



Corso di dottorato di ricerca in Scienze della Terra e del Mare – XL ciclo

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

n.	Denominazione dell'insegnamento	Docente	Numero di ore e (CFU)	Breve descrizione <i>Brief description</i>	Anno e periodo di erogazione	Modalità di erogazione (presenza/online/ mista)	Lingua (ITA/ENG)
01	Analisi e interpretazione di dati chimico-fisici	Girolamo Casella	30 (6)	<p>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.</p> <p>Al termine del corso, è previsto un colloquio finale (cada studente) per la valutazione del grado di apprendimento degli argomenti trattati.</p> <p><u>ARGOMENTI</u></p> <p>Parte prima – Teoria ed esercitazioni (6 ore):</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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. Media, mediana, moda. <p>Parte seconda – Teoria ed esercitazioni (8 ore):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rigetto di dati e medie pesate - Metodo dei minimi quadrati - Covarianza e correlazione; analisi dei residui, bontà di adattamento <p>- Frequenza cumulata</p>	I anno Dal 09.01.2025 al 28.02.2025	Online	ENG



				<p>Parte terza – Teoria ed esercitazioni (16 ore):</p> <ul style="list-style-type: none">-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). <p>ENGLISH:</p> <p>Title: Analysis and Interpretation of Physical-Chemical Data</p> <p>The course provides the basics concerning the statistical tools to assess the goodness and the trend of a collection of physical-chemical data. The course has been set up into an introductory and theoretical part where fundamental principles of error theory and statistics will be discussed (parts I, and II). In the third part, some test cases of geological and/or biological interest, along with specific statistical techniques, will be discussed. At the end of the course, students will hold a test/oral exam evaluating their skills in dealing with the course's topics.</p> <p><u>Syllabus</u></p> <p>Part I – Error Analysis: (6 h)</p> <ul style="list-style-type: none">- Introduction to error meaning: reading errors for single and replicated measurements.- Error analysis: best value, discrepancy, absolute and relative errors.- Errors propagation.- Statistical analysis of random errors: average and standard deviation.- Gauss distribution.- Normalization of the Gaussian distribution. <p>Part II – Statistical analysis of data sets: (8 h)</p> <ul style="list-style-type: none">- Spurious data and weighted averages.			
--	--	--	--	--	--	--	--



				<ul style="list-style-type: none"> - Least squares regression. - Covariance and correlation. <p>Part III – (16 h)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Further distributions (binomial and Poisson distributions). - mean, mode, median. - Cumulative frequency and polymodal distributions. - Change-point analysis. - Elements of Principal Component Analysis (PCA). 			
02	Google Earth Engine: the new cloud-based platform for geospatial big data treatment	Alessandra Capolupo	15 (3)	<p>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.</p> <p>Di seguito, i principali argomenti trattati nel corso:</p> <p>Introduzione ai dati di osservazione della terra:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Approcci di acquisizione e caratteristiche dei dati associati; - Modelli dati raster e vettoriali; - Effetti atmosferici, correzioni e sue implicazioni; - Risoluzione e loro compromessi: spaziale, spettrale, temporale e radiometrico. <p>Introduzione alla piattaforma GEE:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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. <p>Fondamenti di GEE:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Capire e Manipolare un codice pre-compilato; - Sviluppo di funzioni personalizzate; - Sviluppo di un codice di analisi. <p>- 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.).</p> <p>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</p>	I anno	online	ENG
					Dal 01.04.2025 Al 31.05.2025		



				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	Antonino Maltese	15 (3)	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>Più in dettaglio, termografia: termografia del sistema suolo vegetazione, termografia dei corpi idrici.</p> <p>- interferometria: determinazione delle frange interferometriche e dei piccoli spostamenti del territorio (dovute a frane, subduzioni, terremoti).</p> <p>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.</p>	I anno Giugno – Luglio 2025	Mista	ENG
04	Tecnologie per l'esplorazione marina Marine Exploration Technologies	Marta Corradino	15 (3)	<p>“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.</p> <p>Obiettivi</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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; - Illustrare software specifici per visualizzare, elaborare, integrare ed interpretare dataset marini. <p>Risultati attesi di apprendimento</p> <p>Al termine del corso lo studente sarà in grado di:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Spiegare i concetti teorici di base sulle tecnologie utilizzate per l'esplorazione marina; 	I anno Dal 1 Aprile al 15 Luglio 2025	Mista	ENG



			<ul style="list-style-type: none">- Conoscere gli strumenti e le tecniche utilizzate nell'esplorazione marina e le loro applicazioni;- Utilizzare software per analizzare, integrare e interpretare dati marini. <p>Course Title: Marine Exploration Technologies Course Context: Marine exploration provides information on aspects of the marine environment (e.g. resources, geohazards, environmental management, ecosystem health) that have significant economic, social, and environmental implications. Several disciplines such as geology, ecology, volcanology, and geochemistry study the marine environment by using different techniques to characterize the seabed, the subfloor, the water column and fluids, the marine ecosystems.</p> <p>Course Content: Marine Exploration Technologies is an introductory course on technologies to explore the marine environment including the seabed, the subfloor and its fluids content, the marine floras and its habitats. The first part of the course will provide students with a broad introduction to techniques used by scientists in marine exploration, such as Acoustic Doppler Current Profiler, CTD, Magnetometer, Multibeam Sonar, Remotely Operated Vehicles, Sonar, Side-Scan Sonar, Submersible Collectors, High-Resolution Seismic. The second part of the course will focus on the applications of the main techniques in marine investigations to identify seafloor forms (e.g. submarine landslides, canyons, channels and fans, hydrothermal vents, seamounts, and volcanoes), collect water and sand samples, recognize and map the distribution of seagrass (e.g. Posidonia oceanica). The course includes laboratory exercises to visualise and interpret marine data and a field excursion in cooperation with a company leader in acquisition of marine data. No pre-requisites are required.</p> <p>Course Aims:</p> <ul style="list-style-type: none">• To provide the basic concepts of marine exploration.• To introduce state-of-the-art geophysical technologies to explore the seabed/subfloor, and sampling instruments.• To introduce commercial/open-source software for visualising, integrating and interpreting seafloor data sets. <p>Learning Outcomes:</p> <ul style="list-style-type: none">• By the end of the course the student will be able to:			
--	--	--	--	--	--	--



				<ul style="list-style-type: none"> explain the basic theoretical concepts behind the marine exploration technologies and strategies. recognize the state-of-the-art techniques and instruments used in marine exploration, and their applications in different scientific fields (e.g. geology, ecology) <p>use specific software to analyse, integrate and interpret a range of marine data types.</p>			
05	Approcci e metodi di valutazione ambientale e di ripristino degli habitat degradati C.I. (Modulo habitat marino-costieri e modulo habitat terrestri)	<p>Cristina Andolina (Modulo habitat marino-costieri)</p> <p>Alessandro Silvestre Gristina (Modulo habitat terrestri)</p>	30 (6)	<p>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.</p> <p>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</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 <p>I principali argomenti del modulo habitat terrestri riguarderanno:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 <p>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.</p> <p>The integrated course (coastal-marine habitats module, 15 h; terrestrial habitats module, 15 h) aims to introduce students to the theoretical and practical foundations of environmental quality assessment of coastal-marine and terrestrial habitats and their restoration. The integrated course includes field and laboratory exercises.</p> <p>The main topics of the coastal-marine habitats module will cover:</p> <ul style="list-style-type: none"> - European Directives protecting and assessing the environmental quality of the marine environment. WFD and MSFD 	I anno Aprile - Giugno 2025	mista	ENG



				<ul style="list-style-type: none"> - Definition of restoration of degraded habitats: objectives and global framework - Restoration techniques in the marine-coastal environment - Applications: how to set up a restoration project - Case studies <p>The main topics of the <i>terrestrial habitats module</i> will cover:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Introduction to the Sicilian Ecological Network - The Natura 2000 Network, endangered species and habitats of Community and regional interest - Conservation measures for terrestrial species and habitats - Applications: theories and techniques for monitoring terrestrial habitats and plant species - Case studies <p>The final examination consists of the submission of a project, to be presented to tutors and peers, on a chosen habitat/species assessment/restoration project.</p>			
06	Analisi statistica dei dati con R	Giovanna Cilluffo	30 (6)	<p>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.</p> <p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 <p>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.</p> <p>The aim of this course is the introduction of the student to the main techniques of investigation and statistical analysis of data. It is aimed at: distinguishing between</p>	I anno Dal 08.01.2025 al 28.02.2025	Presenza	ENG



				<p>various types of data, recognising their nature for their correct use, using main statistical summaries, studying relations among variables, making decisions with basic conditions of uncertainty.</p> <p>At the end of the course, students will have learnt the principles of the statistical scientific method and will be able to analyse the results of statistical surveys using the open-source statistical software R. Topics covered include</p> <ul style="list-style-type: none"> - Statistical terminology and introductory concepts - Classification of variables and their graphical representation - Indexes of location and variability - Asymmetry - Joint distribution of two variables - The X2 test - Random variables: Binomial, Poisson and Gaussian. - Hypothesis testing - Simple linear regression <p>At the end of the course, students are expected to produce a report using data from their research project. Applications will be carried out using the statistical language R.</p>			
07	<p>Modello geologico del sottosuolo: dalle geometrie affioranti a quelle profonde</p> <p><i>Geological model of the subsoil: from outcropping to deep geometries</i></p>	Maurizio Gasparo Morticelli	30 (6)	<p>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 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.</p> <p>Alcuni degli argomenti che saranno trattati sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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. 	I anno Dal 16.09.2025 al 30.09.2025	Presenza	ENG



				<p>Modalità d'esame: presentazione sintetica di un lavoro scientifico.</p> <p><i>The main field workflows for the reconstruction of the evolutionary geological model and the editing of a geological map will be described. The course also includes the application of basic methods for the building of 3D subsoil geological models through the integration of surface data, coming from the reading and processing of geological maps, with subsoil data coming from both well logs and balanced geological sections. Use of dedicated software for the construction of 3D surfaces and volumes.</i></p> <p><i>- Linear and point geometric elements in geological maps.</i></p> <p><i>- 3D content of geological maps.</i></p> <p><i>- Geological section as a basic tool for three-dimensional models.</i></p> <p><i>- Field activity: reading of the geological map in the field.</i></p> <p><i>Examination method: summary presentation of a scientific paper.</i></p>			
08	<p>Approccio alla caratterizzazione degli ambienti sedimentari marini. Confronti tra attuali e fossili C.I. (modulo I e modulo II)</p> <p><i>Characterization of marine sedimentary environments. comparison between present day and fossil ones. C.I. (module I and module II)</i></p>	<p>Simona Todaro (modulo I)</p> <p>Mauro Agate (modulo II)</p>	30 (6)	<p>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.</p> <p><i>The integrated course (module I, 15 hours; module II, 15 hours) aims to describe the main techniques for characterizing marine sedimentary environments. This approach is based on observation of sedimentary rocks, their constituents, and parameters indicative of their environment. The main physical and chemical water parameters will be described as how these influence sedimentation in neritic and pelagic environments. We will see how sedimentary rocks record climate changes which in several cases have led to mass extinctions of a global nature. Finally, past marine environments will be compared with present-day ones.</i></p>	I anno Settembre 2025	mista	ENG



09	<p>Introduzione ai modelli di nicchia ecologica /Introduction to ecological niche models</p>	<p>Maria del Mar Bosch Belmar</p>	<p>15 (3)</p>	<p>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. Nello specifico, 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.</p> <p>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.</p> <p><i>Ecological Niche Models (ENMs) represent a class of methodologies constructed upon fundamental ecological and biogeographical concepts pertaining to the relationship between species distributions (utilizing data on abundance, presence, or other biotic response variables delineating aspects of biodiversity) and the physical environment (comprising environmental and anthropic variables believed to influence species distribution). ENMs are frequently employed for: i) estimating which variables influence species distribution within their habitat; ii) assessing the probability of species presence in areas beyond our study scope based on the environmental features of these regions; iii) predicting changes in habitat suitability over time, contingent upon specific scenarios of environmental alteration; iv) serving as estimations of a species' fundamental or realized niche. Particularly, Species Distribution Models (SDMs), are quantitative and empirical models elucidating species-environment relationships. They are considered among the most potent and practical tools for prognosticating the current and future presence and distribution of species. SDMs are often instrumental in</i></p>	<p>I anno</p> <p>Settembre 2025</p>	<p>mista</p>	<p>ENG</p>
----	--	-----------------------------------	---------------	---	-------------------------------------	--------------	------------



				<p><i>managing problematic species (e.g., invasive) or those deemed vulnerable or endangered.</i></p> <p><i>The course offers a comprehensive, both theoretical and practical, initiation to SDMs, employing some of the principal algorithms presently utilized in ecological investigations. Upon completion of the course, students will be organized into groups, with each tasked with analyzing a case study (which may align with their own research projects). The case study should encompass all primary stages of the scientific process, including hypothesis formulation, sampling design, variable selection, model analysis, and validation. Subsequently, the findings are to be presented to their peers.</i></p>			
10	Introduzione alle tecniche di modellizzazione termodinamica di sistemi geopetrologici e geochimici: teoria ed applicazioni	Marcello Merli	15 (3)	<p><i>Il corso prevede un'introduzione alle tecniche computazionali di modellizzazione termodinamica di sistemi geopetrologici e geochimici.</i></p> <p><i>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.</i></p> <p>ARGOMENTI</p> <p><i>Parte prima (5 ore) – Richiami di termodinamica e di semplici concetti quantomeccanici.</i></p> <p><i>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).</i></p> <p><i>Parte terza – esempi pratici (5 ore):</i></p> <p><i>Calcolo di equazioni di stato, modellizzazione di reazioni mineralogiche di interesse geopetrologico, modellizzazione di frazionamenti isotopici.</i></p> <p><i>The course includes an introduction to the computational techniques of thermodynamic modelling of geopetrological and geo-chemical systems. The structure of the course consists of a first general introduction to thermodynamics necessary for this type of modelling, a second part which illustrates some computational techniques, or some dedicated programs of great diffusion, and a third part made of practical examples to the computer.</i></p> <p>ARGUMENTS</p>	I anno Giugno-luglio 2025	mista	ENG



				<p><i>Part 1 (5 hours) - Thermodynamics and simple quantum mechanical concepts:</i></p> <p><i>Part 2 (5 hours) - An overview of some quantum mechanical mineral modelling software (such as CRYSTAL, GULP, CP2K) and thermodynamic modelling of geotological interest systems (such as Burnman)</i></p> <p><i>Part 3 - practical examples (5 hours): Calculation of equations of state, modelling of mineralogical reactions of geo-petrological interest, modelling of isotopic fractionations.</i></p>			
11	<p>Corso introduttivo alla sismotettonica</p> <p>Introduction to seismotectonics</p>	Mimmo Palano	15 (3)	<p>Cenni introduttivi alla sismotettonica e sismogenesi. Sismotettonica quantitativa. Ciclo sismico, teoria del rimbalzo elastico, modelli di terremoto "time-predictable" e slip-predictable". Sciame 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).</p> <p>Modalità d'esame: breve lavoro scientifico relativo all'assetto tettonico di una area studio.</p> <p>Introduction to seismotectonics and seismogenesis. Quantitative seismotectonics. Seismic cycle, elastic rebound theory, time-predictable and slip-predictable earthquake models. Seismic swarms and sequences. Size of an earthquake. Analytical modeling of faults from seismological and geodetic data. Statistical seismology. Gutenberg-Richter law. Maximum magnitude. Analysis of seismic and geodetic deformation for the estimation of the seismogenic potential. Focal mechanisms and stress tensor inversion.</p>	I anno Febbraio – Marzo 2025	Mista	ENG



				<p>Coulomb stress and seismicity triggering. Notes on induced seismicity. Notes on the Italian seismotectonic zonation and the main individual seismogenic structures.</p> <p>Exercises on seismological and geodetic data (e.g. historical and instrumental seismicity, focal mechanisms, stress tensor, modeling of faults from geodetic and seismological data).</p> <p>Final examination: Short manuscript focusing on the seismotectonic setting of a case study.</p>			
12	Telerilevamento Satellitare	Gaetana Ganci	15 (3)	<p>Cenni storici, concetti di base, componenti fondamentali di un sistema di telerilevamento.</p> <p>Principi fisici del telerilevamento: spettro elettromagnetico, le finestre atmosferiche, leggi di Planck, Wien e Stefan Boltzmann</p> <p>Sensori satellitari: Principali caratteristiche dei sensori e delle piattaforme satellitari, Sensori attivi e passivi, Principali missioni di Earth Observation</p> <p>Le immagini satellitari:</p> <p>Acquisizione di un'immagine, Calibrazione, Correzioni geometriche, Correzione atmosferica, Firme spettrali</p> <p>Principali archivi:</p> <p>EarthData, Glovis, Portale Copernicus, ESA</p> <p>Principali tecniche di Machine Learning applicate all'analisi di immagini satellitari.</p> <p>Esempi di assimilazione di dati satellitari ai modelli numerici in fluidodinamica.</p> <p>Verifica finale: Presentazione di un elaborato anche inerente al proprio progetto di ricerca.</p> <p>The course aims to provide theoretical knowledge and basic operational skills related to satellite remote sensing, sensors on board satellites and the processing of images acquired by these sensors. Various applications and machine learning techniques for processing these data will also be introduced.</p> <p>Main topics include: - Historical background, basic concepts, fundamental components of a remote sensing system. - Physical principles of remote sensing: electromagnetic spectrum, atmospheric windows, Planck, Wien and Stefan Boltzmann laws</p> <p>- Satellite sensors: Main characteristics of satellite sensors and platforms, Active and passive sensors, Main Earth Observation missions - Satellite images: Image acquisition, Calibration, Geometric corrections, Atmospheric correction, Spectral signatures - Main archives: EarthData, Glovis, Copernicus Portal, ESA - Main Machine Learning techniques applied to satellite image analysis. - Examples</p>	I anno Febbraio – Marzo 2025	online	ENG



				of assimilation of satellite data to numerical models in fluid dynamics. Final examination: Presentation of a paper, also related to one's own research project			
13	Sensori open-source per monitorare l'ambiente. <i>Open-source sensors for sensing environment</i>	Francesco Paolo Mancuso	15 (3)	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Il corso prevede:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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). <p><i>In an era where digital connectivity, smart cities, the Internet of Things (IoT), and artificial intelligence lay the groundwork for the sustainable development of urban environments, the application of innovative digital technologies to the environmental sector (especially in the marine environment) is a fundamental prerequisite for effective modern management. Arduino is a user-friendly open-source hardware and software platform with endless possibilities. In this course, students will learn to use this technology for acquiring environmental variables and physiological responses in the marine environment, gaining an understanding of its potential applications in research. Throughout the course, students will receive an introduction to Arduino, be guided through a series of wiring diagrams, and work on building a datalogger for collecting environmental and physiological data. Additionally, basics for sending acquired data to a web database (e.g., MySQL database) will be provided, along with scripts for reading and visualizing this data using R software. The course includes:</i></p> <p><i>- Introduction to Arduino and potential applications (2 hours)</i></p>	Il anno	Mista	ENG
					Dal 10.01.2026 al 26.01.2026		



				<ul style="list-style-type: none"> - Use of sensors to acquire environmental variables and physiological responses in the marine environment (4 hours) - Construction of dataloggers for data acquisition (3 hours) - Remote data transmission, web databases (2 hours) - Reading and visualizing data using open-source R software (4 hours). 			
14	<p>Metodologie Statistiche nel Controllo Ambientale C.I. (modulo I e modulo II)</p> <p><i>Statistical Methodologies in Environmental Control C.I. (Module I and Module II)</i></p>	<p>Daniela Piazzese (modulo I)</p> <p>Marcella Barbera (modulo II)</p>	30 (6)	<p>Il corso 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: (</p> <ul style="list-style-type: none"> - concetti di base delle tecniche chemiometriche - analisi delle componenti principali - analisi e modelli di classificazione - analisi di regressione multivariata <p><i>The course aims to provide knowledge of the main statistical methodologies and procedural protocols that regulate the treatment of scientific data in environmental monitoring.)</i></p> <p><i>The following topics concerning the main statistical techniques for environmental monitoring will be studied, also through practical applications:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>basic concepts of chemometric techniques</i> - <i>principal component analysis</i> - <i>classification and class modelling</i> - <i>multivariate regression analysis</i> <p>Modalità di esame: discussione di un caso studio, anche con il supporto di presentazione in powerpoint</p> <p><i>Examination Procedure: discussion of a case study, supported by PowerPoint presentation</i></p>	<p>Il anno</p> <p>Giugno – Settembre 2026</p> <p><i>Second Year</i></p> <p><i>June – September 2026</i></p>	Mista	ENG
15	<p>Analisi GIS per la previsione spaziale di forme del rilievo</p>	<p>Chiara Martinello</p>	15 (3)	<p>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.</p> <p>Gli argomenti trattati includono:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tecnologia e banche dati GIS; principali software GIS - Principali operazioni su dati vector e grid 	<p>Il anno</p> <p>Giugno 2026</p>	Mista	ENG



				<p>- 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 applicazioni pratiche utilizzando software open source. Al termine del corso, gli studenti presenteranno le attività svolte.</p> <p>The course aims to introduce the main GIS analysis techniques, starting from digital elevation models (DEM), the topographic and hydrological variables derived from the DEM and the statistical methods used for the spatial prediction of landscape shapes. The objective is to allow the student to use these techniques critically in the production of research papers.</p> <p>Topics covered include:</p> <ul style="list-style-type: none"> - GIS technology and databases; main GIS software - Main operations on vector and grid data - DEM and Soil Analysis - Analysis of surface hydrology starting from DEM - Statistical modeling of natural phenomena and spatial prediction of landscape forms. <p>During the course, practical applications will be carried out using open source software. At the end of the course, students will present the activities carried out.</p>			
16	<p>Metodi di Ecologia Numerica con R C.I. (modulo I e modulo II)</p> <p>Methods of Numerical Ecology with R I.C. (module I and module II)</p>	<p>Antonio Calò (modulo I)</p> <p>Federico Quattrocchi (modulo II)</p>	30 (6)	<p>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.</p> <p>Alcuni degli argomenti che saranno trattati sono:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Basi del linguaggio R - Richiami di disegno sperimentale 	<p>Il anno</p> <p>Febbraio 2026</p> <p>Il year</p> <p>February 2026</p>	mista	ENG



			<ul style="list-style-type: none">- 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 <p>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.</p> <p><i>The integrated course (Module I, 15 hours; Module II, 15 hours) aims to provide an introduction to Numerical Ecology through practical exercises conducted using the statistical language R. A range of statistical and numerical techniques in ecology will be presented to help both understand the available analysis methods and learn how to choose and apply them to achieve specific research objectives. The course will be developed in two phases: an initial phase introducing the R language and the main basic techniques of statistical analysis in ecology; and a second phase in which specific problems preparatory to the PhD program will be examined and developed.</i></p> <p><i>Some of the topics that will be covered are:</i></p> <ul style="list-style-type: none">- Basics of the R language- Review of experimental design- Data extraction- Cleaning, preparing a dataset, and handling missing data- Data exploration and visualization- Ordination and dimensional simplification techniques- Specific approaches preparatory to the doctoral program <p><i>At the end of the course, students are expected to provide a short report presenting a case study (potentially using data collected during their doctoral program) in which they have applied the methodological knowledge acquired.</i></p>			
--	--	--	--	--	--	--