



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



Corso di dottorato in INGEGNERIA INDUSTRIALE	
AREA SCIENTIFICO-DISCIPLINARE	9 - INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE
COORDINATORE	PROF. ROBERTO BARATTI
SEDE	DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA MECCANICA, CHIMICA E DEI MATERIALI
DURATA	3 ANNI
OBIETTIVI FORMATIVI E TEMATICHE DI RICERCA	<p>Il Dottorato di Ricerca in Ingegneria Industriale si è costituito nel 2013 dalla fusione dei Dottorati in Progettazione Meccaniche e Ingegneria Industriale dell'Università degli Studi di Cagliari.</p> <p>L'obiettivo formativo del Dottorato di Ricerca in Ingegneria Industriale è di preparare una figura in grado sia di condurre autonomamente ricerche applicate, sia di applicare le conoscenze acquisite alle necessità dei centri di ricerca o delle aziende in cui andrà ad operare. La figura del Dottore in Ingegneria Industriale nasce dall'esigenza del settore produttivo di coniugare esigenze tecniche nei settori della progettazione e gestione di complessi impianti e sistemi produttivi ed esigenze di ricerca e sviluppo di tecnologie innovative per l'Energia e l'Ambiente. La figura formata avrà probabili sbocchi occupazionali che riguarderanno la progettazione e gestione dei moderni dispositivi, apparati sistemi e processi elettrici, meccanici e chimici, che riducano le emissioni e rispettino le norme di compatibilità ambientale e le reti di energia e di comunicazione. La creazione di Centri di Ricerca nel territorio Sardo (CRS4, SARAS Ricerche, EcoTec, Porto Conte Ricerche, Tiscali ed altri) forniscono una ulteriore possibilità di sbocco lavorativo agli studenti del Dottorato. Società ad alto contenuto tecnologico potranno beneficiare delle conoscenze acquisite dagli allievi del Dottorato. A riprova di quanto sopra detto, molte aziende e centri di ricerca che operano nel territorio Sardo e Nazionale hanno a suo tempo espresso numerose dichiarazioni di interesse per la nascita del Dottorato in Ingegneria Industriale, riconoscendo le potenzialità che tale formazione può dare per l'inserimento nei settori produttivi di riferimento. Altrettanto importante è il fatto che enti e imprese finanziano il dottorato sia direttamente, tramite l'accensione di borse aggiuntive di Dottorato, sia indirettamente, tramite convenzioni di ricerca con i Dipartimenti che afferiscono al Dottorato stesso. Questo garantisce che i dottorandi sono inseriti in un ambiente strettamente a contatto con la realtà industriale Regionale, Nazionale e Internazionale. La partecipazione dei Dottorandi a problematiche di ricerca applicata ed a stretto contatto con l'Industria, ha permesso sino ad ora e permetterà nel futuro un loro sicuro inserimento nel mondo del lavoro, una volta conseguito il titolo.</p> <p>E' da evidenziare che il Dottorato prevede la verifica annuale delle attività svolte dal dottorando tramite la presentazione delle attività che si svolge al termine di ogni anno accademico.</p> <p>A riprova di quanto sopra esposto di seguito verranno indicati alcuni macro dati relativi all'occupazione dei Dottorati divisi per Dottorato confluito nel nuovo.</p> <p>Il Dottorato di Ricerca in Ingegneria Industriale è stato attivo da nove cicli completi ed ha rilasciato il titolo a quarantotto studenti, di cui dieci hanno ottenuto il titolo congiunto di Doctor Europaeus (certificazione congiunta allegata ad un titolo nazionale di dottorato che si qualifica per determinate caratteristiche di internazionalizzazione). I dati di occupabilità mostrano che, ad un anno dal conseguimento del titolo, tutti i dottori di ricerca hanno trovato una occupazione coerente con la formazione dottorale. In particolare, trentatré sono impiegati in centri di ricerca o università in ambito regionale, nazionale o internazionale, mentre tredici hanno trovato occupazione in industrie locali e/o internazionali.</p> <p>Il Dottorato di Progettazione Meccaniche è attivo dal III Ciclo ed ha rilasciato il titolo cinquantadue studenti. I dati di occupabilità dimostrano che cinquanta hanno trovato una occupazione coerente con la formazione dottorale.</p>

Il Dottorato in Ingegneria Industriale persegue i seguenti obiettivi formativi:

1) Attività di modellistica dei sistemi CCS

La cattura e il sequestro della CO₂ rappresentano argomenti di sempre maggior interesse per la comunità scientifica internazionale data la crescente preoccupazione derivante dal possibile legame tra l'emissione antropogenica di anidride carbonica ed il cambiamento climatico globale. Tra le possibili alternative per la riduzione dell'anidride carbonica in atmosfera una delle più promettenti risulta essere la cattura e lo stoccaggio permanente, o possibile riutilizzo, della CO₂ prodotta dagli impianti di potenza che, come è noto, sono tra le più significative sorgenti di emissione puntuale di tale gas. In questo campo, presso il DIMCM è da diversi anni attivo un gruppo di ricerca. Le tematiche di ricerca prevedono lo sviluppo e la validazione di un modello dinamico di un impianto, sviluppato con Aspen Custom Modeler®, per la separazione con monoetanolamina (MEA) della CO₂ prodotta da una centrale di potenza ultrasupercritica (USC) di taglia 250 MW elettrici. La ricerca dottorale consisterà nello sviluppo di un sistema di controllo di detto impianto e un osservatore per la stima della CO₂ uscente dall'assorbitore. Il percorso formativo dell'addottorando prevede una prima fase di acquisizione delle principali conoscenze legate sia alle tecniche di controllo e di sviluppo dei sensori software sia all'individuazione di modelli atti a descrivere il processo in modo semplice e sufficientemente accurato. L'obiettivo del primo anno riguarderà lo sviluppo di un modello dettagliato del processo di assorbimento e di rigenerazione della MEA. Nella seconda fase al dottorando sarà assegnato il tema di ricerca sopra descritto. L'obiettivo del secondo anno di attività è la messa a punto dei modelli sviluppati nel primo anno e la derivazione di un modello semplificato dei due processi per lo sviluppo di un sistema inferenziale per la stima della CO₂ emessa dall'impianto di abbattimento, sistema inferenziale che sarà sviluppato nel terzo anno del corso contemporaneamente alle tecniche di controllo.

2) Energia e sviluppo sostenibile: Fusione nucleare

Lo scopo di questo programma di ricerca dottorale è quello di preparare figure professionali con una solida e avanzata preparazione sia di fisica che di ingegneria in grado di fornire un contributo alla realizzazione della produzione di energia da Fusione Termonucleare Controllata. La ricerca di nuove fonti di approvvigionamento energetico è infatti sempre più importante nell'attuale quadro politico mondiale. Per rispondere ai problemi di approvvigionamento energetico, la ricerca sulla Fusione nucleare si pone l'obiettivo di produrre energia da processi di fusione nucleare e di dimostrare che questa sorgente di energia può essere usata per produrre elettricità in modo sicuro, rispettoso dell'ambiente e con risorse di combustibile abbondanti. Il percorso formativo del dottorando di ricerca, inserito in questa attività, prevede una prima fase di acquisizione delle principali conoscenze legate alla fisica del plasma e alle problematiche ingegneristiche che derivano dalla corretta conduzione di una scarica di plasma nonché delle principali tecniche di monitoraggio. Per l'acquisizione di tali competenze si prevede la frequenza dei principali laboratori di ricerca europei dell'EURATOM con i quali sono da anni in corso collaborazioni scientifiche, oltre che la frequenza di scuole dottorali, e lo studio individuale. Questa fase riguarderà principalmente l'obiettivo del primo anno. In una seconda fase al dottorando sarà assegnato uno specifico tema di ricerca. Molte sono le problematiche ingegneristiche in un esperimento di fusione nucleare. In particolare, il tema di ricerca del dottorando riguarderà lo sviluppo di un Sistema di Controllo di Disruzioni, che integri un modulo per la predizione delle disruzioni, con un modulo per la classificazione del tipo di disruzione che consenta di mettere in atto le più opportune azioni per il salvataggio da disruzione della scarica di plasma e/o per la mitigazione della disruzione. L'obiettivo del secondo anno sarà lo sviluppo di un sistema per la classificazione del tipo di disruzione. Il sistema sarà completato da un predittore di disruzioni che possa funzionare in tempo reale e che sarà completato e verificato nel terzo anno.

3) Sistemi di generazione elettrica da fonti rinnovabili con accumulo termico e chimico.

L'esigenza di una maggiore attenzione verso le problematiche di carattere ambientale determinate dall'utilizzo massivo dei combustibili fossili ha fornito un particolare impulso allo sviluppo delle tecnologie delle energie rinnovabili, in particolare da fonte solare, eolica e da biomasse. Gli impegni sottoscritti a livello europeo e i conseguenti meccanismi di incentivazione adottati per le finalità del pacchetto 20-20-20, particolarmente favorevoli in Italia per lo sviluppo delle energie rinnovabili, hanno determinato negli ultimi anni un impressionante incremento dell'incidenza di queste ultime, specie di quella solare fotovoltaica. Questo fenomeno, da un lato positivo sul piano ambientale, ha però introdotto

nuove problematiche derivanti dalla natura aleatoria e non programmabile della generazione elettrica distribuita da fonte solare ed eolica, che si traducono in una maggiore complessità dei criteri di gestione del dispacciamento e nella esigenza oramai ineluttabile di integrare i sistemi di generazione elettrica da fonti rinnovabili non programmabili con sistemi di accumulo dell'energia prodotta. In tale contesto il Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Chimica e dei Materiali dell'Università di Cagliari è da tempo intensamente impegnato in progetti di ricerca concernenti le tecnologie CSP (Concentrated Solar Power) per la generazione elettrica da energia solare concentrata, le tecnologie TES (Thermal Energy Storage) per l'accumulo di energia termica ad alta temperatura, i sistemi di generazione elettrica da fonti rinnovabili, in particolare eolica e solare fotovoltaica integrati con sistemi per la produzione e l'accumulo di idrogeno, le tecnologie per la riduzione delle emissioni di CO₂ da impianti a combustibili fossili, i sistemi energetici integrati con processi per la produzione di acqua dissalata, e altro ancora. Alla luce delle considerazioni sopra esposte col progetto di ricerca proposto si intende approfondire lo studio di alcune problematiche inerenti ai sistemi innovativi di conversione dell'energia, con particolare riferimento ai sistemi energetici integrati, a fonti rinnovabili e non, con sistemi di co-produzione e accumulo di energia elettrica, termica e di idrogeno. L'obiettivo del primo anno riguarderà l'acquisizione e l'approfondimento delle conoscenze di base sulle tecnologie CSP e TES propedeutiche allo sviluppo della modellistica di simulazione e di previsione delle prestazioni delle soluzioni impiantistiche individuate e dei relativi componenti. In una seconda fase verrà definito e assegnato al dottorando il tema specifico del progetto da sviluppare che consisterà principalmente nello sviluppo di metodologie e strumenti di simulazione numerica, di ottimizzazione, di gestione e di valutazione economica di micro reti integrate con fonti energetiche rinnovabili di diversa natura e diversi sistemi di accumulo dell'energia. L'obiettivo del secondo anno sarà lo sviluppo dei modelli di simulazione, gestione e di ottimizzazione dei processi. Durante il terzo anno, oltre all'eventuale completamento dei modelli si passerà alla valutazione economica di micro reti integrate con fonti energetiche rinnovabili di diversa natura e diversi sistemi di accumulo dell'energia.

4) Sviluppo di catalizzatori per applicazioni in celle solari

In questo progetto formativo il dottorando sarà impegnato nello studio delle tecniche elettrochimiche per la sintesi e caratterizzazione di catalizzatori per celle solari sensibilizzate con coloranti (DSSC). L'efficacia dei processi fotocatalitici che sfruttano la radiazione solare è dettata in larga misura sia dalla capacità del materiale semiconduttore utilizzato di assorbire la luce nella banda del visibile, che dalla sua capacità di evitare la ricombinazione delle cariche foto-generate. L'attività sperimentale del dottorando sarà rivolta all'ottenimento di strutture ordinate di nano tubi a base di TiO₂ che verranno poi sensibilizzate con colorante. La sensibilizzazione sarà effettuata elettrochimicamente, con un approccio layer-by-layer che comporterà l'innesto elettrochimico di un precursore sulla superficie dell'ossido, seguito dalla modifica chimica delle molecole innestate. Le proprietà elettrochimiche dei materiali saranno studiate sia in assenza che in presenza di radiazione luminosa a diverse lunghezze d'onda. Lo studio sarà fatto mediante tecniche elettrochimiche in corrente continua o alternata (spettroscopie d'impedenza elettrochimica (EIS)). Le tecniche DC saranno utilizzate anche per caratterizzare il ricoprimento del TiO₂ con organici. I test EIS, completeranno la caratterizzazione del TiO₂ fornendo informazioni sulla struttura elettronica e l'attività elettrochimica. La partecipazione a scuole di dottorato, quale quella tenuta annualmente a livello europeo su specifici argomenti di Ingegneria Elettrochimica (European Summer School on Electrochemical Engineering) come pure a periodi di formazione presso istituti di ricerca e trasferimento tecnologico all'avanguardia a livello Europeo nel settore specifico della catalisi e fotoelettrocatalisi, consentiranno al dottorando di completare la sua preparazione e di acquisire le competenze nel settore specifico. L'obiettivo del primo anno sarà la messa a punto di una procedura di funzionalizzazione delle superfici di TiO₂, in particolare l'inserimento di una molecola in grado di fungere da precursore per l'attacco successivo di gruppi funzionali appropriati. Il secondo anno avrà come obiettivo lo sviluppo di una tecnica di polimerizzazione elettrochimica sulla superficie della titania, per ottenere un layer stabile e funzionale allo sfruttamento della luce visibile.

5) Tecniche di acustica non lineare per il monitoraggio di fenomeni di danno in materiali e strutture

L'obiettivo principale della ricerca dottorale è quello di sviluppare ed applicare tecniche ultrasoniche ed acusto-ultrasoniche basate su approcci di acustica non

lineare (Nonlinear Acoustics) per l'identificazione ed il monitoraggio di fenomeni di danno e degradazione in materiali e strutture. La linea di ricerca punta a sviluppare e potenziare una serie di metodologie innovative che trovano applicazione in molti settori dell'industria (sistemi di trasporto aereo ferroviario e marittimo; impiantistica meccanica; energia eolica). Si intende in particolare investigare le potenzialità di tecniche non lineari basate sull'analisi dei fenomeni di intermodulazione che, in presenza di non linearità indotte dal danneggiamento, si generano tra onde elastiche di frequenza diversa introdotte simultaneamente nel materiale. L'analisi sarà indirizzata all'indagine di fenomeni di danno localizzato o di micro-degradazione diffusa in strutture costituite di materiali metallici o compositi, sia a scala di laboratorio che a scala reale. Il progetto si propone inoltre di esplorare ed identificare i meccanismi fisici tramite i quali i modi di danneggiamento tipici delle diverse classi di materiali esaminate producono gli effetti di intermodulazione tra le onde di eccitazione. E' prevista una estesa attività sperimentale finalizzata alla valutazione di potenzialità, efficienza e sensibilità delle tecniche di indagine non lineare esame dello studio. L'obiettivo del primo anno riguarderà l'analisi critica della letteratura scientifica nel campo, la realizzazione di strutture dimostrative sulle quali effettuare le prove sperimentali e le simulazioni numeriche per la caratterizzazione teorica preliminare (analisi modale della struttura ed analisi di divergenza nelle zone di danneggiamento di interfaccia). L'obiettivo del secondo anno riguarderà l'esecuzione di prove vibro-acustiche per l'identificazione del danno e l'analisi dei risultati sperimentali per l'ottimizzazione delle modalità di interrogazione della struttura e di acquisizione dei dati.

6) Caratterizzazione biomeccanica della disabilità motoria nella Sclerosi Multipla

La Sclerosi Multipla (SM) è una malattia infiammatoria cronica del sistema nervoso centrale (SNC), che rappresenta la principale causa di disabilità neurologica nel giovane adulto ed è caratterizzata da manifestazioni cliniche estremamente variegata che sono espressione del danno mielinico/assonale presente in diverse sedi di SNC stesso. I pazienti possono, infatti, presentare disturbi motori, disturbi della sensibilità, disturbi dell'equilibrio, della coordinazione, della vista, disturbi sfinterici, disturbi cognitivi (sino alla demenza) tra gli altri. La malattia è presente in tutto il mondo ma la sua prevalenza aumenta con la latitudine, un'eccezione a questa regola è data dalla Sardegna che nonostante la sua localizzazione geografica presenta una delle frequenze più alte al mondo. In questo progetto, il dottorando sarà chiamato ad applicare a questa patologia le più avanzate tecnologie in grado di fornire dati relativi alla misura quantitativa della biomeccanica del movimento (quantitative Motion Analysis), che fino ad ora hanno trovato scarsa applicazione nella SM, pur essendo viceversa diffuse in altri ambiti clinici quali la Paralisi Cerebrale Infantile, il morbo di Parkinson e l'Alzheimer. L'obiettivo finale è quello di proporre uno strumento oggettivo di valutazione della disabilità del soggetto con SM complementare alle scale cliniche normalmente utilizzate.

Poiché la disabilità è associata sia a disturbi motori che a fatica centrale che riduce la quantità di movimento nella vita quotidiana, l'obiettivo della valutazione funzionale verrà raggiunto con misure dettagliate e multifattoriali dei movimenti complessi (da effettuarsi con apparecchiature in un Laboratorio di Analisi del Movimento specializzato), e con il monitoraggio di parametri indicativi della situazione motoria del paziente in un contesto quotidiano (prevedendo l'utilizzo di sensori facilmente indossabili). L'obiettivo del primo anno, dopo la formazione, sarà la raccolta dei dati, sia di persone malate con diverso grado di disabilità e controllo, che verranno utilizzati nella fase successiva. Durante il secondo anno, l'obiettivo riguarderà la modellazione della risposta biomeccanica del movimento al fine di proporre uno strumento oggettivo di valutazione della disabilità del soggetto. La validazione dei modelli sviluppati avverrà nel terzo anno.

7) Azionamenti Elettrici per la trazione

Nell'ultimo decennio, si è riscontrato un crescente interesse verso la trazione elettrica stradale da parte sia del mondo della ricerca scientifica sia del comparto produttivo. Ciò è dovuto principalmente alla volontà dei singoli paesi di affrancarsi dalla dipendenza dai combustibili fossili a seguito di numerosi fattori, fra i quali il crescente aumento del loro costo, la delicata situazione politica dei paesi produttori, la diminuzione della loro disponibilità e le problematiche ambientali derivanti dal loro massiccio impiego. Una possibile soluzione a questi problemi è quindi rappresentata dall'utilizzo dei veicoli elettrici (EV) e/o elettrici ibridi (HEV). La gestione energetica dei veicoli EV e HEV è effettuata principalmente mediante convertitori elettronici di potenza, deputati alla gestione dei dispositivi di accumulo a bordo del veicolo (batterie, super condensatori, celle a combustibile, sistemi di accumulo a volano, etc.) ed all'alimentazione controllata dei propulsori elettrici

(motori asincroni, a riluttanza variabile, sincroni a magneti permanenti, etc.). L'addottorando inserito in questo filone di ricerca avrà come obiettivo, durante il primo anno, l'approfondimento della conoscenza dei suddetti dispositivi, in particolare i loro principi di funzionamento ed i loro modelli matematici. Per il secondo anno l'obiettivo sarà quello di individuare nuove strategie e/o tecniche di controllo finalizzate al miglioramento delle prestazioni degli azionamenti, sia dal punto di vista energetico sia dal punto di vista dinamico, realizzando, ad esempio, predefinite traiettorie di velocità e/o di coppia, minimizzando i ripple e/o le perdite del sistema, massimizzando il recupero dell'energia in fase di frenatura rigenerativa, compensando opportunamente le variazioni parametriche della macchina e/o gli effetti della modulazione non ideale dei convertitori. Tutto ciò consentirà all'addottorando di maturare, nel terzo anno di attività, conoscenze specifiche in un settore relativamente nuovo ed a forte espansione, favorendone il futuro inserimento nel mondo del lavoro.

8) Azionamenti Elettrici per Sistemi di Accumulo a volano

Per sistema di accumulo a volano (Flywheel Energy Storage System, FESS) si intende una struttura costituita principalmente da una massa rotante (volano) ed un azionamento elettrico. I FESS sono utilizzati per immagazzinare l'energia elettrica, convertendola in energia cinetica del volano, salvo poi restituirla in tempi e modalità opportune. Nell'ultimo ventennio, i FESS hanno acquistato competitività rispetto ad altre tipologie di sistemi di accumulo in molteplici applicazioni (gestione della rete elettrica, UPS, veicoli elettrici ed elettrici ibridi, etc.), riscontrando quindi un crescente interesse da parte della comunità scientifica e dell'industria. In particolare, è attualmente in corso presso il DIEE un progetto di ricerca riguardo i FESS ad alta velocità di rotazione; questi ultimi sono ritenuti particolarmente idonei per l'impiego a bordo di veicoli elettrici ed elettrici ibridi, essendo caratterizzati da buone densità di energia ed elevate densità di potenza, alta efficienza, bassa manutenzione, nessun inquinamento e da un numero di cicli di carica/scarica estremamente elevato. L'addottorando inserito in questo filone di ricerca avrà come obiettivo, durante il primo anno, l'approfondimento della conoscenza dei FESS, analizzando le diverse configurazioni proposte in letteratura, con particolare riferimento a quelle per applicazioni veicolari. Nel secondo anno, si definiranno i criteri, le specifiche di progettazione e la configurazione del FESS e l'obiettivo sarà quindi la proposta di soluzioni innovative, frutto, ove necessario, di opportuni compromessi fra prestazioni, efficienza e costi. In aggiunta, si svilupperanno opportune strategie ed algoritmi di controllo allo scopo di ottimizzare le prestazioni, l'affidabilità e/o l'efficienza energetica del sistema. L'addottorando dovrà quindi acquisire le conoscenze necessarie per l'utilizzo di opportuni software analisi agli elementi finiti e di simulazione degli azionamenti elettrici, oltre alle basi teoriche necessarie per sviluppare gli argomenti sopracitati. Tutto ciò consentirà all'addottorando di maturare, nel terzo anno di attività, conoscenze specifiche in un settore relativamente nuovo ed a forte espansione, favorendone il futuro inserimento nel mondo del lavoro.

9) Convertitori Elettronici di Potenza

Lo sviluppo dei convertitori elettronici di potenza è sempre più dipendente dalle innovazioni tecnologiche introdotte nei dispositivi di potenza, nell'elettronica di interfaccia e di processamento dei segnali (trasduttori, convertitori A/D e unità di calcolo) e negli algoritmi utilizzati per il controllo; tali innovazioni consentono una riduzione dei costi e degli ingombri dei dispositivi, un miglioramento dell'affidabilità e delle prestazioni complessive dei convertitori (energetiche e/o prestazionali), nonché la riduzione dell'inquinamento elettromagnetico causato da tali dispositivi. In particolare, negli ultimi anni si è assistito ad una riduzione dei disturbi, generati dal convertitore, che vanno a perturbare la rete di alimentazione (disturbi condotti) sia quelli che vanno ad interessare l'ambiente circostante (disturbi radiati). Nel primo anno di attività, l'addottorando inserito in tale filone di ricerca avrà come obiettivo l'approfondimento della conoscenza dei principi di funzionamento e dei modelli matematici dei convertitori elettronici di potenza, con particolare riferimento alle più recenti e promettenti configurazioni topologiche proposte in letteratura. Nel secondo anno, l'obiettivo dell'attività di ricerca è quello di sviluppare opportune strategie di controllo al fine di migliorare il funzionamento dei convertitori in termini di prestazioni, efficienza energetica e/o di emissioni elettromagnetiche, suggerendone eventualmente alcune modifiche circuitali. In particolare, nel terzo anno di attività i test di compatibilità elettromagnetica saranno eseguiti all'interno della camera semi-anechoica sita nel Laboratorio di Compatibilità Elettromagnetica del DIEE, la quale consentirà di svolgere le prove di emissione ed immunità elettromagnetica in accordo con quanto prescritto dalle vigenti normative

EMC. Dato che tali normative impongono vincoli piuttosto restrittivi sulle emissioni elettromagnetiche, che in alcuni casi pregiudicano il possibile l'utilizzo e quindi la conseguente commercializzazione del prodotto, l'esperienza maturata dall'addottorando in questo settore comporterà ottime potenzialità in termini di inserimento occupazionale nel settore delle consulenze EMC.

10) *Sistema meccanico di accumulo energetico rigenerativo ad aria compressa, per reti a media tensione.*

L'evoluzione recente in ambito generazione elettrica ha portato ad una ridefinizione delle modalità di gestione delle reti incentrate su concetti di generazione centralizzata (poche centrali di elevata potenza) e non pronte ad accogliere i nuovi schemi di generazione distribuita sempre più diffusi sul territorio. Con l'incremento di impianti di generazione da fonti rinnovabili, piccole centrali di varia tipologia distribuite riversanti energia in rete, il problema del sovraccarico delle linee è particolarmente sentito soprattutto per i casi territorialmente più decentrati. Data l'aleatorietà di produzione dovuta alla tipologia di fonte primaria, considerando energia primaria rinnovabile e la conseguente possibilità di sovrapproduzione per finestre temporali più o meno estese, la priorità necessariamente sarà salvaguardare la rete limitandone i fenomeni di sovraccarico. Il problema presente sulla rete nazionale in modo sempre più evidente (impatto non trascurabile sulla produzione convenzionale da centrali turbogas con riduzione della generazione e valutazione della convenienza nel produrre in determinati periodi dell'anno) è sottolineato in ambito europeo dagli operatori di rete con progetti specifici finalizzati all'analisi della criticità ed allo studio di possibili soluzioni, attuabili nell'immediato, per salvaguardare le reti e migliorarne le prestazioni e la stabilità. Le tematiche di ricerca si rivolgono alla ideazione e progettazione di nuove unità autosufficienti, eventualmente collegabili in rete, dotati di un sistema di supervisione e controllo a distanza. Il percorso formativo dell'addottorando prevede una prima fase di acquisizione delle principali conoscenze legate allo stato dell'arte che vede realizzazioni di sistemi di accumulo di energia ad impatto zero sul territorio. L'obiettivo del primo anno riguarderà lo sviluppo di modelli di comportamento di sistemi di accumulo ad aria compressa ad elevata pressione al fine di valutare la fattibilità progettuale, da un punto di vista della progettazione meccanica del sistema, con particolare attenzione a macchine motrici. Nella fase successiva, che costituisce l'obiettivo del secondo anno, sarà dettagliatamente definito il tema di ricerca assegnato al dottorando e saranno definiti i modelli studiati nel primo anno con l'obiettivo di avere indicazioni progettuali quantitative per sistemi ad aria compressa. Il progetto del sistema sarà tracciato nel terzo anno con la realizzazione di un impianto pilota di ridotta potenza e capacità, per la caratterizzazione sperimentale della funzionalità e delle prestazioni.

11) *Implementazione e validazione sperimentale di un dispositivo robotizzato per il recupero della funzionalità cardiovascolare nei paraplegici*

Nei pazienti paraplegici la lesione spinale esclude il controllo volontario della muscolatura degli arti inferiori con conseguente deficit della funzione diastolica del cuore. A questo riguardo la comunità scientifica propone approfonditi studi interdisciplinari relativi all'applicazione di un sistema di attuatori meccanici capaci di sostituirsi alla pompa muscolare per ripristinare la normale end diastolic filling pressure del ventricolo destro, con conseguente compensazione della portata cardiaca sistemica e della capacità aerobica di tali pazienti. Il percorso formativo dell'addottorando prevede una prima fase di acquisizione delle informazioni biomeccaniche e di collaborazione con unità di ricerca di scienze motorie per la definizione dell'ambito biomeccanico in cui si colloca la attività dell'addottorando. In questa prima fase si prevede la presenza dell'addottorando presso i laboratori di medicina dello sport dell'Università di Cagliari e la collaborazione con il gruppo di Meccanica applicata presso il Politecnico di Torino con cui il DIMCM ha una collaborazione da diversi anni su questo tema di ricerca. L'obiettivo del dottorando durante il primo anno sarà l'acquisizione delle informazioni biomeccaniche e lo studio dei modelli presenti in letteratura. Nella fase successiva sarà definito in dettaglio il tema di ricerca assegnato all'addottorando e saranno definiti i modelli ai quali riferirsi per l'ideazione e la progettazione meccanica di dispositivi prototipali di interazione con i pazienti per il recupero funzionale circolatorio in soggetti motulesi. Nella fase successiva fino alla conclusione del percorso del dottorato si definirà il sistema, si realizzerà un prototipo di sistema mecatronico di interazione con i pazienti e si condurranno prove per rilevare le variazioni di volume di eiezione ventricolare per battito (stroke volume SV), il flusso diastolico medio (SV/DT) e il tempo di pre-eiezione ventricolare/tempo di eiezione ventricolare (PEP/VET) presso i laboratori della Facoltà Medicina e Chirurgia, Dipartimento di

Scienze della Vita e dell'Ambiente dell'Università di Cagliari. L'obiettivo specifico del secondo anno sarà la definizione dei modelli per la progettazione meccanica di dispositivi prototipali di interazione con i pazienti per il recupero funzionale circolatorio in soggetti motulesi.

12) Meccanizzazione agevolatrice per la coltura dello zafferano di Sardegna

Nonostante la forte riduzione, negli ultimi decenni, della coltivazione dello zafferano in Europa, la ripercussione socio-economica di questa coltura è notevole, considerato che il novanta per cento della commercializzazione mondiale dello zafferano è gestito da imprese europee. L'elevata domanda di manodopera che ha questo tipo di coltivazione, unita all'incremento del livello di vita dei paesi produttori mediterranei, dove si produce ancora zafferano, ha fatto così che l'estensione coltivata si sia ridotta sensibilmente nell'ultimo mezzo secolo. Lo "Zafferano di Sardegna" è il terzo zafferano che ottiene la denominazione di origine protetta dopo lo Zafferano dell'Aquila e quello di San Gimignano. La DOP è riservata al prodotto essiccato in stimmi o fili proveniente dalle coltivazioni di *Crocus Sativus L.* coltivato nel territorio dei Comuni di San Gavino Monreale, Turri e Villanovafranca, situati nella provincia del Medio Campidano. La realtà dello zafferano ha aspetti economici e sociali importanti, analizzati da diversi studi dentro e fuori dai confini della Sardegna. Il percorso formativo dell'addottorando prevede una prima fase, che costituisce l'obiettivo del primo anno, di acquisizione delle informazioni relative alla ricerca nell'ambito delle macchine agevolatrici utilizzate in campo agricolo per diverse colture, con particolare attenzione alle macchine dedicate alla raccolta sul campo. In questa prima fase si prevede la collaborazione con la Sezione di Meccanizzazione ed impiantistica del Dipartimento di Ingegneria del Territorio dell'Università di Sassari con cui il DIMCM ha rapporto di collaborazione da diversi anni. Nella fase successiva sarà definito in dettaglio il tema di ricerca assegnato all'addottorando e saranno definiti i modelli ai quali riferirsi per l'ideazione e la progettazione meccanica di dispositivi prototipali di macchine agevolatrici dedicate alla raccolta dello zafferano di Sardegna. Nella fase successiva, fino alla conclusione del percorso del dottorato, si definirà il sistema, si realizzerà un prototipo di sistema mecatronico per la raccolta sul campo, con particolare attenzione al risparmio metabolico dei soggetti coinvolti nell'attività sul campo. L'obiettivo specifico del secondo anno sarà l'ideazione e la progettazione meccanica del dispositivo prototipale e si inizierà la sua realizzazione. Realizzazione che sarà portata a termine durante il terzo anno. Questa fase sarà condotta in collaborazione con il Dipartimento di Scienze della Vita e dell'Ambiente dell'Università di Cagliari.

13) Sviluppo e implementazione di strumenti informatici per archiviazione neural based

In numerosi ambiti culturali, in particolare in campo artistico-letterario, l'esigenza di effettuare archiviazione di opere si scontra spesso con la difficoltà di operare una suddivisione in categorie che si distinguono tra loro in base a caratteristiche non numeriche. Ne sono un esempio emblematico la classificazione di opere letterarie in base al genere di appartenenza, o alla tecnica narrativa, oppure di brani musicali in base alla tecnica compositiva o di esecuzione. Questa difficoltà è insita nelle caratteristiche intrinseche dell'attività artistica, che per sua natura tende a sfuggire ad ogni schema rigido precostituito. Nondimeno, si sente l'esigenza di poter effettuare una classificazione di dette opere per una molteplicità di motivi, quali quelli di archiviazione, ricerca, classificazione, realizzazione di opere antologiche, etc. In questa operazione le reti neurali artificiali possono fornire un valido supporto, grazie alla loro caratteristica peculiare di acquisire informazioni sulla base di esempi. Questa proprietà consente di effettuare classificazioni sulla base di caratteristiche di tipo qualitativo, per esempio avvalendosi del parere di un esperto oppure sulla base di misurazioni effettuati su un oggetto d'arte, quale un quadro, una statua, l'esecuzione di un brano musicale. La ricerca ha come obiettivo quello di sviluppare strumenti informatici basati sulle reti neurali artificiali tramite i quali la conoscenza di un esperto possa essere tradotta in un modello utilizzabile successivamente da utenti non esperti. In particolare, la ricerca sarà orientata allo sviluppo di sistemi per l'analisi e la catalogazione di musica tradizionale. Il percorso formativo del dottorando prevede una fase preliminare riguardante le tecniche neurali e le possibili metodologie per la loro implementazione software e hardware, le tecniche di acquisizione e di elaborazione del segnale sonoro dall'ambiente, le tecniche di monitoraggio di parametri fisiologici del musicista durante l'esecuzione di un brano, metodi avanzati per la realizzazione e la gestione di database non relazionali. Nella seconda fase il dottorando sarà coinvolto in progetti di ricerca volti allo sviluppo di sistemi come quelli descritti in precedenza.

L'obiettivo del primo anno sarà, quindi, lo studio approfondito delle tecniche, reti neurali, necessarie per lo svolgimento del progetto e l'analisi e la catalogazione di musica tradizionale. Nel secondo anno di attività, l'obiettivo sarà quello di sviluppare sistemi per la classificazione in categorie di opere in campo artistico-letterario. Sistemi che saranno completati e testati durante l'ultimo anno del corso.

14) *Controllo, monitoraggio e supervisione decentralizzata di Large-Scale-Systems (LSS)*

L'obiettivo di tale tema di ricerca è lo sviluppo di metodologie ed algoritmi per il coordinamento di sottosistemi, anche complessi, che concorrono al raggiungimento di un obiettivo comune. La rappresentazione di LSS mediante un insieme di agenti interagenti è uno degli approcci usuali per schematizzare il funzionamento di sistemi complessi quali gli impianti industriali, le reti di distribuzione e di comunicazione. Ciascun agente è caratterizzato da una sua propria dinamica e viene influenzato da variabili di ingresso locali (comandi e disturbi) e dalla interazione con gli agenti vicini. È una linea di ricerca aperta e di grande interesse per le possibili ricadute quella volta ad individuare delle metodologie di controllo decentralizzato che permettano di incrementare l'efficienza e l'efficacia del sistema nel suo complesso senza la necessità di un sistema di controllo centralizzato che implica il trasferimento di un grande quantitativo di informazione tra i singoli sottosistemi ed il nodo centrale. Nel primo anno di attività il dottorando avrà come obiettivo l'acquisizione approfondita dello stato dell'arte riguardo il controllo robusto e la diagnostica dei sistemi non lineari e le metodologie proposte in letteratura per il coordinamento di agenti, attualmente basate sulla loro modellazione mediante sistemi del primo e secondo ordine interagenti in cui le interazioni sono rappresentate mediante il laplaciano del grafo che le definisce. Obiettivo del secondo anno sarà l'estensione a sistemi eterogenei e non lineari di tecniche di coordinamento note in letteratura, evidenziandone eventuali vincoli per l'applicazione a sistemi complessi. Successivamente, presumibilmente nell'ultimo anno, verranno ricercate eventuali soluzioni innovative al problema di cooperazione e coordinamento decentralizzati. Tra le metodologie di riferimento verranno considerate le classiche tecniche di controllo robusto e di diagnosi basate su controllori non lineari e quelle che fanno riferimento ad algoritmi di previsione e stima basati su modelli approssimati della dinamica dei singoli agenti. Al fine di acquisire le competenze necessarie allo sviluppo del progetto è prevista la partecipazione a scuole di dottorato, ad esempio quella di Automatica, e scuole estive specifiche, quali quelle organizzate nell'ambito del progetto FP7 Hycon2, a cui partecipano anche ricercatori del DIEE. È inoltre prevista la partecipazione a convegni e workshop su argomenti di interesse e periodi di attività all'estero presso laboratori di ricerca con cui sono attive collaborazioni scientifiche.

15) *Smart Grid e Smart Cities*

La ricerca si pone l'obiettivo di sviluppare nuove tecniche di controllo delle reti di distribuzione finalizzate alla realizzazione delle smart grid, elemento essenziale delle future smart cities. In tale contesto saranno sviluppate e perfezionate:

- Librerie di reti di distribuzione rappresentative dello scenario italiano (divise per ambito urbano, rurale e industriale);
- Librerie di profili di carico e di generazione derivate da analisi ed elaborazioni di dati reali;
- Librerie dei modelli dei principali componenti di rete;
- Librerie dei modelli per la gestione attiva del sistema di distribuzione (modelli di sistemi DMS/EMS a logica sia centralizzata sia distribuita);
- Modelli per la gestione integrata di flotte di veicoli elettrici;
- Software di calcolo e simulazione per l'esecuzione di studi con l'impiego di sistemi RTDS di cui sarà dotato il costituendo POLILAB della Facoltà di Ingegneria ed Architettura;
- Modelli per la cyber-physical simulation delle smart grid, sempre più basate su telecomunicazione avanzata.

Il percorso formativo dell'addottorando prevede una prima fase di acquisizione delle principali conoscenze legate alle tecniche di gestione e pianificazione delle smart grid; in modo particolare in tale fase si curerà la conoscenza delle librerie e dei modelli sviluppati nell'ambito del progetto ATLANTIDE la cui conclusione è prevista alla fine del 2013 (progetto nazionale il cui coordinamento scientifico fa capo a UNICA). L'obiettivo del primo anno riguarderà lo sviluppo di scenari energetici evolutivi per lo studio dei sistemi di bassa tensione nei grandi centri urbani in relazione alle mutate condizioni del mercato dell'energia, che evidenziano l'utilità di eseguire studi a scenario incentrati sulla rete di bassa tensione e la sua

interazione con il sistema a tensione superiore (MT). In particolare questa esigenza trae la sua ragione d'essere dalla sempre maggiore diffusione del vettore elettrico in bassa tensione che spinge i distributori di energia e i gestori di rete ad analizzare le prospettive di mercato e i conseguenti impatti sulla rete di distribuzione; in questo senso è interessante la valutazione di scenari in cui percentuali non irrilevanti di utenti BT utilizzino l'energia elettrica per la ricarica del veicolo elettrico, per il riscaldamento domestico e per servizi domestici sostituendo in modo significativo i combustibili fossili. Nel secondo anno di attività l'addottorando, a partire dagli scenari energetici evolutivi definiti nel primo anno, svilupperà modelli di gestione e di pianificazione delle reti elettriche per le smart cities orientati a individuare l'impatto ambientale ed economico delle nuove strategie nella distribuzione elettrica alla luce delle potenzialità del sistema di telecomunicazione e della definizione di mercati locali dell'energia locali orientati al massimo sfruttamento di tutte le risorse energetiche distribuite. Infine nel terzo anno di attività, le reti di distribuzione per le smart cities, il cui assetto ottimale sarà definito nei precedenti anni di lavoro, saranno simulate in modo realistico mediante l'utilizzo delle risorse messe a disposizione da Sardegna Ricerche (sistemi di generazione distribuita a fonte rinnovabile) e dal POLILAB di UNICA (sistemi RTDS per il calcolo ultraveloce). In particolare le tecniche di gestione saranno provati con la logica hardware in the loop, che permette di inserire negli studi di rete eseguiti con le tecniche di load flow tradizionali elementi reali, quali generatori e sistemi di controllo, per eseguire simulazioni che potrebbero ottenersi con costosi modelli analogici o reti reali.

16) *Modellazione di cristallizzatori*

I processi di cristallizzazione sono ampiamente usati per la separazione solido-liquido nell'industria di processo, farmaceutica ed alimentare. In particolare, tale tecnica è utilizzata con lo scopo di separare il prodotto finale dal solvente e di ottenere la morfologia e la distribuzione dei cristalli richiesta dalle specifiche del prodotto. Le tematiche di ricerca prevedono lo sviluppo di nuove metodologie per modellare, monitorare e controllare l'evoluzione della distribuzione dei cristalli, CSD, nel tempo, in reattori di cristallizzazione. In particolare, sarà utilizzato un approccio, stocastico, equazione di Fokker-Plank, FPE, nel quale è assunto che i singoli cristalli crescono indipendentemente gli uni dagli altri, ma la crescita di ciascuno è influenzata dall'ambiente (soluzione) che lo circonda, causando, quindi, una differente dimensione dei cristalli ovvero, l'ottenimento di una CSD. Il percorso formativo del dottorando prevede una prima fase di acquisizione delle principali conoscenze legate alla modellazione stocastica ed alle tecniche di controllo model-based. Nella seconda fase al dottorando sarà coinvolto nello sviluppo dei modelli necessari per l'ottimizzazione e il controllo dei processi di cristallizzazione. In particolare, l'obiettivo del primo anno sarà lo sviluppo di un modello stocastico per la descrizione della distribuzione dei cristalli e la quantità di cristalli prodotta. L'obiettivo del secondo anno sarà l'individuazione delle condizioni ottimali di esercizio del cristallizzatore per ottenere la CSD desiderata. Infine, durante il terzo anno verranno sviluppate le tecniche di controllo per la gestione del cristallizzatore.

17) *Sensori software*

La necessità dell'industria chimica, di raffinazione e alimentare di conoscere la qualità di prodotti tramite indici di qualità e/o concentrazione offre la possibilità di sviluppare sensori software che permettono di inferire queste grandezze da altre più facilmente misurabili. Le tematiche di ricerca proposte si inseriscono in un progetto più ampio di modellazione dell'effetto dell'ambiente esterno sul sistema in oggetto, effetto descritto tramite l'equazione di Fokker-Plank. Infatti, questa conoscenza permetterà lo sviluppo di sensori software effettivamente non lineari, al contrario delle inevitabili semplificazioni sino ad ora introdotte. Il percorso formativo del dottorando, inserito in questa attività, prevede una prima fase di acquisizione delle principali conoscenze legate sia alle tecniche di sviluppo dei sensori software sia all'individuazione di modelli atti a descrivere il processo in modo semplice e sufficientemente accurato nonché la capacità di descrizione dell'influenza dei disturbi del mondo esterno e dell'incertezza dei parametri. In una seconda fase al dottorando sarà assegnato uno specifico tema di ricerca, ovvero lo sviluppo di un sensore software, il filtro di Kushner, per un processo di interesse comune tra Università ed Industria. L'obiettivo del primo anno sarà lo sviluppo di un modello stocastico di un processo descritto tramite l'equazione di Fokker-Plank. L'obiettivo del secondo anno sarà l'implementazione del filtro di Kushner e la sua comparazione con tecniche più standard (ad esempio, EKF e GO). Infine, durante il terzo anno, il dottorando dovrà sviluppare un sistema di calibrazione del filtro da

	<p>conoscenze a priori sul sistema e analizzerà criticamente le differenze ottenute tramite i diversi metodi inferenziali.</p> <p>18) <i>Implementazione di metodologie di controllo statistico multivariato</i></p> <p>Lo scopo del controllo statistico (Statistical Process Control: SPC) è, in genere, quello di monitorare, mediante l'impiego di tecniche statistiche, le prestazioni del processo in modo che risulti sempre "sotto controllo", ovvero non si discosti in maniera considerevole dalle condizioni nominali di esercizio. Alcuni metodi impiegati nell'SPC si basano sul monitoraggio individuale delle variabili e sull'identificazione delle deviazioni di ciascuna di esse rispetto ai valori di target. D'altra parte, il recente sviluppo tecnologico raggiunto nell'ambito della sensoristica permette di misurare e registrare, in modo continuo, un numero elevato di variabili di processo che possono dare un'informazione indiretta dello stato del sistema. Da notare che la gestione e l'interpretazione delle variabili misurate risulta in genere problematica, in virtù dell'elevata ridondanza di informazione presente: spesso tali misure sono estremamente correlate tra loro e rispecchiano in modo differente la risposta del processo ai pochi eventi principali che si verificano. L'obiettivo principale della ricerca è quello di sviluppare tecniche di controllo statistico multivariato per garantire la stabilità dei processi e migliorarne la resa attraverso la riduzione della variabilità. La linea di ricerca punta a sviluppare e potenziare una serie di metodologie innovative che trovano applicazione in molti settori dell'industria (agroalimentare, petrolchimico, biomedico etc.). Si intende in particolare investigare le potenzialità di tecniche di analisi statistica multivariata, quali l'Analisi delle Componenti Principali (Principal Component Analysis: PCA) che rappresenta una valida alternativa attraverso la quale è possibile individuare le correlazioni presenti tra variabili, comprimere misure multivariate. L'analisi sarà indirizzata principalmente alla caratterizzazione di misure spettroscopiche (FTIR, NMR spettrofotometri etc.), in genere di difficile interpretazione ma ampiamente usate nelle diverse applicazioni. L'obiettivo finale è proporre uno strumento oggettivo di valutazione delle prestazioni del processo che possa avere diversi ambiti di applicazione. L'obiettivo del primo anno riguarderà l'implementazione ed il consolidamento delle conoscenze relative alle metodologie di controllo statistico con particolare enfasi alle misure di tipo spettroscopico. Nel secondo anno di attività si intende applicare l'insieme dei protocolli di calcolo sviluppati nel primo anno su casi di studio reali, che verranno selezionati in base alle competenze maturate nel corso del primo anno</p> <p>Oltre agli specifici progetti riportati precedentemente, ne potranno essere attivati altri riguardanti i seguenti settori (sottosettori ERC):</p> <p>PE7_1 Control engineering PE7_2 Electrical and electronic engineering: semiconductors, components, systems PE7_4 Simulation engineering and modelling PE6_6 Informatics and information systems PE8_2 Chemical engineering, technical chemistry PE8_6 Energy systems (production, distribution, application) PE8_8 Mechanical and manufacturing engineering (shaping, mounting, joining, separation) PE2_3 Nuclear physics</p> <p>per i quali, il percorso formativo del dottorando, oltre alla frequenza dei corsi proposti dal Dottorato ed eventuale frequenza a Scuole di Dottorato nazionali ed Internazionali, prevede, durante il primo anno, l'acquisizione delle principali conoscenze delle tecniche proprie dello specifico settore lo studio del problema specifico di ricerca assegnato. Durante il secondo anno del corso, il dottorando affronterà le problematiche relative al progetto specifico proponendo soluzioni alternative a quelle esistenti. Infine nel terzo anno, oltre a completare il lavoro assegnatogli, il dottorando si occuperà della stesura del lavoro di tesi dottorale. Gli obiettivi assegnati saranno verificati tramite la presentazione annuale delle attività che si svolgono al termine di ogni anno accademico</p>
PROVE DI AMMISSIONE	VALUTAZIONE DEI TITOLI, DEL CURRICULUM VITAE, PROVA SCRITTA E COLLOQUIO. La prova scritta, che consisterà nello svolgimento di un tema, sarà tesa ad accertare la capacità del candidato di orientarsi sui principali ambiti di studio inerenti al dottorato e a verificare le sue capacità di analisi, elaborazione e comunicazione. LA PROVA SCRITTA E IL COLLOQUIO POTRANNO SVOLGERSI ANCHE IN LINGUA INGLESE
PROVE DI AMMISSIONE PER CANDIDATI STRANIERI CHE CONCORRONO PER POSTI	VALUTAZIONE DEI TITOLI, DEL CURRICULUM VITAE E COLLOQUIO

RISERVATI CON BORSA	
DATA E SEDE PROVE DI AMMISSIONE	<p>PROVA SCRITTA: 10 DICEMBRE, ORE 09:00, LABORATORIO MULTIFUNZIONALE LIDIA, PADIGLIONE Q DELLA FACOLTÀ DI INGEGNERIA, VIA MARENGO 2, CAGLIARI.</p> <p>COLLOQUIO: 11 DICEMBRE, ORE 15:00, SALA LETTURA DEL DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA MECCANICA, CHIMICA E DEI MATERIALI, LOCATA PRESSO L'EX DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CHIMICA E MATERIALI, EDIFICIO B, VIA MARENGO 3, CAGLIARI</p>
ARGOMENTI SUI QUALI VERTERÀ LA PROVA SCRITTA/TEMA PROGETTO DI RICERCA	<p>Gli argomenti della prova riguarderanno le aree disciplinari specifiche dell'Ingegneria Industriale e dell'Informazione. In particolare, questi possono essere ricondotti ai seguenti sottosectori ERC:</p> <p>PE7_1 Control engineering PE7_2 Electrical and electronic engineering: semiconductors, components, systems PE7_4 Simulation engineering and modelling PE6_6 Informatics and information systems PE8_2 Chemical engineering, technical chemistry PE8_6 Energy systems (production, distribution, application) PE8_8 Mechanical and manufacturing engineering (shaping, mounting, joining, separation) PE2_3 Nuclear physics</p>
POSTI	8
BORSE DI STUDIO	1 P.O.R. SARDEGNA F.S.E. 2007-2013-UNICA; 1 P.O.R. SARDEGNA F.S.E. 2007-2013-DIP.UNICA; 2 INPS - GESTIONE DIPENDENTI PUBBLICI; 1 UNIVERSITÀ DI CAGLIARI RISERVATA A CANDIDATI STRANIERI; 1 M.I.U.R. (EX D.M. N. 198/2003), IL CUI AMBITO DI INDAGINE PRIORITARIO È: <i>RISPARMIO ENERGETICO E MICROGENERAZIONE DISTRIBUITA</i>
POSTI SENZA BORSA	2
REFERENTE	PROF. ROBERTO BARATTI - EMAIL: roberto.baratti@dimcm.unica.it - TEL. +390706755056 - +390706755085
SITO WEB	http://phdschools.diee.unica.it/dottingind/index.php