



## CALL FOR PHD POSITIONS – 35 cycle PHD PROGRAMME IN EARTH SCIENCES

<b>PhD Programme Coordinator</b>	Prof. Anna Maria Ferrero
<b>Department</b>	Earth Science
<b>PhD Programme Length</b>	3 years
<b>PhD web site</b>	<a href="http://www.dst.unito.it/do/home.pl/View?doc=page_web/info_dottorato.html">http://www.dst.unito.it/do/home.pl/View?doc=page_web/info_dottorato.html</a>
<b>Course start date</b>	1 <sup>st</sup> November 2019
<b>Departments involved in PhD programme</b>	Department of Earth Science

Positions offered <sup>1</sup>	
n. 6 positions with scholarship, of which n. 1 reserved to candidates with international qualifications	of which: - 6 scholarships funded by the University
n. 2 positions without financial support	

### *Titles of Research Projects / Research Fields*

The list of research projects is available at the end of this PhD Programme's annex. This list may be updated until Call's deadline.

### *Calendar of entrance examinations*

The calendar with information on dates and venues of entrance examinations shall be published on the websites: <http://www.unito.it/ricerca/fare-ricerca-unito/dottorati-di-ricerca> and <http://en.unito.it/research/phd/phd-programmes> starting from **9<sup>th</sup> April 2019**.

### *Useful information for applicants*

**Application fee: €50.00 for each application submitted.** Candidates with international qualifications are exempted from paying the application fee.

**Application fee deadline: 16<sup>th</sup> April 2019 (mandatory deadline)** Candidates who do not pay the application fee within the deadline will be excluded from the competition.

<sup>1</sup> All additional scholarships and apprenticeship contracts (Legislative Decree no. 81/2015 art.4), which may become available after the publication of this Call, will be announced on the University websites <http://www.unito.it/ricerca/fare-ricerca-unito/dottorati-di-ricerca> e <http://en.unito.it/research/phd/phd-programmes> until Call's deadline.



<b>CALL FOR PHD POSITIONS</b>	
<b>Admission procedure</b>	
Assessment of qualifications, research project and interview	
<b>Qualifications to be uploaded on the on-line application</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Application form (duly signed and including identification document/passport)</li> <li>• For applicants with international qualifications: submit on-line documentation as specified in Art. 4 of this Call;</li> <li>• For applicants under condition: provision of Bachelor's degree grade, certificate or self-certification with a complete list of academic transcripts concerning the 1<sup>st</sup> cycle degree (Laurea Triennale) and 2<sup>nd</sup> cycle degree (Laurea Magistrale) with marks, weighted average and credits. For applicants applying under condition, please also check Art. 5 of the Call.</li> <li>• Research Project (max 2500 words, bibliography included) written in English by the candidate choosing a title among those listed by the Doctorate</li> <li>• Publications (max. 3)</li> </ul>	
<b>Assessment criteria</b>	<b>Maximum score 100 points</b>
<b>Assessment of qualifications:</b>	Maximum score 40 points
Final grade of Laurea/2 <sup>nd</sup> cycle degree ( <i>or list of examinations taken during the Laurea Triennale/1<sup>st</sup> cycle degree and Magistrale/2<sup>nd</sup> cycle degree for candidates applying under condition</i> ): 110L: 15 points 110: 13 points From 100 to 109: up to 11 points < to 99: 0 points  Candidates with international qualifications will be judged on the basis of their <i>curriculum vitae et studiorum</i> , not only upon the final grade.	Maximum score 15 points
Publications  Maximum 2 point for each publication  (max 3 publications already published will be assessed)	Maximum score 4 points
Other qualifications:  Second/additional Master degree: 4 points	Maximum score 4 points



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

Italian Specializing Master Degree 1 <sup>st</sup> or 2 <sup>nd</sup> level (or equivalent foreign degree) if relevant: 3 points Any other pertinent specializing courses: 1 point Scholarship : max 2 points Prices: max 2 points	
Research Project (max 4000 words) written in English by the candidate choosing a title among those listed by the Doctorate	Maximum score 17 points
<i>Minimum threshold for admission to the interview</i>	<i>20 points</i>
<b>Oral interview</b>	<b>Maximum score: 60 points</b>
<i>Minimum threshold for passing the interview</i>	<i>40 points</i>
<p><b>Further information on examinations:</b> Knowledge of the Italian or English language is compulsory.</p> <p>Applicants may, on request and upon authorisation of the Board, take the examinations in English or French.</p> <p>The <b>research project</b> (written in English choosing a title among those offered by the PhD Programme and uploaded on the application procedure on line) must consist of max 2500 words, bibliography included, beside any image and data table and will be discussed during the interview. The candidate should analyse the following points:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a) state of art on interested topic;</li><li>b) targets of the project;</li><li>c) research plan over the 3 years</li></ul> <p>The Examining Board will evaluate the scientific dimension of the project, its feasibility related to the length of the PhD, target setting and scientific impact of outcomes.</p> <p>During the <b>interview</b>, the research project will be discussed.</p> <p>The interview on request of the candidate and duly authorised by the examining board, may be taken via Skype (art. 8 of the Call).</p>	



<p style="text-align: center;"><b>Titoli progetti di ricerca</b>  <b>Dottorato di Ricerca in SCIENZE DELLA TERRA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Titles of research projects</b>  <b>PhD Programme in EARTH SCIENCE</b></p>			
	Title	Tutor/supervisor	Co-tutor/ co-supervisor
1	POTENTIAL IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON GROUNDWATER AND ITS SUSTAINABLE MANAGEMENT	Domenico Antonio de Luca	Manuela Lasagna
2	GROUNDWATER PROTECTION AND MANAGEMENT	Antonio De Luca	Manuela Lasagna
3	ASBESTOS IN GROUNDWATER IN PIEDMONT (NW ITALY): SOURCES, CONCENTRATIONS, MOBILITY AND MINERALOGY	Domenico De Luca	Elena Belluso, Man Silvana Capella
4	STUDY OF CHARACTERISTICS OF RESPIRABLE CRYSTALLINE AND AMORPHOUS SILICA INTERACTING WITH BIOLOGICAL MATTER.	Elena Belluso	Francesco Turci, Dip. di Chimica
5	CLIMATE CHANGE, AIR POLLUTION AND HUMAN HEALTH	Simona Fratianni	Tiziana Schilirò
6	CLIMATE - PERMAFROST INTERACTION EFFECTS ON HIGH ALTITUDE ALPINE AREAS	Simona Fratianni	Cristian Scapozza (SUPSI Svizzera), Umberto Morra di Cella (Arpa VdA)
7	STRATIGRAPHIC, STRUCTURAL AND METAMORPHIC CHARACTERIZATION OF TECTONIC UNITS IN OROGENETIC CONTEXTS.	Gattiglio Marco	Mosca Pietro (CNR, Istituto di Geoscienze e Georisorse), Borghi Alessandro
8	MICRO TO MACRO SCALE EFFECTS OF LONG-TERM CREEP BEHAVIOUR OF SALTS	Dr. Sabrina Bonetto	Anna Ramon (UPC, Università Politecnica Catalonia)
9	THE FLOODING OF THE MEDITERRANEAN AT THE END OF THE MESSINIAN SALINITY CRISIS: FACT OR FICTION?	Francesco Dela Pierre	Rocco Gennari, Francesca Lozar, Marcello Natalicchio
10	ALONG-STRIKE VARIATIONS OF METAMORPHIC CO <sub>2</sub> OUTPUTS FROM THE NEPAL HIMALAYAS: COMPARISON BETWEEN PAST PRODUCTION AND PRESENT EMISSIONS	Chiara Groppo	Franco Rolfo, Frédéric Girault
11	GEOCHEMICAL AND MINERALOGICAL CHARACTERIZATION OF GEOLOGICAL AND	Alessandro Pavese	Linda Pastero, Enrico



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

	ENVIRONMENTAL MATERIALS		Destefanis, Caterina Caviglia
12	SUSTAINABILITY OF EMISSION OF AN ENERGY FROM WASTE PLANT: FROM CO2 EMISSIONS TO BOTTOM AND FLY ASHES, TOWARDS THEIR REDUCTION AND/OR VALORIZATION	Alessandro Pavese	
13	SLOW SLIP PRECEDING EARTHQUAKES. WHERE TO EXPECT IT AND HOW LARGE IS IT?	Sergio Vinciguerra	Stefan Nielsen (University of Durham)
14	THERMALLY INDUCED DEFORMATION IN POTENTIAL HAZARDOUS ROCKFALLS	Cesare Comina	Sergio Vinciguerra Stefan Nielsen (University of Durham)
15	FLUID-TRIGGERED INSTABILITY AND SLIP RELATED TO VOLCANIC EDIFICE COLLAPSE	Sergio Vinciguerra	Philip Benson (University of Portsmouth)
16	DEVELOPMENT OF A SEISMO-ELECTRIC LAND STREAMER FOR RIVERBANKS INVESTIGATION.	Cesare Comina	Alessandro Arato (S.r.l.);
17	MARINE FISH ASSEMBLAGES IN THE CRETACEOUS KONSERVAT-LAGERSTÄTTEN OF CENTRAL AND NORTH-EASTERN ITALY – PALEOBIODIVERSITY, AND STRATIGRAPHIC AND PALEOENVIRONMENTAL FEATURES	Giorgio CARNEVALE	Luca GIUSBERTI (Università di Padova)
18	KINEMATICS AND P-T-D-T EVOLUTION OF SHEAR ZONES IN COLLISIONAL FRAMEWORKS.	Rodolfo Carosi	Chiara Montomoli; Salvatore Iaccarino
19	INFLUENCE OF GLOBAL CHANGES ON HIGH ELEVATION LANDSLIDE	Giuseppe Mandrone	
20	EVALUATING THE FACTORS GOVERNING THE EMPLACEMENT DYNAMICS OF THE YOUNGEST OBSIDIAN FLOWS IN THE MAIN ETHIOPIAN RIFT BY FIELD STUDIES AND SATELLITE SPECTRAL ANALYSIS.	Daniele Giordano;	Rapprich; Tsegaye Abebe
21	THE ROLE OF TOPOGRAPHY AND PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES IN THE EMPLACEMENT DYNAMICS OF LAVA FLOWS ON THE ISLAND OF TENERIFE (CANARIES, SPAIN): IMPLICATIONS ON THE VOLCANIC HAZARD.	Daniele Giordano	Claudia Principe

## DESCRIPTION OF RESEARCH PROJECT



## **TITOLO 1: POTENZIALI IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE RISORSE IDRICHE E LORO GESTIONE SOSTENIBILE / Potential impact of climate change on groundwater and its sustainable management**

Tutore/ *Tutor*: Domenico Antonio de Luca

Co-tutore/ *Co-Tutor*: Manuela Lasagna

### *Riassunto*

La ricerca avrà come oggetto gli impatti dello stress climatico sulle risorse idriche e, in particolare, sulle acque sotterranee. Fornirà una panoramica delle attuali conoscenze, dei possibili impatti e delle relative sfide tecniche e gestionali provocate dallo stress climatico.

Inoltre, fornirà una rassegna delle possibili alternative per lo sviluppo e la salvaguardia delle risorse idriche sotterranee e dei benefici umani derivanti da esse.

Infatti, a causa della complessità del legame tra stress climatico e acque sotterranee, è necessario adattare la gestione delle acque sotterranee e considerare la resilienza dei più grandi acquiferi come un buffer per lo stress e il cambiamento climatico. Quindi, anche se ci sono ancora incertezze sui cambiamenti climatici immediati e a lungo termine, devono essere sviluppate misure, strumenti e strategie per attenuare l'impatto sulle acque sotterranee ed adeguarsi ai cambiamenti in atto.

### *Abstract*

The research deals with the impacts of climate stress on water resources, and particularly groundwater.

It will provide an overview of the current insights and knowledge on possible impacts and associated technical and management challenges due to climate stress.

Furthermore, it will give an overview of best options for developing and safeguarding groundwater resources and the human benefits derived from them.

Due to the complexity of the linkage between climate stress and groundwater, it is necessary to adapt groundwater management accordingly and to consider the particular resilience of most larger aquifers as a buffer for climate stress and change.

However, the capacity to encounter and anticipate the effects are generally inadequate.

Therefore, even if there are still uncertainties of the immediate and long-term climate changes, measures, tools and strategies have to be developed in order to mitigate the impact and adapt to the changes that are taking place.

---

*Le spese di funzionamento del presente progetto di Dottorato saranno finanziate nell'ambito dei fondi di De Luca*



## **TITOLO 2: LA PROTEZIONE DELLE RISORSE IDRICHE SOTTERRANEE / Groundwater protection and management**

Tutore/ *Tutor*: Domenico Antonio De Luca

Co-tutore/ *Co-Tutor*: Manuela Lasagna

### *Riassunto*

Le acque sotterranee costituiscono circa il 95% dell'acqua dolce liquida sui continenti e risultano pertanto fondamentali per la vita umana, lo sviluppo economico e l'ambiente.

Le acque immagazzinate nel sottosuolo presentano vantaggi largamente riconosciuti, in quanto sfruttabili a lungo termine e con profitto, fattori che ne fanno una fonte preferenziale per l'approvvigionamento idrico ed il soddisfacimento dei bisogni di varie categorie di fruitori. Tali vantaggi sono legati alla quantità ed alla qualità dell'acqua, come pure alle condizioni operative e di sfruttamento.

La ricerca avrà come oggetto i problemi di più vasta portata in termini della sostenibilità di risorse di acqua dolce sotterranea quali quelli legate all'aumento dei prelievi antropici, ai cambiamenti climatici e al degrado qualitativo.

In particolare la ricerca vuole affrontare alcune delle metodiche e delle problematiche riguardanti il controllo e la protezione dal degrado qualitativo e quantitativo di questa risorsa, quali:

- La conoscenza dell'assetto idrogeologico del sottosuolo
- Il monitoraggio: qualitativo e quantitativo
- La prevenzione dal sovrasfruttamento
- La prevenzione della messa in comunicazione tra falda superficiale e profonda
- La prevenzione della contaminazione della falda superficiale
- La protezione delle aree di ricarica degli acquiferi profondi
- Lo studio degli effetti del cambiamento climatico
- Lo studio della vulnerabilità degli acquiferi.

### *Abstract*

Groundwater represents about 95% of fresh water on the continents and it is fundamental for life, economical progress and environment. Groundwater in the aquifers shows advantages largely recognized, because it can be used profitably for long time, and shows good qualitative and quantitative features.

This research will analyze the most important problems connected to groundwater sustainability, such as the increasing withdrawal for anthropic uses, the climate changes and its consequences on groundwater and the qualitative deterioration.

More specifically the study aims to investigate some methods and problems concerning the control and protection from qualitative and quantitative degradation, e.g.:

- the knowledge of the hydrogeological setting
- the qualitative and quantitative monitoring
- the prevention of overexploitation
- the groundwater protection from the mixing between surface and deep aquifers
- the preservation of qualitative features of surface aquifers
- the protection of recharge areas of deep aquifers
- *the study of effects of climate change*
- *the aquifer vulnerability*

*Le spese di funzionamento del presente progetto di Dottorato saranno finanziate nell'ambito dei fondi di ricerca di De Luca*



**TITOLO 3:** Amianto nelle acque sotterranee in Piemonte: sorgenti, concentrazioni, mobilità e mineralogia / Asbestos in groundwater in Piedmont (NW Italy): sources, concentrations, mobility and mineralogy

Tutore: De Luca; Belluso - Co-Tutori: Lasagna; Capella

## *Sommario*

È ormai noto che la respirazione (almeno ad alte dosi) delle fibre di amianto e di alcuni minerali asbestiformi (per esempio, erionite e winchite asbestiformi) causa patologie quali l'asbestosi, il carcinoma polmonare e il mesotelioma. Infatti l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) ha posizionato i vari tipi di amianto e l'erionite asbestiforme in classe 1 (cancerogeni accertati). L'ipotesi che l'amianto sia cancerogeno anche a livello dell'apparato digerente si è sviluppata all'inizio degli anni '70 con i primi tentativi di individuare il rischio legato all'ingestione di fibre veicolate da cibi, bevande, farmaci e soprattutto acqua potabile. Nonostante alcune ricerche abbiano indicato un'associazione positiva tra assunzione di acqua contaminata e insorgenza tumorale, non vi sono riferimenti internazionali che rilevinano in maniera univoca prove della pericolosità per l'uomo dell'ingestione di acqua contenente fibre di amianto. Dato però che il consumo quotidiano di acqua potabile coinvolge la popolazione generale, molti studiosi ritengono che la questione meriti ulteriori approfondimenti.

Gli episodi di inquinamento da amianto delle acque sono associati a tre principali fonti di contaminazione: a) origine naturale legata alla presenza di acque sotterranee e superficiali che scorrono in bacini costituiti da formazioni geologiche contenenti litologie con amianto; b) origine industriale, prodotta dallo scarico in laghi e fiumi di acque di lavaggio o rifiuti di scarto provenienti da industrie impiegate nel "settore amianto" o nei pressi di cave ed attività estrattive; c) presenza di tubazioni in cemento-amianto negli acquedotti.

Il presente dottorato di ricerca si focalizza essenzialmente sulla presenza, da sorgenti naturali, di fibre di amianto e di minerali asbestiformi nelle acque sotterranee, legata allo scorrimento delle acque in rocce serpentinee e pietre verdi l.s..

La ricerca si baserà in una prima fase sulla identificazione delle principali aree a livello regionale caratterizzate dalla presenza di corpi rocciosi costituiti da rocce contenenti amianti e minerali asbestiformi e sulla ricerca di dati pregressi sulla presenza di amianto nelle acque sotterranee. Verranno quindi scelte delle aree campione su cui procedere con le indagini di terreno.

Si procederà poi con campagne di campionamento di rocce e terreni, delle acque sotterranee e superficiali, con la caratterizzazione dei vari campioni e con la identificazione e quantificazione delle fibre di amianto e di minerali asbestiformi contenuti utilizzando SEM-EDS e, per alcuni campioni specifici, TEM-EDS.

Infine verrà valutata la mobilità delle fibre di amianto nelle acque sotterranee mediante sperimentazioni in laboratorio. La mobilità dell'amianto nelle acque sotterranee è stata, infatti, solo recentemente riconosciuta e non sufficientemente compresa.

L'obiettivo finale dello studio sarà quello di comprendere come la presenza e il movimento di fibre di amianto e di minerali asbestiformi negli acquiferi sono condizionati dalle caratteristiche geolitologiche e idrogeologiche e se le concentrazioni di amianto e di minerali asbestiformi naturalmente presenti nelle acque sotterranee possano costituire un rischio per la salute dell'uomo.

## *Abstract*

It is known that breathing (at least at high doses) of asbestos fibers and some asbestiform minerals (e.g., asbestiform erionite and asbestiform winchite) causes diseases such as asbestosis, lung carcinoma and mesothelioma. In fact, the International Agency for Research on Cancer (IARC) has classified asbestos (and asbestiform erionite) as class 1 carcinogens. The hypothesis



that asbestos could have carcinogenic effects even at the level of the digestive system developed at the beginning of the '70s, with the first attempts to identify the risk associated with the ingestion of fibers conveyed by food, drink, drugs and above all drinking water. Although some research has reported a positive association between the intake of contaminated water and tumor, there are no international references that unequivocally show evidence of the danger to human health due to the ingestion of water contacting asbestos. However, many researchers believe that the question deserves further investigation, as the daily consumption of drinking water involves the general population.

Asbestos water pollution is associated with three main sources: a) natural origin linked to the presence of groundwater and surface waters that flow into basins consisting of geological formations containing asbestos; b) industrial origin, produced by the discharge into surface water of waste water or waste from industries, or near quarries and mining activities; c) presence of cement-asbestos pipes in the aqueducts.

The present PhD mainly focuses on the presence, from natural sources, of asbestos fibers and asbestiform minerals in groundwater, linked to the flow of water into serpentine rocks and green stones l.s. The research will consist of an initial phase of identification of the main areas at the regional level characterized by the presence of rocks containing asbestos and asbestiform minerals. Moreover, a search for previous data on the presence of asbestos (and asbestiform minerals) in groundwater will be conducted. Therefore, sample areas will be chosen for land surveys. Sampling campaigns of rocks, soils, groundwater and surface water, their chemical characterization, identification and quantification of asbestos fibers and asbestiform minerals by SEM-EDS (for some specific samples by TEM-EDS) will be performed. Finally, the mobility of asbestos fibers in groundwater will be evaluated through laboratory experiments. Asbestos mobility in groundwater has, in fact, only recently been recognized and not sufficiently understood. The aim of the study will be to understand how the presence and movement of asbestos fibers and asbestiform minerals in aquifers are conditioned by geolithological and hydrogeological characteristics and if the concentrations of asbestos and naturally occurring asbestos minerals naturally present in groundwater can constitute a risk to human health.

*Le spese di funzionamento del presente progetto di Dottorato saranno finanziate nell'ambito dei fondi De Luca e Belluso.*

**TITOLO 4:** Studio delle caratteristiche di particelle respirabili di silice libera cristallina e amorfa interagenti con materiale biologico. / *Study of characteristics of respirable crystalline and amorphous silica interacting with biological matter.*

Tutore: Elena Belluso<sup>1</sup> - Co-Tutore: Francesco Turci<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Centro Interdip. per lo Studio degli Amianti e di altri Particolati Nocivi; <sup>2</sup> Dip. di Chimica

## *Sommario*

Per comprendere le interazioni tra particelle minerali e organismi viventi e i possibili effetti sulla salute è necessario conoscere le caratteristiche dei minerali e capire le trasformazioni che questi subiscono dopo la deposizione nell'organismo. Tra le varie polveri minerali respirabili, quelle costituite da silice rappresentano un promettente punto di partenza per il suddetto studio. La silice può essere sia cristallina (es. quarzo) sia amorfa. La prima è di maggiore interesse dal punto di vista medico in quanto responsabile di gravi malattie polmonari, incluso il cancro anche nel caso della produzione di prodotti compositi in cui è presente, quali le pietre artificiali. Studi recenti hanno correlato caratteristiche di superficie della silice con citotossicità, internalizzazione cellulare



## UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

e biocompatibilità, che sono a loro volta il risultato di una complessa catena di eventi che si svolgono all'interno di una cellula. A causa della complessità intrinseca dei fenomeni coinvolti, spesso viene elusa la questione centrale: quali caratteristiche di superficie controllano l'interazione tra un minerale e una cellula? L'idea alla base di questo progetto è individuare dei modelli per il minerale, utilizzando diversi campioni di silice messi a contatto di differenti tipi di cellule polmonari. Saranno recuperati o sintetizzati campioni di polimorfi di silice cristallina e silice amorfa (es. opale, silice pirogenica o precipitata). I campioni naturali (ridotti a dimensioni respirabili) e i campioni di sintesi saranno sottoposti a caratterizzazione mineralogica tramite microscopia elettronica in trasmissione e scansione (TEM, SEM) e analisi chimica (EDS, WDS e XPS). Saranno valutate, inoltre, alcune caratteristiche di superficie importanti per l'interazione con le cellule (in collaborazione con il Dip. Chimica). Le particelle ottenute saranno incubate in colture cellulari macrofagiche ed epiteliali (Dip. di Scienze Cliniche e Molecolari dell'Università Politecnica delle Marche) Al termine dell'incubazione, le particelle saranno nuovamente sottoposte a caratterizzazione mineralogica mediante le medesime tecniche per valutare eventuali trasformazioni chimico-fisiche.

La caratterizzazione delle particelle di silice cristallina recuperate da polmoni di soggetti che sono stati professionalmente esposti (indagini ex-vivo) permetterà di verificare quale dei modelli creati rappresenti meglio le trasformazioni che avvengono in vivo.

Tramite le caratterizzazioni delle particelle di silice prima e dopo l'incubazione con le cellule e di quelle prelevate da tessuto polmonare, il progetto si prefigge di fornire le conoscenze sulle possibili variazioni chimico-fisico-morfologiche che esse subiscono a contatto con l'ambiente polmonare. I dati ottenuti saranno utili per la comprensione dei meccanismi di tossicità o biocompatibilità di polveri respirabili.

### *Abstract*

To understand the interactions between mineral particles and living organisms and the possible effects on the human health, we need to investigate both the mineral characteristics and the transformations they undergo after deposition within the organism. Among various mineral powders, respirable silica can represent a good model for the study of the interaction between minerals and living matter. Silica can be both crystalline (e.g. quartz) or amorphous. Exposure to quartz dust in some occupational setting may cause severe lung diseases including cancer. Moreover, in recent years, the outburst of silicosis cases among artificial stone workers, has warned the scientific community about the potential hazard of quartz-based composite materials. Many recent studies aim to correlate relevant surface features with cytotoxicity, cellular uptake, and biocompatibility that are in turn the outcome of a complex chain of events taking place inside a living cell. Because of the intrinsic complexity of the phenomena involved, the basic question remains yet unanswered: which surface features control the interaction between an inorganic surface and living cell? The approach described here is to choose simple model systems for both the solid and the cell, and to look at these as two "communicating" entities, actively participating in establishing multiple interactions.

Samples of amorphous (e.g. opal, pyrogenic and precipitated silica) and crystalline silica polymorphs (e.g. quartz) will be recovered and/or synthesized. Natural –fractured down to respirable size- and synthetic submicrometric samples will be characterized from the mineralogical point of view by using transmission and scanning electron microscopy (TEM and SEM UniTO) and chemical elemental analysis (WDS, EDS and XPS).

Particles will be incubated with lung cells at the Department of the Molecular and Clinical Sciences of the Università Politecnica delle Marche. The particles recovered after incubation will be further characterized to highlight potential chemical-physical transformations. Characterization of the crystalline silica particles recovered from the lungs of subjects with a professional exposure (ex-



vivo investigations) will allow to verify which of the models systems best represents the transformations that may occur in vivo.

The aim of the project is to reveal the potential chemical, physical, and morphological alterations of silica particles incubated in cultured cells or recovered from human lungs and to describe the interaction with cell membranes. This aim will be reached by the micro-structural, morphological, and chemical characterization of the silica particles.

*Le spese di funzionamento del presente progetto di Dottorato saranno finanziate nell'ambito dei fondi Belluso*

**TITLE 5:** Climate change, air pollution and human health / Cambiamento climatico, inquinamento atmosferico e salute

TUTOR: Dott.ssa Simona Fratianni; Co-Tutor: Prof.ssa Tiziana Schilirò (Università di Torino)

### *Abstract*

It is widely recognized that climate change can affect the chemical composition of the atmosphere, particularly in large urban centres, with negative consequences for human health and ecosystems. Therefore, it is necessary to study simultaneously climate change, air pollution and deaths in urban environments. Given the large number of emission sources that currently exists, it is necessary to assess not only the current state of air pollution, but also its possible evolution within the context of climate change. The main sources of CO<sub>2</sub> emissions are not only key drivers of climate change, but also major sources of air pollutants. Furthermore, many air pollutants that are harmful to human health and ecosystems also contribute to climate change by affecting the amount of incoming sunlight that is reflected or absorbed by the atmosphere, with some pollutants warming and others cooling the Earth. These climate-forcing pollutants (SLCPs) include methane, black carbon, ground-level ozone, and sulfate aerosols. The finest fractions of PM (PM<sub><2.5</sub> µm) play a major role in causing chronic-degenerative diseases. Nowadays, the preventive approach applied in Public Health to counteract adverse consequences of airborne pollution on the exposed population is the use of environmental thresholds mainly defined on the basis of epidemiological data. Thus, identifying and estimating the climatic characteristics and their variations and the complex effects of human exposure to air pollutants in specific areas, is imperative to better assess specific public health risks. The health risks associated with climate change are numerous, and are mainly linked to the increase in the intensity of climate extremes events, in particular heat and cold waves, which for example contribute to the worsening of cardiovascular and respiratory diseases, especially among the subjects considered at risk.

### *Sommario*

È ampiamente riconosciuto che i cambiamenti climatici possono influenzare la composizione chimica dell'atmosfera, in particolare nei grandi centri urbani, con conseguenze negative sulla salute umana e gli ecosistemi. Pertanto, è necessario studiare contemporaneamente il cambiamento climatico, l'inquinamento atmosferico e le morti negli ambienti urbani. Dato l'elevato numero di fonti di emissione attualmente esistenti, è necessario valutare non solo lo stato attuale dell'inquinamento atmosferico, ma anche la sua possibile evoluzione nel contesto dei cambiamenti climatici. Le principali fonti di emissioni di CO<sub>2</sub> non sono solo i fattori chiave del cambiamento climatico, ma anche le principali fonti di inquinanti atmosferici. Inoltre, molti inquinanti atmosferici dannosi per l'ambiente e il cambiamento climatico influenzano la quantità di luce solare in arrivo che viene assorbita dall'atmosfera. Questi cosiddetti inquinanti atmosferici forzati dal clima (SLCPs) includono metano, black carbon, ozono a livello del suolo e aerosol atmosferici (solfati). Le frazioni



più fini di PM (PM <2,5  $\mu\text{m}$ ) svolgono un ruolo importante nel causare malattie degenerative croniche. Fino ad ora, l'approccio preventivo applicato nella Sanità Pubblica per contrastare le conseguenze negative dell'inquinamento atmosferico sulla popolazione esposta è l'uso di soglie ambientali principalmente definite sulla base di dati epidemiologici. Pertanto, l'identificazione e la stima delle caratteristiche climatiche e delle loro variazioni e gli effetti complessi dell'esposizione umana agli inquinanti atmosferici, è indispensabile per meglio valutare specifici rischi per la salute pubblica. I rischi per la salute associati ai cambiamenti climatici sono numerosi e sono principalmente legati all'aumento dell'intensità degli estremi climatici, in particolare ondate di calore e di freddo intenso, che ad esempio contribuiscono al peggioramento delle malattie cardiovascolari e respiratorie, in particolare tra i soggetti considerati a rischio.

*Le spese di funzionamento del presente progetto saranno finanziate nell'ambito dei fondi della Dr. Fratianni.*

**TITLE 6:** Climate - permafrost interaction effects on high altitude alpine areas / Effetti dell'interazione clima - permafrost sulle aree alpine di alta quota

Tutor: Dr. Simona Fratianni

Co-tutor: Dr. Cristian Scapozza (SUPSI Svizzera), Dr. Umberto Morra di Cella (Arpa VdA)

It is well-known that in the Alps there is an ongoing temperature increase together with changes in snowfall and precipitation regime. Monitoring of climate variables and associated thermal and kinematic characteristics of rock glaciers (morphological indicators of ice-rich permafrost presence) throughout the Alps have already provided evidence of permafrost degradation and related modifications in rock glacier dynamics during the last decades. Although the number of local studies devoted to the investigation of the relationships between climate change and rock glacier kinematics has risen during the last years, a comprehensive assessment of these relations at Alpine scale is still missing. Thus, the understanding of the effects of climate change on rock glacier kinematics at Alpine scale must be considered of fundamental relevance. The overall goal is to achieve a comprehensive assessment of climate change effects on rock glacier kinematics, using as base-dataset already available about regional inventories. Starting from analysis results and individuated trends/correlations, custom-derived downscaled climate projections will be used in order to predict the effects of climate warming on rock glacier dynamics behavior. Inter-annual surface velocities and volumetric evolutions of rock glaciers will be analyzed using differential GPS monitoring, space-borne synthetic aperture radar (SAR) imagery and repeated unmanned aerial vehicle (UAV) derived orthophotos and digital elevation models; if possible, intra-annual velocity variations will be detected during the snow-free period. The correlation between surface velocities and climatic parameters, in particular ground surface temperatures (GST), will be analysed.

È ormai riconosciuto che nelle Alpi è in corso un aumento delle temperature e un cambiamento nel regime nivometrico e delle precipitazioni. Il monitoraggio delle variabili climatiche e le relative caratteristiche termiche e cinematiche dei ghiacciai rocciosi (indicatori morfologici della presenza di ghiaccio intenso del permafrost) in tutto l'arco alpino hanno già fornito prove della degradazione del permafrost e delle relative modifiche nella dinamica dei ghiacciai rocciosi negli ultimi decenni. Sebbene il numero di studi locali dedicati all'indagine delle relazioni tra cambiamento climatico e cinematica dei ghiacciai di roccia sia aumentato negli ultimi anni, manca ancora una valutazione completa di queste relazioni su scala alpina. Pertanto, la comprensione degli effetti dei cambiamenti climatici sulla cinematica dei ghiacciai rocciosi su scala alpina deve essere considerata



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

di fondamentale importanza. L'obiettivo generale è di ottenere una valutazione completa degli effetti dei cambiamenti climatici sulla cinematica dei ghiacciai rocciosi, utilizzando come database, i dati già disponibili dagli inventari regionali. Partendo dai risultati dell'analisi e dalle tendenze / correlazioni individuate, verranno utilizzate proiezioni climatiche al fine di prevedere gli effetti del riscaldamento del clima sul comportamento delle dinamiche dei ghiacciai rocciosi. Le velocità superficiali inter-annuali e le evoluzioni volumetriche dei ghiacciai rocciosi saranno analizzate utilizzando il monitoraggio differenziale GPS, le immagini radar Spaceborne Synthetic Aperture Radar (SAR), i ripetuti passaggi di droni (UAV) e le ortofoto derivate e i modelli digitali del terreno; se possibile le variazioni della velocità intra-annuale saranno rilevate durante il periodo di assenza di copertura nevosa. Verrà analizzata la correlazione tra le velocità superficiali e i parametri climatici, in particolare le temperature della superficie del terreno (GST).

*Le spese di funzionamento del presente progetto di Dottorato saranno finanziate nell'ambito dei fondi di ricerca concessi alla Dr. Simona FRATIANNI.*

**TITOLO 7:** Caratterizzazione stratigrafica, strutturale e metamorfica di unità tettoniche in contesti orogenetici. / *Stratigraphic, structural and metamorphic characterization of tectonic units in orogenic contexts.*

Tutore/*Tutor:* Gattiglio Marco (Università di Torino)

Co-Tutori/*Co-Tutors:* Mosca Pietro (CNR, Istituto di Geoscienze e Georisorse), Borghi Alessandro (Università di Torino)

## *Sommario*

Le catene collisionali sono il risultato di complessi processi tettonici che hanno coinvolto differenti porzioni di litosfera sia continentale che oceanica.

La ricostruzione dell'assetto lito-stratigrafico delle unità tettoniche attualmente giustapposte nelle catene collisionali è fondamentale per vincolare le loro originarie posizioni paleogeografiche. Nel contempo la ricostruzione dell'evoluzione strutturale e metamorfica permette di definire i percorsi PTt seguiti dalle varie unità durante i processi di subduzione, esumazione ed uplift.

Il presente progetto è finalizzato allo studio di unità tettoniche affioranti nelle Alpi occidentali attraverso una dettagliata cartografia geologica (per definirne i caratteri stratigrafici e strutturali) ed una approfondita investigazione petrologica (per la ricostruzione delle traiettorie PTt). I dati raccolti potranno meglio caratterizzare l'assetto tettonico di questo settore di catena ed in particolare vincolare modalità e timing della giustapposizione delle varie unità. Inoltre i risultati ottenuti consentiranno una maggiore comprensione dei processi di rifting, drifting e successiva convergenza e collisione che hanno portato all'attuale configurazione del sistema orogenetico alpino.

In particolare, le metodologie descritte saranno applicate allo studio di unità sia di crosta continentale che oceanica affioranti attualmente tra i domini Brianzonese e Ligure-Piemontese.

## *Abstract*

Collisional belts are the result of complex tectonic processes involving different portions of both continental and oceanic lithosphere.

The reconstruction of the litho-stratigraphic setting in tectonic units currently juxtaposed is fundamental to constrain their original paleogeographic positions. At the same time the reconstruction of the structural and metamorphic evolution allows to define the PTt paths followed by the various tectonic units during the subduction, exhumation and uplift processes.

The present project is aimed at the study of tectonic units outcropping in the western Alps through



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

a detailed geological mapping (to define the stratigraphic and structural characters) and petrological investigation (for the reconstruction of PTt trajectories).

The collected data will be used to better characterize the tectonic structure of this sector of chain and in particular to constrain modalities and timing of the juxtaposition of the various units. Furthermore, the results obtained will allow a better understanding of the rifting, drifting and subsequent convergence and collision processes that have led to the current configuration of the Alpine orogenic system.

In particular, the methodologies described will be applied to the study of both continental crust units and oceanic ones currently emerging between the Brianzonese and Ligure-Piemontese domains.

*Le spese di funzionamento del presente progetto di Dottorato saranno finanziate nell'ambito dei fondi.*

*Ricerca locale ex 60% 2018 (codice FESA\_RILO\_18\_01) - Geodinamica del sistema Alpi-Appennino e ruolo dei melanges orogenetici. Quota M. Gattiglio.*

*Ricerca locale ex 60% 2019 (ancora da ripartire). Quota M. Gattiglio.*

*Ricerca locale ex 60% 2017 - "Aspetti petrogenetici, minerogenetici e applicativi in contesti orogenici", (Titolare Castelli D. Quota A. Borghi.*

*Ricerca locale ex 60% 2018 (codice CASD\_RILO\_18\_01)- Aspetti petrogenetici, minerogenetici e applicativi in contesti orogenetici. Quota A. Borghi.*

*Ricerca locale ex 60% 2019 (ancora da ripartire). Quota A. Borghi.*

**TITLE 8:** Micro to macro scale effects of long-term creep behaviour of salts / Effetti alla micro e macro scala della deformazione associata al creep in rocce saline

Tutor: Dr. Sabrina Bonetto

Co-tutor: dr. Anna Ramon (UPC, Università Politecnica Catalunya)

## *Sommario*

Il fenomeno di creep nelle rocce saline, che deriva da una deformazione a carico costante sul lungo periodo, è un argomento di ricerca ancora poco esplorato e compreso dalla comunità scientifica, soprattutto per quanto concerne le cause ed i meccanismi che ne regolano il processo. L'interesse scientifico dell'argomento è determinato anche dalle ripercussioni che tale comportamento ha in natura ed in diversi ambiti applicativi quali lo studio delle deformazioni associate a cavità carsiche naturali, vuoti minerari, gallerie od altre opere ingegneristiche interagenti con rocce saline.

Se da un punto di vista meccanico sono presenti in letteratura dati relativi all'entità della deformazione associata al creep per livelli di carico definiti, poco è ancora stato compreso di ciò che accade a livello microscopico in termini di tessitura e struttura del materiale, oltre che dal punto di vista mineralogico, ad esempio per quanto concerne processi di idratazione o disidratazione delle molecole e distribuzione e migrazione dell'acqua intra ed intercrystallina.

La comprensione e la modellazione di tali meccanismi può risultare di grande utilità per il dimensionamento delle opere antropiche impostate su tali litologie, oltre che nella comprensione dei processi naturali che interessano rocce evaporitiche in zone tettonicamente attive. In questi contesti, infatti, corpi di evaporiti sono spesso stati coinvolti nella deformazione ed hanno avuto un ruolo attivo nella messa in posto di intere unità o domini geologici. In molte zone di scollamento e contatti tettonici alpini, tali rocce presentano caratteri chimico-fisici distintivi, non ancora del tutto indagati e chiariti, legati al regime tettonico cui sono state sottoposte.

La ricerca mostra pertanto un carattere interdisciplinare che richiede lo sviluppo di conoscenze e



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

competenze in diversi ambiti delle scienze geologiche tra cui la meccanica delle rocce, la geologia applicata, la geochimica e la mineralogia.

## *Abstract*

The creep behaviour of salt rocks is their capability to have a deformation due to the long-term application of a constant load. It is an interesting open research area, with particular regard to causes and mechanisms controlling the process. The scientific interest of this subject is also determined by the strong influence both on natural events, as for example the deformation/closure of natural salt cavities, and anthropic activities as mines, tunnels or foundations interacting with salts.

In the literature, few mechanical data are present about salt creep at defined loads, but the processes and the mechanisms active at the microscale in terms of changes of structure, texture and mineralogy are still open questions; in particular, the role of the inter and intra-crystalline water and its migration during the process are not completely understood.

The understanding and the modelling of these processes are a fundamental milestone in the stability assessment of anthropic structures set on this rock material.

Similar questions should be applied to the mechanisms associated to salt rocks involved in tectonic processes. In tectonically active areas in the alpine environment, indeed, the presence of salt rock bodies played an important role in the displacement of whole geological domains or units. Such kinds of salts are marked by specific chemical and physical features according to the in situ stress.

The research shows a multidisciplinary approach which requires skills and capacities in developing and relating various disciplines, as rock mechanic, applied geology, geochemistry and mineralogy.

*Le spese di funzionamento del presente progetto di Dottorato saranno finanziate nell'ambito dei fondi di ricerca associati alla Dr. Sabrina BONETTO.*



**TITOLO 9:** L'inondazione del Mediterraneo alla fine della crisi di salinità Messiniana: realtà o finzione? / *The flooding of the Mediterranean at the end of the Messinian salinity crisis: fact or fiction?*

Tutore: Francesco Dela Pierre

Co-Tutori: Rocco Gennari, Francesca Lozar, Marcello Natalicchio

## *Sommario*

Le deposizioni di sale all'acme della Crisi di salinità messiniana (CSM) è associata ad un' imponente caduta del livello marino e al disseccamento del Mare Mediterraneo, a causa del suo progressivo isolamento dall'Oceano Atlantico. Il sale è seguito da sedimenti salmastri e marini marginali della cosiddetta fase di Lago Mare, con cui termina la CSM. È stato suggerito che durante questa fase il livello marino nel Mediterraneo fosse più basso di quello dell'Oceano. L'apertura delle connessioni con l'Oceano Atlantico alla fine della CSM causò, una rapida inondazione del Mediterraneo da parte di acque atlantiche e il ritorno di condizioni marine normali. Tuttavia, questo scenario è ancora controverso, soprattutto perché studi recenti sui sedimenti del Messiniano terminale suggeriscono che le condizioni marine fossero già presenti prima dello Zancleano e che il Mediterraneo non fu mai disseccato. In questo progetto si vuole fornire una ricostruzione paleoambientale ad alta risoluzione dei sedimenti che registrano il passaggio dalla fase Lago Mare al termine del Messiniano, a quella marina all'inizio dello Zancleano. Il progetto si avvarrà di un approccio interdisciplinare che combina analisi sedimentologiche, petrografiche e micropaleontologiche con studi di geochimica inorganica (distribuzione degli elementi maggiori e in traccia) ed organica (biomarkers dalla sostanza organica marina e continentale). Verranno studiate sezioni che abbracciano il limite Messiniano-Zancleano in diversi bacini marginali (Bacino Piemontese, Appennino Settentrionale e Sicilia) e carote ODP perforate nei bacini profondi del Mediterraneo occidentale ed orientale. L'obiettivo finale è quello di stabilire se l'inondazione del Mediterraneo alla fine della Crisi di salinità messiniana sia realtà o finzione.

## *Abstract*

Salt deposition at the acme of the Messinian salinity crisis (MSC) is commonly associated with a dramatic sea level drop and to the desiccation of the Mediterranean, following its progressive isolation from the Atlantic Ocean. Salt is followed by brackish to restricted marine sediments deposited during the so-called Lago-Mare phase, which ends the MSC. It was suggested that during this phase the Mediterranean sea level was lower than that of Global Ocean because of persisting isolation. Accordingly, the re-opening of the Atlantic connection in the Gibraltar area at the beginning of the Zanclean resulted in the sudden reflooding of the Mediterranean with Atlantic seawater and in the reestablishment of normal marine conditions. However, the flooding of the Mediterranean and the way through which marine conditions were restored at the end of the MSC are still open questions. Recent reconstructions of the latest MSC deposits suggest in fact that marine conditions were already established before the Zanclean and that no desiccation of the Mediterranean actually occurred. This project aims to provide a high resolution paleoenvironmental reconstruction of the transition from the Messinian Lago-Mare to the Zanclean marine phase. The research will use an interdisciplinary approach that combines sedimentological, petrographical and micropaleontological analyses with the study of inorganic and organic geochemical proxies (major and trace elements and molecular fossils of marine and terrestrial organic) that provide insights on the paleoclimate and on the paleoenvironmental conditions in the water column and at the sea floor. Sections from marginal subbasins (Piedmont basin, Northern Apennines, Sicily) and ODP cores from the Western and Eastern deep Mediterranean basins will be studied in order to answer the crucial question whether the abrupt flooding of the Mediterranean at the end of the Miocene is actually fact or fiction.



*Le spese di funzionamento del presente progetto di Dottorato saranno finanziate nell'ambito dei fondi Dela Pierre Ricerca locale 2018.*

**TITLE 10:** *Along-strike variations of metamorphic CO<sub>2</sub> outputs from the Nepal Himalayas: Comparison between past production and present emissions /* Variazioni lungo le principali direzioni strutturali delle emissioni di CO<sub>2</sub> metamorfica nell'Himalaya nepalese: confronto tra la produzione nel passato e i flussi attuali

Tutore: Chiara Groppo ([chiara.groppo@unito.it](mailto:chiara.groppo@unito.it))

Co-Tutori: Franco Rolfo ([franco.rolfo@unito.it](mailto:franco.rolfo@unito.it)), Frédéric Girault ([girault@ipgp.fr](mailto:girault@ipgp.fr))

In the last decades, large CO<sub>2</sub> emissions have been discovered at several hydrothermal systems located in the Nepal Himalayas. In Central Nepal, current CO<sub>2</sub> fluxes are similar to diffusive fluxes from active volcanoes. Estimates of the amount of CO<sub>2</sub> produced in the past during Himalayan metamorphism yield CO<sub>2</sub> fluxes similar to the present-day CO<sub>2</sub> emissions. These independent observations suggest that the release of metamorphic CO<sub>2</sub> from active collisional orogens is a non-negligible process. However, so far, estimates of the past and present CO<sub>2</sub> fluxes from the whole Himalayan chain have been based on localized, punctual data extrapolated to the orogen scale.

This project **aims** at investigating the along-strike variations of past metamorphic CO<sub>2</sub> degassing from the Nepal Himalayas, and comparing the results with the present-day CO<sub>2</sub> emissions.

**Specific objectives** of the project are: (i) clarifying the volumes and types of CO<sub>2</sub>-source rocks, and their lateral variations, along a significant portion of the Himalayan chain; (ii) understanding the nature of metamorphic CO<sub>2</sub>-producing reactions, (iii) estimating the P-T conditions at which the decarbonation reactions took place; (iv) constraining the timing and duration of CO<sub>2</sub>-producing events which occurred during prograde metamorphism; and (v) investigating the along-strike variations of present-day CO<sub>2</sub> emissions.

The PhD student will carry out geological and petrological studies of metamorphic rocks exposed in the Nepal Himalayas, with special emphasis on the Lesser Himalayan Sequence. He/She will study samples already available from central-eastern Nepal, as well as new samples from central-western Nepal to be collected during new field expeditions. **Methods** should include: fieldwork (in medium- to high-altitude remote mountain areas), petrography, meso- and micro- structural studies, thermobarometry, thermodynamic modeling, geochronology, field measurements such as water geochemistry and gas fluxes, kriging techniques and geostatistics. Joint supervision with the Institut de Physique du Globe de Paris (Dr. Frédéric Girault) could be formally activated after the first year of PhD.

Negli ultimi decenni, sono state scoperte emissioni significative di CO<sub>2</sub> da numerosi sistemi idrotermali nell'Himalaya nepalese. In Nepal centrale, i flussi di CO<sub>2</sub> attuali sono simili ai flussi diffusivi dai vulcani attivi. Le stime delle quantità di CO<sub>2</sub> prodotta in passato durante il metamorfismo Himalayano mostrano che i flussi di CO<sub>2</sub> del passato sono dello stesso ordine di grandezza di quelli attuali. Queste osservazioni indipendenti suggeriscono che la produzione di CO<sub>2</sub> metamorfica dagli orogeni collisionali attivi è un processo tutt'altro che trascurabile. Tuttavia, le stime dei flussi di CO<sub>2</sub> emessi dall'intera catena Himalayana, sia passati che attuali, si sono finora principalmente basate su dati localizzati e puntuali estrapolati alla scala dell'intero orogene.

Questo progetto **intende** investigare le variazioni laterali delle emissioni di CO<sub>2</sub> avvenute in passato nell'Himalaya nepalese, e confrontare i risultati con le emissioni di CO<sub>2</sub> attuali. **Obiettivi specifici** del progetto sono: (i) chiarire i volumi e le tipologie delle rocce sorgenti di CO<sub>2</sub> e le loro variazioni laterali in una porzione significativa della catena himalayana; (ii) comprendere la natura



dei processi metamorfici che producono CO<sub>2</sub>; (iii) stimare le condizioni P-T a cui sono avvenute le reazioni di decarbonatazione; (iv) vincolare le tempistiche e la durata degli eventi di produzione di CO<sub>2</sub> avvenuti durante il metamorfismo progrado; (v) investigare le variazioni laterali delle emissioni attuali di CO<sub>2</sub>.

Il/la dottorando/a effettuerà uno studio geologico e petrologico delle rocce metamorfiche esposte in Himalaya, con particolare attenzione alla Lesser Himalayan Sequence. Studierà sia campioni già disponibili provenienti dal Nepal centro-orientale, sia nuovi campioni che verranno raccolti nel corso di nuove spedizioni di terreno in settori più occidentali. I **metodi** dovranno includere: attività di terreno (in contesti logisticamente complessi, a quote medio-alte), petrografia, studi meso- e micro-strutturali, termobarometria, modellizzazione termodinamica, geocronologia, analisi geochimica delle acque, misurazioni dirette dei flussi di gas, tecniche di kriging e geostatistica. Una co-tutela con l'Institut de Physique du Globe de Paris (Dr. Frédéric Girault) potrebbe essere utilmente attivata dopo il primo anno di Dottorato.

*Le spese di funzionamento del presente progetto di Dottorato saranno finanziate nell'ambito dei fondi di ricerca concessi a C. Groppo e F. Rolfo.*

**TITOLO 11:** Caratterizzazione geochimica e mineralogica di matrici di interesse geologico ambientale / Geochemical and mineralogical characterization of geological and environmental materials

Tutore: Prof. Alessandro Pavese

Co-Tutori: Linda Pastero, Enrico Destefanis, Caterina Caviglia

### *Sommario*

Il corso si propone di illustrare le principali fasi di un processo di caratterizzazione di matrici solide e liquide (modalità di campionamento, l'applicazione delle tecniche analitiche più idonee al raggiungimento di uno specifico obiettivo).

Più in dettaglio, il programma tratterà gli argomenti che seguono:

1. Campionamento: principali tecniche di campionamento in base a finalità della caratterizzazione; trattamento del campione al fine della significatività statistica, metodi di conservazione di campioni in fase solida e liquida e origine naturale e artificiale. Cenni a normative di riferimento.
  - 1.1 Campionamento di materiali granulari:  
Principali teorie sul campionamento di materiali granulari; dimensione del campione ai fini dell'omogeneità e rappresentatività; stima dell'errore fondamentale ("fundamental bias"); applicazioni pratiche (es. materiali sciolti, rifiuti, giacimenti minerari).
2. 2.1 Tecniche Analitiche  
Tecniche di analisi qualitativa e quantitativa di una matrice: tipologie di analisi *in situ* e in laboratorio in relazione alla finalità dello studio, preparazione dei campioni; tecniche distruttive e conservative del campione, trattamento e validazione dei risultati. Utilizzo delle tecniche in laboratorio: vantaggi e limiti delle tecniche maggiormente utilizzate.
  - 2.2 Applicazione delle tecniche analitiche ad alcuni problemi delle scienze geologiche: esempi pratici.
3. Caratterizzazione di materiali argillosi per via diffrattometrica: cenni sulla mineralogia delle argille s.l.  
Separazione della frazione argillosa e preparazione del campione per l'analisi. Misura. Analisi dei risultati.  
Risvolti geologici dell'analisi delle argille



Il corso prevede una parte di lezioni svolte in laboratorio con dimostrazioni pratiche di casi di studio.

## *Abstract*

The course will describe the main phases of the characterization procedure of solid and liquid matrices (sampling and analysis).

In detail, the following topics will be discussed:

1. Sampling: sampling techniques for the characterization purposes; statistical representativity of the sample treatment, solid and liquid sample storage. Legislation.
  - 1.1 Sampling of granular materials: main theories about the sampling procedure of granular materials; size of the sample vs representativity and homogeneity; fundamental bias; practical applications (bulk materials, waste, mineral deposits).
2. 2.1 Analytical techniques  
Qualitative and quantitative analysis of a matrix: *in situ* and laboratory analysis, sample preparation, destructive and non-destructive methods, treatment and data validation. Methods in laboratory: advantages and limits.  
2.2 Application of the analytical techniques to geology: practical examples.
3. X-ray clays characterization: clay minerals s.l.  
Clay separation and sample preparation. Analysis and interpretation of the results. Geological applications of the clay minerals.

*Le spese di funzionamento del presente progetto di Dottorato saranno finanziate nell'ambito dei fondi convenzione TRM*

**Titolo 12:** Sostenibilità delle emissioni di un impianto di termovalorizzazione: dalle emissioni di CO<sub>2</sub>, alle ceneri leggere e pesanti e verso un loro contenimento e/o valorizzazione. /Sustainability of emission of an energy from waste plant: from CO<sub>2</sub> emissions to bottom and fly ashes, towards their reduction and/or valorization

Proponente: Prof. Alessandro Pavese

Il progetto di ricerca è dedicato alla gestione sostenibile di ciò che resta dopo la combustione dei rifiuti in un impianto di termovalorizzazione. Il progetto si articola in 3 tematiche principali che potranno essere svolte in parallelo o separatamente dal candidato, ed in particolare:

- **Ceneri pesanti (BA):** quanto resta a seguito del processo di combustione dei rifiuti solidi urbani. Si tratta di ingenti quantitativi che attualmente devono essere conferiti a ditte specializzate e che allo state dell'arte, anche al termine dei trattamenti, non possono ancora andare a contatto diretto con l'ambiente. La ricerca andrà verso l'inertizzazione delle BA, a bassi costi energetici. In particolare: separazione di una parte preponderante di materiale, già inerte o inertizzabile via carbonatazione, in vista di un suo uso in alternativa ai comuni aggregati.
- **Ceneri leggere (FA):** quanto viene filtrato dall'impianto di trattamento dei fumi. Si tratta di sostanze che attualmente devono essere conferite in discariche speciali con sostanziali costi di smaltimento. La composizione delle FA lascia prevedere la possibilità di trattamenti chimico-fisici ed elettrochimici, sia per il recupero di elementi di valore sia per una successiva pellettizzazione ed inertizzazione del residuo.



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

- **Cattura della CO<sub>2</sub>**: le emissioni a camino di un impianto termovalorizzazione contengono all'incirca un 10% di CO<sub>2</sub> e contribuiscono all'aumento delle concentrazioni di questo gas serra nell'atmosfera. Soluzioni per la cattura parziale o totale della CO<sub>2</sub> emessa, anche attraverso un suo riutilizzo in processi legati al trattamento delle ceneri, sono la soluzione che dovrà essere ricercata.

Tali attività prevedono collaborazioni con aziende del settore, enti della ricerca sia nazionali sia stranieri, esperimenti sia in laboratori convenzionali sia presso grandi sorgenti (sincrotrone)

The research project is steered to the sustainable management of the after incineration product of urban solid waste. The project is divided into 3 main themes that can be carried out in parallel or separately by the candidate:

- **Bottom ash (BA)**: what remains unburnt after the process of incineration of waste. BA are huge quantities that currently have to be given to specialized firms and which, even at the end of the treatments, cannot come into direct contact with the environment yet. The research deals with their inertization, by particle size separation and successive carbonation, to give common aggregates.
- **Fly ash (FA)**: the portion that is filtered by the fumes treatment plant. FA are substances whose disposal is performed resorting to special landfills, with relevant costs. Their composition allows for the possibility of electrochemical/chemical-physical treatments able to extract the valuable elements, so that the residue can then be pelletized into an inert solid.
- **CO<sub>2</sub> capture**: the chimney emissions of a plant of this type contain about 10% of CO<sub>2</sub> and contribute to the increase of the concentrations of this greenhouse gas in the atmosphere. Solutions for the partial or total capture of the emitted CO<sub>2</sub>, even through its reuse in processes related to the treatment of ashes, are the solution that must be sought.

Such activities require collaborations with firms, international research subjects, experiments by both conventional laboratories and large scale facilities (synchrotron radiation)

*Le spese di funzionamento del presente progetto di Dottorato saranno finanziate nell'ambito dei fondi Convenzione IREN-TRM*

**TITOLO 13:** La deformazione lenta che precede i terremoti. Dove si manifesta e quanto è estesa?  
*/ Slow slip preceding earthquakes. Where to expect it and how large is it?*

Tutore: Prof. Sergio Vinciguerra (Università di Torino)

Co-Tutori: Prof. Stefan Nielsen (University of Durham)

## *Sommario*

La deformazione lungo le principali faglie è accomodata sia da slip co-sismico (terremoti) che deformazione lenta asismica (creep), o l'alternarsi di entrambi durante il ciclo sismico. La fase di pre-slip (l'accelerazione del creep che precede i terremoti) è descritta da modelli teorici e osservata in esperimenti di laboratorio (ad esempio terremoti di Tohoku 2011, Iquique 2014). Tuttavia, la dinamica, l'estensione e l'influenza dello pre-slip rimane poco chiara. Recenti risultati indicano che la fase di pre-slip può essere influenzata significativamente dalle eterogeneità, una caratteristica delle faglie naturali che non è stata studiata in maniera quantitativa. Il progetto investigherà esperimenti di laboratorio controllati e monitorati sulla fase di pre-slip e rottura dei terremoti alla scala centimetrica, coadiuvati da analisi microstrutturali, estrapolando i risultati per fornire dati quantitativi per le simulazioni numeriche alla scala delle faglie naturali, allo scopo di



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

sviluppare e vincolare un modello unitario di enucleazione dei terremoti. Lo scopo del progetto e' quello di stabilire dei vincoli sulla grandezza del pre-slip atteso per i terremoti, basato su zone di faglia realistiche. I risultati saranno utilizzati per determinare quali tipi di faglie producano fasi di enucleazione di larga ampiezza ed estese. Vincolare la fisica dei processi di pre-slip permette inoltre una comprensione piu' profonda del ciclo dei terremoti e dei meccanismi di innesco dei terremoti migliorando le stime probabilistiche di rischio sismico.

## *Abstract*

Deformation on major tectonic faults is accommodated either by co-seismic slip (earthquakes), aseismic slow slip (creep), or an alternation of both during the earthquake cycle. Pre-slip (an acceleration of creep preceding earthquakes) is predicted by theoretical models and observed in laboratory experiments, but has been confirmed only recently to occur before natural large magnitude earthquakes (e.g. Tohoku 2011, Iquique 2014). However the dynamics, the magnitude and the prevalence of pre-slip remain unclear. Recent results indicate that pre-slip may be strongly affected by heterogeneity, a key feature of natural faults which has barely started to be explored. The PhD will conduct carefully controlled and monitored laboratory experiments on pre-slip and fault failure at the cm scale, microstructural observations and extrapolating experimental results to quantitatively provide data to numerical simulations at the hundred-km scale, using them jointly to develop and constrain new models of earthquake nucleation. The aim of this project is to place bounds on the magnitude of the expected pre-slip in earthquakes, based on realistic fault structures. The results will be used to determine which types of faults produce large-amplitude, extended nucleation phases and generate a detectable pre-slip. Uncovering the physics of pre-slip would allow a deeper understanding of the earthquake cycle; understanding its role in earthquake triggering would improve its integration in probabilistic forecasting and contribute to build resilience.

*Le spese di funzionamento del presente progetto di Dottorato saranno finanziate nell'ambito dei fondi del Prof. Vinciguerra*

**TITOLO 14:** Deformazione indotta da escursioni termiche e implicazioni nei rischi di frane da crollo / *Thermally induced deformation in potential hazardous rockfalls*

Tutore: Prof. Cesare Comina (Universita' di Torino); Co-Tutori: Prof. Sergio Vinciguerra (Universita' di Torino); Prof. Stefan Nielsen (University of Durham)

## *Sommario*

Il sito di Madonna del Sasso (Verbania, Italy), e' una rupe granitica posta sulla sponda occidentale del Lago d'Orta. Il sito e' monitorato sin dal 1990 a causa della presenza di quattro discontinuita' persistenti, le cui fratture principali si intersecano isolando due blocchi potenzialmente instabili, che possono potenzialmente indurre frane da crollo. Alla fine del 2013 una rete sismica di monitoraggio e' stata installata dall'Universita' di Torino per registrare l'attivita' microsismica indotta dalle discontinuita' e dai volumi di roccia esposti. La microsismicita' indica chiari cambiamenti indotti dall'escursione termica sia stagionalmente che nel ciclo giorno/notte, come anche per rapide variazioni (es. temporali estivi). Inoltre le precipitazioni risultano correlate con aumenti di microsismicita' e quindi aumento di fratturazione. Due meccanismi possono essere ipotizzati per spiegare una relazione causale tra temperature ed attivita' di microfratturazione. Il primo e' l'effetto della temperatura sulla composizione e viscosita' dei fluidi che permeano la roccia. E' plausibile che l'efficienza della corrosione da stress sia amplificata da fluidi piu' caldi. Il secondo e' la deformazione superficiale della roccia dovuta all'espansione e contrazione termica.



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

Sebbene la penetrazione in profondita' dei cambiamenti termici su scala giornaliera di uno strato sottile vicino alla superficie sia limitato a causa della bassa diffusivita' termica del granite, e' stato dimostrato che la deformazione di un sottile strato vicino la superficie puo' propagare onde elastiche a grandi profondita' con ampiezze sufficienti a indurre cambiamenti nel tasso di microsismicita'. Il candidato testera' le due ipotesi di deformazione indotta termica, tramite esperimenti di laboratorio su campioni a differenti gradi di contenuti di fluidi e modellizzazione della deformazione indotta termicamente. Il riconoscimento del meccanismo responsabile dell'accelerazione delle fratturazione puo' aiutare nello sviluppo di tecniche di mitigazione di rischio per frae da crollo.

## *Abstract*

The Madonna del Sasso (Verbania, Italy) is a granitic cliff on the western side of the Orta's Lake. The site is closely monitored since 1990 due to the presence of four main spaced joint sets, that may possibly develop in a rock fall. At the end 2013 a microseismic monitoring network has been installed by the University of Turin to detect microseismic activity related to the fractures and to the rock mass immediately adjacent to the cliff. Interestingly, microseismicity reveals diurnal and seasonal changes in seismic patterns, with a clear correlation with the thermal excursions, both with respect seasonal fluctuations (peaks in summer) and sudden temperature variations (e.g thunderstorms). Moreover rainfalls seem to play a role in additionally promote fracturing. Two candidate mechanisms are can be hypothesized that may explain a causative relation between temperature and the micro-fracturing activity. The first one is the effect of temperature in composition and viscosity of the fluids that permeate the rock mass and its fracture network; possibly the efficiency of stress corrosion is amplified by warmer fluids. The second is the superficial deformation of the rock due to thermal expansion and contraction; although the depth-penetration of the thermal changes on a daily period is extremely shallow due to the low thermal diffusivity of granite, it has been shown that the deformation of a thin layer close to the surface of the Earth can propagate elastic stresses at much greater depth sufficient to induce changes in the rate of microseismicity. The candidate will test the two hypotheses by combining laboratory experiments on stressed rock samples in the presence of fluids and through modelling of thermally-induced deformation. The uncovering of the mechanism responsible for accelerating the fracturing activity can also help in the development of risk-mitigation techniques for rock-fall sites.

*Le spese di funzionamento del presente progetto di Dottorato saranno finanziate nell'ambito dei fondi del Prof. Vinciguerra*

**TITOLO 15:** Instabilità da pressurizzazioni di fluidi e processi di rottura che originano collasso degli edifici vulcanici / *Fluid-triggered instability and slip related to volcanic edifice collapse*

Tutore: Prof. Sergio Vinciguerra (Universita' di Torino); Co-Tutore: Dr. Philip Benson (University of Portsmouth)

## *Sommario*

Le eruzioni vulcaniche possono indurre collassi che possono mobilitare vasti volumi di roccia (> 1 km<sup>3</sup>). Questi eventi rappresentano il principale hazard per la popolazione che vive in prossimita' dei vulcani e in alcuni casi anche per aree piu' remote perche' possono indurre tsunami. I processi vulcanici possono aumentare lo stress (es. pressurizzazione dei fluidi, tremori) sulle rocce che costituiscono i fianchi dell'edificio vulcanico al limite della resistenza statica, cioe' allo stress massimo che possono sostenere prima di innescare la rottura.

Ai fini di una migliore comprensione dell'interazione tra resistenza dell'edificio e pressione dei fluidi,



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

il presente progetto riguarderà nuovi esperimenti di iniezione di fluidi ad alta pressione per quantificare la stabilità delle diverse unità litologiche che costituiscono la parte sommitale di vulcani potenzialmente instabili per investigare la complessità del sistema roccia-fluido in termini di rischio di rottura. Il progetto utilizzerà apparati sperimentali di nuova generazione in grado di effettuare una nuova tipologia di esperimenti dove rocce naturalmente e appositamente fagliate con diversi angoli rispetto alla sorgente di iniezione saranno riattivate da repentini aumenti della pressione di poro dei fluidi. L'aumento della pressione di poro sarà quindi correlato con lo stress e la permeabilità naturale della litologia. Il test site di Stromboli, che ha dato origine ad almeno quattro episodi di collasso verrà utilizzato, con un campionamento specifico delle successioni litologiche presenti nelle aree strutturalmente instabili e potenzialmente prone ad episodi di rottura e dove la dinamica di condotto come gli aspetti sismologici sono ben vincolati.

## *Abstract*

Major volcanic eruptions can trigger caldera collapses and flank landslides, which can mobilize large volume of rocks ( $> 1 \text{ km}^3$ ). These events represent a serious hazard for the population living in the nearby areas of a volcano and, in some cases, also for areas which are located far away from the erupting volcano when large landslides can also trigger unexpected tsunamis. Continuous volcanic activity processes can increase the stress (i.e. fluid pressurization, tremors, etc.) of caldera and volcanic flank rocks close to their static strength, i.e. to the maximum stress they can sustain before failing.

To better understand the interplay between the edifice strength and crustal fluids, this project will consider new fluid injection experiments to better quantify the stability of various rock units taken from Stromboli volcano and ultimately to unravel the complexity of the rock-fluid coupled system in terms of hazard and risk. This project will use the latest in rock physics and rock deformation systems to conduct a new series of experiments whereby naturally failed and saw-cut samples, of varying angle, will be reactivated by direct pore fluid pressure by high speed fluid injection systems. The rate of change of the pore pressure rise will then be correlated to the stress and natural permeability of the rock system that otherwise seeks to carry away the pressure front. The test site of Stromboli, which had experienced at least four main episodes of collapse will be specifically investigated, with a specific sampling of the main lithologies making the structurally unstable portions of the volcano and potentially capable to promote failure. Volcanological and seismic data are particularly well constrained at Stromboli.

*Le spese di funzionamento del presente progetto di Dottorato saranno finanziate nell'ambito dei fondi del Prof. Vinciguerra*

**TITOLO 16:** Sviluppo di un land streamer sismo-elettrico per indagini su argini fluviali. / *Development of a seismo-electric land streamer for riverbanks investigation.*

Tutore: Prof. Cesare Comina (Università di Torino)

Co-Tutori: Dott. Alessandro Arato (Techgea S.r.l.);

## *Sommario*

I sondaggi geofisici solitamente sono considerati estremamente efficaci per la caratterizzazione di grandi aree d'indagine con ridotti sforzi economici e di tempo. Questo è particolarmente vero nelle aree coperte d'acqua dove si possono acquisire una grande quantità di dati in tempi ridotti attraverso il trascinamento di un array mobile dotato di opportuna strumentazione dietro ad una barca di rilevamento. Questa caratteristica è stata a lungo invidiata dalla geofisica "terrestre". Gli streamer sismici marini sono strumentazioni valide da così lungo tempo che l'interesse nello



sviluppare un concetto simile per le acquisizioni sismiche su terra si è incrementato in maniera consistente. Attualmente, lo sviluppo tecnologico di questi land streamer è ad un punto tale che questi possono essere considerati complementari ai geofoni classici per quel che riguarda l'acquisizione dei dati sismici. Sforzi simili non sono ancora stati compiuti per trasferire l'approccio dei sondaggi geoelettrici sull'acqua anche all'ambiente "terrestre". Le motivazioni di ciò sono principalmente legate alle complicazioni connesse con la necessità di iniettare nel terreno una quantità di corrente elettrica sufficiente per ottenere delle misure affidabili. Il progetto di dottorato ha come obiettivo indagare la possibilità di migliorare uno streamer sismico standard con l'aggiunta di appropriati accessori per l'acquisizioni di dati geoelettrici. Oltre allo sviluppo delle componenti hardware il progetto si pone anche come obiettivo lo sviluppo di opportuni software di interpretazione, anche speditiva, per un'analisi congiunta dei dati sismici ed elettrici acquisiti. L'applicazione naturale del land streamer in via di sviluppo riguarda lo studio dei corpi arginali di notevole estensione.

## *Abstract*

Geophysical surveys are usually considered extremely effective for the characterization of large areas of investigation with reduced economic and time efforts. This is particularly true in water-covered areas where large amounts of data can be acquired in reduced time dragging a mobile array, equipped with appropriate instrumentation, behind a survey boat. This feature has long been envied by the "terrestrial" geophysics. Marine seismic streamers have been valid instruments for so long that the interest in developing a similar concept for land acquisition has increased significantly. Currently, the technological development of these land streamers is at a point that they can be considered complementary to classical geophones for seismic data acquisition. Similar efforts have not yet been made to transfer the approach of geoelectric surveys on water to the "terrestrial" environment. The reasons for this are mainly related to the complications connected with the need to inject sufficient electric current into the ground to obtain reliable measurements. The project aims to investigate the possibility of improving a standard seismic streamer with the addition of appropriate accessories for the acquisition of geoelectric data. In addition to the development of the hardware components, the project also aims to develop appropriate interpretation software for a joint analysis of seismic and electrical data. The natural application of the land streamer under development concerns the study of riverbanks of considerable extension.

*Le spese di funzionamento del presente progetto di Dottorato saranno finanziate nell'ambito dei fondi COMC\_CT\_RIC\_18\_01.*

**TITOLO 17:** LE ITTIOFAUNE ASSOCIATE AI KONSERVAT-LAGERSTÄTTEN MARINI DEL CRETACEO DELL'ITALIA CENTALE E NORD-ORIENTALE: PALEOBIODIVERSITA' E CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E PALEOAMBIENTALE / *MARINE FISH ASSEMBLAGES IN THE CRETACEOUS KONSERVAT-LAGERSTÄTTEN OF CENTRAL AND NORTH-EASTERN ITALY – PALEOBIODIVERSITY, AND STRATIGRAPHIC AND PALEOENVIRONMENTAL FEATURES*

Tutore: Prof. Giorgio CARNEVALE (Università di Torino; email: [giorgio.carnevale@unito.it](mailto:giorgio.carnevale@unito.it))

Co-Tutore: Prof. Luca GIUSBERTI (Università di Padova)

Stratigraphic and paleoenvironmental evidences concur to suggest that exceptional fossil preservation can be correlated over wide areas and different depositional contexts. Certain time intervals in the geological time appear to be conducive to exceptional preservation of fossils, particularly of articulated skeletal remains of fishes. The origin of Fossil Lagerstätten apparently was promoted in coincidence with global environmental changes, such as mass extinctions, OAE,



## UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

carbon isotopic anomalies, and high concentrations of atmospheric carbon dioxide. Summarizing, this "Preservation Hypothesis" postulates that spikes in atmospheric CO<sub>2</sub> usually coincide with exceptional preservation events, which can be considered as consequent to transient global perturbations. Such hypothesis implies that extremely precise correlation between deep and shallow water settings are possible using deposits with exceptional preservation of fossils, thereby allowing a detailed interpretation of the composition of the fish assemblages in different environmental settings. Moreover, the Konservat Lagerstätten may provide an accurate record of the biotic effects of a global perturbation at the higher trophic levels and, for this reason, a succession of Konservat Lagerstätten constitutes an extraordinary archive of the climatic and oceanographic changes that occurred in deep time.

The middle and upper Cretaceous stratigraphic record of central and northeastern Italy includes several Konservat Lagerstätten (e.g., Monte Nerone, Polazzo, Trebiciano) with exquisitely preserved fishes, in many cases virtually unknown or only superficially investigated, thereby representing an unexploited archive of the main perturbations that occurred from about 100 to about 66 Ma.

The goal of this project is to contribute to the knowledge of the paleoichthyodiversity of some of these Konservat Lagerstätten and to interpret their stratigraphic, paleoenvironmental and paleoclimatological significance.

Una serie di evidenze stratigrafiche e paleoambientali sembra indicare che depositi marini contenenti fossili caratterizzati da un eccezionale grado di conservazione delle strutture originarie possono essere correlati a scala sovragionale o globale seppure originatisi in contesti deposizionali molto differenti tra loro. Alcuni intervalli della storia della Terra sembrano essere stati maggiormente favorevoli alla formazione di fossili eccezionalmente ben conservati, in particolare di resti scheletrici in connessione anatomica di pesci. Pertanto, l'origine dei Fossil Lagerstätten sembra essere stata favorita in corrispondenza di cambiamenti ambientali a scala globale, come ad esempio estinzioni di massa, eventi anossici oceanici, anomalie isotopiche del Carbonio ed, più in generale, picchi di elevata concentrazione di CO<sub>2</sub> atmosferica. Riassumendo, tale ipotesi prevede che picchi di concentrazione di CO<sub>2</sub> atmosferica avvenuti nel passato generalmente coincidano con eventi di conservazione eccezionale che, di conseguenza, possono essere considerati il risultato di perturbazioni ambientali a scala globale. Una conseguenza diretta di tale ipotesi è che in tal modo è possibile effettuare precise correlazioni stratigrafiche tra contesti deposizionali di piattaforma e di mare aperto utilizzando gli strati caratterizzati da fossilizzazione eccezionale come livelli guida. Inoltre, questi Konservat Lagerstätten possono contestualmente fornire una registrazione molto accurata degli effetti biotici prodotti dalle perturbazioni a scala globale sui livelli trofici apicali. Una successione di Konservat Lagerstätten costituisce, pertanto, uno straordinario archivio della sequenza di cambiamenti climatici e oceanografici avvenuti nel tempo profondo.

Il record stratigrafico relativo al Cretaceo medio e superiore dell'Italia centrale e nord-orientale comprende numerosi Konservat Lagerstätten (ad esempio Monte Nerone, Polazzo, Trebiciano solo per citarne alcuni) caratterizzati da resti ittici straordinariamente ben conservati ma ancora non studiati o solo superficialmente analizzati che, di fatto, rappresenta un eccezionale archivio dei principali eventi di cambiamento globale avvenuti tra circa 100 e 66 milioni di anni fa.

Obiettivo del progetto è quello di fornire un contributo alla conoscenza della paleoittiodiversità di alcuni di questi Konservat Lagerstätten e di interpretarne il significato stratigrafico, paleoambientale e paleoclimatologico.

*Le spese di funzionamento del presente progetto di Dottorato saranno finanziate nell'ambito dei fondi di ricerca ex-60% concessi al Prof. CARNEVALE.*



**TITOLO 18:** Cinematica ed evoluzione P-T-D-t delle zone di taglio in contesti collisionali.

*/Kinematics and P-T-D-t evolution of shear zones in collisional frameworks.*

Tutore: Prof. Rodolfo Carosi

Co-Tutori: Prof. Chiara Montomoli (Università di Pisa); Dr. Salvatore Iaccarino (Università di Torino).

In orogeni collisionali la deformazione si localizza alle diverse scale di osservazione producendo zone di taglio che raggiungono anche la scala litosferica. Queste zone ad alta deformazione, in grado di accomodare la maggior parte degli spostamenti, permettono a *slices* crostali di raggiungere diverse condizioni metamorfiche e condizionandone anche l'esumazione. Mentre la tettonica delle placche offre spiegazioni convincenti su come le unità crostali possano essere trasportate a grande profondità, è tutt'ora accesa, in ambito internazionale, la discussione sulle modalità di esumazione. La conoscenza della geometria e cinematica delle zone di taglio durante l'esumazione delle unità tettoniche sono fondamentali per vincolarne i meccanismi di esumazione. E' indispensabile conoscere il tipo di flusso che caratterizza le zone di taglio per meglio definire il contesto tettonico così come il percorso Pressione-Temperatura-tempo del tetto e del letto delle zone di taglio e l'età della deformazione. Un approccio multidisciplinare, mediante l'utilizzo delle più moderne tecniche, è necessario per affrontare con successo questo tipo di ricerche al fine di raccogliere dati significativi e validi per la discussione dei modelli di esumazione attualmente proposti ed eventualmente per proporre di nuovi.

Metodologie utilizzate:

- rilevamento geologico-strutturale, raccolta di campioni orientati e analisi mesostrutturale di zone di taglio di importanza regionale;
- analisi microstrutturale al microscopio ottico e al SEM, analisi della orientazione cristallografica preferenziale (CPO), studio della cinematica del flusso e della deformazione finita;
- geotermobarometria e petrocronologia delle rocce del letto e del tetto e ricostruzione del loro percorso P-T-D-t;

Questo approccio può portare alla individuazione di discontinuità tettono-metamorfiche non immediatamente evidenti e alla comprensione del loro ruolo nell'evoluzione di un orogene collisionale. Studi recenti nella catena Himalayana (Montomoli et al., 2015; Iaccarino et al., 2015, 2017; Carosi et al., 2016, 2018) dimostrano che la conoscenza di tali discontinuità crostali è necessaria per indagare i meccanismi di esumazione a scala regionale di vaste porzioni di crosta continentale subdotte e metamorfosate all'interno dello stesso ciclo orogenico in contesti sin-convergenti.

Localization of deformation can originate crustal-scale shear zones at all scales, able to accommodate large displacements allowing to large crustal slices to reach different depths with different metamorphic imprints and to be later exhumed in collisional orogens. Anyway, shear zones play an important role even in the last stage of the collision allowing the exhumation of large crustal sectors when collision is still active. Plate tectonic well-explains how crustal slices could be brought into depths, but the mechanisms for their exhumation (especially syn-collisional exhumation) are still debated in the international community. Both geometry and kinematics of localized shear zones are of fundamental importance to understand exhumation mechanisms. Anyway this information must be joined to pressure-temperature constraints and P-T-t paths of hanging wall and footwall rocks, as well as, with the timing of deformation. The type of flow in the shear zones is also fundamental to better constrain the tectonics framework. A multidisciplinary approach using the most advanced analytical techniques is necessary to collect robust data allowing a discussion of the actually proposed exhumation models and to propose a new one.



Methods that will be used are:

- geological and structural field mapping, structural analysis at the meso-scale of major shear zones and collection of oriented samples in shear zones as well as in their hanging wall and footwall;
- microstructural analysis under optical microscope, SEM, crystallographic preferred orientation of minerals (CPO) to characterize the sense of shear, the kinematic of the flow, finite strain and the temperature of deformation;
- geothermobarometry and petrochronology of the rocks in the hanging wall and in the footwall and their P-T-t paths;

The multidisciplinary study can lead to detect cryptic-tectono-metamorphic discontinuities and to better understand their role in the tectonic evolution of collisional orogens. Recent studies in the Himalayan belt (Montomoli et al., 2015; Iaccarino et al., 2015, 2017; Carosi et al., 2016, 2018) demonstrate that the knowledge of such crustal scale discontinuities is necessary to unravel exhumation mechanisms at the regional scale where wide crustal slices were subducted and metamorphosed within the same orogenic cycle still within syn-convergent settings.

*Le spese di funzionamento del presente progetto di Dottorato saranno finanziate nell'ambito dei fondi di ricerca sulle catene collisionali concessi al Prof. R. Carosi e alla Prof. C. Montomoli.*

**TITOLO 19:** Influenza dei cambiamenti climatici sulle frane di alta quota / Influence of global changes on high elevation landslide

Tutor: Giuseppe Mandrone

I segnali del cambiamento climatico stanno diventando sempre più evidenti sulle alpi e, a rafforzare queste evidenze, perdite di massa significative si stanno registrando sui principali ghiacciai alpini. Per questo il numero di frane in ambiente glaciale e periglaciale sembra in chiaro incremento in alta quota. Naturalmente la causa principale di questi fenomeni sembrerebbe l'innalzamento della temperatura che causa una variazione sulle aree di alta quota interessate da permafrost, settori particolarmente sensibili dal punto di vista geologico tecnico. Investigare queste aree è sempre molto problematico dal punto di vista logistico e tecnico e per questo motivo tecniche innovative devono essere applicate a questi studi. In particolare, l'utilizzo di immagini derivanti da remote sensing (di ogni scala e tipo) è fondamentale. Integrazione di questi dati in ambienti GIS con dati meteo di stazioni a terra ne semplifica l'elaborazione e l'interpretazione ed aiuta nella ricostruzione dei fenomeni in termini spazio-temporali e di cause-effetto.

Signals of global climate change are increasingly evident also in the Alps where, in addition to being recorded by significant mass losses of most of the glaciers present, in the last years there has been an increase in the number of rockfalls occurred in a high mountain context, and in particular in glacial and periglacial areas, potentially connected to a general increase in the average air temperatures present at high altitudes that lead to a permafrost degradation and the occurrence of rains where it previously snowed. However, investigating the causes of these phenomena, looking for any correlation with changed climatic conditions, is rather complicated because the many factors involved and the difficulty to determine them because often these phenomena occur in remote areas difficult to access or for the operators safety. For this purpose, analysis conducted by photointerpretation, and in GIS environment, integrated with the processing and analysis of raw data from the meteorological stations located on the territory, can be useful to reconstruct the phenomenon over time and its causes.



*Le spese di funzionamento del presente progetto di Dottorato saranno finanziate nell'ambito dei fondi di ricerca ex-60% concessi al Prof. MANDRONE*

**TITOLO 20:** La valutazione dei fattori di controllo della dinamica di messa in posto delle più recenti

colate ossidianee nel Main Ethiopian Rift attraverso lo studio di campo, di laboratorio e l'analisi spettrale da satellite. / Evaluating the factors governing the emplacement dynamics of the youngest obsidian flows in the Main Ethiopian Rift by field studies and satellite spectral analysis.

Tutore/Tutor: Dott. Daniele Giordano; Co-Tutori/Cotutor: Prof. Rappich; Dr. Tsegaye Abebe.

Il Rift Etiopico Principale (MER), situato nella parte settentrionale del Grande Sistema del Rift Orientale Africano (GEARS) che corre da latitudine N7° a latitudine N9° circa. All'interno di questa porzione del "rift" si trovano oltre dieci vulcani centrali, la maggioranza dei quali aventi caldere con associati depositi di flusso piroclastici e, corrispondenti all'attività più recente, numerose colate e duomi di ossidiane. Lo studio di questi ultimi flussi è importante perché essi possono fornire informazioni importanti del sistema magmatico residuale, ancora attivo al di sotto di questi sistemi vulcanici, che possono costituire una importante sorgente di calore che può essere impiegata come risorsa geotermica. Sebbene una importante attività di ricerca venga condotta per caratterizzare la tipologia di sorgente (e.g. fumaroles, hot-springs, hot grounds) di alcune regioni, non esiste a tutt'oggi nessuna informazione relativa al "rischio vulcanico di questa area. Tra i vulcani del MER una attività recente è registrata nelle aree di Corbetti, Aluto, Tullu Moye, Boseti, Kone and Fantale. L'obiettivo di questa ricerca vuol in primo luogo, identificare e datare le eruzioni più recenti dei sistemi vulcanici sopra citati e, in secondo luogo, comprendere quale sia l'effetto delle proprietà fisiche sulle dinamiche di messa in posto delle colate di ossidiana. A tal fine verrà caratterizzato come la composizione del materiale vulcanico e l'effetto dei processi secondari (i.e. devetrificazione ed alterazione) influenza sia le proprietà fisiche e strutturali del magma che la risposta spettrale ottenuta da immagini satellitari. Un tale strumento potrebbe essere impiegato anche per il monitoraggio in tempo-reale per la predizione delle proprietà fisiche dei prodotti eruttati nel caso di una ripresa di attività nel MER.

The Main Ethiopian Rift (MER) situated in the northern part of the Great East African Rift System (GEARS) runs between about N7° to about N9°. Within this portion of the rift there are more than ten central volcanoes, most of them with calderas and associated pumiceous pyroclastic deposits and, most recently, degassed obsidian lava flows and domes. Study of these recent flows is important, as they may provide important information of residual magmatic systems, still active below these central volcanoes, and that may constitute an important source of heat to be employed as geothermal resource. Although significant research has been developed to characterize the source and kind of heat (e.g. fumaroles, hot-springs, hot grounds) in some places, there is practically no information about the potential volcanic hazard of the area. Among the central volcanoes of the MER recent activity is being recorded at Corbetti, Aluto, Tullu Moye, Boseti, Kone and Fantale. The objective of this research is two folds: firstly, identifying and dating the most recent eruptions of these volcanic systems and, secondly, understanding to which extent physical properties may control eruption dynamics. We will do that by characterising how the composition of the volcanic material and the effect of other secondary processes (e.g. devitrification or weathering) affect the physical and structural properties of magmas and the spectral reflectance response observed in satellite images. Such understanding would provide a real-time monitoring tool of the physical properties of volcanic products in the MER in the case of a volcanic unrest.



*Le spese di funzionamento del presente progetto di Dottorato saranno finanziate nell'ambito dei fondi: ricerca locale 2018-2021 (D. Giordano) ed eventuali fondi PRIN.*

**TITOLO 21:** Il ruolo della topografia e delle proprietà chimico-fisiche sulla dinamica di messa in posto delle colate laviche sull'isola di Tenerife (Canarie, Spagna): implicazioni per il rischio vulcanico. / The role of topography and physico-chemical properties in the emplacement dynamics of lava flows on the island of Tenerife (Canaries, Spain): implications on the volcanic hazard.

Tutore/Tutor: Dott. Daniele Giordano; Co-Tutori/Cotutor: Dott. Claudia Principe (CNR-IGG)

La reologia è uno dei parametri chiave che governano la dinamica eruttiva e di messa in posto delle colate laviche. I flussi lavici sono guidati dalla formazione di una "crosta" che dimostra un crescente contrasto reologico con la massa fusa del flusso lavico stesso. La comprensione dell'evoluzione reologica di fusi silicatici e lave durante la cristallizzazione richiede la misurazione delle loro proprietà di trasporto alle condizioni tipiche di messa in posto che tipicamente avvengono a condizioni di regime termico non-isotermo ed in disequilibrio termodinamico. In tali condizioni le lave sperimentano aumenti transienti della viscosità che gradualmente, in corrispondenza di un vero e proprio "cut-off" reologico, determinano una improvvisa risalita esponenziale della viscosità, che preannuncia la fase di arresto della colata. Il flusso ed il raffreddamento sono anche controllati dalla topografia e gli studi tesi a valutare la dinamica di messa in posto in aree a forte pendenza sono scarsi e prevalentemente limitati alla comprensione della messa in posto di flussi lavici estinti. L'obiettivo del progetto proposto è di ricostruire le condizioni termiche e deformative durante la messa in posto di flussi lavici di Tenerife. Le ragioni per affrontare questo studio sull'isola di Tenerife dipendono dalla grande varietà di morfologie e caratteristiche tessiturali incontrate e dalla eccezionale esposizione degli affioramenti. Le implicazioni del progetto prevedono anche, oltre alla comprensione del ruolo della topografia e delle proprietà chimico-fisiche sulla dinamica di messa in posto delle colate, l'ottenimento di utili informazioni per lo sviluppo di una migliorata valutazione del rischio vulcanico associato all'emissione di colate laviche nell'isola di Tenerife.

Rheology is one of the key parameters governing the emplacement of lava flows. Lava flows are directed by the increasing strength of a continuously growing rheological "crust". A detailed understanding of the rheological evolution of crystallizing melts and lavas requires direct measurement of the flow properties of lavas at emplacement conditions which typically occur at non-isothermal and non-equilibrium conditions. In such conditions, the lava undergoes transient increases in viscosity, reaching increasingly high degrees of undercooling which controls transient rheological gradient until when until a "rheological cut-off temperature" is reached, where the effective lava viscosity rises steeply. Flow and cooling are also controlled by and studies accounting for emplacement on high slopes surface are scarce and prevalingly limited to the understanding of the emplacement of extinct lava flows. The objective of this project is to reconstruct the thermal and shear conditions during the emplacement of lava flow at Tenerife. The reason to develop such investigation on the island of Tenerife depend on the largest variety of morphological, textural features and their exceptional exposure. The implications of this proposed project include, beside those related to the understanding of the role of topography and physico-chemical properties in the emplacement dynamics of lava flows, are also related to the development of improved hazard assessment during effusive eruptions and new evaluations of the emplacement conditions for large volume lava flows.



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

*Le spese di funzionamento del presente progetto di Dottorato saranno finanziate nell'ambito dei fondi: ricerca locale 2018-2020 (D. Giordano) e Gemex-CNR (C. Principe)*