

MINISTERO DELL'ISTRUZIONE DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA
Dipartimento per la formazione superiore e per la ricerca
Direzione Generale per il coordinamento, la promozione e la valorizzazione
della Ricerca
BANDO "AIM" (ATTRACTION AND INTERNATIONAL MOBILITY)

CODICE PROPOSTA: AIM1892731-2

S.S.D.: ICAR/09
S.C.: 08/B3

Attività N. 2

1. Area di specializzazione prevalente tra quelle relative alla SNSI

Cultural Heritage

2. Sintetica descrizione dello stato dell'arte e delle collaborazioni eventualmente già in essere

Il Dipartimento di Ingegneria e Geologia (INGEO) ha da anni incentrato le proprie attività su varie tematiche della SNSI del Cultural Heritage.

Indubbiamente, l'area 08 di ingegneria è quella che ha affrontato tali tematiche ad livello più avanzato, con particolare riferimento alla valutazione del rischio sismico su manufatti a valore storico-architettonico. Le specializzazioni acquisite hanno trovato, tra l'altro, una forte spinta propulsiva dopo il terremoto dell'Aquila. Infatti, i ricercatori del dipartimento hanno partecipato alla redazione di quattordici piani di ricostruzione di centri storici, trattando metodologie avanzate legate al recupero di beni culturali. Attività analoghe sono state svolte anche dopo altri terremoti. Si segnalano, a tal proposito, le collaborazioni con diverse università straniere, per attività di valutazione del danno e proposte di soluzioni per la ricostruzione, su centri storici patrimonio dell'UNESCO colpiti dal terremoto del 2015 in Nepal (<http://peer.berkeley.edu/news/2015/08/peer-osu-awarded-nsf-rapid-grant-for-post-disaster-data-collection-following-the-2015-nepal-earthquake/>), ovvero le numerose attività che INGEO sta svolgendo in alcuni comuni del cratere del terremoto dell'Italia Centrale. Infine, è sicuramente da menzionare l'accordo quadro che INGEO ha con la Municipalità e l'Università Andina del Cusco, per la valutazione della vulnerabilità sismica a scala urbana -e possibili misure di mitigazione del rischio- del centro storico di Cusco (Perù), patrimonio dell'UNESCO. Tale accordo ha avuto luogo a seguito di attività di ricerca intraprese da anni in Sudamerica dai ricercatori dell'area 08 nell'ambito del progetto di ricerca europeo Erasmus Mundus Elarch.

Oltre alle attività dell'area 08, una parte dell'area 04 di geologia si è specializzata nella caratterizzazione microscopica dei materiali solidi naturali (rocce e analoghi sintetici/industriali) e sulla loro influenza sulle proprietà macroscopiche; tali attività hanno permesso di attivare varie collaborazioni con enti di ricerca nazionali e università europee (INGV, Monaco, Strasburgo). Gli aspetti ingegneristici riguardanti la risposta sismica di manufatti di interesse culturale sono proficuamente correlabili agli aspetti archeometrici, ossia a tutte le caratteristiche microscopiche dei solidi di interesse nel Cultural Heritage. L'area 04 di INGEO si è occupata, ad oggi, solo marginalmente di archeometria, ma le metodiche acquisite per investigare le rocce (chimica d'insieme e delle fasi -cristalline e non-, caratteristiche cristallografiche e molecolari e della tessitura e fabric, etc.) sono le stesse usate per caratterizzare i materiali da costruzione di interesse per il Cultural Heritage.

Le attività di INGEO nell'ambito del Cultural Heritage sono testimoniate da vari progetti di ricerca. Oltre quelli già richiamati in precedenza, si citano: PROHITECH (Seismic PROtection of HIstorical buildings by reversible mixed TECHnologies; FP6-INCO), SERA-Re-Bond (REsponse of as-Built and strengthened three-leaf masONry walls by Dynamic tests. H2020-INFRAIA-2016-1), ReLUIIS (Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica-DPC). Si ricordano inoltre i diversi accordi quadro incentrati sull'uso di malte idrauliche compatibili con i beni culturali, quali quelli in essere con le aziende Kerkoll -che vede anche la collaborazione della Universitat Politècnica de Catalunya- e la Fornaci Calci Gricolin. Nell'ambito di tali e di altri progetti e collaborazioni sono state sviluppate le seguenti tematiche:

- *Applicazione di tecniche di rinforzo innovative per mitigare il rischio sismico di beni monumentali, anche mediante l'uso di materiali non tradizionali;*
- *Esecuzione di prove sperimentali su tavola vibrante su modelli a scala reale e conseguente calibrazione di modelli FEM;*
- *Analisi strutturale dei beni mediante Prove di Vibrazione Ambientale;*
- *Vulnerabilità sismica declinata a diverse scale (edificio-aggregato-centri storici)*

3. Descrizione delle attività previste

Obiettivo principale della linea di ricerca è potenziare ulteriormente l'azione multidisciplinare che INGEO sta mettendo in atto da anni attraverso un'integrazione di know-how che riguardano sia aspetti ingegneristici, applicati su scale meso e macroscopiche dei manufatti (area 08), sia caratteristiche microscopiche di solidi che li costituiscono (area 04). Questa fusione è tesa ad investigare, con un approccio olistico, le cause preponderanti di fragilità di manufatti dall'elevato valore storico-architettonico-monumentale rispetto agli effetti prodotti da terremoti, per selezionare interventi efficaci per la mitigazione del rischio sismico.

A complemento delle attività di ricerca descritte nella Sezione 5, INGEO necessita di approfondire le seguenti tematiche:

1. Sviluppo di una procedura organica per la valutazione delle caratteristiche meccaniche e strutturali che più incidono sulla risposta sismica di edifici esistenti che sono di interesse per il Cultural Heritage. Tali indagini riguarderanno sia il materiale, sia le componenti strutturali, sia l'intera struttura, attraverso metodologie multiscale.

2. Individuazione di tecniche di rinforzo specifiche, concepite attraverso l'uso di materiali a basso impatto ambientale, naturali o riciclati, per ridurre le principali fragilità sismiche dei beni in oggetto.

Per la prima tematica, INGEO recluterebbe un giovane ricercatore in mobilità internazionale (Linea 1); per la seconda, invece, un giovane ricercatore in attrazione che abbia partecipato o condotto programmi di ricerca attinenti (Linea 2.1).

Sebbene entrambi i ricercatori dovranno essere autonomi nella ricerca, essi saranno supportati dai ricercatori che già operano in INGEO o nelle Università con cui INGEO collabora sui temi del Cultural Heritage.

La prima tematica concerne tecniche di identificazione strutturale diversificate da mettere a sistema con il fine ultimo di raggiungere una conoscenza approfondita del comportamento sismico di costruzioni a carattere storico e/o monumentale, limitando l'impiego di tecniche invasive. Il prodotto finale di tale attività sarà un protocollo di indagine da mettere in atto ai fini dell'identificazione degli edifici storici, soprattutto allorché le peculiarità degli stessi non permettano indagini invasive a causa delle evidenti limitazioni dovute al valore del bene e a vincoli legislativi (i.e. art. 3 "Codice dei beni culturali e del paesaggio"). All'uopo, saranno considerati alcuni casi studio sia di edifici in cemento armato di valore storico/architettonico (XX secolo), sia di edifici in muratura di pregio e dall'alto valore culturale.

Per il comportamento microscopico dei materiali saranno applicate procedure basate su indagini da implementare per via diffrattometrica (XRPD) e per fluorescenza (XRF) dei raggi X, così da quantificare le fasi cristalline e la chimica d'insieme dei materiali costruttivi. Per tali materiali, saranno effettuate analisi delle caratteristiche micro-chimiche e tessiturali tramite EPMA (Electron probe micro-analysis) e SEM (Scanning Electron Microscopy), applicate su piccoli campioni (pochi cm³). Questi dati individueranno le fasi maggiormente responsabili delle basse caratteristiche meccaniche (modulo elastico e tensioni resistenti) dei materiali e degli edifici.

A livello di analisi delle componenti strutturali, al fine di identificare sia le consistenze, sia possibili difetti delle componenti, saranno applicate indagini non distruttive tradizionali, come analisi con termocamere, ultrasuoni, prove sclerometriche, magnetometriche e endoscopiche.

Infine, l'analisi dell'intero manufatto sarà implementata attraverso Prove di Vibrazione Ambientale basate sia su metodologie tradizionali con accelerometri, sia, in maniera più innovativa, attraverso l'uso di videocamere ad alta velocità di acquisizione (Motion Magnification). Tali indagini permetteranno di conoscere le caratteristiche dinamiche dei manufatti

A valle delle indagini descritte sopra, i dati ottenuti dalle analisi microscopiche sui materiali e sulle componenti strutturali saranno utilizzate per costruire modelli agli elementi finiti, la cui risposta modale andrà confrontata con i risultati delle indagini condotte per l'identificazione dinamica dell'intero manufatto. Laddove tali risultati non coincidano, saranno proposte modalità di taratura che riguarderanno tutte quelle caratteristiche che, nonostante l'approfondimento della campagna di indagini implementata, non sono state correttamente individuate (si pensi ad esempio al grado di vincolo esercitato dai solai negli edifici in muratura).

La seconda attività di ricerca riguarderà l'implementazione di nuove tecnologie per il miglioramento sismico basate sull'uso di materiali a base vegetale (canapa, iuta, legno, lino, ecc.) o di materiali riciclati dalla plastica (PET, PVC, PP, PE, etc.), da utilizzare come fibre, organizzate in reti, da accoppiare a matrici inorganiche stabilizzate a base pozzolanica. Tali matrici sono costituite da malte idrauliche perfettamente compatibili con i supporti che caratterizzano i beni culturali.

Le attività da condurre, di natura sperimentale e numerica, avranno lo scopo di affrontare sia le problematiche legate all'adesione del composito al supporto (problemi di interfaccia), sia il comportamento, in termini di resistenza e duttilità, di intere componenti strutturali (pannelli murari, archi, volte, colonne in muratura, elementi in c.a.), quando il composito è applicato; tutto ciò considerando stati di sollecitazioni che sono tipici degli elementi strutturali investigati. Inoltre, per i sistemi fibrorinforzati analizzati, saranno affrontati problemi legati alla durabilità, focalizzando l'attenzione sul degrado di prestazione causato dalla presenza di sali in ambienti aggressivi e sulle variazioni di efficacia dei sistemi proposti, in particolare in termini di adesione tra rinforzo e substrato. Gli stessi provini analizzati sperimentalmente secondo quanto descritto in precedenza saranno sottoposti a cicli di degrado a valle dei quali saranno condotte analisi sullo stato di cristallizzazione salina delle malte. Si procederà quindi alla reiterazione delle prove sperimentali, così da correlare le variazioni di resistenza e duttilità con le variate caratteristiche meccaniche della malta e dell'interfaccia malta-supporto.

Le due attività proposte ben si inquadrano in uno degli undici obiettivi tematici (OT) dichiarati come prioritari dall'Unione Europea per la coesione economica e sociale: OT5-"Adattamento ai cambiamenti climatici e prevenzione e gestione del rischio". Tuttavia, è facilmente riscontrabile che le attività qui proposte possono avere ricadute sull'OT3-"Competitività delle PMI" e sull'OT-8 "Occupazione e sostegno alla mobilità dei Lavoratori". Il progetto, infatti punta a sviluppare prodotti innovativi per la protezione sismica dei manufatti, in un territorio di riferimento (il cratere del terremoto dell'Italia Centrale del 2016) che nei prossimi anni vedrà un ciclo economico fortemente incentrato sulla ricostruzione/miglioramento sismico di beni culturali danneggiati dai recenti terremoti.

Inoltre, essendo uno dei principali obiettivi del progetto quello di proporre soluzioni antisismiche innovative, basate sull'uso di materiali a base vegetale e/o riciclati, risultano evidenti le ricadute in termini di OT "Transizione verso un'economia a basse emissioni di carbonio" e "Tutela dell'ambiente ed efficienza delle risorse".

Non è poi da trascurare che la maggior parte dell'edilizia pubblica in Italia è caratterizzata da edifici che, oltre ad avere elevata vulnerabilità sismica, presentano spesso alto valore storico-architettonico, per cui le finalità del progetto possono anche essere inquadrare nell'OT10-"Istruzione, competenze ed apprendimento permanente", con riferimento

a scuole e università, e OT11-"Potenziamento della capacità istituzionale e amministrazioni pubbliche efficienti", per uffici pubblici.

4. Aspetti di coerenza della richiesta con l'area di specializzazione prevalente

Le attività di ricerca proposte sono in piena coerenza con uno dei domini di conoscenza espressamente dichiarati per il Cultural Heritage: "Gestione del patrimonio storico-artistico-architettonico- attività aventi a che fare con la conservazione, la fruizione e la messa a valore del patrimonio culturale, tanto nelle sue dimensioni tangibili che in quelle intangibili".

Tra l'altro, le attività proposte si inquadrano in un contesto territoriale, quello costituito dalle zone interessate dai due terremoti dell'Aquila 2009 e dell'Italia Centrale 2016, in cui la ricostruzione e la gestione del rischio sismico del Cultural Heritage costituiscono temi di fondamentale importanza nell'individuazione di priorità di investimento sostenibili -nel medio e lungo termine- nonché nella definizione delle azioni che decisori politici e stakeholder dovranno intraprendere. Si ricorda, infatti, che si tratta di territori fortemente caratterizzati dalla presenza di chiese, palazzi e castelli, avendo essi fatto parte dello Stato Pontificio in epoche in cui la magnificenza dei beni culturali, che rappresenta oggi elemento di forte attrazione turistica, ebbe luogo, pervenendo, spesso intatta, sino ai giorni nostri.

Non è poi da sottovalutare che, sebbene le attività di ricerca proposte siano esplicitamente indirizzate alla protezione sismica degli edifici che formano il patrimonio culturale, tuttavia, esse avranno ricadute anche sulla protezione dei beni artistici che sono contenuti in quegli edifici e che potrebbero subire inaccettabili perdite a seguito di crolli.

Quindi, i risultati che saranno raggiunti avranno, da un lato, una forte ricaduta in termini di sviluppo regionale/sovraregionale -favorendo tra l'altro la "coesione territoriale"- e, dall'altro, forniranno la base scientifica, supportata da dati reali (il cratere sismico come laboratorio a cielo aperto), per interventi che in futuro dovranno essere intrapresi, in forma preventiva, sui beni culturali anche di altri territori.