



**Progetto del Corso di Dottorato di Ricerca in
Scienze della Terra e del Mare
(approvato dal Consiglio di Dipartimento il 21/05/2024)**

1. Progettazione del corso di dottorato di ricerca in Scienze della Terra e del Mare

1.1 Descrizione del progetto formativo e di ricerca

Il corso di dottorato in Scienze della Terra e del Mare è stato creato con il proposito di fornire una formazione specialistica di terzo livello a nuove generazioni di ricercatori e dirigenti nel campo di tematiche ambientali che riguardano diversi settori delle Scienze della Terra e delle Scienze Naturali. Il percorso formativo del corso mira a sviluppare nei Dottori di Ricerca una solida formazione di base nelle scienze fisiche e naturali, fornendo i fondamenti teorici della sperimentazione e dell'analisi di problemi e sistemi ambientali, della messa a punto di metodologie per la programmazione e la gestione ambientale e dell'applicazione delle moderne tecnologie per la valutazione e mitigazione dei rischi naturali e degli impatti esercitati dalle attività antropiche. Il corso si basa su un approccio interdisciplinare che riunisca in un unico contesto culturale diverse tematiche ambientali, prevedendo attività di ricerca finalizzate allo studio dei processi e dei problemi ambientali in un quadro di sostenibilità dello sviluppo.

Le potenzialità di sviluppo e aggiornamento del corso di dottorato riguardano gli ambiti della geologia di base (Paleontologia, Paleooceanografia e Paleoclimatologia, Neotettonica e rischio sismico, Stratigrafia e Analisi di facies, Geologia marina, Geologia strutturale; Geografia fisica), della Geomorfologia, della Geologia e Geofisica applicata (Valutazione dei rischi geomorfologici, geo-idrologici e sismici), dell'Ecologia Marina (Biologia Marina, Conservazione della Natura, Risorse Biologiche Marine e Acquacoltura, Alterazioni ambientali e Cambiamenti climatici), della Geochimica, della Petrografia, della Mineralogia, della Vulcanologia (Geochimica ambientale e isotopica, Rischio e monitoraggio dell'attività vulcanica, Petrologia del vulcanico), delle georisorse minerarie e applicazioni mineralogico-petrografiche per l'ambiente e i beni culturali (Processi di degrado di monumenti, affreschi ed opere pittoriche, indagini mineralogiche, petrografiche e geochimiche), della Zoologia (Evoluzione dell'immunità e risposte agli stressors ambientali e antropici), delle Scienze e tecnologie animali (Tecnologie e produzioni di organismi marini e acquatici, benessere e qualità dei prodotti, mangimistica e produzione di alimenti funzionali di origine ittica e no food).

L'evoluzione culturale e scientifica delle aree di riferimento viene garantita attraverso seminari di carattere interdisciplinare/trasversale organizzati dalla Scuola di Dottorato dell'Università di Palermo su temi quali metodologie di scrittura di articoli scientifici e progetti di ricerca, gestione della ricerca e della conoscenza dei sistemi di ricerca europei e internazionali, valorizzazione e disseminazione dei risultati di ricerca, proprietà intellettuale e dell'accesso aperto ai dati e ai prodotti della ricerca. Il calendario delle attività didattiche sarà inoltre integrato con l'inserimento di seminari specialistici, coerenti con gli obiettivi del corso, proposti da studiosi ed esperti italiani e stranieri di elevato profilo provenienti dal mondo accademico, dagli Enti di ricerca, dalle aziende, dalle istituzioni culturali e sociali.

1.2 Visione del percorso di formazione alla ricerca

Il percorso formativo del Corso di Dottorato di Ricerca in Scienze della Terra e del Mare prevede insegnamenti specialistici di terzo livello, attività di laboratorio, alta formazione attraverso attività di ricerca, partecipazione a convegni e scuole, attività seminariali disciplinari ed interdisciplinari, perfezionamento linguistico, periodi di formazione e ricerca in Italia e all'estero, corsi e stage presso enti ed imprese qualificate, attività di terza missione, redazione della tesi di dottorato e presentazione dei risultati della ricerca. I dottorandi, con il supporto dei tutor e sulla base del calendario delle attività didattiche pubblicato nella pagina web del dottorato, propongono ogni anno un piano delle attività formative, selezionando insegnamenti di terzo livello tra quelli



erogati nell'ambito del dottorato, in funzione del numero di crediti formativi da acquisire (almeno 60 per anno) e nel rispetto del numero di ore di didattica erogata medio annuo indicato dalle linee guida ANVUR.

Il corso forma Dottori di Ricerca dotati di conoscenze teoriche e capacità gestionali necessarie ad operare in ambito locale ed internazionale – che combinano una robusta base culturale nelle scienze fisiche e naturali con un'accurata conoscenza di aspetti applicativi e innovativi nei settori Risorse, Ambiente e Territorio. Nello specifico, il corso forma Dottori di Ricerca in diversi ambiti delle scienze della terra, dell'ecologia marina, della zoologia e dell'acquacoltura.

Nel suo complesso, il percorso formativo del corso di dottorato consente di formare personale con capacità dirigenziali e tecnico-scientifiche destinati ad enti pubblici e privati (per esempio settori collegati alla Protezione Civile, esplorazione, valutazione, gestione delle risorse idriche, geotermiche, minerarie, incluse quelle dei fondi marini, gestione risorse biologiche, ARPA, ecc.), oltre che personale con orientamento imprenditoriale. La formazione dei dottori di ricerca in Scienze della Terra e del Mare ha implicazioni in programmi di finanziamento alla ricerca scientifica come Horizon Europe 2021 – 2027.

Il Corso di Dottorato di Ricerca in Scienze della Terra e del Mare è progettato secondo una prospettiva internazionale, al fine di realizzare l'obiettivo strategico di base O.2.1 del Piano Strategico di Ateneo. In quest'ambito le borse di dottorato vengono annualmente incrementate grazie a fondi esterni, provenienti da collaborazioni con differenti Enti di Ricerca (CNR, CoNISMa, INGV, OGS, ISPRA, CIMA), pubbliche amministrazioni (Protezione Civile Regione Siciliana, Autorità di Bacino Regione Siciliana, ARPA Sicilia, Arma dei Carabinieri) e aziende (Biosurvey, Delta Ingegneria). Ciò favorisce l'attrazione di dottorandi laureati in altre regioni d'Italia, mentre l'attrazione di dottorandi laureati all'estero viene promossa attraverso numerose collaborazioni internazionali, tra le quali ad esempio quelle con le seguenti istituzioni: Istituto Francese EcoOcéan, Università di Barcellona, University of Virginia (USA), Université Bourgogne Franche-Comté, Université CNRS Orleans, University of Tsukuba (Japan), University of Tokyo (Japan), University of Hong Kong (China), Universidad Nacional de Colombia, Universidad de El Salvador. Il possesso dei requisiti previsti dal DM 226/2021 da parte di tutti i componenti del collegio di dottorato garantisce elevati standard di produttività scientifica.

1.3 Attività di formazione

Le attività formative previste nell'ambito del corso di dottorato intendono sviluppare capacità di fare ricerca con creatività individuale e rigore scientifico, acquisire un'efficace capacità di sintesi, comunicare ed interagire positivamente in ambienti di professionisti di livello internazionale.

Gli insegnamenti ad-hoc che i dottorandi possono selezionare per costruire il proprio percorso formativo, nel rispetto dei crediti necessari al completamento delle attività formative di ciascuno dei tre anni, riguardano l'analisi e l'interpretazione di dati chimico-fisici, l'utilizzo di Google Earth Engine per analisi Big Data, la termografia ed interferometria in geomatica, le tecnologie per l'esplorazione marina, i metodi di valutazione ambientale e di ripristino degli habitat degradati, un laboratorio di statistica applicata in R, la costruzione di modelli geologici, la caratterizzazione degli ambienti sedimentari marini, un'introduzione ai modelli di nicchia ecologica, le tecniche di modellizzazione termodinamica di sistemi geopetrologici e geochimici, la sismotettonica, il telerilevamento satellitare, i sensori open-source per monitorare l'ambiente, l'applicazione di metodologie statistiche nel controllo ambientale, l'analisi GIS e la previsione di forme del rilievo, l'ecologia numerica con R.

1.4 Visibilità del progetto

Il sito web del corso di dottorato è consultabile al link:

<https://www.unipa.it/dipartimenti/distem/dottorati/scienzedellaterraedelmare/>

Esso è disponibile sia in italiano che in inglese e contiene pagine dedicate alla presentazione e agli obiettivi formativi del corso, regolamento, bandi, modulistica, graduatorie, attività formative, servizi a disposizione dei dottorandi ed altro materiale informativo ed illustrativo. Attraverso la pagina dedicata al collegio dei Docenti è possibile accedere al curriculum e alle attività didattiche di ogni membro del collegio.



**Università
degli Studi
di Palermo**

**Dottorato di Ricerca in
Scienze della Terra
e del Mare**



1.5 Mobilità internazionale

Al dottorando viene offerta la possibilità di accedere a laboratori presso altri Atenei e Centri di Ricerca con cui sono attive collaborazioni nell'ambito del Dottorato o attraverso convenzioni (CNR, CoNISMa, INGV, OGS, ISPRA, CIMA Univ. di Barcellona, Pisa, della Calabria, Torino, Milano Bicocca, Tuscia, Cagliari, Parma, Venezia Ca' Foscari).

Durante il percorso di dottorato, sono incoraggiati periodi di formazione ed esperienze di studio presso Università, Istituti e centri di ricerca all'estero per migliorare la qualità della propria ricerca e potenziarne la competitività internazionale. Al fine di potenziare l'internazionalizzazione degli studi di dottorato vengono adottati diversi strumenti, tra cui la promozione della mobilità dei dottorandi, l'incoraggiamento di accordi di co-tutela di tesi di dottorato e l'istituzione di iniziative di collaborazione con atenei stranieri (doppio titolo di dottorato).

La co-tutela di tesi di dottorato è un accordo ad-hoc a favore di un singolo dottorando, siglato tra l'Università degli studi di Palermo e un'Università partner. Il dottorando in co-tutela svolge la propria attività di ricerca sotto la responsabilità congiunta dei docenti supervisor dei due Atenei coinvolti.

I dottorandi possono svolgere attività di ricerca e formazione fuori sede, in Italia e all'estero, nei limiti previsti dal Regolamento e da eventuali ulteriori disposizioni. Il dottorando deve essere autorizzato a svolgere un periodo all'estero dal tutor e dal coordinatore del dottorato per permanenze fuori sede complessivamente non superiori a sei mesi. Quando la permanenza all'estero supera i sei mesi è necessaria l'autorizzazione del Collegio dei Docenti. Durante i periodi di permanenza fuori sede, i dottorandi sono tenuti a relazionarsi con il tutor e a sostenere le previste verifiche, con le modalità definite dal Collegio dei Docenti. I dottorandi, titolari di borsa di studio, hanno inoltre diritto all'incremento della borsa nella misura del 50% per periodi all'estero di durata non superiore a quella indicata nel bando di riferimento, fatte salve ulteriori disponibilità finanziarie.



2. Pianificazione e organizzazione delle attività formative e di ricerca del corso di dottorato di ricerca in Scienze della Terra e del Mare

L'attività di formazione è espressa in crediti formativi (CFU) e prevede insegnamenti specialistici e attività seminariali disciplinari ed interdisciplinari, periodi di formazione e ricerca in Italia e all'estero, alta formazione attraverso attività di ricerca, corsi e stage presso enti ed imprese qualificate, redazione della tesi di dottorato, partecipazione a convegni e Scuole. Il Dottorando è tenuto ad acquisire complessivamente nel triennio 180 CFU in ragione di 60 CFU per ogni anno.

All'inizio di ciascun anno di corso, il Dottorando, con il supporto del Tutor e sulla base del calendario delle attività didattiche pubblicato nella pagina web del dottorato, elabora un piano di attività formative che consenta di acquisire un minimo di 60 CFU per ogni anno. Il piano delle attività formative includerà insegnamenti di terzo livello di interesse generale e specialistici, erogati nell'ambito del corso di dottorato, selezionati in funzione del numero di crediti formativi da acquisire e nel rispetto del numero di ore di didattica erogata medio annuo indicato dalle linee guida ANVUR. Il piano delle attività formative potrà essere modificato o integrato nel corso dell'anno, motivando le modifiche, previo parere positivo del Tutor e del Coordinatore.

2.1 Calendario delle attività didattiche

Il Collegio dei Docenti, prima dell'inizio di ciascun ciclo, redige un *calendario delle attività didattiche*.

Il calendario include un catalogo di insegnamenti di terzo livello di interesse generale e specialistici, distinti da quelli impartiti nei corsi di studio di primo e secondo livello, tenuti da professori e ricercatori, anche di altri atenei, in possesso di elevata qualificazione scientifica, verificata attraverso l'utilizzo degli indicatori ASN. La frequenza ed il superamento dell'esame finale degli insegnamenti consentono ai dottorandi di acquisire crediti formativi.

Il calendario delle attività didattiche include altresì seminari di carattere interdisciplinare /trasversale organizzati dalla Scuola di Dottorato dell'Università di Palermo su temi quali metodologie di scrittura di articoli scientifici e progetti di ricerca, gestione della ricerca e della conoscenza dei sistemi di ricerca europei e internazionali, valorizzazione e disseminazione dei risultati di ricerca, proprietà intellettuale e dell'accesso aperto ai dati e ai prodotti della ricerca. Il calendario delle attività didattiche sarà inoltre integrato, anche dopo l'inizio di ciascun ciclo, con l'inserimento di seminari specialistici, su tematiche inerenti al dottorato e coerenti con gli obiettivi del corso, proposti da studiosi ed esperti italiani e stranieri di elevato profilo provenienti dal mondo accademico, dagli Enti di ricerca, dalle aziende, dalle istituzioni culturali e sociali.

Le attività didattiche prevedono inoltre corsi di perfezionamento linguistico organizzati dal Centro Linguistico di Ateneo (CLA) dell'Università di Palermo o di altro Ateneo, della durata minima di 30 ore, con l'obbligo di conseguire almeno il livello B2 di lingua inglese. Nel caso in cui il Dottorando sia già in possesso di tale livello, dimostrabile con un certificato in corso di validità alla data di inizio del corso, potrà dedicare un minimo di 30 ore al conseguimento di un livello superiore di lingua inglese o all'apprendimento di un'altra lingua. Il corso offerto dal CLA potrà essere erogato anche attraverso qualificate piattaforme di e-learning (e.s Rosetta Stone). L'acquisizione dei crediti formativi avviene tramite l'ottenimento dell'attestato finale. Il perfezionamento informatico dei dottorandi potrà avvenire attraverso la partecipazione ai vari insegnamenti di terzo livello, programmati nell'ambito del dottorato, che prevedono l'utilizzo di software open source (es. R, Rstudio, QGIS, Grass GIS, SAGA GIS, Whitebox, Google Earth Pro, Google Earth Engine, etc.) sia di software dei quali l'Università di Palermo ha acquistato le licenze per l'utilizzo da parte degli studenti (es. Microsoft Office 365, MATLAB e Simulink). I dottorandi inoltre potranno partecipare a specifici corsi di perfezionamento informatico organizzati dall'ateneo o da altre riconosciute istituzioni pubbliche e private.



La frequenza di seminari, corsi di perfezionamento linguistico ed informatico consente ai dottorandi l'acquisizione dei crediti formativi tramite l'ottenimento dell'attestato finale.

2.1.1 Calendario degli insegnamenti previsti (distinti da quelli impartiti in insegnamenti relativi ai corsi di studio di primo e secondo livello)

N.	Denominazione dell'insegnamento	Numero di ore e (CFU)	Breve descrizione	Anno e periodo di erogazione
01	Analisi e interpretazione di dati chimico-fisici	30 (6)	Il corso prevede di fornire i fondamenti teorici necessari per potere utilizzare gli strumenti statistici per l'analisi dei dati chimico-fisici ottenuti da misurazioni. Il corso è strutturato in due parti introduttive sui metodi statistici di base e una parte dedicata a metodi statistici avanzati applicati su "test-case" di interesse geologico e/o biologico. Al termine del corso, è previsto un colloquio finale (cada studente) per la valutazione del grado di apprendimento degli argomenti trattati. <u>ARGOMENTI</u> Parte prima – Teoria ed esercitazioni (6 ore): - Introduzione al concetto di errore: errori di lettura di scale, errori nelle misure ripetibili. - Rappresentazione degli errori: stima migliore, discrepanza, errori relativi. - Propagazione degli errori. - Analisi statistica degli errori casuali: media, varianza e deviazione standard. - La distribuzione di Gauss o normale. Parte seconda – Teoria ed esercitazioni (8 ore): - Rigetto di dati e medie pesate - Metodo dei minimi quadrati - Covarianza e correlazione - Frequenza cumulata Parte terza – Teoria ed esercitazioni (16 ore): -Analisi di coppie correlate di dati tramite grafici di frequenza cumulata e threshold. -Threshold regression analysis. Costruzione e uso dei grafici: change point, likelihood e frequency. -Elementi di analisi multivariata: matrice di correlazione, analisi delle componenti principali (PCA).	I anno
02	Google Earth Engine: the new cloud-based platform for geospatial big data treatment	15 (3)	Il corso si propone di iniziare gli studenti alla piattaforma Google Earth Engine (GEE) e alla sua applicazione al monitoraggio ambientale. Nello specifico, dopo una breve introduzione relativa al funzionamento di base dell'ambiente di elaborazione e ai dati di osservazione della terra, il corso si focalizzerà sull'analisi di casi studio pratici desunti dagli ambiti delle scienze naturali al fine di mostrare ed enfatizzare le enormi potenzialità e i possibili campi di applicazione. Di seguito, i principali argomenti trattati nel corso: Introduzione ai dati di osservazione della terra: - Approcci di acquisizione e caratteristiche dei dati associati; - Modelli dati raster e vettoriali;	I anno



			- Effetti atmosferici, correzioni e sue implicazioni; - Risoluzione e loro compromessi: spaziale, spettrale, temporale e radiometrico. Introduzione alla piattaforma GEE: - Esplorazione di GEE; - Code Editor; - Il data catalogue: esplorazione dei set di dati geospaziali utili nell'ambito delle scienze naturali implementati in GEE; - Uploading di dati vettoriali e raster acquisiti da sorgenti esterne; - Visualizzazione degli open-source global DEM (Modelli Digitali delle Elevazioni); - Visualizzazione dei dati multi-banda; - Manipolazione dei dati; - Export dei dati. Fondamenti di GEE: - Capire e Manipolare un codice pre-compilato; - Sviluppo di funzioni personalizzate; - Sviluppo di un codice di analisi. - Esempi pratici inerenti le tematiche del corso di dottorato (Open-source global DEMs per l'analisi dei cambiamenti geomorfologici, Mappatura copertura del suolo, Analisi di Hybrid Coordinate Ocean Model, Water Temperature and Salinity (HYCOM) e climate engine app, etc.). Al termine del corso, gli studenti dovranno scegliere un caso studio, inerente al proprio progetto di ricerca, da analizzare. I risultati dovranno essere dettagliati in un report e illustrati ai propri colleghi. Tutte le applicazioni saranno svolte in ambiente GEE mediante l'ausilio del linguaggio Javascript.	
03	Termografia ed interferometria in geomatica	15 (3)	Il corso si propone di fornire ai dottorandi del Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare gli strumenti teorici ed operativi per il trattamento e l'analisi di dati termografici ed interferometrici. Saranno esposte le basi teoriche di termografia passiva e dell'interferometria differenziale, i metodi di ispezione termografica, le tecniche di elaborazione delle immagini termografiche e le tecniche di elaborazione delle coppie interferometriche. I dati termografici e le coppie interferometriche saranno elaborati con software dedicati ed open source. Più in dettaglio, termografia: termografia del sistema suolo vegetazione, termografia dei corpi idrici. - interferometria: determinazione delle frange interferometriche e dei piccoli spostamenti del territorio (dovute a frane, subduzioni, terremoti). Al termine del corso gli studenti dovranno produrre un report ed una presentazione da illustrare ai colleghi, con dati inerenti il proprio progetto di ricerca.	1 anno
04	Tecnologie per l'esplorazione marina	15 (3)	"Tecnologie per l'esplorazione marina" è un corso introduttivo sulle tecnologie utilizzate per esplorare l'ambiente marino e fornire informazioni che hanno implicazioni economiche, sociali ed ambientali. Tecniche specifiche sono infatti richieste per investigare il fondo e il sottofondo marino, i fluidi e l'ecosistema. La prima parte del corso fornisce una introduzione sulle tecniche utilizzate, come Multibeam, Sismica ad alta risoluzione, Side-Scan Sonar Carotieri a gravità etc. La seconda parte si concentra sulle applicazioni delle tecniche per identificare le forme dei fondali (es. frane, canyon, canali e conoidi, bocche idrotermali), ricostruire l'assetto stratigrafico-strutturale del sottofondo, riconoscere e mappare la distribuzione delle fanerogame marine. Il corso prevede delle esercitazioni con software specifici che permettono di visualizzare, elaborare ed interpretare i dati marini. Non sono richiesti prerequisiti. Obiettivi - Fornire concetti di base sulle tecniche di esplorazione marina; - Illustrare lo stato dell'arte delle tecnologie geofisiche utilizzate per esplorare gli oceani e gli strumenti di campionamento;	1 anno



			- Illustrare software specifici per visualizzare, elaborare, integrare ed interpretare dataset marini. Risultati attesi di apprendimento Al termine del corso lo studente sarà in grado di: - Spiegare i concetti teorici di base sulle tecnologie utilizzate per l'esplorazione marina; - Conoscere gli strumenti e le tecniche utilizzate nell'esplorazione marina e le loro applicazioni; - Utilizzare software per analizzare, integrare e interpretare dati marini.	
05	Approcci e metodi di valutazione ambientale e di ripristino degli habitat degradati C.I. (Modulo habitat marino-costieri e modulo habitat terrestri)	30 (6)	Il corso integrato (modulo habitat marino-costieri, 15 ore; modulo habitat terrestri, 15 ore) si propone di introdurre gli studenti ai fondamenti teorici e pratici della valutazione della qualità ambientale degli habitat marino-costieri e terrestri e del loro ripristino. Il corso integrato prevede esercitazioni sul campo e in laboratorio. I principali argomenti del modulo habitat marino-costieri riguarderanno: - Le Direttive europee per la tutela e la valutazione della qualità ambientale - dell'ambiente marino. WFD e MSFD - Definizione di ripristino degli habitat degradati: obiettivi e quadro globale - Tecniche del ripristino in ambiente marino-costiero - Applicazioni: come impostare un progetto di ripristino - Casi studio I principali argomenti del modulo habitat terrestri riguarderanno: - Introduzione alla Rete Ecologica Siciliana - La Rete Natura 2000, le specie e gli habitat di interesse comunitario e regionale a rischio di estinzione - Misure di conservazione per le specie e gli habitat terrestri - Applicazioni: teorie e tecniche di monitoraggio di habitat e specie vegetali terrestri - Casi studio La verifica finale consisterà nella presentazione di un elaborato, da esporre ai docenti ed ai colleghi, su un progetto di valutazione/ripristino di un habitat/specie a scelta dello studente.	1 anno
06	Analisi statistica dei dati con R	30 (6)	Il corso si propone di introdurre alle principali tecniche di indagine e di analisi statistica dei dati. L'obiettivo è di consentire allo studente di essere in grado di distinguere le diverse tipologie di dati; riconoscere la natura dei dati a disposizione per elaborarli correttamente; utilizzare i principali indici di sintesi statistici; essere in grado di studiare le relazioni tra due variabili, poter prendere decisioni in condizioni elementari di incertezza. Lo studente alla fine del corso avrà appreso i principi del metodo scientifico statistico e sarà in grado di analizzare i risultati di indagini statistiche attraverso l'uso del software statistico open source R. Gli argomenti affrontati includeranno: • Terminologia statistica e concetti introduttivi • Classificazione delle variabili e loro rappresentazione grafica • Indici di posizione e variabilità • Asimmetria • Distribuzione congiunta di due caratteri • Il test X² • Variabili aleatorie: Binomiale, Poisson e Gauss. • Verifica di ipotesi • La regressione lineare semplice Al termine del corso gli studenti dovranno produrre un report con i dati inerenti al proprio progetto di ricerca. Le applicazioni verranno condotte tramite il linguaggio statistico R.	1 anno
07	Modello geologico del sottosuolo: dalle geometrie affioranti a quelle profonde	30 (6)	Verranno descritte le principali fasi di lavoro sul campo per la ricostruzione del modello geologico evolutivo e la costruzione di una carta geologica. Il corso prevede inoltre l'applicazione di	1 anno



			metodi di base per la costruzione di modelli geologici del sottosuolo (2d e 3D) attraverso l'integrazione di dati di superficie, derivanti dalla lettura e dall'elaborazione di carte geologiche, con dati di sottosuolo derivanti sia da dati diretti (log di pozzi) che indiretti (sezioni geologiche bilanciate). Utilizzo di software dedicati per la costruzione di superfici e volumi rocciosi in ambiente 3D. Alcuni degli argomenti che saranno trattati sono: - Elementi geometrici lineari e puntuali nelle carte geologiche. - Contenuto tridimensionale delle carte geologiche. - La sezione geologica come strumento di base per modelli tridimensionali. - Attività sul campo: lettura della carta geologica sul campo. Modalità d'esame: presentazione sintetica di un lavoro scientifico.	
08	Approccio alla caratterizzazione degli ambienti sedimentari marini. Confronti tra attuali e fossili C.I. (modulo I e modulo II)	30 (6)	Il corso integrato (modulo I, 15 ore; modulo II, 15 ore) si propone di descrivere le principali tecniche di caratterizzazione degli ambienti sedimentari marini. Tale approccio si basa sull'osservazione delle rocce sedimentarie, dei loro costituenti e dei parametri indicativi dell'ambiente di formazione. Verranno descritti i principali parametri fisico chimici delle acque e come questi influiscono sulla sedimentazione in ambiente neritico e pelagico. Vedremo come le rocce sedimentarie registrano cambiamenti climatici che hanno portato in diversi casi ad estinzioni di massa di carattere globale. Saranno infine confrontati gli ambienti marini fossili con quelli attuali.	I anno
09	Introduzione ai modelli di nicchia ecologica	15 (3)	I modelli di nicchia ecologica (ENM) sono una classe di metodi costruiti su una base di concetti ecologici fondamentali e biogeografici sulla relazione tra le distribuzioni delle specie (utilizzando dati di abbondanza, presenza o altre variabili di risposta biotica che descrivono aspetti della biodiversità) e l'ambiente fisico (le variabili ambientali e antropiche che si ritiene influenzino la distribuzione delle specie). Gli ENM sono spesso utilizzati i) per stimare quali variabili influenzano la distribuzione delle specie nel loro habitat, ii) per stimare la probabilità di presenza delle specie in zone al di fuori della nostra area di studio, in base alle caratteristiche ambientali di questi ambienti, iii) per stimare i cambiamenti nell'idoneità dell'habitat nel tempo, dato uno specifico scenario di cambiamento ambientale e iv) come stime della nicchia fondamentale o realizzata della specie. I modelli di distribuzione delle specie basati sulla nicchia (SDM) sono modelli quantitativi ed empirici delle relazioni specie-ambiente, considerati tra gli strumenti più potenti e pratici per la previsione della presenza e distribuzione attuale e futura delle specie, e vengono spesso utilizzati nella gestione di specie problematiche (es. invasive) o di specie vulnerabili o in pericolo. Il corso propone un'introduzione, teorica e pratica, agli SDM, attraverso l'uso di alcuni dei principali algoritmi attualmente usati negli studi ecologici. Al termine del corso gli studenti saranno divisi in gruppi, ed ognuno di questi analizzerà un caso studio (che potrebbe anche rispecchiare il progetto di ricerca degli studenti). Il caso studio dovrà rispecchiare tutti i passaggi principali del processo scientifico (ipotesi, disegno di campionamento, variabili da includere, analisi e validazione del modello). I risultati dovranno essere illustrati ai propri colleghi.	I anno
10	Introduzione alle tecniche di modellizzazione termodinamica di sistemi geopetrologici e geochimici: teoria ed applicazioni	15 (3)	Il corso prevede un'introduzione alle tecniche computazionali di modellizzazione termodinamica di sistemi geopetrologici e geochimici. La struttura del corso consiste in una prima parte introduttiva generale alla termodinamica necessaria a questo tipo di modellizzazioni, una seconda parte in cui si illustrano alcune tecniche computazionali, ovvero alcuni programmi dedicati di grande diffusione, ed una terza parte fatta di esempi pratici al calcolatore. ARGOMENTI Parte prima (5 ore) – Richiami di termodinamica e di semplici concetti quantomeccanici:	I anno



			Parte seconda (5 ore) – Excursus su alcuni software di modellizzazione quantomeccanica di minerali (come CRYSTAL, GULP, CP2K) e di modellizzazione termodinamica di sistemi di interesse geopetrologico (come Burnman) Parte terza – esempi pratici (5 ore): Calcolo di equazioni di stato, modellizzazione di reazioni mineralogiche di interesse geopetrologico, modellizzazione di frazionamenti isotopici.	
11	Corso introduttivo alla sismotettonica	15 (3)	Cenni introduttivi alla sismotettonica e sismogenesi. Sismotettonica quantitativa. Ciclo sismico, teoria del rimbalzo elastico, modelli di terremoto “time-predictable” e slip-predictable”. Sciami e sequenze sismiche. Misura di un terremoto. Modellazione analitica di faglie da dati sismologici e geodetici. Sismologia statistica. Legge di Gutenberg-Richter. Massima magnitudo. Analisi della deformazione sismica e geodetica per la stima del potenziale sismogenetico areale e delle sorgenti singole. Meccanismi focali ed inversione del tensore stress. Stress di coulomb e triggering della sismicità. Cenni sulla sismicità indotta. Cenni sulla zonazione sismotettonica Italiana e le principali strutture sismogenetiche individuali con implicazioni per la definizione della pericolosità sismica di base, a scala regionale. Esercitazioni su dati sismologici e geodetici (es. sismicità storica, strumentale, meccanismi focali, tensore stress, modellazione di faglie da dati geodetici e sismologici).	I anno
12	Telerilevamento Satellitare	15 (3)	Cenni storici, concetti di base, componenti fondamentali di un sistema di telerilevamento. Principi fisici del telerilevamento: spettro elettromagnetico, le finestre atmosferiche, leggi di Planck, Wien e Stefan Boltzmann Sensori satellitari: Principali caratteristiche dei sensori e delle piattaforme satellitari, Sensori attivi e passivi, Principali missioni di Earth Observation Le immagini satellitari: Acquisizione di un’immagine, Calibrazione, Correzioni geometriche, Correzione atmosferica, Firme spettrali Principali archivi: EarthData, Glovis, Portale Copernicus, ESA Principali tecniche di Machine Learning applicate all’analisi di immagini satellitari. Esempi di assimilazione di dati satellitari ai modelli numerici in fluidodinamica. Verifica finale: Presentazione di un elaborato anche inerente al proprio progetto di ricerca.	I anno
13	Sensori open-source per monitorare l’ambiente.	15 (3)	In una era in cui connettività digitale, smart city, Internet of things (IoT) e intelligenza artificiale pongono le basi per lo sviluppo sostenibile degli ambienti urbani, l’applicazione di tecnologie innovative digitali al compartimento ambientale (e in particolare a quello marino) costituisce un presupposto fondamentale per una gestione moderna efficace. Arduino è una piattaforma hardware e software open source di facile utilizzo e con infinite possibilità di lettura. In questo corso i dottorandi impareranno a utilizzare questa tecnologia per l’acquisizione di variabili ambientali e risposte fisiologiche in ambiente marino, e a capire le sue potenzialità di utilizzo nella ricerca. Durante il corso, gli studenti, dopo un’introduzione ad Arduino, verranno guidati attraverso una serie di schemi di cablaggio, nella realizzazione di un datalogger per acquisire dati ambientali e risposte fisiologiche. Inoltre, verranno fornite le basi per l’invio dei dati acquisiti su web database (es. MySQL database), nonché gli script per la lettura e visualizzazione di questi dati tramite l’uso di software R. Il corso prevede:	Il anno



			• l'introduzione ad Arduino e potenziali applicazioni (2 ore); • utilizzo di sensori per acquisire variabili ambientali e risposte fisiologiche in ambiente marino (4 ore); • la realizzazione di datalogger per l'acquisizione dei dati (3 ore); invio dati in remoto, web database (2 ore); • la lettura e visualizzazione dati tramite open source software R (4 ore).	
14	Metodologie Statistiche nel Controllo Ambientale C.I. (modulo I e modulo II)	30 (6)	Il corso integrato (modulo I, 15 ore; modulo II, 15 ore) si pone come obiettivo di fornire le conoscenze delle principali metodologie statistiche e dei protocolli procedurali che regolano il trattamento dei dati scientifici nel monitoraggio ambientale. Nel dettaglio saranno approfonditi, anche attraverso applicazioni pratiche i seguenti argomenti, riguardanti le principali tecniche statistiche per il monitoraggio ambientale: (- concetti di base delle tecniche chemiometriche - analisi delle componenti principali - analisi e modelli di classificazione - analisi di regressione multivariata Modalità di esame: discussione di un caso studio, anche con il supporto di presentazione in powerpoint	Il anno
15	Analisi GIS per la previsione spaziale di forme del rilievo	15 (3)	Il corso si propone di introdurre le principali tecniche di analisi GIS a partire da modelli digitali di elevazione (DEM), le variabili topografiche ed idrologiche estraibili dai DEM ed i metodi statistici utilizzati per la previsione spaziale delle forme del paesaggio. L'obiettivo è di consentire allo studente un utilizzo critico di tali tecniche nell'ambito della produzione di elaborati di ricerca. Gli argomenti trattati includono: - Tecnologia e banche dati GIS; principali software GIS - Principali operazioni su dati vector e grid - DEM e Terrain analysis - Analisi dell'idrologia superficiale a partire da DEM - Modellazione statistica dei fenomeni naturali e previsione spaziale delle forme del paesaggio. Durante il corso saranno svolte applicazione pratiche utilizzando software open source. Al termine del corso, gli studenti presenteranno le attività svolte.	Il anno
16	Metodi di Ecologia Numerica con R C.I. (modulo I e modulo II)	30 (6)	Il corso integrato (modulo I, 15 ore; modulo II, 15 ore) si propone di fornire un'introduzione all'ecologia numerica, attraverso esercizi pratici svolti con il linguaggio statistico R. Verrà presentata una gamma di tecniche statistiche e numeriche in ecologia, per aiutare sia a comprendere i metodi di analisi disponibili, ma anche per capire come sceglierli ed applicarli al fine di raggiungere obiettivi di ricerca specifici. Il corso si svilupperà in due fasi: una prima fase introduttiva del linguaggio R e delle principali tecniche di base di analisi statistica in ecologia; ed una seconda fase in cui verranno esaminati e sviluppati problemi specifici e propedeutici al percorso di dottorato. Alcuni degli argomenti che saranno trattati sono: - Basi del linguaggio R - Richiami di disegno sperimentale - Estrazione dei dati - Pulitura, preparazione di un dataset e dati mancanti - Esplorazione dei dati e visualizzazione - Tecniche di ordinamento e semplificazione dimensionale - Approcci specifici, propedeutici al percorso di dottorato Alla fine del corso, gli studenti dovranno fornire un breve report presentando un caso di studio (eventualmente utilizzando i dati raccolti durante il loro percorso di dottorato) in cui avranno applicato le conoscenze analitiche acquisite.	Il anno



2.1.2 Calendario di altre attività didattiche

Seminari		
Tipologia di seminario	Date	Tematiche
Seminari trasversali organizzati dalla Scuola di dottorato dell'ateneo	Primo lunedì dei mesi pari.	Le tematiche trattate includeranno, ad esempio: • Scrittura di articoli scientifici • Redazione di progetti di ricerca • Gestione della ricerca e della conoscenza dei sistemi di ricerca europei e internazionali • Valorizzazione e disseminazione dei risultati di ricerca, proprietà intellettuale e dell'accesso aperto ai dati e ai prodotti della ricerca.
Seminari specialistici, su tematiche inerenti al dottorato, organizzati nell'ambito del corso di dottorato, tenuti da studiosi ed esperti italiani e stranieri di elevato profilo provenienti dal mondo accademico, dagli Enti di ricerca, dalle aziende, dalle istituzioni culturali e sociali.	Le finestre temporali dedicate ai seminari specialistici sono febbraio-marzo, giugno-luglio e novembre-dicembre. Le date saranno definite in accordo con i docenti ed esperti che terranno i corsi. In caso di necessità, sarà comunque possibile organizzare seminari specialistici anche al di fuori delle sopracitate finestre.	Le tematiche trattate riguarderanno diversi SSD rappresentati all'interno del collegio, includendo, ad esempio: • Geologia • Geomorfologia • Geologia e Geofisica applicata • Ecologia Marina • Botanica Acquatica • Geochimica • Petrografia • Zoologia • Scienze e tecnologie animali

Corsi di perfezionamento linguistico offerti dal Centro Linguistico di Ateneo		
Tipologia di corso	Date	Note
Inglese Academic Writing and Conference Papers (Open Badge B2/C1) Inglese Open Badge B2 Spagnolo Open Badge A2/B1 Tedesco Open Badge A2/B1 Francese Open Badge A2/B1 Corsi su piattaforma Rosetta Stone	Febbraio – giugno	Il calendario con le date specifiche e orari di ciascun corso saranno pubblicati, una volta definiti, nella pagina web del Centro Linguistico di Ateneo

2.2 Integrazione dei dottorandi nella comunità scientifica

2.2.1 Partecipazione dei dottorandi a congressi e/o workshop e/o scuole di formazione dedicate nazionali e internazionali

Il Corso di Dottorato di Ricerca, attraverso il lavoro di tutoraggio dei supervisor e co-supervisor, promuove la crescita dei dottorandi come membri della comunità scientifica, favorendo il loro inserimento all'interno delle società e associazioni scientifiche dei diversi SSD, ed in particolare nei gruppi di giovani ricercatori laddove presenti (es. *Sezione Giovani AI Geo*, *Sezione Giovani AIGA*, *Sezione SGI Giovani Geologi*).

I dottorandi, lavorando all'interno dei gruppi di ricerca di supervisor e co-supervisor, avranno la possibilità di contribuire a lavori scientifici e partecipare, anche in qualità di relatori, a congressi e workshop nazionali ed internazionali.



Le attività formative del corso di dottorato prevedono la partecipazione dei dottorandi a corsi e scuole di formazione (summer/winter school) su tematiche trasversali o pertinenti a specifici SSD del dottorato.

La partecipazione a congressi/workshop e a corsi/scuole di formazione consente ai dottorandi di acquisire crediti formativi.

2.2.2 Presentazione dei risultati della ricerca e seminari tenuti dai dottorandi

Il Corso di Dottorato di Ricerca prevede che, alla fine di ciascun anno, i dottorandi presentino i risultati della propria ricerca a docenti e studenti del dipartimento. Tale presentazione consente ai dottorandi di acquisire crediti formativi ed essere ammessi all'anno successivo o all'esame finale.

Con frequenza trimestrale, è prevista inoltre una giornata nella quale i dottorandi, suddivisi per aree tematiche, tengano brevi seminari su tematiche inerenti al loro progetto di ricerca, aperti a docenti, dottorandi e studenti delle lauree magistrali. Lo svolgimento dei seminari consentirà ai dottorandi di acquisire crediti formativi.

2.3 Autonomia del dottorando

Il collegio di dottorato incentiva i dottorandi ad essere autonomi sin dall'inizio del loro percorso. I dottorandi, infatti, elaborano annualmente il loro piano delle attività formative, selezionando gli insegnamenti di terzo livello erogati nell'ambito del dottorato e le altre attività che concorrono al raggiungimento dei 60 CFU annuali (perfezionamento linguistico, congressi/workshop, corsi/scuole, ecc.). I dottorandi sono altresì stimolati a progettare e realizzare autonomamente il lavoro di ricerca, nonché a identificare le più adeguate strategie di divulgazione e disseminazione dei risultati.

2.4 Risorse finanziarie e strutturali

L'Ateneo di Palermo assegna, all'inizio dell'anno, a ciascun dottorando un budget pari al 10% della propria borsa di studio annuale per il finanziamento delle attività di ricerca. Il collegio di dottorato inoltre stimola l'inserimento dei dottorandi nei fondi di ricerca dei supervisor e co-supervisor, in modo che i dottorandi possano avere le risorse finanziarie necessarie al supporto delle loro attività di ricerca e di divulgazione e disseminazione dei risultati.

Ai dottorandi sono messe a disposizione le strutture ed i laboratori del DiSTeM, nonché le attrezzature scientifiche ed informatiche ivi contenute.

2.5 Attività didattiche e di tutorato

Il Dottorando può svolgere, come parte integrante del progetto formativo, previo nulla osta del collegio di dottorato e senza incremento dell'importo della borsa di studio, attività di tutorato, anche retribuita, degli studenti dei corsi di laurea e di laurea magistrale, nonché, entro il limite di quaranta ore per ciascun anno accademico, attività di didattica integrativa.

2.6 Relazioni scientifiche e mobilità dei dottorandi

Il Corso di Dottorato di Ricerca promuove la crescita dei dottorandi favorendo la loro partecipazione a periodi di formazione e ricerca, in Italia o all'estero, presso università, enti di ricerca (pubblici o privati) ed imprese qualificate. Tali periodi danno diritto all'acquisizione di crediti formativi.

2.7 Prodotti della ricerca

Il Corso di Dottorato di Ricerca garantisce che la ricerca svolta dai dottorandi generi prodotti direttamente riconducibili al dottorando (individualmente o in collaborazione), favorendo la pubblicazione dei risultati della ricerca su riviste scientifiche indicizzate e, compatibilmente con i meccanismi di protezione intellettuale promuove la collaborazione e la condivisione dei risultati con modalità di open science. La pubblicazione, o la



lettera di accettazione, di articoli scientifici, pertinenti all'argomento di tesi e riconducibili al dottorando, su atti di convegno, libri e riviste indicizzate Scopus e/o WOS consente ai dottorandi l'acquisizione di crediti formativi.

3. Monitoraggio e miglioramento delle attività

3.1 Commissione di Assicurazione della Qualità

Il Collegio dei Docenti del Corso di Dottorato di Ricerca individua una commissione di Assicurazione della Qualità (CAQ-DOT), costituita da due docenti, tra i quali il Collegio nomina un referente (*Referente Assicurazione Qualità del corso di dottorato*), e da un rappresentante degli studenti di dottorato di ciascun ciclo attivo. La commissione CAQ-DOT ha la responsabilità di tutte le attività di monitoraggio e di proposte di miglioramento del corso. La CAQ-DOT si occupa altresì di redigere il Rapporto Annuale di Autovalutazione, il Rapporto Ciclico di Riesame e la relazione di autovalutazione del dottorato da sottoporre all'approvazione del Collegio di Dottorato. Le attività svolte dai dottorandi e dai dottori di ricerca, tra cui quelle di ricerca e di terza missione, verranno monitorate attraverso indici numerici e compilazione di questionari. Il Collegio di Dottorato avrà inoltre il compito di monitorare annualmente l'allocazione e le modalità di utilizzazione dei fondi per le attività formative e di ricerca dei dottorandi.

3.2 Monitoraggio delle attività dei dottorandi e dei dottori di ricerca

Le attività svolte dai dottorandi e dai dottori di ricerca, tra cui quelle di ricerca e di terza missione, verranno monitorate attraverso indici numerici e compilazione di questionari.

Di seguito vengono elencate le azioni di monitoraggio previste:

- a) Rilevazione della percentuale di iscritti al primo anno di Dottorato che hanno conseguito il titolo di accesso in altro Ateneo;
- b) Rilevazione della percentuale di dottori di ricerca che hanno trascorso almeno tre mesi all'estero;
- c) Rilevazione della percentuale di borse di studio finanziate da Enti esterni;
- d) Rilevazione della percentuale di dottori 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, inclusi i mesi trascorsi all'estero;
- e) Rilevazione del rapporto tra il numero di prodotti della ricerca generati dai dottori di ricerca degli ultimi tre cicli conclusi e il numero di dottori di ricerca negli ultimi tre cicli conclusi;
- f) Rilevazione delle opinioni dei dottorandi alla fine del primo e del secondo anno di corso, da utilizzare nell'ambito della gestione dell'Assicurazione di Qualità. Il questionario adottato è quello Approvato con Delibera del Consiglio Direttivo ANVUR n. 64 del 21 marzo 2023.

I percorsi formativi e di ricerca dei dottorandi saranno riesaminati ed aggiornati periodicamente, per allinearli all'evoluzione culturale e scientifica delle aree scientifiche di riferimento del Dottorato, avvalendosi delle opinioni e delle proposte di miglioramento dei dottorandi e di quelle dei portatori di interesse, come descritto in dettaglio di seguito.

3.3 Consultazione dei portatori di interesse



**Università
degli Studi
di Palermo**

**Dottorato di Ricerca in
Scienze della Terra
e del Mare**



La consultazione dei portatori di interesse per il Dottorato in Scienze della Terra e del Mare sarà svolta ogni anno e sarà finalizzata all'aggiornamento ed all'adeguamento dei profili scientifici e professionali di alta formazione dei dottorandi, rispetto alle richieste del mondo del lavoro. I dottorandi coprono un largo spettro di professionalità nel campo delle scienze biologiche, geologiche e naturalistiche che hanno una forte impronta verso ricerca di base ed applicata con finalità ambientale, per esempio verso temi di sostenibilità o rischio ambientale. Le professionalità che vengono formate dal Corso di Dottorato sono figure che hanno competenze fortemente versatili ed innovative, richieste nel mercato del lavoro in ambito nazionale ed internazionale.

Quattro lauree magistrali sono incardinate all'interno del DiSTeM, Scienze della Natura LM-60, Biologia Marina LM-6, Analisi e Gestione Ambientale LM-75 e Georischi e Georisorse LM-74, che dispongono di un ampio paniere di portatori di interesse. Per il Dottorato in Scienze della Terra e del Mare verranno selezionati i portatori di interesse con carattere regionale/nazionale, come gli enti istituzionali o di ricerca, gli ordini professionali e le realtà produttive con numero di dipendenti, fatturato e bilancio da Piccola Medio Impresa. A questa lista di portatori di interesse si aggiungeranno multinazionali, tra cui l'ENI.

La consultazione e l'interazione con i portatori di interesse si svolgerà attraverso l'acquisizione e l'analisi dei risultati di schede di rilevamento dell'opinione dei portatori di interesse e/o tramite lo svolgimento di incontri nei quali si discuterà in merito all'organizzazione ed alla qualità delle attività formative e di ricerca dei dottorandi. Le attività di consultazione dei portatori di interesse potranno svolgersi con il coordinamento della Scuola di Dottorato dell'Università di Palermo. La sintesi di queste azioni sarà elaborata dal coordinatore e dalla CAQ-DOT e verrà elaborata e discusso in seno al Collegio dei Docenti. Infine, essendo la procedura di consultazione dei portatori di interesse un elemento di nuova istituzione, è presumibile che spunti e suggerimenti per la prassi da adottare verranno forniti in itinere dal dialogo con l'Unità Operativa di Ateneo e con i Collegi di altri Dottorati di Ricerca.