

# MINISTERO DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA

Modulo Proposta Accreditemento dei dottorati - a.a. 2022/2023  
codice = DOT227BET5

**Denominazione corso di dottorato: METODI E MODELLI PER L'INGEGNERIA SOSTENIBILE**

## **1. Informazioni generali**

### **Corso di Dottorato**

<b>Il corso è:</b>	Nuova istituzione	
<b>Denominazione del corso</b>	METODI E MODELLI PER L'INGEGNERIA SOSTENIBILE	
<b>Ciclo</b>	38	
<b>Data presunta di inizio del corso</b>	01/01/2023	
<b>Durata prevista</b>	3 ANNI	
<b>Dipartimento/Struttura scientifica proponente</b>	Ingegneria	
<b>Numero massimo di posti per il quale si richiede l'accreditamento ai sensi dell'art 5 comma 2, DM 226/2021</b>	14	
<b>Dottorato che ha ricevuto accreditamento a livello internazionale (Joint Doctoral Program):</b>	NO	se altra tipologia: -
<b>Il corso fa parte di una Scuola?</b>	NO	
<b>Presenza di eventuali curricula?</b>	NO	
<b>Link alla pagina web di ateneo del corso di dottorato</b>	<a href="https://www.uniroma3.it/ricerca/dottorati-di-ricerca/">https://www.uniroma3.it/ricerca/dottorati-di-ricerca/</a>	

## **Descrizione del progetto formativo e obiettivi del corso**

### **Descrizione del progetto:**

*Il corso di dottorato si prefigge l'obiettivo di formare i futuri dottori di ricerca nelle competenze inerenti alla modellistica e lo sviluppo di metodologie per l'ingegneria proiettata verso le tematiche caratteristiche della transizione energetica e della sostenibilità. Quest'ultima è qui intesa non solo nell'accezione di equa ed efficiente gestione delle risorse, ma nel suo significato più ampio, che includa la tutela della qualità della vita e della salute dei cittadini tra gli obiettivi primari di un futuro sostenibile. L'ottenimento della neutralità climatica entro il 2050, all'interno di un apparato produttivo resiliente, rappresenta ad oggi uno dei principali obiettivi della Commissione Europea nell'ambito del programma Horizon Europe, ed il presente dottorato si incardina profondamente e fattivamente all'interno di questa visione. L'ampio spettro di competenze che caratterizzano i docenti appartenenti al Collegio e la loro consolidata esperienza in*

*progetti nazionali ed internazionali sui temi della sostenibilità ambientale, consentirà di promuovere un ambiente di formazione e di ricerca fortemente multidisciplinare, caratterizzato da una continua e profonda interazione tra i diversi settori. Gli studenti del corso potranno sviluppare progetti di ricerca sulle tematiche proprie degli ambiti disciplinari di scienza e tecnologie dei materiali, fisica della materia, meccanica del volo, fotonica, acustica, la scienza dei sistemi complessi, elettrotecnica, fluidodinamica, conversione statica dell'energia elettrica ed azionamenti elettrici, controlli automatici, bioingegneria, telecomunicazioni, costruzioni e strutture aerospaziali, arricchendo e approfondendo le loro conoscenze anche su argomenti funzionali all'arricchimento delle loro capacità di sviluppo metodologico, quali l'ottimizzazione multidisciplinare robusta in presenza di incertezze, la fisica matematica, le teoria delle reti e dei sistemi complessi, la computational intelligence applicata all'ottimizzazione e all'identificazione di modelli fisici non lineari. Nell'ambito della sostenibilità, di interesse per il dottorato sarà anche il tema della mobilità integrata e delle discipline ad esso collegate, quali, ad esempio, i trasporti e le infrastrutture. L'intensa attività di ricerca internazionale svolta dei docenti afferenti al Collegio, testimoniata dalle pubblicazioni e dai numerosi progetti conclusi o in essere con enti di ricerca, aziende e istituzioni accademiche, consentirà ai dottori di ricerca di operare in un contesto di forte internazionalizzazione, tramite il quale potranno creare reti di conoscenza, beneficiare di diversi approcci metodologici, e trarre vantaggio dalla presenza di una rete di laboratori dove poter condurre l'attività sperimentale. Il progetto verrà arricchito dalle influenze che proverranno dalle attività didattiche e di ricerca svolte in sinergia con Polo di Ostia nel campo delle energie rinnovabili marine, quali a titolo di esempio l'eolico ed il fotovoltaico off-shore e near-shore, gli impianti di generazione che sfruttano maree, correnti marine e moto ondoso e i veicoli marini autonomi per il monitoraggio ambientale o il supporto a operazioni di soccorso. È opportuno sottolineare che il progetto prevede di favorire la comunicazione e l'interazione dei suoi studenti con quelli impegnati negli altri corsi di dottorato offerti dal Dipartimento di Ingegneria attraverso l'accesso a spazi comuni attrezzati, lo svolgimento di attività di ricerca e formazione all'interno delle aree dei laboratori diffusi, recentemente attivati, e partecipando alle iniziative di socializzazione e condivisione dei risultati organizzate periodicamente a livello dipartimentale. È il caso di ricordare la giornata del dottorato, nella quale la revisione periodica delle attività di ricerca in un contesto aperto e informale diventa l'occasione per una interazione diretta e interdisciplinare tra i docenti e gli studenti di tutti i corsi attivi, oppure l'iniziativa PhDLife, recentemente attivata che prevede incontri periodici a carattere seminariale nei quali uno studioso di consolidata esperienza propone un seminario di carattere formativo e assiste alle presentazioni degli studenti, seguite da un dibattito a partecipazione libera.*

### **Obiettivi del corso:**

*Il presente progetto di formazione dottorale intende fornire competenze avanzate e capacità tecniche di modellazione e di sviluppo metodologico finalizzate all'analisi e alla progettazione di sistemi tecnologici complessi che garantiscano il pieno soddisfacimento delle esigenze emergenti dalla società civile garantendo, al contempo, la piena sostenibilità ambientale e l'accettazione delle innovazioni tecnologiche da parte dei cittadini. Questo ambizioso progetto richiede un approccio intrinsecamente multidisciplinare che permetta al futuro dottore di ricerca di svolgere attività di innovazione negli ambiti propri dell'ingegneria industriale, dell'informazione e dell'ingegneria civile, traendo vantaggio anche dalle conoscenze proprie delle scienze di base. In quest'ottica, assume un'importanza vitale la capacità di impostare e risolvere problemi multidisciplinari di elevatissima complessità, affrontabili solo se in possesso di una preparazione ad amplissimo spettro, allineata con le frontiere più avanzate della ricerca.*

*La forte caratterizzazione multidisciplinare dei membri del Collegio, evidenziata non solo dai settori scientifici di appartenenza, ma anche dalla multiformità delle tematiche di ricerca documentate nella consistente produzione scientifica, garantisce l'impalcatura culturale sulla quale costruire il programma formativo finalizzato agli ambiziosi obiettivi descritti. Corsi di alta qualificazione tenuti dai docenti del Collegio saranno parte integrante dell'attività formativa degli studenti, e saranno integrati da un'intensa attività seminariale svolta da esperti internazionali di riferimento dei rispettivi settori. All'inizio del loro percorso dottorale gli studenti potranno definire, con l'aiuto dei supervisori, il percorso formativo più adatto al loro progetto scegliendo tra i corsi proposti dai docenti del collegio. Corsi e seminari non*

avranno il solo obiettivo di fornire le necessarie competenze teoriche con un approccio rigoroso e allineato con lo stato dell'arte nei rispettivi settori, ma anche preparare gli studenti ad operare con gli strumenti più avanzati per l'analisi sperimentale, la manifattura additiva assistita digitalmente, la caratterizzazione di materiali, la simulazione di sistemi complessi. La recente creazione di cinque Laboratori Diffusi all'interno del Dipartimento di Ingegneria consentirà allo studente di operare nelle migliori condizioni per mettere in pratica questi obiettivi. Attraverso l'attività di laboratorio lo studente potrà acquisire le competenze e le tecniche operative multidisciplinari e trasversali attualmente molto richieste dal mondo lavorativo. I laboratori diffusi che sono stati recentemente attivati presso il DING sono:

1. Laboratorio Diffuso di Modelli Computazionali per Sistemi Complessi (MCSisCom)
2. Laboratorio Diffuso Sicurezza dei SistEMI Naturali e delle infrAstrutTurE (DISSEMINATE)
3. Laboratorio Diffuso Di Caratterizzazioni Ottiche E Magneto Elettro-Acustiche (COMETA)
4. Laboratorio Diffuso di Real-Time Digital Twin per progettazione e diagnostica avanzate (RTD-Twin)
5. Laboratorio Diffuso di Additive Manufacturing (3DINGLab – già recentemente potenziato).

L'investimento infrastrutturale legato alla creazione e al futuro sviluppo dei laboratori diffusi permetterà agli studenti di dottorato di pianificare le loro attività facendo affidamento su un contesto operativo di elevatissimo valore tecnologico, in costante evoluzione e allineato con i più avanzati laboratori in ambito internazionale, europeo ed extraeuropeo. Le dotazioni tecnologiche dei laboratori diffusi faciliteranno l'interazione diretta con ricercatori e dottorandi operanti in analoghe strutture all'estero, permettendo lo scambio di dati, la verifica incrociata di metodologie e modelli e, ovviamente, la mobilità in ingresso e in uscita di studenti.

A questo proposito, è opportuno specificare che verrà consolidata la prassi per i dottorandi di fruire, durante il dottorato, di un periodo significativo di permanenza all'estero, indicativamente da 3 mesi ad un anno. I dottorandi saranno ospitati da Università, centri di ricerca, aziende impegnate nella ricerca applicata, con sedi in paesi europei ed extraeuropei, approfittando dell'ampissima rete di contatti dei docenti e dei ricercatori afferenti al Collegio della presente proposta dottorale.

### **Sbocchi occupazionali e professionali previsti**

La figura professionale che verrà formata in accordo con i principi formativi descritti sarà caratterizzata da competenze specifiche di altissimo livello, inquadrata però in una visione intrinsecamente e profondamente multidisciplinare. La combinazione di competenze e infrastrutture, anche basata su una interconnessa rete di collaborazioni internazionali, potrà permettere allo studente di acquisire quelle competenze trasversali che, unite alle specializzazioni verticali specifiche di ogni progetto, forniranno la flessibilità e l'elasticità che oggi sono sempre più richieste a ricercatori e ingegneri impegnati nello sviluppo e consolidamento di nuovi metodi e modelli per l'ingegneria sostenibile. Questo permetterà al futuro dottore di ricerca di mettere a disposizione la sua preparazione peculiare, pertinente all'ambito disciplinare di appartenenza, nei contesti più diversificati, interfacciandosi in maniera efficace con i colleghi di diversa estrazione. Il dottore di ricerca potrà integrarsi senza difficoltà in gruppi di lavoro precostituiti e contribuire fattivamente a formarne di nuovi. Lo sviluppo delle cosiddette soft-skills sarà un aspetto che non verrà trascurato nel processo formativo. La capacità di comunicare, di affrontare e risolvere problemi, di adattarsi a condizioni operative in rapida evoluzione e di mantenere sempre alto il livello di creatività saranno caratteristiche che contribuiranno a rendere la figura professionale del futuro dottore di ricerca di sicuro interesse per qualsiasi contesto lavorativo.

Bisogna inoltre sottolineare come le tematiche trattate, le competenze acquisite e l'approccio teorico-sperimentale del percorso triennale renderanno il profilo del dottore di ricerca in uscita fortemente attrattivo per il mondo industriale. Le sfide tecnologiche previste nel prossimo futuro, quali, ad esempio, la transizione energetica e le energie rinnovabili oppure i nuovi paradigmi di trasporto aereo, navale e terrestre, imporranno alle nuove generazioni di ingegneri impegnati nel comparto produttivo capacità di modellazione ed analisi in linea con le più avanzate conoscenze. L'identificazione e la modellazione di sistemi non lineari, la caratterizzazione di materiali innovativi, le tecniche più avanzate di ottimizzazione in presenza di incertezze, il ricorso alla computational intelligence per l'analisi di dati e per le proiezioni, sono competenze sulle quali le industrie stanno investendo in maniera crescente. I profili formati dal presente progetto di dottorato saranno allineati con queste esigenze. Ovviamente,

*il profilo professionale in uscita dal dottorato di ricerca in Metodi e Modelli per l'Ingegneria Sostenibile sarà di sicuro interesse per centri ed enti di ricerca pubblici o privati e per istituzioni accademiche. L'accento che verrà posto sugli aspetti di internazionalizzazione garantirà la spendibilità delle professionalità sviluppate sul mercato del lavoro internazionale fornendo ai futuri dottori di ricerca la più libera e ampia possibilità di pianificazione della loro carriera e, in definitiva, della loro vita professionale.*

### **Coerenza con gli obiettivi del PNRR**

*I temi e gli obiettivi di questo progetto di dottorato di ricerca sono fortemente connessi con le missioni del PNRR e gli obiettivi di molte delle azioni di investimento in esso previste. Come corso di dottorato di nuova costituzione si colloca centralmente rispetto alla Missione 4, con particolare riferimento alla componente M4C2-Dalla ricerca all'impresa, essendo centrato sullo sviluppo e la diffusione di modelli innovativi per la ricerca di base e applicata, finalizzato al potenziamento delle infrastrutture nelle quali opereranno gli studenti e dedicando particolare attenzione agli aspetti di trasferimento tecnologico. Il forte coinvolgimento dei docenti del collegio in attività finanziate dalla Commissione Europea sugli aspetti della sostenibilità garantirà un contributo significativo all'investimento M4C2.2.2-Partenariati Horizon Europe, incoraggiando gli studenti di dottorato a consolidare le reti internazionali nelle quali sono inseriti ed a costituirne di nuove, anche con l'obiettivo di partecipare ai bandi competitivi nell'ambito Horizon Europe sotto la guida dei supervisor. A questo proposito è utile ricordare che le attività di ricerca dei docenti proponenti sono pienamente inquadrare nei cluster IV e V del programma quadro europeo e con le aree di intervento del PNR 2021/2027, in particolare per gli ambiti 5.4.7 Aerospazio, 5.5.1 Mobilità sostenibile, 5.5.3 Energetica industriale, 5.1.3 Biotecnologie, 4.1 Transizione digitale I4.0, 5.4.3 Intelligenza artificiale, 5.4.6 Innovazione per l'industria manifatturiera. Questo faciliterà l'accesso ai fondi dell'investimento 1.1 di M4C2.1-Fondo per il PNR e per PRIN, e darà agli studenti ulteriori possibilità di interazione e networking, permettendo loro di essere coinvolti in progetti di elevata rilevanza nazionale. L'ampio spettro di competenze dei docenti afferenti al collegio permetterà anche di contribuire alle missioni M2C2-Energia rinnovabile, idrogeno, rete e mobilità sostenibile e M3C2-Intermodalità e logistica integrata.*

*Il corso di dottorato propone quattro borse a valere sulle risorse associate al PNRR e una finanziata dai fondi di un progetto H2020. Delle borse a valere sulle risorse PNRR, una viene proposta nell'ambito del D.M. 351/2022 e tre nell'ambito del D.M. 352/2022.*

*La proposta dal titolo "PHIL – Power Hardware In the Loop per l'emulazione di macchine elettriche" riguarda lo sviluppo di emulatori real-time (di potenza) per macchine elettriche rotanti, che consentiranno un approccio integrato nella definizione delle specifiche e nella verifica sperimentale dei convertitori elettronici di potenza. Gli ambiti di riferimento saranno nel campo della trazione, propulsione e generazione elettrica (l'elettrificazione dei powertrain negli autoveicoli, nei mezzi pesanti, sistemi navali e velivoli di prossima generazione). Missioni PNRR: M2C2-Energia rinnovabile, Idrogeno, rete e mobilità sostenibile, M4C2-Dalla ricerca all'impresa. (borsa PNRR DM 352/2022, cofinanziata al 50%).*

*La proposta dal titolo "Control aspects, modulation strategies and converter topologies for medium voltage electric power conversion systems" è incentrata sullo sviluppo di architetture di controllo, tecniche di modulazione e configurazioni per apparati di conversione statica dell'energia elettrica operanti in ambito ferroviario, navale, aeronautico ed industriale. Missioni PNRR: M2C2-Energia rinnovabile, Idrogeno, rete e mobilità sostenibile, M3C1 Investimenti sulla rete ferroviaria, M4C2-Dalla ricerca all'impresa. (borsa PNRR DM 352/2022, cofinanziata al 50%).*

*La proposta dal titolo "Nano-scale mechanical characterisation in nano-materials and micro-devices for energy transition" riguarda lo sviluppo di nuovi materiali e metamateriali avanzati tramite la tecnologia della litografia a doppio fotone (two-photon lithography) per applicazioni in micro-fluidica, micro-dispositivi per energia (energy harvesters), micro-filtri ed elettrodi complessi. Missioni PNRR: M2C2-Energia rinnovabile, Idrogeno, rete e mobilità sostenibile, M4C2-Dalla ricerca all'impresa (borsa PNRR DM 351/2022).*

*La proposta dal titolo "Sviluppo di modelli aeroacustici per la predizione del rumore emesso da sistemi autonomi o a pilotaggio remoto ad ala rotante con superficie deformabile" ha come obiettivo lo sviluppo di modelli di previsione efficienti ed affidabili per il rumore prodotto da*

configurazioni ad ala rotante. Quest'ultime rappresenteranno uno degli elementi cardine dello scenario futuro di mobilità integrata urbana e interurbana e influenzeranno in maniera via via crescente il paesaggio sonoro delle nostre città. I metodi sviluppati potranno essere applicati anche alla previsione del rumore di generatori eolici. Missioni PNRR: M4C2-Dalla ricerca all'impresa, M2C2-Energia rinnovabile, idrogeno, rete e mobilità sostenibile (borsa PNRR DM 352/2022, cofinanziata al 50%).

## **Imprese**

### **Impresa 1**

<b>Nome dell'impresa*</b>	<i>DRONUS SPA</i>
<b>Ambito di attività dell'Istituzione e/o Descrizione attività R&amp;S *</b>	<i>Dronus è la prima azienda ad aver sviluppato e brevettato un sistema di drone-in-a-box in versione aerea, chiamato NEST®250, in grado di compiere in totale autonomia attività di ispezione e sicurezza in ambito industriale e in progetti di Smart City. Un sistema flessibile e versatile che permette di effettuare e programmare missioni 24 ore su 24 e 7 giorni su 7, senza l'ausilio di piloti. Al fine di soddisfare le esigenze di percorrenza di lunghe tratte per il trasporto di materiali di vario tipo, Dronus ha inserito nel proprio catalogo prodotti un drone ad ala fissa con capacità di decollo e atterraggio verticali, denominato Radon. Dronus è una azienda certificata UNI EN ISO 9001:2015 con scopo Progettazione e produzione di UAS (Unmanned Aerial System) ed erogazione di servizi effettuati con l'utilizzo di UAS.</i>

### **Impresa 2**

<b>Nome dell'impresa*</b>	<i>E.D. Elettronica Dedicata Srl</i>
<b>Ambito di attività dell'Istituzione e/o Descrizione attività R&amp;S *</b>	<i>La E.D. Elettronica Dedicata Srl svolge attività nell'ambito della progettazione e sviluppo di sistemi elettronici di segnale e di potenza, azionamenti elettrici, piattaforme di controllo con DSP-FPGA, apparecchiature per l'automazione, sensoristica, seguendo il cliente fino alla produzione finale. Il personale è composto per la maggior parte da Ingegneri Elettronici, Meccanici e dell'Automazione. I principali settori industriali e di ricerca in cui opera sono i semiconduttori, le linee di produzione automatiche, i sistemi di alimentazione e tutti quei settori a forte carattere innovativo. Collabora attivamente con startup, Università e Centri di Ricerca sia per la didattica, sia garantendo supporto allo sviluppo di progetti. È membro di consorzi europei, associazioni ed enti incaricati della diffusione di standard tecnologici. Le attività di ricerca e sviluppo sono dedicate all'introduzione di nuovi ed innovativi prodotti nell'ambito della conversione statica dell'energia elettrica, degli azionamenti elettrici e delle piattaforme di controllo</i>

(\*) campo obbligatorio

## **2. Eventuali curricula**

### **Curriculum dottorali afferenti al Corso di dottorato**

La sezione è compilabile solo se nel punto "Corso di Dottorato" si è risposto in maniera affermativa alla domanda "Presenza di eventuali curricula?"

### **3. Collegio dei docenti**

#### **Coordinatore**

<b>Cognome</b>	<b>Nome</b>	<b>Ateneo Proponente:</b>	<b>Dipartimento/ Struttura</b>	<b>Qualifica</b>	<b>Settore concorsuale</b>	<b>Area CUN</b>
<i>IEMMA</i>	<i>Umberto</i>	<i>ROMA TRE</i>	<i>Ingegneria</i>	<i>Professore Ordinario (L. 240/10)</i>	<i>09/A1</i>	<i>09</i>

#### **Componenti del collegio (Personale Docente e Ricercatori delle Università Italiane)**

<b>n.</b>	<b>Cognome</b>	<b>Nome</b>	<b>Ateneo</b>	<b>Dipartimento/ Struttura</b>	<b>Qualifica</b>	<b>Settore concorsuale</b>	<b>Area CUN</b>	<b>SSD</b>
1.	<i>BEMPORAD</i>	<i>Edoardo</i>	<i>ROMA TRE</i>	<i>Ingegneria</i>	<i>Professore Ordinario</i>	<i>09/D1</i>	<i>09</i>	<i>ING-IND/22</i>
2.	<i>BERNARDINI</i>	<i>Giovanni</i>	<i>ROMA TRE</i>	<i>Ingegneria</i>	<i>Professore Associato (L. 240/10)</i>	<i>09/A1</i>	<i>09</i>	<i>ING-IND/04</i>
3.	<i>CAMUSSI</i>	<i>Roberto</i>	<i>ROMA TRE</i>	<i>Ingegneria</i>	<i>Professore Ordinario</i>	<i>09/A1</i>	<i>09</i>	<i>ING-IND/06</i>
4.	<i>CARRESE</i>	<i>Stefano</i>	<i>ROMA TRE</i>	<i>Ingegneria</i>	<i>Professore Ordinario (L. 240/10)</i>	<i>08/A3</i>	<i>08</i>	<i>ICAR/05</i>
5.	<i>CINCOTTI</i>	<i>Gabriella</i>	<i>ROMA TRE</i>	<i>Ingegneria</i>	<i>Professore Ordinario</i>	<i>09/G2</i>	<i>09</i>	<i>ING-INF/06</i>
6.	<i>DI MARCO</i>	<i>Alessandro</i>	<i>ROMA TRE</i>	<i>Ingegneria</i>	<i>Professore Associato (L. 240/10)</i>	<i>09/A1</i>	<i>09</i>	<i>ING-IND/06</i>
7.	<i>GABRIELLI</i>	<i>Andrea</i>	<i>ROMA TRE</i>	<i>Ingegneria</i>	<i>Professore Associato (L. 240/10)</i>	<i>02/B2</i>	<i>02</i>	<i>FIS/03</i>
8.	<i>GENNARETTI</i>	<i>Massimo</i>	<i>ROMA TRE</i>	<i>Ingegneria</i>	<i>Professore Ordinario</i>	<i>09/A1</i>	<i>09</i>	<i>ING-IND/04</i>
9.	<i>IEMMA</i>	<i>Umberto</i>	<i>ROMA TRE</i>	<i>Ingegneria</i>	<i>Professore Ordinario (L. 240/10)</i>	<i>09/A1</i>	<i>09</i>	<i>ING-IND/04</i>
10.	<i>LIDOZZI</i>	<i>Alessandro</i>	<i>ROMA TRE</i>	<i>Ingegneria</i>	<i>Professore Associato (L. 240/10)</i>	<i>09/E2</i>	<i>09</i>	<i>ING-IND/32</i>
11.	<i>SALVINI</i>	<i>Alessandro</i>	<i>ROMA TRE</i>	<i>Ingegneria</i>	<i>Professore Ordinario</i>	<i>09/E1</i>	<i>09</i>	<i>ING-IND/31</i>
12.	<i>SEBASTIANI</i>	<i>Marco</i>	<i>ROMA TRE</i>	<i>Ingegneria</i>	<i>Professore Associato (L. 240/10)</i>	<i>09/D1</i>	<i>09</i>	<i>ING-IND/22</i>
13.	<i>SERAFINI</i>	<i>Jacopo</i>	<i>ROMA TRE</i>	<i>Ingegneria</i>	<i>Ricercatore a t.d. - t.pieno (art. 24 c.3-b L. 240/10)</i>	<i>09/A1</i>	<i>09</i>	<i>ING-IND/03</i>
14.	<i>SOLERO</i>	<i>Luca</i>	<i>ROMA TRE</i>	<i>Ingegneria</i>	<i>Professore Ordinario (L. 240/10)</i>	<i>09/E2</i>	<i>09</i>	<i>ING-IND/32</i>

### **4. Progetto formativo**

#### **Attività didattica programmata/prevista**

#### **Insegnamenti previsti (distinti da quelli impartiti in insegnamenti relativi ai corsi di studio di primo e secondo livello)**

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Verifica finale
1.	<i>Sistemi deterministici non lineari e caotici.</i>	12	<i>primo anno</i>	<i>Sistemi dinamici. Equazioni di Stato. Piano delle fasi. Traiettorie. Punti di equilibrio. Biforcazioni. Caos. Attrattori caotici. Il corso ha lo scopo di fornire competenze ulteriori rispetto a quelle fornite nei corsi di laurea magistrale sui metodi d'analisi di sistemi dinamici caratterizzati da fenomeni di biforcazione dell'equilibrio e transizione al caos.</i>		NO
2.	<i>Computational Intelligence</i>	16	<i>secondo anno</i>	<i>Euristiche. Calcolo Evolutivo. Calcolo Genetico. Calcolo Neurale. Machine Learning applicato. Soft Computing. Il corso ha lo scopo di fornire competenze relative allo sviluppo e all'utilizzo di metodologie per la soluzione di problemi ad alta complessità mediante le più avanzate tecniche euristiche e basate su intelligenza artificiale.</i>		NO
3.	<i>Virtualizzazione real-time di sistemi dinamici</i>	12	<i>secondo anno</i>	<i>Il corso fornisce una panoramica degli strumenti per la modellazione di sistemi fisici su piattaforme di calcolo per real-time digital-twins. Sarà parte integrante del corso l'impiego 'hands-on' di simulatori</i>		NO

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Verifica finale
				<i>Hardware-In-the-Loop (HIL) e Power Hardware-In-the-Loop (PHIL).</i>		
4.	<i>Tecniche per il controllo di sistemi industriali</i>	12	<i>primo anno</i>	<i>Il corso fornisce una panoramica sul principio di funzionamento e sulle tecniche di implementazione di controllori di tipo predittivo, ripetitivo, risonante. Esempi di applicazione nell'ambito degli azionamenti elettrici.</i>		NO
5.	<i>Modelli e criteri per la progettazione di sistemi per la conversione statica della potenza elettrica</i>	12	<i>primo anno</i>	<i>La conversione statica della potenza elettrica è sempre più presente nelle applicazioni proprie dei settori del trasporto e dell'energia. La ricerca di valori sempre più alti per l'efficienza della conversione e per l'affidabilità dei sistemi, abbinata all'esigenza, per molte applicazioni, di riduzione di pesi e volumi, comporta l'impiego di sistemi di conversione articolati e complessi. Il corso si propone di fornire i criteri per la modellistica e la progettazione di tali sistemi di conversione.</i>		NO
6.	<i>Metodologie multiscala avanzate relative alla</i>	16	<i>primo anno</i>	<i>Metodologie multiscala avanzate relative alla caratterizzazione morfologica,</i>		SI

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Verifica finale
	<i>caratterizzazione dei materiali</i>			<i>microstrutturale e microanalitica dei materiali in bulk o come film/rivestimenti mediante sonde ottiche, ioniche, elettroniche, rX e a contatto. Metodi modelli e tecniche avanzate e complementari per la caratterizzazione: fondamenti, modalità di funzionamento delle tecniche e applicazioni.</i>		
7.	<i>Caratterizzazione meccanica correlativa multi-tecnica alla micro e nano-scala</i>	16	<i>secondo anno</i>	<i>Metodi modelli e tecniche per lo studio delle proprietà meccaniche complesse su scala micro e nano di sistemi ad elevate interfacce: fondamenti, modalità di funzionamento delle tecniche e applicazioni.</i>		SI
8.	<i>Ingegnerizzazione delle superfici per l'aumento delle prestazioni e la durabilità</i>	16	<i>secondo anno</i>	<i>Metodi modelli e tecniche per la realizzazione di film, rivestimenti e ricoprimenti utilizzati per lo studio delle proprietà superficiali di sistemi per applicazioni nell'ingegneria meccanica avanzata e nei micro-dispositivi: fondamenti, modellazione numerica e analitica, metodi di caratterizzazione</i>		SI

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Verifica finale
				<i>mediante test tecnologici, meccanici, tribologici e chimici.</i>		
9.	<i>3D printing su scala nano-micro-meso per lo studio di materiali nanostrutturati e nanoarchitetture</i>	16	<i>secondo anno</i>	<i>Principi e metodi per la prototipazione rapida ad elevata risoluzione per lo studio delle proprietà multiscala dei materiali. Il corso ha lo scopo di fornire al dottorando le competenze per la produzione di prototipi di altissima risoluzione che possano essere utilizzati per lo studio delle proprietà meccaniche fino a scale nanometriche per applicazioni su microdispositivi e nanomateriali.</i>		SI
10.	<i>Ottimizzazione multidisciplinare robusta</i>	12	<i>primo anno</i>	<i>Robustezza e affidabilità in presenza di incertezze progettuali e operative, modellazione surrogata e metamodellizzazione. Verranno affrontate le tecniche più moderne di quantificazione e gestione delle incertezze e per lo sviluppo di modelli surrogati adattativi a fedeltà multipla.</i>		NO
11.	<i>Modellazione teorica di materiali innovativi per</i>	12	<i>secondo anno</i>	<i>Metacontinui, metafluidi, metamateriali</i>		NO

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Verifica finale
	<i>applicazioni in aeroacustica</i>			<i>polifunzionali, metasuperfici a risposta non locale. Il corso ha lo scopo di introdurre i metodi fondamentali di modellazione di materiali non convenzionali basati sul concetto di metacontinuo. Verranno anche affrontati aspetti legati alla soluzione numerica delle equazioni di governo ottenute.</i>		
12	<i>Metodi e modelli di analisi e progetto di velivoli innovativi per il trasporto aereo urbano e suburbano.</i>	16	<i>secondo anno</i>	<i>Il corso ha lo scopo di fornire le competenze per l'utilizzo delle più avanzate metodologie di progettazione multidisciplinare dedicate a droni multirottore e ad ala fissa, ai velivoli per mobilità personale, agli aerotaxi, i commuter a corto-medio raggio e i velivoli da trasporto civile non convenzionali.</i>		NO
13	<i>Guida e controllo di sistemi ad ala rotante</i>	16	<i>primo anno</i>	<i>Sviluppo di sistemi di controllo per velivoli a guida autonoma ad ala fissa e ad ala rotante. Sistemi di guida automatica e/o supervisionata di sciame di velivoli e droni. Metodi di identificazione di sistemi dinamici non lineari.</i>		NO
14	<i>Metodi e modelli per l'analisi aerodinamica,</i>	16	<i>primo anno</i>	<i>Sistemi multirottore innovativi per applicazioni a</i>		NO

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Verifica finale
	<i>aeroelastica ed aeroacustica di velivoli ad ala rotante.</i>			<i>velivoli per trasporto di beni e servizi. Metodi di riduzione delle emissioni acustiche alla sorgente e di mitigazione dell'impatto acustico a terra. Modellazione orientata alla progettazione ottimizzata multidisciplinare.</i>		
15	<i>Metodi e modelli per l'analisi e la progettazione e il controllo di turbine eoliche onshore e offshore</i>	16	<i>secondo anno</i>	<i>Controllori per turbine eoliche per la gestione della potenza elettrica sviluppata e per il controllo delle vibrazioni. Impianti a base fissa o galleggiante per applicazioni offshore. Identificazione di sistemi dinamici non lineari.</i>		NO
16	<i>Tecniche tempo-frequenza per l'analisi di fenomeni non-deterministici</i>	12	<i>primo anno</i>	<i>Elementi di probabilità e statistica e trasformate di Fourier. Analisi tempo-frequenza: dalla rappresentazione spettrale alle trasformate wavelet. Wavelet discrete e continue, trasformate reali e complesse. Esempi di applicazioni: lo studio dell'intermittenza in flussi turbolenti e la modellistica delle sorgenti di rumore in aeroacustica.</i>		NO
17	<i>Corso avanzato di fluidodinamica e</i>	16	<i>secondo anno</i>	<i>Il corso fornisce un'introduzione ai</i>		NO

n.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore totali sull'intero ciclo	Distribuzione durante il ciclo di dottorato (anni in cui l'insegnamento è attivo)	Descrizione del corso	Eventuale curriculum di riferimento	Verifica finale
	<i>aeroacustica computazionale</i>			<i>principali concetti della fluidodinamica e aeracustica computazionale con particolare riferimento all'implementazione di metodologie high-fidelity che sfruttano piattaforme di calcolo parallelo.</i>		
18	<i>Teoria delle sistemi e delle reti complesse</i>	16	<i>primo anno</i>	<i>Introduzione alla teoria dei sistemi e delle reti complesse come strumento fondamentale di analisi dei sistemi reali in cui molti elementi interagiscono dando luogo a comportamenti complessi da un punto di vista topologico e/o spazio-temporale</i>		NO

Riepilogo automatico insegnamenti previsti nell'iter formativo

**Totale ore medie annue:** 86.67 (valore ottenuto dalla somma del Numero di ore totali sull'intero ciclo di tutti gli insegnamenti diviso la durata del corso)

Numero insegnamenti: 18

Di cui è prevista verifica finale: 4

**Altre attività didattiche (seminari, attività di laboratorio e di ricerca, formazione interdisciplinare, multidisciplinare e transdisciplinare)**

n.	Tipo di attività	Descrizione dell'attività (e delle modalità di accesso alle infrastrutture per i dottorati nazionali)
1.	<i>Seminari</i>	<i>Formulazioni aeroacustiche nello spazio-tempo. Il seminario ha lo scopo di descrivere la riformulazione delle equazioni che governano la propagazione di perturbazione acustiche in mezzi in moto arbitrario. Reinterpretazione del concetto di trasporto in chiave relativistica. 6 ore. I anno di corso.</i>
2.	<i>Attività di laboratorio</i>	<i>Uso di strumenti di simulazione in ambiente distribuito. COMSOL, Acousto (<a href="https://acousto.sourceforge.net">https://acousto.sourceforge.net</a>), SU2. Il laboratorio ha lo scopo di sviluppare la capacità del dottorando di sfruttare le potenzialità dei moderni sistemi di calcolo.</i>
3.	<i>Attività di laboratorio</i>	<i>Practice on control design for electrical energy conversion applications (Corso in lingua inglese) - I partecipanti acquisiranno le competenze inerenti allo sviluppo di algoritmi di controllo negli ambiti dell'elettronica di potenza e</i>

n.	Tipo di attività	Descrizione dell'attività (e delle modalità di accesso alle infrastrutture per i dottorati nazionali)
		<i>degli azionamenti elettrici, con riferimento a piattaforme di calcolo basate su microprocessore con sistemi operativi real-time, oltre alla programmazione di piattaforme logiche FPGA tramite tool grafici. Durata 24 ore, II anno.</i>
4.	<i>Seminari</i>	<i>Advanced multilevel converter topologies (Corso in lingua inglese) - Il corso ha l'obiettivo di presentare diverse topologie di sistemi di conversione di tipo multilivello da impiegarsi in ambito industriale. Durata 6 ore, I anno.</i>

### **Soggiorni di ricerca**

		Periodo medio previsto (in mesi per studente):	periodo minimo previsto (facoltativo)	periodo massimo previsto (facoltativo)
<b>Soggiorni di ricerca (ITALIA - al di fuori delle istituzioni coinvolte)</b>	<i>SI</i>	<i>mesi 3</i>		
<b>Soggiorni di ricerca (ESTERO nell'ambito delle istituzioni coinvolte)</b>	<i>NO</i>			
<b>Soggiorni di ricerca (ESTERO - al di fuori delle istituzioni coinvolte)</b>	<i>SI</i>	<i>mesi 3</i>		

### **6. Strutture operative e scientifiche**

Tipologia	Descrizione sintetica (max 500 caratteri per ogni descrizione)
<b>Attrezzature e/o Laboratori</b>	<i>I laboratori presso i quali i dottorandi possono condurre le attività di ricerca sono quelli disponibili presso l'intero Dipartimento di Ingegneria, ove sono disponibili tutte le risorse strumentali e di calcolo idonee. La recente costituzione dei laboratori diffusi (vedi sezione di descrizione e obiettivi) mette a disposizione di ogni dottorando l'intero apparato strumentale del dipartimento, permettendo la pianificazione di attività trasversali in maniera semplice ed efficace.</i>
<b>Patrimonio librario</b>	<i>I dottorandi possono avvalersi del centro documentale di sezione, e della Biblioteca di area Scientifico Tecnologica, collocata presso la stessa sede del dipartimento e dei suoi principali laboratori. La dotazione documentale della BaST copre tutte le</i>

	<b>Tipologia</b>	<b>Descrizione sintetica (max 500 caratteri per ogni descrizione)</b>
		<i>tematiche proprie del corso e permette un agevole consultazione del materiale digitale da qualsiasi postazione interna e esterna (tramite VPN).</i>
	abbonamenti a riviste (numero, annate possedute, copertura della tematiche del corso)	<i>Gli abbonamenti alle riviste cartacee sono stati disdetti per incrementare l'impegno economico verso le banche dati online che consentono un aggiornamento più rapido dello stato dell'arte riguardo a tutte le tematiche proprie del corso di dottorato.</i>
<b>E-resources</b>	<b>Banche dati</b> (accesso al contenuto di insiemi di riviste e/o collane editoriali)	<i>Esistono numerose convenzioni di ateneo con i più grandi provider mondiali (Elsevier, Thomson), ai quali i dottorandi possono accedere una volta acquisite le credenziali personali dall'ufficio ricerca. E' anche attivo e disponibile il sistema di ricerca e consultazione basato su Scopus e WOS. I dottorandi saranno incoraggiati all'utilizzo delle piattaforme di condivisione dati e documenti ad accesso aperto.</i>
	<b>Software specificatamente attinenti ai settori di ricerca previsti</b>	<i>Il dipartimento offre alcuni laboratori comuni per l'utilizzo di calcolatori, ma la maggior parte dei gruppi è autonoma o si appoggia a risorse di calcolo specifiche disponibili online. L'Ateneo ha stipulato contratti di licenza per i software Mathematica, Matlab e per l'intero catalogo AutoDesk. Ulteriori licenze sono garantite da contratti specifici stipulati dal Dipartimento su fondi dei gruppi di ricerca (per es., COMSOL, Labview).</i>
	<b>Spazi e risorse per i dottorandi e per il calcolo elettronico</b>	<i>Ogni gruppo di lavoro ospita i dottorandi negli spazi dedicati alle attività di laboratorio relative alle ricerche nelle quali lo studente è coinvolto. Esistono a livello di sezione e di dipartimento varie strutture di accoglienza che offrono spazi per lo studio, le attività compilative e l'accesso alla rete. Sono disponibili strumenti hardware per il calcolo intensivo basati su tecnologie scalari e distribuite di ultima generazione.</i>
<b>Altro</b>		<i>Si darà grande importanza al concetto di "open science", incoraggiando i dottorandi ad utilizzare gli strumenti di condivisione ad accesso libero. All'atto dell'attivazione verrà istituita una comunità sulla piattaforma Zenodo, collegata all'infrastruttura OpenAIRE (Open Access Infrastructure for Research in Europe). I dottorandi dovranno pubblicare i risultati della loro ricerca secondo i criteri di green/gold open access (Berlin Declaration on Open Access to Knowledge in Sciences, 2003).</i>

## **7. Requisiti e modalità di ammissione**

**Tutte le lauree magistrali:**

*SI, Tutte*

### **Attività dei dottorandi**

<b>È previsto che i dottorandi possano svolgere attività di tutorato</b>	<i>SI</i>	
<b>È previsto che i dottorandi possano svolgere attività di didattica integrativa</b>	<i>SI</i>	<i>Ore previste: 120</i>
<b>E' previsto che i dottorandi svolgano attività di terza missione?</b>	<i>SI</i>	<i>Ore previste: 30</i>