante nel range delle Ultra-High Frequency.

### Strutture Aerospaziali

Al fine di valutare l'integrità delle strutture aerospaziali vengono sviluppati algoritmi e metodi di calcolo per la simulazione della propagazione del danneggiamento e della frattura nei materiali tramite teorie non-convenzionali quali la meccanica non-locale del continuo.

Le attività di ricerca includono anche la modellazione di fenomeni multifisici (termo-meccanico, interazione fluido-struttura, chimico-meccanico) e lo sviluppo di tecniche di monitoraggio strutturale anche impieganti algoritmi basati sull'utilizzo di reti neurali.





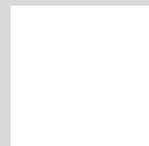
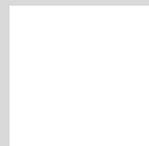
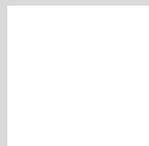
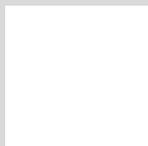
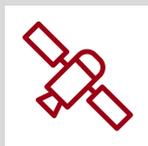
### I GRUPPI DI RICERCA

<https://www.dii.unipd.it>

/aerstru	<b>Strutture aerospaziali</b>	/mts	<b>Misure e tecnologie spaziali</b>
/flightds	<b>Dinamica del volo e dei sistemi spaziali</b>	/propas	<b>Propulsione aerospaziale</b>
/flums	<b>Modellistica e simulazione per la meccanica dei fluidi</b>	/tes	<b>Turbomachinery and Energy System Group</b>

### IL TRASFERIMENTO DI TECNOLOGIA

Il trasferimento tecnologico avviene sia con la partecipazione a grandi progetti come i prime italiani (Thales Alenia, Leonardo) per lo sviluppo e test di apparecchiature per missioni di agenzie spaziali nazionali ed europee (ASI e ESA), sia con collaborazioni a livello locale quali ad esempio quelle con la rete veneta aerospaziale per lo sviluppo di habitat extraterrestri ed apparati propulsivi per mini satelliti.







## sistemi elettrici

“Aree di ricerca volte allo studio e alla progettazione di sistemi elettrici atti al sostegno e allo sviluppo delle attività produttive e della mobilità elettrica.”

La ricerca spazia dalla progettazione di nanodispositivi fino allo studio di grandi sistemi di trasmissione, come di seguito sinteticamente descritto.

### ■ Sistemi Elettrici di potenza (o Distribuzione e trasmissione dell'energia elettrica)

La ricerca sui sistemi di distribuzione dell'energia elettrica, si sta concentrando sulla creazione di modelli per la gestione delle smart grid tramite ottimizzazione multi-obiettivo e multi-periodo, con riferimento ad aspetti economici e di efficienza energetica e considerando il contributo di servizi di flessibilità da parte degli utenti attivi. Le ricerche inerenti alla rete di trasmissione, invece, spaziano dalla modellazione dei componenti trasmissivi tradizionali (linee aeree AC/DC) fino a quelli più innovativi (cavi AC/DC con isolamento solido/gassoso), considerando il sistema elettrico nella sua interezza (rete paneuropea Entso-E). In quest'ambito, l'analisi statica e dinamica consentono di analizzare la ripresa del servizio dopo il blackout, l'incremento di affidabilità e la resilienza della rete elettrica.

### ■ Misure in Alta Tensione

Questi ultimi decenni hanno visto crescere l'importanza di poter monitorare in maniera affidabile le condizioni dei sistemi isolanti delle apparecchiature che lavorano con campi elettrici intensi, con lo scopo di rilevare la presenza di scariche parziali che possono ridurre notevolmente l'aspettativa di vita di tali apparecchiature. È attualmente in corso uno studio per l'applicazione di queste nuove metodologie su cavi per il trasporto dell'energia elettrica.



### Compatibilità elettromagnetica

Le attività condotte in questo ambito riguardano la creazione e l'ottimizzazione di modelli multi fisici di dispositivi elettromagnetici. Le applicazioni sono le più trasversali: componenti aerospaziali, filtri elettrostatici, applicazioni biomedicali, protezione da fulminazioni, antenne NFC, dispositivi piezoelettrici di spessore micrometrico e schermatura elettromagnetica dei materiali.

### Macchine ed azionamenti elettrici

Le attività dei gruppi del DII riguardano lo studio e la progettazione di tutti i componenti di un azionamento elettrico, dal motore, al suo convertitore di potenza fino al relativo controllo. Lo studio tramite modelli agli elementi finiti si affianca ad una approfondita validazione sperimentale degli studi su banchi di prova. La stretta sinergia tra i progettisti del motore e quelli del controllo realizza la massima efficienza nel progetto dell'azionamento elettrico. Le principali applicazioni in cui spaziano gli studi riguardano le applicazioni industriali, la produzione di energia da fonte rinnovabile e la mobilità sostenibile.

### Fotometria e illuminotecnica

L'attività di ricerca è indirizzata verso lo sviluppo di metodi innovativi per la caratterizzazione fotometrica, spettrometrica e colorimetrica delle sorgenti luminose, l'analisi dell'efficienza in condizioni di alimentazione anomala o deformata e la colorimetria applicata alla percezione e alla conservazione di opere d'arte tramite una giusta illuminazione. Nell'ambito dell'illuminazione di esterni rientra anche lo studio dell'impatto dell'illuminazione artificiale nella produzione della luminanza del cielo notturno, fenomeno noto come "inquinamento luminoso".

### Tecnologie per la propulsione elettrica

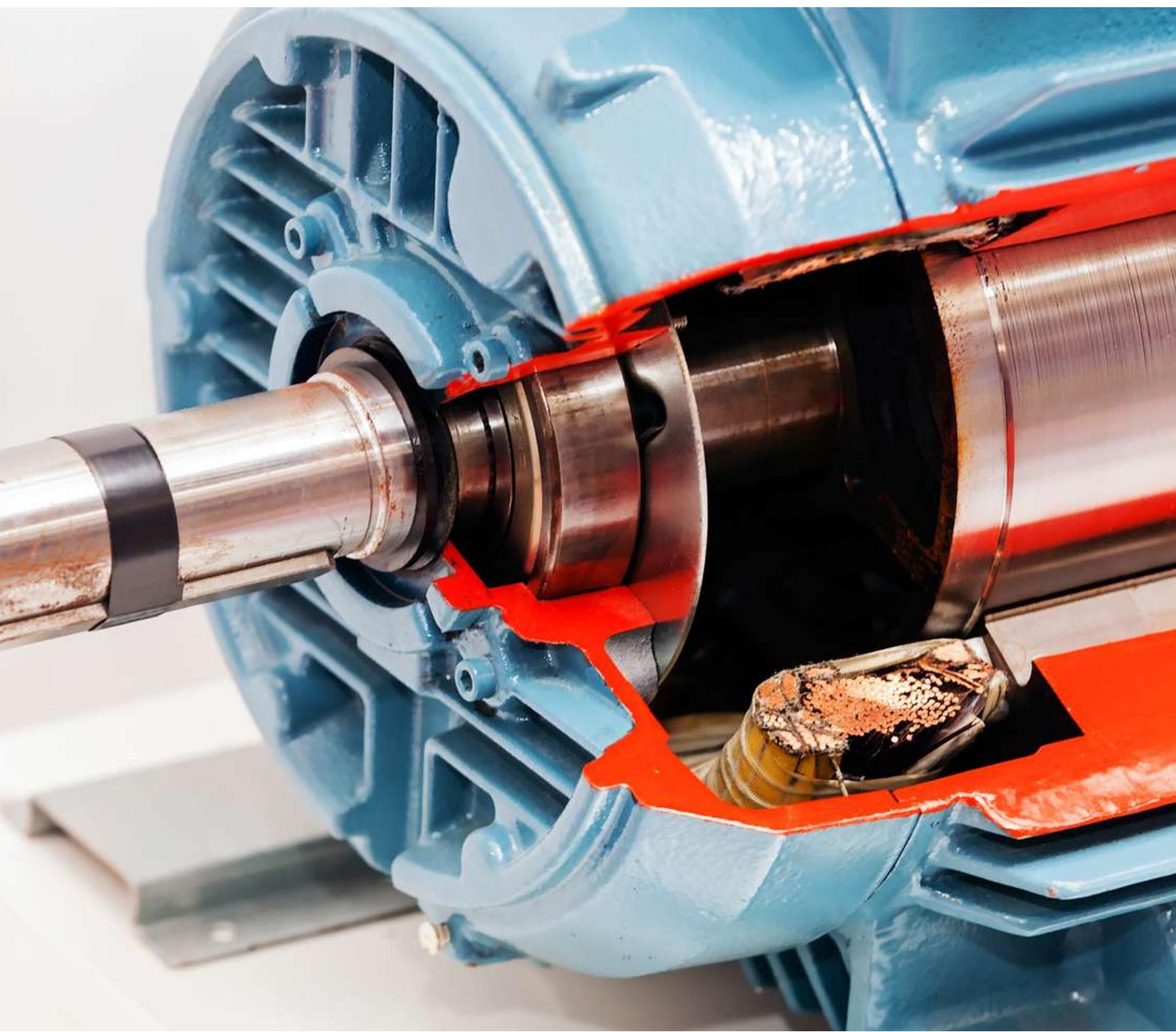
L'attività di ricerca in questi ultimi anni si focalizza sui sistemi induttivi per la trasmissione della potenza elettrica senza contatto. Sono studiati i convertitori statici che li costituiscono, in termini di topologia e di algoritmi di controllo, per implementare il trasferimento di potenza verso un veicolo fermo o in movimento e lo scambio bidirezionale di potenza con la rete elettrica. Si analizzano inoltre i sistemi di alimentazione per tali veicoli e nuovi sistemi di trazione e movimentazione elettrica, tramite lo studio di sistemi innovativi come motori ruota e lineari. Si sono sviluppati inoltre metodi di controllo dei motori di tipo sincrono a magneti permanenti che consentono di minimizzare il ripple di coppia.

# 26



## Elettrotermia

Le tecnologie elettrotermiche fanno uso dell'energia elettrica per generare calore e processare materiali. La ricerca si concentra sulle applicazioni che richiedono frequenze basse (induzione elettromagnetica), radio frequenze (perdite dielettriche) e microonde. L'attività di ricerca coinvolge competenze multidisciplinari, come la scienza dei materiali, le tecnologie alimentari, la chimica, la medicina. Tra le attività di ricerca per il trasferimento tecnologico si segnalano lo sviluppo di soluzioni di riscaldamento con tecnologie ad alta efficienza per l'abitacolo dei veicoli elettrici e lo sviluppo di un forno a microonde smart per il controllo della temperatura e dell'umidità durante la cottura.



### Sistemi di accumulo e di conversione di energia elettrica

L'attività di ricerca consiste nello sviluppo, nella sperimentazione e nella caratterizzazione di sistemi elettrochimici per lo stoccaggio e la conversione di energia elettrica. Vengono studiate in particolare batterie a flusso redox (RFB), celle a combustibile e sistemi di propulsione a idrogeno ed elettrici (powertrain) alimentati da dispositivi elettrochimici. Vengono effettuati test e collaudi in condizioni controllate di corrente e tensione, curve di polarizzazione, spettroscopia di impedenza elettrochimica multicanale (EIS), a concentrazione e umidificazione controllati. Nell'ambito dell'accumulo vengono inoltre studiate architetture innovative come sistemi di energy storage di tipo cinetico (flywheel) e super condensatori.



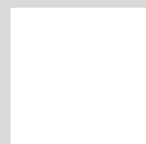
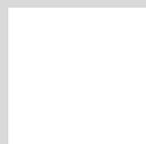
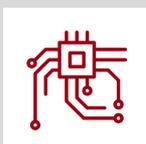
### I GRUPPI DI RICERCA

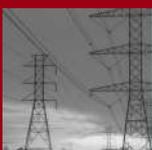
<https://www.dii.unipd.it>

/at	<b>Alte tensioni</b>	/memos	<b>Multiphysics and Electromagnetic Modelling, Optimization and Simulation</b>
/edlab	<b>Azionamenti elettrici</b>	/memsemc	<b>Micro/nano dispositivi e EMC</b>
/eescolab	<b>Electrochemical Energy Storage and Conversion Laboratory</b>	/nanoeng	<b>Ingegneria dei nanomateriali</b>
/electralab	<b>ElectroHeat Research and Application</b>	/seav	<b>Sistemi elettrici per l'automazione e la veicolistica</b>
/fotometria	<b>Fotometria</b>	/see	<b>Sistemi elettrici per l'energia</b>
/labme	<b>Macchine elettriche</b>		

### IL TRASFERIMENTO DI TECNOLOGIA

Supporto alle aziende nello sviluppo di prodotti innovativi e nel miglioramento delle prestazioni dei processi industriali grazie alle competenze nel campo dell'elettromagnetismo computazionale, della simulazione e ottimizzazione elettromagnetica e multifisica, delle tecnologie del calore, della progettazione e ottimizzazione di motori elettrici e dei metodi di controllo avanzati per azionamenti elettrici.





## sistemi meccanici

“Aree di ricerca volte allo studio e alla progettazione di sistemi meccanici che aumentino e migliorino le capacità produttive, la mobilità e la qualità della vita dell'uomo.”

Questo ambito di ricerca si occupa dello studio, della progettazione e dell'ottimizzazione dei sistemi meccanici (e.g. macchine e loro componenti, sistemi robotici, attrezzi sportivi e riabilitativi), come di seguito sinteticamente descritto.

### Progettazione strutturale

Al fine di garantire le prestazioni e l'integrità strutturale in esercizio di componenti e sistemi meccanici, inclusi quelli riabilitativi, assistivi e sportivi vengono sviluppati metodi per la progettazione, l'analisi e la validazione sperimentale.

L'attività di ricerca copre quindi i metodi di simulazione e calcolo ingegneristici, di qualificazione della resistenza meccanica dei materiali e delle giunzioni saldate, di prova sperimentale di prototipi su banchi prova, di acquisizione dati sul campo tramite sensori di grandezze fisiche.

L'analisi del comportamento meccanico di materiali sia metallici sia polimerici e prototipi fisici è svolta in due laboratori.

I settori di interesse spaziano dalla ricerca di base a quella applicata per diversi settori industriali quali, ad esempio, quello dei veicoli terrestri, delle costruzioni meccaniche e degli attrezzi sportivi e riabilitativi.



### **Progettazione funzionale**

La ricerca condotta in tale ambito è volta allo sviluppo di modelli matematici, alla simulazione numerica, alla progettazione e alla sperimentazione di un vasto insieme di sistemi meccanici caratterizzati dal fatto di possedere parti in movimento e di trasmettere forze. L'attenzione è particolarmente rivolta a meccanismi, robot, macchine automatiche e veicoli e sono oggetto di studio sia la dinamica dei grandi spostamenti sia le vibrazioni. Lo studio viene condotto con un approccio sistemistico unificante che ha come fondamento le metodologie della meccanica teorica, applicata e sperimentale. Si analizzano le interazioni dei sistemi meccanici con i sistemi di controllo, con l'uomo e con l'ambiente che li circonda. Si studiano anche sistemi meccanici che sfruttano fenomeni elettrici e fluidici, adottando un approccio multi-fisico.



### **Diagnostica, monitoraggio ed identificazione dei sistemi meccanici**

L'attività di ricerca condotta in tale ambito è volta alla diagnostica ed al monitoraggio dell'integrità strutturale dei sistemi meccanici anche in esercizio, mediante la rilevazione sul campo di opportune grandezze fisiche, come le deformazioni e/o la temperatura. Le tecniche basate sull'analisi modale vengono sviluppate e utilizzate sia per identificare parametri non direttamente misurabili dei sistemi meccanici, sia per verificare la presenza di danneggiamenti e avarie dei componenti.

### **Automazione e Robotica**

Vengono studiate e sviluppate soluzioni avanzate di automazione e robotica sia in ambito industriale (in relazione con la digitalizzazione dei processi manifatturieri) sia in ambito medicale. Particolarmente rilevanti le attività di ricerca sulla robotica flessibile, sia tradizionale che collaborativa. Lo sviluppo di tali applicazioni si basa sullo studio cinematico e dinamico dei sistemi robotici, sull'ottimizzazione delle traiettorie dei robot e del layout delle isole robotizzate, nonché sulla modellazione degli aspetti funzionali dell'interazione con l'essere umano e con gli oggetti presenti nell'ambiente circostante. L'interazione uomo-robot è studiata con diverse finalità, tra cui la realizzazione di interfacce uomo-macchina evolute per il controllo in teleoperazione di sistemi robotici, il miglioramento dell'ergonomia per l'operatore e lo sviluppo di sistemi robotici e di metodologie di analisi e progettazione per l'ausilio e la riabilitazione.

# 30



## Veicoli stradali e da competizione

L'attività di ricerca mira a migliorare la sicurezza, l'eco-sostenibilità e il comfort dei veicoli stradali, ovvero le prestazioni dei veicoli da competizione, sia a due che a quattro ruote. Viene svolta l'analisi, la modellazione, la simulazione, il controllo e l'ottimizzazione della dinamica di veicoli, degli pneumatici e dell'interazione tra pilota e veicolo.

Vengono inoltre sviluppati metodi per la modellazione delle strade, la generazione di traiettorie, la massimizzazione delle prestazioni e la minimizzazione dei consumi. Vengono sviluppati protocolli relativi alla caratterizzazione sperimentale dell'handling e della stabilità dei veicoli. Una parte dell'attività di ricerca si concentra sullo sviluppo di metodologie di previsione dell'integrità strutturale dei veicoli stradali e da competizione, con particolare attenzione alla sollecitazione a fatica ad ampiezza variabile e/o random.

A tal fine, si progettano e realizzano celle di carico per acquisizione dei carichi in esercizio, che vengono successivamente riprodotti in banchi dedicati presenti in laboratorio.

I laboratori sono inoltre dotati di strumentazione e attrezzature per l'identificazione delle proprietà inerziali dei veicoli leggeri, la caratterizzazione degli pneumatici, la misura delle vibrazioni dei veicoli leggeri, dei componenti di veicoli, dei rotori, e altro ancora.

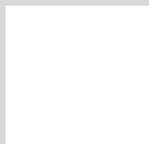
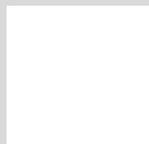
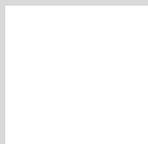
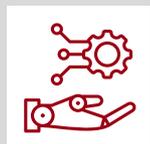
### I GRUPPI DI RICERCA

<https://www.dii.unipd.it>

/costrmac	<b>Costruzione di macchine</b>	/mmsa	<b>Meccanica applicata alle macchine</b>
/ied	<b>Disegno e metodi dell'ingegneria industriale</b>	/tecno	<b>Tecnologie e sistemi manifatturieri</b>

### IL TRASFERIMENTO DI TECNOLOGIA

La condivisione delle conoscenze con l'industria si esplica specialmente tramite accordi di sviluppo congiunto e consulenze su tematiche quali: progettazione, analisi e ottimizzazione di macchine e componenti, sistemi robotici, veicoli e attrezzi sportivi; soluzioni personalizzate e strumenti software per R&D e linee di produzione automatizzate; analisi di integrità strutturale, prove sperimentali statiche e dinamiche di macchine e componenti.





UNIVERSITA' FACOLTA' DI INGEGNERIA

Dicembre 2022

# LA RICERCA AL DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE DELL'UNIVERSITÀ DI PADOVA



**1**  
02 bioingegneria,  
biotecnologia  
e tecnologie  
per la salute



**2**  
04 energia



**3**  
08 management e  
imprenditorialità



**4**  
10 materiali



**5**  
14 processi  
e prodotti  
industriali



**6**  
18 sicurezza  
ambientale  
e industriale



**7**  
20 sistemi  
aerospaziali



**8**  
24 sistemi  
elettrici



**9**  
28 sistemi  
meccanici