



## DOTTORATO DI RICERCA IN CHEMICAL, ENVIRONMENTAL, BIOMEDICAL, HYDRAULIC AND MATERIALS ENGINEERING

### Documento di progettazione

#### 1. Descrizione

Il corso di Dottorato in Chemical, Environmental, Biomedical, Hydraulic and Materials Engineering è stato sviluppato con un approccio interdisciplinare, multidisciplinare e transdisciplinare per consentire agli studenti un percorso di formazione attraverso il quale è possibile affrontare le sfide della ricerca scientifica e tecnologica negli ambiti dell'Ingegneria Chimica, della Scienza e dell'Ingegneria dei Materiali, dell'Ingegneria Ambientale e Idraulica, dell'Ingegneria Biomedica. Durante il percorso formativo, grazie all'utilizzo dei laboratori e delle infrastrutture disponibili presso la sede del corso di dottorato, gli studenti potranno maturare per ognuno degli ambiti di ricerca scelti (1) attività di ricerca sperimentale, (2) attività

di ricerca teorica, modellazione matematica e simulazione numerica, (3) formazione alla ricerca attraverso la frequenza di corsi e seminari di terzo livello e sviluppo di soft skills attraverso l'offerta dei corsi erogati dall'Ateneo. In particolare le attività formative erogate (corsi, seminari, eventi scientifici) comprendono sia le tematiche specialistiche riconducibili al progetto di ricerca del dottorando, sia le tematiche di interesse trasversale tra cui quelle relative (i) alla gestione della ricerca e della conoscenza dei sistemi di ricerca europei e internazionali, (ii) all'accesso ai finanziamenti competitivi, (iii) alla valorizzazione e disseminazione dei risultati, della proprietà intellettuale e dell'accesso aperto ai dati e ai prodotti della ricerca (Open Science), (iv) ai principi fondamentali di etica, uguaglianza di genere e integrità. Viene inoltre favorita la crescita dei dottorandi attraverso la loro partecipazione a congressi, workshop e scuole di formazione di carattere nazionale ed internazionale. L'articolazione in due curricula, (1) Chemical, Biomedical and Materials Engineering e (2) Hydraulic and Environmental Engineering, consente di raggiungere un elevato livello di specializzazione nei singoli ambiti, garantendo al contempo sinergia di competenze e conoscenze, fattore chiave per affrontare con successo le sfide globali della ricerca europea per la società e la competitività industriale, in macro-aree quali (i) Health (ii) Climate, Energy and Mobility, e (iii) Food, Bioeconomy, Natural

Resources, Agriculture and Environment, caratterizzate tutte da forte interdisciplinarietà e complessità.

La varietà delle tematiche di ricerca è supportata dai ricercatori e dai docenti della sede del corso afferenti a 3 Aree CUN (Aree 03, 08 e 09) e 11 S.S.D. (CHIM/07, ICAR/01, ICAR/02, ICAR/03, ING-IND/22, ING-IND/23, ING-IND/24, ING-IND/25, ING-IND/26, ING-IND/27, ING-IND/34). Il carattere internazionale del Dottorato garantisce infine un percorso formativo che beneficia delle esperienze di ricerca maturate dai dottorandi in ambito internazionale e del patrimonio di conoscenze proveniente dai membri del collegio di riconosciuto elevato profilo scientifico afferenti ad università straniere di cinque continenti.

Il corso di Dottorato ha l'obiettivo di formare delle figure di alto profilo professionale in grado di contribuire al progresso scientifico e tecnologico della società del XXI secolo, in cui il ruolo della generazione di conoscenza e dell'innovazione è un fattore chiave per garantire sostenibilità sociale, ambientale ed economica nei paesi di tutto il mondo. In particolare, il corso di Dottorato si prefigge di fare acquisire ai dottori di ricerca tutte le competenze tecnico-scientifiche fondamentali per la generazione di nuova conoscenza negli ambiti di ricerca dell'Ingegneria Chimica, Ambientale, Biomedica, Idraulica e dei Materiali, favorendo al contempo l'autonomia del dottorando nel concepire, progettare, realizzare e divulgare programmi di ricerca scientifica e di innovazione tecnologica.

Il corso di dottorato è articolato in due curricula: (1) Chemical, Biomedical and Materials Engineering e (2) Hydraulic and Environmental Engineering. I temi di ricerca del curriculum (1) comprendono:



- a) gestione dei rifiuti ed economia circolare con riferimento al riciclo chimico e meccanico delle plastiche, dei materiali compositi fibro-rinforzati o all'estrazione di metalli dai rifiuti da apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE);
- b) recupero e valorizzazione della biomassa attraverso processi sostenibili catalitici, fotocatalitici, fotoelettrocatalitici, radiolitici e biotecnologici per produrre biocombustibili, idrogeno, (bio)compositi, prodotti ad alto valore aggiunto;
- c) produzione per via elettrochimica e termocatalitica di idrogeno verde e sua valorizzazione in ottica power to fuel;
- d) tecnologie di riutilizzo della CO<sub>2</sub>;
- e) conversione dell'energia attraverso batterie secondarie, redox flow batteries, e celle a combustibile ad idrogeno e metanolo diretto.
- f) produzione, lavorazione, funzionalizzazione, riciclo, degradazione, stabilizzazione di materiali, biomateriali e micro/nano compositi per applicazioni avanzate, per la tutela dell'ambiente e dei beni culturali;
- g) formulazione e caratterizzazione di materiali per l'edilizia a base di materie prime di scarto o riuso, nell'ottica dell'economia circolare;
- h) valorizzazione di soluzioni saline naturali e di scarto per l'ottenimento di acqua, materie prime ed energia;
- i) efficientamento dei processi di emodialisi ed emodiafiltrazione in unità a membrana;
- j) produzione e stoccaggio di energia elettrica con tecnologie a gradiente di salinità e di pH;
- k) conversione di calore di scarto in energia elettrica mediante motori termici a gradiente salino;
- l) processi di dissalazione innovativi basati su energie rinnovabili per la produzione sostenibile di acqua potabile;
- m) sistemi reattoristici macro e micro per la valorizzazione di prodotti di scarto e produzione di idrogeno;
- n) abbattimento di inquinanti e purificazione di correnti liquide e gassose e di suoli contaminati da inquinanti resistenti ai tradizionali processi biologici tramite metodologie chimiche ed elettrochimiche innovative;
- o) uso di microalghe per la depurazione di acque reflue e sfruttamento della biomassa prodotta per produzione di biocombustibili e biomateriali;
- p) sviluppo di sistemi e dispositivi per la medicina di precisione, la medicina rigenerativa e l'ingegneria tissutale, il settore cosmetico e la nutraceutica;
- q) progettazione di dispositivi a scala microfluidica e di bioreattori a perfusione per realizzare, mediante integrazione di scaffold polimerici, sistemi in-vitro 3D in grado di simulare la fisiologia di organi e tessuti e di testare farmaci;
- r) sviluppo di sensori e immunosensori per il rilevamento di analiti e biomarcatori in ambito ambientale, alimentare e biomedico;

I temi di ricerca del curriculum (2) comprendono:

- s) studio e modellazione di processi idrodinamici all'interno dei corpi idrici naturali, inclusi i processi di interazione con la base solida quali l'erosione, il deposito, ed i cambiamenti morfologici, a diverse scale, dei reticoli fluviali ad essi connessi, nonché lo studio delle metodologie più efficaci per la loro gestione e l'interazione con gli ecosistemi.
- t) studio dell'equilibrio chimico e biologico dei corpi idrici in relazione ad interventi antropici ed alla gestione della risorsa idrica, nonché le metodologie ottimali per la salvaguardia della qualità dell'acqua.
- u) processi idrologici e meteorologici, inclusa la previsione di eventi estremi a breve e media distanza temporale, nonché i possibili interventi per una mitigazione del loro effetto ed una gestione ottimale della risorsa idrica.
- v) progettazione di infrastrutture civili per l'immagazzinamento, il trasporto, la distribuzione dell'acqua, e del suo trattamento e successivo smaltimento dopo l'uso.
- w) progettazione di infrastrutture marine quali dighe e piattaforme off-shore
- x) produzione idroelettrica in modalità stand-alone e grid-connected
- y) efficientamento energetico di sistemi di pompaggio e di trattamento delle acque



Gli **sbocchi occupazionali dei dottori di ricerca** sono relativi agli ambiti dell'Ingegneria Chimica, Ambientale, Biomedica, Idraulica, e dei Materiali, in cui è richiesta una figura professionale fortemente caratterizzata da attitudine alla ricerca scientifica e/o all'innovazione tecnologica, con un'elevata capacità di gestire problematiche scientifico-tecnologiche ad elevata complessità ed in grado di produrre soluzioni innovative pienamente sostenibili sotto il profilo socio-economico-ambientale. In particolare tra le possibilità occupazionali:

- impiego presso università e istituti di ricerca nazionali ed internazionali
- impiego nei centri di ricerca di aziende nazionali e multinazionali
- impiego nella Pubblica Amministrazione ed in strutture sanitarie
- impiego presso aziende ed enti, sia pubblici che privati, con funzione di coordinamento, progettazione, programmazione e gestione di attività complesse
- libera professione, in studi professionali e società per lo svolgimento di attività di progettazione e/o consulenza finalizzate alla determinazione di forme di supporto tecnico al processo decisionale;
- attività imprenditoriali relative alla creazione di start-up innovative

I temi di ricerca del corso di dottorato precedentemente elencati sono del tutto **coerenti con il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR)** declinato nelle sue 6 missioni.

Sul piano generale emerge la rispondenza con la missione Missione 1: "Digitalizzazione, innovazione, competitività, cultura e turismo", la Missione 2 "Rivoluzione verde e transizione ecologica", la Missione 4 "Istruzione e ricerca", la missione M6 "Salute". In particolare si segnala la piena coerenza con le componenti M2C1, M2C2 e M2C4 della missione M2, e la componente M6C2 della missione M6.

I temi di ricerca: a), b), d), f), p), precedentemente elencati hanno come obiettivi "il miglioramento della capacità di gestione efficiente e sostenibile dei rifiuti e il paradigma dell'economia circolare, e lo sviluppo di una filiera agroalimentare sostenibile", in linea con la componente M2C1 "AGRICOLTURA SOSTENIBILE ED ECONOMIA CIRCOLARE"

I temi di ricerca: c), e), i), l), n), s), precedentemente elencati hanno come obiettivi di "incrementare la quota di energia prodotta da fonti di energia rinnovabile (FER), di promuovere la produzione, la distribuzione e gli usi finali dell'idrogeno, in linea con le strategie comunitarie e nazionali", in linea con la componente M2C2 "ENERGIA RINNOVABILE, IDROGENO, RETE E MOBILITÀ SOSTENIBILE"

I temi di ricerca: g), m), o), t), u), v), w), x), y), z), precedentemente elencati hanno come obiettivi "il rafforzamento della capacità previsionale degli effetti del cambiamento climatico tramite sistemi avanzati ed integrati di monitoraggio e analisi, la prevenzione e contrasto delle conseguenze del cambiamento climatico sui fenomeni di dissesto idrogeologico e sulla vulnerabilità del territorio, la salvaguardia della qualità dell'aria e della biodiversità del territorio attraverso la tutela delle aree verdi, del suolo e delle aree marine, la garanzia della sicurezza dell'approvvigionamento e gestione sostenibile ed efficiente delle risorse idriche lungo l'intero ciclo", in linea con la componente M2C4 "TUTELA DEL TERRITORIO E DELLA RISORSA IDRICA".

I temi di ricerca: h), q), r), s), precedentemente elencati hanno come obiettivi quello di "incrementare la formazione, la ricerca scientifica ed il trasferimento tecnologico in ambito biomedico", in linea con la componente M6C2 "INNOVAZIONE, RICERCA E DIGITALIZZAZIONE DEL SERVIZIO SANITARIO NAZIONALE".

L'uso di laboratori di università e industrie, che sostengono il dottorato, offre allo studente una prospettiva concreta per l'inserimento nel mondo del lavoro.

Gli **stakeholders di riferimento** per il corso di dottorato in Chemical, Environmental, Biomedical, Hydraulic and Materials Engineering sono le aziende, gli enti pubblici e gli enti di ricerca con i quali è in corso un periodico confronto legato anche alle attività di ricerca congiunte.

Nel quadro degli obiettivi formativi sopra descritti, aziende di primo piano nel settore dell'Ingegneria Chimica e dei Materiali (ASSEMINI, KCOMPOSITES, RESOURCEAS, DI PIETRO Group), dell'Ingegneria Biomedica (RIMED, BELLCO) e dell'Ingegneria Idraulica-Ambientale hanno, infatti, cofinanziato e cofinanziano borse di studio nell'ambito del dottorato, così come enti di ricerca come il CNR, l'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS) ed enti territoriali come le aziende municipalizzate.



Le collaborazioni dei docenti del collegio con prestigiose università estere e la partecipazione al collegio di studiosi stranieri di fama internazionale consentono un proficuo confronto con lo stato dell'arte.

Il corso di Dottorato è stato progettato e istituito in **coerenza con il Piano strategico di Ateneo** ed in particolare con gli Obiettivi:

O.2. - Potenziare la ricerca di base, la ricerca applicata e la progettualità scientifica per affrontare le sfide emergenti in ambito nazionale e internazionale

O.2.1. - Qualificare e valorizzare il dottorato di ricerca in una prospettiva internazionale

O.2.2. - Migliorare la qualità e la produttività della ricerca

In particolare, in coerenza con l'obiettivo strategico di ateneo O.2.1., si ritiene fondamentale promuovere la mobilità e l'internazionalizzazione-anche attraverso-la pianificazione e organizzazione delle attività formative e di ricerca dei dottorandi/dottorande. Gli obiettivi sono stati perseguiti nei cicli XXXVII e XXXVIII invitando i dottorandi ad effettuare una mobilità di **almeno 6 mesi** nell'arco del triennio in istituzioni straniere.

Il corso di dottorato in Chemical, Environmental, Biomedical, Hydraulic and Materials Engineering ha mantenuto, sin dalla sua costituzione, le stesse **caratteristiche tematiche** che sono state descritte nella presente sezione. Tuttavia, per tenere in massima considerazione l'integrazione delle nuove politiche strategiche nei settori propri di questo dottorato, si ritiene fondamentale migliorare il processo di formazione attraverso il riesame e l'aggiornamento periodico dei percorsi formativi e di ricerca dei dottorandi e delle dottorande. Ciò per consentire l'allineamento degli obiettivi del dottorato con l'evoluzione culturale e scientifica delle aree disciplinari di riferimento.

Il Corso di Dottorato di Ricerca dispone di un **sistema di monitoraggio** dei processi e dei risultati relativi alle attività di ricerca, didattica e terza missione/impatto sociale e di ascolto dei dottorandi, anche attraverso la rilevazione e l'analisi delle loro opinioni, di cui vengono analizzati sistematicamente gli esiti.

Il Dottorato, grazie alla molteplicità di rapporti dei docenti del collegio con *stakeholders* nazionali ed internazionali afferenti ad industrie, università ed enti di ricerca ha una notevole **visibilità**. Il sito del dottorato "Chemical, Environmental, Biomedical, Hydraulic and Materials Engineering" si trova all'interno della pagina del Dipartimento di Ingegneria dedicata proprio al dottorato, raggiungibile mediante il link <https://www.unipa.it/dipartimenti/ingegneria/dottorati/chemicalenvironmentalbiomedicalhydraulicandmaterialsengineering>. Il sito riporta la composizione del collegio (con link alle pagine istituzionali personali), l'organizzazione del corso, i servizi a disposizione dei dottorandi.

## ***2. Modifiche attuate dal collegio dei docenti rispetto alla proposta iniziale***

Per la costituzione del collegio di dottorato di Ricerca in 'Chemical, Environmental, Biomedical, Hydraulic and Materials Engineering' XXXIX ciclo, è stata inviata una mail a tutti i componenti della sezione CABIM del Dipartimento di Ingegneria, oltre che ai componenti stranieri del collegio che hanno aderito ai cicli precedenti ed altri che hanno espresso interesse all'adesione. Sono state ricevute 60 adesioni, di cui 35 docenti dell'Università di Palermo, 24 docenti di università straniere, ed 1 ricercatore di una Fondazione di Ricerca Scientifica, corredate di autocertificazione del possesso dei requisiti ai sensi del *DM 226 del 14 dicembre 2021*.

È stata poi convocata una riunione formale del collegio del ciclo XXXVIII in data 30 giugno 2023 per discutere e deliberare sui contenuti del documento di progettazione del dottorato di ricerca in 'Chemical, Environmental, Biomedical, Hydraulic and Materials Engineering' ciclo XXXIX.

In tale occasione sono stati discussi i seguenti punti:

- Progettazione del corso di dottorato di Ricerca in Chemical, Environmental, Biomedical, Hydraulic and Materials Engineering, ciclo XXXIX;
- Pianificazione e organizzazione delle attività formative e di ricerca dei dottorandi/dottorande;
- Monitoraggio e miglioramento delle attività.



Riguardo il progetto formativo del Corso di dottorato in Chemical, Environmental, Biomedical, Hydraulic and Materials Engineering, questo si è sostanziato di attività che hanno compreso materie già erogate nei corsi di laurea magistrale e di corsi tematici specialistici organizzati all'interno del dipartimento e dall'Ateneo.

Per il ciclo XXXIX l'offerta formativa prevede un'ampia varietà di corsi specialistici di terzo livello che i singoli dottorandi potranno scegliere e per i quali è prevista sempre una verifica finale ai fini dell'attribuzione dei relativi CFU. Inoltre si lascerà ai singoli tutor la scelta di una integrazione formativa rivolta alla frequenza di materie da corsi universitari di Laurea magistrale o triennale ovvero di scuole di dottorato esterne a UNIPA.

Con riferimento alla mobilità e alla internazionalizzazione, sulla scorta delle esperienze dei cicli precedenti e sulla base delle esigenze apparse nell'interazione con gli stakeholders industriali, nel ciclo XXXIX, per quanto riguarda in particolare i dottorati industriali, il collegio valuterà caso per caso l'opportunità di far trascorrere ai dottorandi mediamente **3 mesi** all'estero, fatto salvo il soddisfacimento degli obblighi normativi o contrattuali.

Il sistema di monitoraggio di cui dispone il corso di Dottorato si sostanzia di un sistema di monitoraggio dei processi e dei risultati relativi alle attività di ricerca, didattica e terza missione/impatto sociale.

Tale monitoraggio verrà condotto attraverso l'esecuzione delle seguenti azioni:

- Raccolta dei dati sui partecipanti ai bandi di accesso, risultati in graduatoria, e degli iscritti al corso di Dottorato per il calcolo delle:
  - o percentuali studenti che hanno conseguito il titolo di studio di accesso all'estero o in altro Ateneo.
  - o percentuali di borse di studio finanziate da Enti esterni.
- Colloqui individuali tra tutor/dottorandi e tra coordinatore/dottorandi per monitorare lo stato di soddisfazione a vari livelli (attività di ricerca, didattica, interrelazioni docente/studente).
- Raccolta delle relazioni annuali presentate dagli studenti e stima di:
  - o periodi di studio e ricerca trascorsi in istituzioni pubbliche o private, diverse dalla sede dei Corsi di Dottorato di Ricerca
  - o periodi trascorsi all'estero;
  - o numero e tipologia di prodotti della ricerca pubblicati.

I risultati dell'analisi dei dati saranno oggetto di discussione in sede delle riunioni di Collegio dei Docenti in occasione della valutazione dell'ammissione degli studenti al Corso di Dottorato e dell'ammissione degli studenti agli anni di corso successivi.

Per la progettazione del Corso di Dottorato, la pianificazione delle attività didattiche e di ricerca e il Monitoraggio e miglioramento delle attività, con riferimento al ciclo XXXIX, ci si è avvalsi delle Linee Guida e della documentazione a supporto dei processi di autovalutazione, valutazione e riesame predisposti dal PQA. In particolare, sono stati considerati i Punti di attenzione (PdA):

- D.PHD.1: Progettazione del Corso di Dottorato di Ricerca.
- D.PHD.2: Pianificazione e organizzazione delle attività formative e di ricerca per la crescita dei dottorandi.
- D.PHD.3: Monitoraggio e miglioramento delle attività.

Nelle sezioni che seguono, sono riportati gli indicatori qualitativi e quantitativi che **saranno** utilizzati per la autovalutazione del raggiungimento dei requisiti di qualità per le varie azione intraprese nell'ambito dei singoli PdA considerati.

### **3. Progettazione del Corso di Dottorato di Ricerca**

Con riferimento alla progettazione del Corso di Dottorato, per una autovalutazione sul raggiungimento dei requisiti di qualità per le varie azione intraprese nell'ambito dei PdA, verranno utilizzati degli indicatori come riportato in tabella.



PdA	Azioni	Indicatore di valutazione
<b>D.PHD.1.1</b> In fase di progettazione (iniziale e in itinere) vengono approfondite le motivazioni e le potenzialità di sviluppo e aggiornamento del progetto formativo e di ricerca del Corso di Dottorato di Ricerca, con riferimento all'evoluzione culturale e scientifica delle aree di riferimento, anche attraverso consultazioni con le parti interessate (interne ed esterne) ai profili culturali e professionali in uscita.	<i>Valorizzazione del corso di dottorato innovativo per la pubblica amministrazione e per il patrimonio culturale e per il raggiungimento degli obiettivi specifici delle aree di intervento del Piano nazionale di ripresa e resilienza per il settore energetico (rivoluzione verde, transizione ecologica e digitale), Ciò attraverso la consultazione delle parti interessate ritenuto elemento fondamentale per la progettazione</i>	<i>Una riunione con gli stakeholder all'anno</i>  <i>Compilazione del questionario portatori di interesse inviato all'inizio dell'anno accademico da compilare tramite un form inviato per e-mail</i>
<b>D.PHD.1.3</b> Le modalità di selezione e le attività di formazione (collegiali e individuali) proposte ai dottorandi sono coerenti con gli obiettivi formativi del Corso di Dottorato di Ricerca e con i profili culturali e professionali in uscita e si differenziano dalla didattica di I e II livello, anche per il ricorso a metodologie innovative per la didattica e per la ricerca.	<i>Erogazione di questionari per identificare ulteriori esigenze di formazione.</i>  <i>Nel perimetro delle azioni attuate dall'Ateneo (ad esempio attraverso il progetto Mentore ed il Centro per l'innovazione e il miglioramento della didattica universitaria CIMDU), il collegio di propone di avviare percorsi di sperimentazione di didattica innovativa per il livello dottorale. Si avvieranno percorsi di dottorato condivisi (twinning) per confrontare gli approcci sia a livello formativo (ad es: seminari congiunti) che a livello di temi ed approcci alla ricerca con altri collegi di dottorato di ricerca di area economica/umanistica/scienze di base. Ci si propone di nominare un delegato alla innovazione.</i>	<i>Si, No</i>  <i>Istituzione di percorsi di sperimentazione di didattica</i>
<b>D.PHD.1.4</b> Il progetto formativo include elementi di interdisciplinarietà, multidisciplinarietà e transdisciplinarietà, pur nel rispetto della specificità del Corso di Dottorato di Ricerca.	<i>Si avvieranno percorsi di dottorato condivisi (twinning) per confrontare gli approcci sia a livello formativo (ad es: seminari congiunti) che a livello di temi ed approcci alla ricerca con altri collegi di dottorato di ricerca di area economica/umanistica/scienze di base.</i>	<i>Istituzione di percorsi di sperimentazione di didattica</i>
<b>D.PHD.1.6</b> Il Corso di Dottorato di Ricerca persegue obiettivi di mobilità e internazionalizzazione anche attraverso lo scambio di docenti e dottorandi con altre sedi italiane o straniere, e il rilascio di titoli doppi,	<i>I dottorandi e le dottorande hanno l'obbligo, salvo per gravi motivi o salvo il caso di dottorati industriali in cui le aziende non avessero espresso parere favorevole, di passare <b>almeno 3 mesi</b> in una istituzione straniera.</i>	<i>Esperienze mobilità nell'arco del triennio in istituzioni italiane/straniere</i>



multipli o congiunti in convenzione con altri Atenei.		
---	--	--

#### 4. Pianificazione attività didattiche e di ricerca

Con riferimento alla pianificazione delle attività didattiche e di ricerca, per una autovalutazione sul raggiungimento dei requisiti di qualità per le varie azione intraprese nell'ambito dei PdA, verranno utilizzati degli indicatori come riportato in tabella.

PdA	Azioni	Indicatore di valutazione
<p><b>D.PHD.2.1</b> È previsto un calendario di attività formative (corsi, seminari, eventi scientifici...) adeguato in termini quantitativi e qualitativi, che preveda anche la partecipazione di studiosi ed esperti italiani e stranieri di elevato profilo provenienti dal mondo accademico, dagli Enti di ricerca, dalle aziende, dalle istituzioni culturali e sociali.</p> <p><b>D.PHD.2.2</b> Viene garantita e stimolata la crescita dei dottorandi come membri della comunità scientifica, sia all'interno del corso attraverso il confronto tra dottorandi, sia attraverso la partecipazione dei dottorandi (anche in qualità di relatori) a congressi e/o workshop e/o scuole di formazione dedicate nazionali e internazionali.</p>	<p>Il corso di dottorato in Chemical, Environmental, Biomedical, Hydraulic and Materials Engineering, di concerto con il delegato al dottorato del Dipartimento e con la Scuola di Dottorato di Ateneo, svolge:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1) progettazione, a valle degli input del collegio e degli stakeholders industriali e del mondo della ricerca, dell'offerta formativa dottorale del corso di Dottorato, attraverso l'organizzazione e/o individuazione all'interno dell'offerta formativa dottorale del nostro Dipartimento o dell'Ateneo, di corsi e seminari specialistici, o a carattere interdisciplinare/trasversale;</li><li>2) monitoraggio della assiduità di frequenza e del relativo grado di soddisfazione dei dottorandi frequentanti i corsi, ed elaborazione di indicazioni su possibili azioni di miglioramento;</li><li>3) supporto, di concerto con il tutor del dottorando, all'elaborazione e alla revisione periodica del piano di studi individuale (Study Plan) di ciascun dottorando;</li><li>4) segnalazione a tutti i dottorandi di ogni ulteriore occasione di formazione e/o di divulgazione dei risultati delle loro ricerche in eventi di terza missione e congressi scientifici a cui i dottorandi sono</li></ol>	<p><b>n. 2 eventi di formazione all'anno</b></p>



	invitati a partecipare in qualità di relatori e relatrici, workshop e/o scuole di formazione nazionali/internazionali.	
<b>D.PHD.2.3</b> L'organizzazione del Corso di Dottorato di Ricerca crea i presupposti per l'autonomia del dottorando nel concepire, progettare, realizzare e divulgare programmi di ricerca e/o di innovazione e prevede guida e sostegno adeguati da parte dei tutor, del Collegio dei Docenti e, auspicabilmente, da eventuali tutor esterni di caratura nazionale/internazionale e/o professionale con particolare riferimento ai dottorati industriali.	<p><i>I dottorandi e le dottorande vengono stimolati a progettare, realizzare e divulgare autonomamente programmi di ricerca e/o innovazione, potendo contare del supporto di tutor dedicati, anche di caratura nazionale/internazionale e/o professionale, se possibile e del collegio dei docenti. Vengono invitati a partecipare alla notte europea dei ricercatori.</i></p> <p><i>Il corso di dottorato in Chemical, Environmental, Biomedical, Hydraulic and Materials Engineering, di concerto con il delegato al dottorato del Dipartimento e con la Scuola di Dottorato di Ateneo, segnala a tutti i dottorandi le occasioni di formazione ed i congressi più rilevanti. Nelle occasioni suddette, i dottorandi vengono invitati a partecipare, in qualità di relatori e relatrici, a congressi e/o workshop e/o scuole di formazione nazionali/internazionali.</i></p> <p><i>Il Corso di Dottorato, in accordo con l'art.14 comma 3 del vigente regolamento dei Corsi di Dottorato di Ricerca dell'Ateneo, consente la partecipazione ad attività didattiche (nella figura di colui che eroga la didattica) per un totale di <b>40 ore</b>, purché questo non ostacoli il raggiungimento degli obiettivi del percorso di dottorato di ricerca e possono candidarsi a fare i tutor della didattica ovvero a svolgere didattica integrativa per ogni livello di formazione dei corsi universitari.</i></p>	<p><i>Percentuale degli studenti che partecipano alla notte europea dei ricercatori e ad attività di Terza Missione</i></p> <p><i>Percentuale degli studenti che partecipano in qualità di relatori</i></p> <p><i>Percentuale degli studenti che partecipano ad attività didattiche (nella figura di colui che eroga la didattica) per un totale di 40 ore</i></p>
<b>D.PHD.2.7</b> Il Corso di Dottorato di Ricerca garantisce che la ricerca svolta dai dottorandi generi prodotti direttamente riconducibili al dottorando (individualmente o in collaborazione) e che tali prodotti vengano adeguatamente resi accessibili nel rispetto	<p><i>Il Corso di Dottorato monitora annualmente all'atto dell'ammissione all'anno successivo la produttività scientifica dei singoli dottorandi.</i></p> <p><i>Viene presentata e discussa annualmente l'attività di ricerca di ciascun candidato</i></p>	<p><b>Almeno 1 pubblicazione</b> per anno e per dottorando/dottoranda</p>





dei meccanismi di protezione intellettuale dei prodotti della ricerca, ove applicabili.	<i>che potrà esporre al collegio i risultati e discuterli.</i>	
---	--	--

#### 4.1. Attività didattiche

L'elenco di corsi è riportato di seguito (denominazione, durata, anno).

Tutti i corsi possono essere frequentati da discenti di entrambi i curricula, che scelgono tra quelli erogati nello stesso anno per costruire il percorso formativo, che prevede almeno 60 ore complessive nel ciclo (circa 20 ore in media all'anno). Per l'erogazione dei corsi ci si avvale di docenti esperti anche afferenti al collegio.

Eventuale curriculum di riferimento	Denominazione	Descrizione	Durata [ore]	Anno
CHEMICAL, BIOMEDICAL AND MATERIALS ENGINEERING  HYDRAULIC AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING	Corso breve su Elementi di Matlab per l'Ingegneria	Il corso si pone l'obiettivo di introdurre gli elementi basilari della programmazione in linguaggio MATLAB e le sue applicazioni in problemi tipici dell'Ingegneria. La trattazione dei vari argomenti avviene in maniera graduale anche attraverso esempi applicativi. Si parte dalle nozioni elementari sui fondamenti dell'ambiente e del linguaggio MATLAB per pervenire all'uso in applicazioni non banali.	8	Primo
CHEMICAL, BIOMEDICAL AND MATERIALS ENGINEERING  HYDRAULIC AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING	Fundamentals of Big Data	Il corso eroga le nozioni fondamentali di big data e mira a introdurre i concetti di memorizzazione, gestione, interrogazione e analisi di grandi moli di dati eterogenei, strutturati e non strutturati per scoprire i legami tra fenomeni diversi e per prevedere quelli futuri. Gli argomenti del corso includono: cluster di computer; programmazione per i big data; cloud computing; gestione di big data; database non relazionali; modelli di analisi e di ottimizzazione; tecnologie di immagazzinamento ed elaborazione	20	Secondo
CHEMICAL, BIOMEDICAL AND MATERIALS ENGINEERING  HYDRAULIC AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING	Building your reputation through research products: Planning, Drafting, Revising, Publishing and Disseminating your scientific papers	Il corso di scrittura creativa introduce i dottorandi/e alle questioni connesse all'impostazione di un articolo scientifico, alla sua organizzazione in paragrafi, alla presentazione e alla discussione dei risultati in relazione alle domande aperte che la letteratura tecnico scientifica presenta in relazione al problema di ricerca descritto e affrontato	8	Primo
CHEMICAL, BIOMEDICAL AND MATERIALS ENGINEERING  HYDRAULIC AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING	Big data analytics using Python	Il corso introduce all'organizzazione, elaborazione e gestione di ampi volumi di dati. Sarà possibile apprendere i principi di base del linguaggio di Programmazione Python, uno dei linguaggi più diffusi per l'analisi dei dati. Saranno altresì approfondite le ultime tecnologie per la Big Data Analytics con Python, linguaggio multiparadigma ricco di librerie e facilmente integrabile nei sistemi reali. Gli argomenti includono: i tipi di dato in Python e le operazioni e i metodi di conversione, gli algoritmi e i diagrammi di flusso, le istruzioni per il controllo del flusso, input dati, gestione delle errori, cicli while e for, funzioni, variabili globali e locali, i moduli della Standard Library.	8	Secondo



CHEMICAL, BIOMEDICAL AND MATERIALS ENGINEERING	Preparation and characterization of (bio)polymer-based micro- and nanostructured systems	L'obiettivo del corso è fornire una conoscenza di base sugli ultimi progressi nel campo dei sistemi micro e nanostrutturati basati su (bio)polimeri. Recentemente, la scienza e la tecnologia dei micro/nano-compositi a base di (bio)polimeri sta emergendo come uno degli ambiti di ricerca di maggior impatto, soprattutto a causa della crescente domanda di materiali avanzati. Verranno quindi introdotti e discussi i principali metodi di fabbricazione e caratterizzazione dei materiali compositi, insieme alla costruzione di una mappa generica delle relazioni processo-struttura-proprietà, utile per progettare materiali multifunzionali per applicazioni avanzate, tra cui trattamento acqua/aria, sensori, biomedicina, somministrazione di farmaci, accumulo/conversione di energia.	18	Terzo
CHEMICAL, BIOMEDICAL AND MATERIALS ENGINEERING	Nanoscience & nanomaterials: pushing the boundaries of technology	Il corso mira a fornire un'introduzione alle nanoscienze e alle nanotecnologie, spiegando perché i materiali ridotti alla nanoscala possono improvvisamente mostrare proprietà molto diverse rispetto a ciò che mostrano su una macroscale, comprendendo alcuni sviluppi attuali e sfide non affrontate. La partecipazione a questo corso frantuma il termine monolitico "nanotecnologia" nella miriade di sfaccettature che è in realtà.	8	Primo
HYDRAULIC AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING	Critical issues and new perspectives in environmental remediation technologies	Il corso presenta le principali criticità emerse negli ultimi anni nell'ambito delle tecnologie consolidate per la tutela ambientale e le nuove proposte che possono essere attuate per garantire il raggiungimento di obiettivi di recupero ecosostenibile.	10	Terzo
HYDRAULIC AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING	Peculiar hydro-morphodynamic processes in rivers	Lo scopo del corso è quello di fornire le informazioni di base per comprendere i principali processi di evoluzione nei fiumi naturali. L'evoluzione morfologica del fiume avviene a seguito di processi di "adattamento spontaneo" che si verificano a causa di azioni naturali (come quelle indotte dai cambiamenti climatici) e/o di origine antropica. Nei fiumi si possono generare forme diverse e complesse a seconda delle caratteristiche cinematiche del flusso e dei fenomeni di erosione/deposizione indotti. I diversi scenari che si presentano durante i processi evolutivi influenzano fortemente l'habitat del sistema fluviale e le aree limitrofe.	8	Terzo
HYDRAULIC AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING	Eulerian numerical methods for computational fluid dynamics	Le equazioni differenziali parziali forniscono la relazione funzionale tra le variabili di stato dei fluidi in quasi tutti gli ambienti reali. Date le condizioni iniziali e al contorno, una soluzione discretizzata nello spazio e nel tempo può essere trovata con i metodi euleriani, dove le variabili di stato sono calcolate in un numero finito di punti fissati nel tempo. Il corso breve offrirà un'introduzione ad alcuni metodi tradizionali e avanzati per la loro soluzione. I metodi di Petrov-Galerkin discontinuo e di elementi finiti ibridi misti saranno presentati e applicati a griglie triangolari 2D e 3D non strutturate. Verranno discusse le proprietà richieste della mesh computazionale, insieme alla definizione di Delaunay e alla proprietà estesa di Delaunay. Verrà presentata la metodologia MAST-RT0 per la soluzione delle equazioni di Navier-Stokes in problemi 2D e 3D all'interno di domini complessi; verrà mostrata l'applicazione a prove di sintesi e il confronto con i risultati sperimentali.	8	Terzo



CHEMICAL, BIOMEDICAL AND MATERIALS ENGINEERING  HYDRAULIC AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING	Salinity Gradient Power: Fundamentals, main technologies and applications	L'obiettivo del corso è quello di consentire ai dottorandi di avere un primo contatto con questa nuova forma di energia rinnovabile e le relative tecnologie. Più precisamente, le lezioni saranno suddivise in tre argomenti principali: (i) Fondamenti di Salinity Gradient Power, (ii) principali tecnologie SGP con focus sull'elettrodialisi inversa, (iii) applicazioni e prospettive. Il corso aiuterà gli studenti ad apprendere la termodinamica oltre l'SGP e i fondamenti delle tecnologie in grado di sfruttarlo, a padroneggiare le basi dei fenomeni di trasporto rilevanti e a fare semplici calcoli per stimare l'energia teorica disponibile in uno scenario specifico e le relative importo effettivamente recuperabile.	8	Primo
CHEMICAL, BIOMEDICAL AND MATERIALS ENGINEERING  HYDRAULIC AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING	Neural Network for Machine Learning: Introduction to Artificial Neural Network, design and implementation in Matlab	La rete neurale artificiale (ANN) è una branca dell'intelligenza artificiale che cerca di imitare la capacità del cervello umano di elaborare rapidamente le informazioni in entrata in modo semplificato e di imparare dall'esperienza. In particolare, le ANN sono sistemi di calcolo di ispirazione biologica, che svolgono vari compiti (ad es. elaborazione del segnale, riconoscimento di modelli, regressione, classificazione, raggruppamento, previsione, ecc.). Le ANN sono modelli basati sui dati non lineari maturi, flessibili e potenti che sono stati applicati con successo per risolvere compiti complessi nel campo della scienza e dell'ingegneria. Lo scopo del corso è fornire le basi per la progettazione e l'implementazione di ANN (utilizzando il software MATLAB), mostrando le potenzialità e i vantaggi di questo approccio di modellazione.	8	Primo
CHEMICAL, BIOMEDICAL AND MATERIALS ENGINEERING	Combined processing for the preparation of biopolymeric porous structures for biomedical applications	Il corso introduce ai biopolimeri porosi, che stanno ricevendo un crescente interesse in diversi campi tecnologicamente avanzati, compresi i dispositivi biomedici. In questo contesto, l'ingegneria dei tessuti dell'interfaccia (ITE) è un campo in rapido sviluppo che mira alla produzione di dispositivi progettati per riparare o rigenerare zone malate o danneggiate all'interfaccia di diversi tipi di tessuto. Il corso illustrerà lo sviluppo dei dispositivi porosi bio-ispirati su misura con proprietà meccaniche simili ai tessuti naturali combinando diversi approcci di elaborazione.	18	Secondo
CHEMICAL, BIOMEDICAL AND MATERIALS ENGINEERING	Theory and practice of electrochemical impedance spectroscopy	Il corso introdurrà la spettroscopia di impedenza elettrochimica (EIS) e la sua applicazione allo studio dei processi elettrochimici e non. Verranno discussi i dettagli relativi al metodo corretto di acquisizione e analisi dei dati. Di seguito i contenuti principali: 1) Background (Variabili complesse, Equazioni differenziali, Statistica, Circuiti elettrici, Elettrochimica); 2) Considerazioni Sperimentali (Strumentazione Elettrochimica, Disegno Sperimentale) 3) Modelli di processo (analoghi di circuiti equivalenti, modelli cinetici, impedenza di diffusione, dispersione a tempo costante, funzioni di trasferimento generalizzate). Il corso prevede sia lezioni frontali che sessioni numeriche e pratiche.	10	Secondo
CHEMICAL, BIOMEDICAL AND MATERIALS ENGINEERING  HYDRAULIC AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING	Sensor and Biosensors	Lo scopo di questo breve corso è fornire le nozioni di base per comprendere i principi di funzionamento delle principali tipologie di sensori e dare uno sguardo allo sviluppo della ricerca in questo settore. Verranno inoltre presentati e discussi casi di studio su sensori per l'analisi degli alimenti, per l'analisi degli inquinanti ambientali (nelle acque, nei suoli) e per l'identificazione di biomarcatori utili alla diagnosi precoce di malattie specifiche, come ad esempio malattie neurodegenerative e respiratorie. Sei ore saranno dedicate	8	Primo



		alla didattica frontale e due ore saranno di attività pratica in laboratorio su apposito sensore.		
CHEMICAL, BIOMEDICAL AND MATERIALS ENGINEERING  HYDRAULIC AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING	Water depollution by Advanced Oxidation Technologies	Il corso presenta i trattamenti delle acque mediante processi di ossidazione avanzati (AOP) basati su reazioni chimiche e fotochimiche. Vengono descritti i processi più utilizzati e per ciascuno di essi verranno analizzati i principali meccanismi di reazione, principi, vantaggi, svantaggi, prestazioni, formazione di sottoprodotti, accoppiamento con altre tecnologie e applicazioni al disinquinamento delle acque e delle acque reflue riportandone i principali risultati di studi pubblicati nella letteratura di riferimento.	10	Terzo
CHEMICAL, BIOMEDICAL AND MATERIALS ENGINEERING  HYDRAULIC AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING	Radiation science and safety	Le radiazioni ionizzanti sono diventate uno strumento versatile in medicina e in vari settori della tecnologia. Le radiazioni vengono utilizzate come mezzo per monitorare i processi in tempo reale e per applicazioni di imaging avanzate sia nell'industria che in numerose applicazioni mediche. Inoltre, le radiazioni ionizzanti vengono utilizzate anche per indurre processi nei materiali e per curare il cancro e altre malattie. L'impatto della ionizzazione su tutti i tipi di materiali è anche il motivo per cui l'esposizione alle radiazioni ionizzanti è un pericolo per la salute. Questo corso fornirà una comprensione di base sull'interazione tra radiazioni ionizzanti e materia, fornirà una panoramica delle applicazioni della scienza delle radiazioni nei processi industriali, monitoraggio ambientale, trattamento dei materiali, medicina nucleare e radiologia. Verranno inoltre discussi gli ambienti in cui la resistenza alle radiazioni ionizzanti è un criterio di progettazione (es. industria nucleare, materiali per missioni spaziali). Poiché tutte le applicazioni che utilizzano radiazioni ionizzanti richiedono conoscenze sulla sicurezza dalle radiazioni, il corso include anche le basi della sicurezza dalle radiazioni.	10	Secondo

## 5. Processo di monitoraggio e miglioramento. Aspetti metodologici

Per la valutazione del PdA relativo al “Monitoraggio e miglioramento delle attività” si farà riferimento ai punti di attenzione indicati nelle linee guida.

PdA	Azioni	Indicatore di valutazione
<b>D.PHD.3.1</b> Il Corso di Dottorato di Ricerca dispone di un sistema di monitoraggio dei processi e dei risultati relativi alle attività di ricerca, didattica e terza missione/impatto sociale e di ascolto dei dottorandi, anche attraverso la rilevazione e l'analisi delle loro opinioni, di cui vengono analizzati sistematicamente gli esiti.	<i>Il monitoraggio e l'autovalutazione verrà eseguito dalla Commissione di <b>Assicurazione della Qualità</b> (CAQ).</i>	<b>PHD.3.1_I1</b> <i>Compilazione questionario dottorandi inviato all'inizio dell'anno accademico. I questionari saranno erogati in lingua italiana e inglese da compilare tramite un form inviato per e-mail ai dottorandi/dottorande</i>  <b>PHD.3.1_I2</b> <i>Stesura del Documento di analisi dei</i>



		<p><i>risultati dei questionari dei dottorandi</i></p> <p><b>PHD.3.1_13</b> <i>Discussione dei risultati in sede di riunione del collegio</i></p>
--	--	---

Il processo di monitoraggio manterrà/migliorerà la procedura sopra descritta con l'integrazione dell'ascolto dei dottorandi attraverso la rilevazione e l'analisi delle loro opinioni tramite form da erogare all'inizio dell'anno accademico.

La procedura di ascolto, definita di seguito, sarà oggetto di valutazione e controllo da parte della Commissione di Assicurazione della Qualità (CAQ) che avrà la responsabilità di redigere:

- Il Rapporto Annuale di Autovalutazione (conclusione dell'anno),
- Il Rapporto Ciclico di Riesame (terzo anno del ciclo di dottorato)
- La relazione di autovalutazione del dottorato da sottoporre all'approvazione del Collegio di Dottorato (conclusione dell'anno),
- Tutte le attività di monitoraggio e di proposte di miglioramento delle attività.

Per la valutazione dei PdA sulla "Progettazione del Corso di Dottorato di Ricerca" verrà compilato il documento di progettazione iniziale che riporterà la seguente tabella.

Punto di attenzione	Indicatore	Valutazione (per indicatore quantitativo)	Valutazione (per indicatore qualitativo)	Analisi e commenti	Riferimenti a documenti
<b>D.PHD.1.x</b>	<b>I_PHD.1.x</b>				

Verrà effettuata la consultazione dei dati Almalaurea e dei soggetti ed istituzioni considerati parti interessate (e.g. aziende cofinanziatrici del dottorato ed enti di ricerca) con modalità e tempi adatti per la fase di accreditamento annuale. La consultazione delle parti interessate avverrà attraverso la compilazione di un form e gli esiti ed i riscontri di tali attività verranno registrati nella tabella sopra riportata.

L'organizzazione e lo svolgimento dell'attività di consultazione sarà svolta dal Corso di Dottorato fino a quando tale attività sarà coordinata dalla struttura di riferimento (Ateneo oppure Dipartimento).

I risultati di questa attività saranno oggetto di una relazione scritta dalla commissione dedicata alla terza missione ed all'impatto socio-economico.

Per la valutazione dei PdA sulla "Pianificazione attività didattiche e di ricerca" verrà compilata la seguente tabella

Punto di attenzione	Indicatore	Valutazione (per indicatore quantitativo)	Valutazione (per indicatore qualitativo)	Analisi e commenti	Riferimenti a documenti
<b>D.PHD.2.x</b>	<b>I_PHD.2.x</b>				

Per la redazione del rapporto di analisi verrà compilata la seguente tabella

Indicatore	Risultato	Criticità	Eventuali azioni di miglioramento
<b>PHD.3.1_Ix</b>	dato	Si/no	



Il questionario dottorandi dovrà contemplare domande utili a valutare i seguenti punti:

1. opinione sulle attività Formative organizzate dal dottorato;
2. giudizio sul carico di lavoro richiesto dalle attività formative;
3. opinione sulle attività didattiche e di tutoraggio nei limiti della coerenza e compatibilità con le attività di ricerca svolte;
4. opinione sull'attività di Ricerca;
5. giudizio sulle risorse e organizzazione
6. Partecipazione come relatore a convegni, congressi, seminari, workshop;
7. pubblicazioni/titoli acquisiti;
8. partecipazione a scuole di formazione dedicate nazionali e internazionali;
9. periodo trascorso all'esterno/presso enti nazionali internazionali

Tale questionario, se necessario, sarà rielaborato sulla base delle esigenze di monitoraggio del dottorato e le indicazioni fornite dall'ANVUR.

Inoltre, il processo di monitoraggio e miglioramento si avvarrà dei seguenti indicatori quantitativi riguardanti i cicli precedenti, sulla base dei dati raccolti come descritto in precedenza.

descrizione	indicatore	Valore ciclo XXXVII	Valore ciclo XXXVIII
percentuale di iscritti e iscritte al primo anno di Dottorato che hanno conseguito il titolo di accesso in altro Ateneo	<b>PHD.3.1_I4</b>		
percentuale di iscritti e iscritte al primo anno di Dottorato che hanno conseguito il titolo di studio di accesso all'estero;	<b>PHD.3.1_I5</b>		
percentuale di borse di studio finanziate da Enti esterni;	<b>PHD.3.1_I6</b>		
percentuale di dottori e dottoresse di ricerca che hanno trascorso almeno tre mesi all'estero;	<b>PHD.3.1_I7</b>		
percentuale di dottori e dottoresse di ricerca che hanno trascorso almeno sei mesi del percorso formativo in Istituzioni pubbliche o private, diverse dalla sede dei Corsi di Dottorato di Ricerca (include mesi trascorsi all'estero);	<b>PHD.3.1_I8</b>		
numero di prodotti della ricerca generati dai dottori e dalle dottoresse di ricerca entro un anno dalla conclusione del percorso;	<b>PHD.3.1_I9</b>		



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PALERMO

Direttore: Prof. Antonino Valenza

**dj** dipartimento  
di ingegneria  
unipa

presenza di un sistema di rilevazione delle opinioni dottorandi durante il corso e ad un anno dall'ottenimento del corso;	<b>PHD.3.1_I10</b>		
---	--------------------	--	--