

La seconda edizione della Giornata della Ricerca del Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura e Ambientale (DICEAA), denominata "Il contributo della ricerca per lo sviluppo sostenibile del territorio", si colloca tra le attività contemplate all'interno del progetto del Dipartimento di Eccellenza MUR 2023-2027. Progetto che mira a sviluppare un approccio interdisciplinare per affrontare le sfide legate alla sicurezza del territorio e del costruito, allo sviluppo equilibrato e inclusivo, allo studio e documentazione del patrimonio, all'innovazione tecnologica, alla proposta e validazione di processi virtuosi in contesti fragili e complessi. Il DICEAA comprende una vasta gamma di settori scientifico-disciplinari (SSD) rappresentati da 21 gruppi di ricerca. Il Dipartimento, infatti, coinvolge un totale di 19 SSD attinenti tre aree tematiche diverse. In particolare, un gruppo di "Scienze della terra", due di "Ingegneria industriale e dell'informazione" e la maggior parte dei gruppi di ricerca, con 16 differenti SSD, attinenti alla macroarea "Ingegneria Civile e Architettura".

ATTI DELLA GIORNATA DELLA RICERCA DICEAA

Seconda Edizione

# ATTI DELLA GIORNATA DELLA RICERCA DEL DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE-ARCHITETTURA E AMBIENTALE DELL'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA

Seconda edizione

A cura di Filippo De Dominicis, Pamela Maiezza, Patrizia Montuori, Marianna Rotilio, Matteo Abita, Maria Alicandro, Davide Pasquali, Simona Di Nino, Tullio De Rubeis, Martina Sciomenta, Lorena Fiorini, Lucia Saganeiti, Sara Zollini, Chiara Marchionni, Angelo Aloisio

# IL CONTRIBUTO DELLA RICERCA PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE DEL TERRITORIO



edifir  
EDIZIONI FIRENZE



Dipartimento di  
Ingegneria Civile,  
Edile-Architettura  
e Ambientale  
DIPARTIMENTO  
DI ECCELLENZA  
— MUR —  
2023-2027

# ATTI DELLA GIORNATA DELLA RICERCA DEL DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE-ARCHITETTURA E AMBIENTALE DELL'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA

Seconda edizione  
L'Aquila, 12 aprile 2024

## **Il contributo della ricerca per lo sviluppo sostenibile del territorio**

# **Atti della Giornata della Ricerca del Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura e Ambientale dell'Università degli Studi dell'Aquila**

Seconda edizione  
L'Aquila, 12 aprile 2024

## **Il contributo della ricerca per lo sviluppo sostenibile del territorio**

*A cura di*

Filippo De Dominicis, Pamela Maiezza, Patrizia Montuori, Marianna Rotilio, Matteo Abita,  
Maria Alicandro, Davide Pasquali, Simona Di Nino, Tullio De Rubeis, Martina Sciomenta,  
Lorena Fiorini, Lucia Saganeiti, Sara Zollini, Chiara Marchionni, Angelo Aloisio

*Coordinatrice delle attività*

Lorena Fiorini

*Realizzazione editoriale*

© Copyright 2024 by Edifir-Edizioni Firenze  
Via de' Pucci, 4 — 50122 Firenze (Italia)  
Tel. +39/055289639  
www.edifir.it — edizioni-firenze@edifir.it

*Responsabile del progetto editoriale*

Andrea Polverosi

*Responsabile editoriale*

Elena Mariotti

Prima edizione: aprile 2024  
978-88-9280-219-3

Immagine di copertina realizzata da Filippo De Dominicis  
Università degli Studi dell'Aquila

*Il presente volume è stato finanziato con i fondi del Dipartimento di Eccellenza  
MUR 2023-2027*

Fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume/fascicolo di periodico dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, comma 4, della legge 22 aprile 1941 n. 633 ovvero dall'accordo stipulato tra SIAE, AIE, SNS e CNA, ConfArtigianato, CASA, CLAAI, ConfCommercio, ConfEsercenti il 18 dicembre 2000. Le riproduzioni per uso differente da quello personale sopracitato potranno avvenire solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata dagli aventi diritto dall'editore. Photocopies for reader's personal use are limited to 15% of every book/issue of periodical and with payment to SIAE of the compensation foreseen in art. 68, codicil 4, of Law 22 April 1941 no. 633 and by the agreement of December 18, 2000 between SIAE, AIE, SNS and CNA, ConfArtigianato, CASA, CLAAI, ConfCommercio, ConfEsercenti. Reproductions for purposes different from the previously mentioned one may be made only after specific authorization by those holding copyright the Publisher.

# »»» Indice

<b>Premessa</b>	»»	5
Prof. Edoardo Alesse, Rettore		
<b>Introduzione</b>	»»	7
Prof. Pierluigi De Berardinis, Direttore DICEAA		
<b>Parte I</b>		
<b>Il DICEAA: persone, strutture e attività</b>		
<b>I.1. Presentazione del Dipartimento</b>	»»	11
Il Dipartimento di Eccellenza 2023-2027	»»	12
<b>I.2. La direzione e il personale Tecnico e Amministrativo</b>	»»	15
I direttori negli anni	»»	15
Il personale tecnico amministrativo	»»	15
<b>I.3. I gruppi di ricerca</b>	»»	17
<b>I.4. Laboratori</b>	»»	41
Presentazione	»»	41
Composizione	»»	42
Attività	»»	49
Potenziali fruitori delle attività	»»	50
<b>I.5. Attività di Terza missione: il finanziamento dei dottorati industriali</b>	»»	51

## **Parte II**

### **II DICEAA: gli ambiti di ricerca**

<b>II.1.</b>	Costruzioni marittime	»	55
<b>II.2.</b>	Costruzioni idrauliche e protezione del territorio	»	65
<b>II.3.</b>	Trasporti e Strade	»	71
<b>II.4.</b>	Geomatica	»	77
<b>II.5.</b>	Geotecnica	»	83
<b>II.6.</b>	Dinamica di strutture reali e modelli leggeri in regime lineare e nonlineare - Identificazione e monitoraggio di strutture civili	»	91
<b>II.7.</b>	Modelli analitici, computazionali e sperimentazione di tecniche innovative di protezione dinamica e sismica per strutture tipo blocco rigido e strutture intelaiate	»	95
<b>II.8.</b>	Modelli e metodi per la meccanica dei continui generalizzati	»	99
<b>II.9.</b>	Modelli e metodi per la meccanica non lineare delle strutture	»	107
<b>II.10.</b>	Modellazione isteretica di elementi di calcestruzzo armato soggetti ad azione sismica pluriassiale	»	115
<b>II.11.</b>	Sviluppo di tecniche innovative per l'ingegneria sismica	»	119
<b>II.12.</b>	Tecnica delle costruzioni	»	125
<b>II.13.</b>	Architettura tecnica	»	133
<b>II.14.</b>	La produzione edilizia tra innovazione digitale e transizione green	»	137
<b>II.15.</b>	Architettura: storia, restauro e progetto	»	149
<b>II.16.</b>	Disegno e rappresentazione architettonica	»	155
<b>II.17.</b>	Ingegneria degli Indicatori di dinamica/impatto insediativo	»	161
<b>II.18.</b>	Rischi e dotazioni per il progetto delle forme post-urbane	»	169
<b>II.19.</b>	Geologia applicata	»	175
<b>II.20.</b>	Fisica tecnica ambientale e impianti	»	179
<b>II.21.</b>	Chimica e Tecnologia dei Materiali per i Sistemi Edilizi	»	183



## Premessa

Prof. Edoardo Alesse

Rettore

La seconda edizione della Giornata della Ricerca del Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura e Ambientale dell'Università degli Studi dell'Aquila costituisce un rilevante contributo alla promozione della ricerca e dello sviluppo sostenibile del territorio, centrale rispetto agli obiettivi dell'Ateneo ed in continuità con la precedente edizione

L'Università degli Studi dell'Aquila, infatti, coerentemente con gli obiettivi del Piano Strategico 2020-2025, si prefigge di: i) costruire una comunità accademica solidale, inclusiva, rispettosa delle diversità e aperta al dialogo; ii) contribuire allo sviluppo sostenibile del territorio, promuovendo una ricerca aperta e responsabile; iii) essere un punto di riferimento per la formazione e lo sviluppo culturale di tutti e iv) contribuire, tramite le sue missioni di Formazione, Ricerca, Terza Missione a dare risposta alle esigenze ed alle richieste delle comunità di riferimento.

L'Ateneo, inoltre, è impegnato a sostenere l'attività dei giovani ricercatori, promuovendo la libera ricerca, la divulgazione dei risultati scientifici e il confronto delle idee. In linea con gli obiettivi del progetto di Dipartimento di Eccellenza 2023-2027, attraverso un approccio interdisciplinare, multidisciplinare e transdisciplinare vogliamo affrontare le sfide riguardanti la sicurezza del territorio e del costruito, lo sviluppo equilibrato e inclusivo, l'innovazione tecnologica e la resilienza ambientale.

Questo volume è stato reso possibile grazie alla partecipazione attiva dei giovani e raccoglie una varietà di contributi legati a diverse tematiche di ricerca realizzate da tutti i gruppi di ricerca afferenti al DICEAA. La lettura di questo lavoro ci consente di esplorare nuove idee e metodologie, contribuendo al progresso continuo e strutturato del sapere.

Ci auguriamo che questo volume sia da stimolo per coloro che sono impegnati nella ricerca scientifica e nell'insegnamento, contribuendo alla promozione di un ambiente inclusivo, sostenibile, sicuro e resiliente per le generazioni future.







## Introduzione

Prof. Pierluigi De Berardinis

Direttore DICEAA

Dopo il successo della prima edizione della Giornata della Ricerca del Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura e Ambientale (DICEAA) tenutasi nel 2022, abbiamo fortemente voluto dare continuità a questo importante evento attraverso l'organizzazione della sua seconda edizione, questa volta denominata "Il contributo della ricerca per lo sviluppo sostenibile del territorio". Quest'anno, la giornata assume un significato ancora più profondo, poiché si colloca tra le attività contemplate all'interno del progetto del Dipartimento di Eccellenza MUR 2023-2027, il quale mira a sviluppare un approccio interdisciplinare per affrontare le sfide legate alla sicurezza del territorio e del costruito, allo sviluppo equilibrato e inclusivo, allo studio e documentazione del patrimonio, all'innovazione tecnologica, alla proposta e validazione di processi virtuosi in contesti fragili e complessi. Questo evento rappresenta un'opportunità per riflettere sulle attività di ricerca in corso e per celebrare i risultati ottenuti e siamo fiduciosi che possa diventare un appuntamento costante e contribuire a far conoscere l'importanza del nostro Dipartimento nell'ambito della ricerca scientifica e tecnologica. La giornata è stata pensata come un'opportunità di confronto reciproco e, al tempo stesso, un momento per condividere le nostre competenze con tutta la comunità accademica ed il mondo esterno, consolidando il nostro ruolo centrale nel panorama della ricerca e dell'innovazione.

Di tutto questo si è voluto tenere traccia attraverso la predisposizione della seconda edizione degli Atti della Giornata della Ricerca DICEAA, una pubblicazione di dipartimento (curatela) in linea con gli obiettivi del "Piano Triennale di Sviluppo della Ricerca, Terza Missione e Impatto Sociale di Dipartimento (PTSR)", che promuove l'interdisciplinarietà tra i vari Settori Scientifico-Disciplinari.

Nella pubblicazione viene presentata la sintesi delle linee di ricerca attive nel periodo 2022-2023, e relativi prodotti scientifici, di tutti i gruppi che compongono il Dipartimento ed operanti nei diversi settori. Questo volume, presentato durante l'evento stesso, è una testimonianza della vivacità del nostro Dipartimento e della



dedizione dei nostri ricercatori che continuano a lavorare verso nuove frontiere della conoscenza, e pone l'accento sull'importanza della ricerca come motore per il cambiamento e per il raggiungimento degli obiettivi di sviluppo sostenibile. Nel contesto attuale, caratterizzato dalla crescente importanza della ricerca per il progresso sociale ed economico, la nostra capacità di produrre innovazione diventa sempre più cruciale. Le risorse umane e strumentali del Dipartimento, l'interdisciplinarietà, l'intercambio di conoscenze e la collaborazione proattiva tra i diversi gruppi di ricerca ci permette di affrontare le sfide più complesse del nostro tempo e di creare soluzioni innovative per un futuro migliore. Tutto ciò rafforzato e sostenuto dalle attività previste dal progetto di Dipartimento di Eccellenza 2023-2027.



Parte I

## **II DICEAA: persone, strutture e attività**



# 1.1 >>>

## Presentazione del Dipartimento

Il Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura e Ambientale (DICEAA) la cui sede principale si trova a L'Aquila, in località Monteluco di Roio, accoglie dal 2012 il personale docente e tecnico-amministrativo dei preesistenti Dipartimenti di Ingegneria delle Strutture, delle Acque e del Terreno e di Urbanistica ed Architettura. La sua finalità risiede nella ricerca, nello sviluppo e nell'insegnamento delle scienze dell'ingegneria civile, ambientale e dell'edile-architettura.

Il DICEAA è, infatti, nato con lo scopo di armonizzare e di mettere a sistema le aree scientifiche presenti nell'Università dell'Aquila che forniscono il loro contributo agli ambiti culturali dell'Ingegneria Civile, dell'Ingegneria Edile-Architettura e dell'Ingegneria Ambientale.

In particolare, nell'ambito dell'Ingegneria Civile, il DICEAA è impegnato nelle tematiche relative alla progettazione, realizzazione, manutenzione, sicurezza e monitoraggio strutturale delle opere d'ingegneria civile (strutture, opere idrauliche e marittime, costruzioni in terra e fondazioni, strade, ponti, ferrovie, porti e aeroporti), con una particolare attenzione alla progettazione e all'adeguamento sismico del patrimonio edilizio diffuso e dell'architettura monumentale. Tale ambito include la modellazione matematica e fisico-sperimentale del comportamento meccanico e dinamico dei materiali, delle strutture, della terra e dell'acqua e delle loro reciproche interazioni.

Nell'ambito dell'Ingegneria Edile e dell'Architettura, il DICEAA si occupa della pianificazione territoriale; della progettazione, del disegno, del rilevamento e del restauro architettonico e urbano, compreso il recupero del costruito e la conservazione e valorizzazione dei beni culturali e ambientali; della tutela paesaggistica; della produzione e organizzazione del cantiere; dell'estimo e della legislazione in ambito edilizio e urbanistico; della storia dell'architettura, della città e delle tecniche costruttive; dell'impiantistica per l'edilizia; della topografia e cartografia; delle infrastrutture per la mobilità.

Nell'ambito dell'Ingegneria Ambientale e del Territorio, le tematiche di interesse includono la progettazione, la realizzazione e manutenzione delle opere per la

messa in sicurezza e il recupero del territorio e delle coste, nonché per la mitigazione dei rischi ambientali; lo studio, il rilievo e il monitoraggio fisico, chimico e biologico dei parametri ambientali, inclusi quelli geologici e geo-morfologici e le loro analisi statistiche; lo sviluppo di tecniche di geomatica e di metodi e di modellistica fisico-matematica per le analisi di pericolosità e di rischio del territorio, per la valutazione ambientale strategica (VAS) e per la valutazione di incidenza e di impatto ambientale (VINCA-VIA) dei progetti d'ingegneria civile e d'infrastrutturazione del territorio; lo studio di sistemi esperti per la gestione e il preannuncio di eventi estremi inclusi quelli di maremoto; la gestione integrata del territorio e delle aree costiere; la depurazione integrata ed il trattamento delle acque e dei rifiuti solidi; la bonifica dei siti contaminati inclusi quelli marini.

Nel contesto del Dipartimento operano tre centri di ricerca con respiro interdipartimentale ed extra-ateneo: il Centro di Ricerca e Formazione per l'Ingegneria Sismica (CERFIS); il Centro internazionale di ricerca per la Matematica e la Meccanica dei Sistemi Complessi (M&MOCS); il Centro Interdipartimentale Trasporti e Mobilità Sostenibile (CITraMS).

### »» Il Dipartimento di Eccellenza 2023-2027

Il progetto di Dipartimento di Eccellenza 2023-2027 mira allo sviluppo del DICEAA in un'ottica di unitarietà interdisciplinare, multidisciplinare e transdisciplinare che coinvolge le diverse competenze e si basa sull'uso delle risorse, umane e strumentali, già esistenti e di quelle pianificate nell'ambito del progetto. Il progetto definisce un percorso di sviluppo multidisciplinare del Dipartimento e, in particolare, delle sue competenze nella ricerca e nella didattica di elevata qualificazione, in relazione alla sicurezza del territorio e del costruito, allo sviluppo equilibrato e inclusivo, allo studio e documentazione del patrimonio, all'innovazione tecnologica, alla proposta e validazione di processi virtuosi in contesti fragili e complessi. Il progetto ha come obiettivi scientifici la definizione, l'implementazione e la validazione di strategie e modelli di sviluppo per un ambiente inclusivo, sostenibile, sicuro e resiliente.

Tali obiettivi scientifici coincidono con la definizione di linee di ricerca integrate e operano secondo approcci transcolari rispetto a tre ambiti descritti in forma binomiale:

- »» Territorio — Sistemi insediativi
- »» Infrastrutture — Sistemi di rete
- »» Patrimonio Edilizio — Sistemi tecnologici

Rispetto ai tre ambiti, gli obiettivi scientifici, strumentali al raggiungimento di un elevato livello di qualità del DICEAA, coincidono con lo sviluppo di quattro tematiche principali, che esprimono le sinergie disciplinari del Dipartimento ed il riconosciuto spirito di unità e trasversalità del progetto:

- » Obiettivo Scientifico 1: Sicurezza dell'ambiente naturale e costruito
- » Obiettivo Scientifico 2: Strategie di sviluppo equilibrato e inclusivo
- » Obiettivo Scientifico 3: Dal sapere dei padri all'innovazione tecnologica
- » Obiettivo Scientifico 4: Processi e progetti virtuosi in contesti fragili e complessi

Il progetto adotta come strategie il potenziamento delle attività di ricerca già in essere e la promozione dello sviluppo e affermazione di nuove linee; la promozione e il supporto all'internazionalizzazione del Dipartimento; la promozione e il sostegno alla qualità delle iniziative didattiche di alta formazione; la promozione e l'incremento dell'interdisciplinarietà e multidisciplinarietà delle attività didattiche di alta qualificazione e delle attività di ricerca; la ricerca e la definizione delle migliori condizioni per favorire l'azione del Dipartimento nel territorio di riferimento integrando servizi ed attività di ricerca (attività di Terza Missione).

Le strategie si stanno concretizzando attraverso la messa in campo di specifiche azioni: il reclutamento mirato e funzionale al raggiungimento degli obiettivi scientifici e di sviluppo; il potenziamento e l'integrazione delle infrastrutture dipartimentali; la definizione di attività didattiche di elevata qualificazione a servizio dagli obiettivi di sviluppo.

Al fine di stabilire strategie di validità generale, il progetto considera come riferimento e luogo di sperimentazione il proprio territorio di influenza, che diventa caso di studio da cui evincere pratiche organizzative e procedurali di validità generale, nazionale ed internazionale, che includono il coinvolgimento dei principali portatori di interesse. A tal proposito, a sottolineare l'impatto atteso del progetto, i principali portatori di interesse del territorio (Ufficio Speciale per la Ricostruzione della Città dell'Aquila, USRA, e dei Comuni del Cratere, USRC; Ente Paritetico per la Formazione e la Sicurezza in Edilizia della Provincia dell'Aquila, ESE-CPT) hanno sottoscritto una lettera di impegno a partecipare al progetto, anche con un contributo attivo di cofinanziamenti alle attività e/o di coinvolgimento degli esperti presenti nell'organico degli Enti.

Parte integrante del progetto è la fondazione del Centro di Ricerca ROOTS (centro di ricerca rigenerazione sostenibile e Sviluppo) sulla rigenerazione sostenibile dell'ambiente costruito in contesti fragili anche post emergenziali, dotato di un centro di documentazione e di un laboratorio sui materiali da riuso (Recupero, Riuso, Riciclo) e da filiera locale. Lo scopo del centro di documentazione è quello

di divulgare dati e risultati delle attività di ricerca, mentre il Laboratorio ha il fine di rappresentare una realtà di eccellenza e innovazione innestata su modelli di economia circolare, espressi da filiere che gravitano sull'uso delle risorse locali. Nel caso specifico di ESE-CPT, la lettera di impegno comprende la cessione, in comodato d'uso gratuito, di un capannone che sarà la sede operativa del nuovo laboratorio connesso al ROOTS. Le strategie di sviluppo evidenziano da una parte un rafforzamento delle collaborazioni con importanti realtà del territorio, dall'altra l'estrema integrazione delle azioni programmate.

Il miglioramento e potenziamento delle risorse umane e infrastrutturali del Dipartimento si coniuga anche con l'istituzione del ROOTS, favorendo un'attività di ricerca avanzata, potenziando e coordinando le attività dei laboratori esistenti sulle tematiche del progetto generale, incrementando le attività conto terzi e di disseminazione e la collaborazione con i portatori di interessi, il territorio, le strutture produttive e le amministrazioni; incrementando l'attrazione di talenti, anche esteri, che permetteranno un salto di qualità del percorso dottorale e la promozione di percorsi di eccellenza, alimentati dai risultati ottenuti nelle attività di ricerca. Tali azioni avranno una diretta e positiva ricaduta sul posizionamento del Dipartimento nel panorama nazionale e internazionale, già attualmente ad un buon livello.



## I.2 >>>

### La Direzione e il personale Tecnico e Amministrativo

#### >>> I Direttori negli anni

Dal 2012, anno in cui è stato costituito, il DICEAA ha visto avvicinarsi i seguenti Direttori:

- >> Prof. Dante Galeota, per il triennio 2012-2015, a decorrere dal 17/05/2012 al 17/05/2015;
- >> Prof. Angelo Luongo, per il triennio 2015-2018, a decorrere dal 18/05/2015 al 17/05/2018;
- >> Prof. Angelo Luongo per il triennio 2018-2021, a decorrere dal 18/05/2018 al 17/05/2021;
- >> Prof. Pierluigi De Berardinis, per il triennio 2021-2024, a decorrere dal 18/05/2021 al 17/05/2024.

#### >>> Il personale Tecnico e Amministrativo

Attualmente fa parte del settore tecnico e amministrativo il seguente personale:

Per l'Area Amministrativa	
	D
	Flavio Grimaldi Domenico Ciotti Rosetta D'Addario Alessandro Di Cesare
	C
	Oscar Colaiuda Rovenza Di Paola Fabrizio Marchetti



<b>Per l'Area Tecnica</b>	
	Coordinamento tecnico di area (D)
	Elena Antonacci Giuseppe Colagrande Matteo Totani
	Personale tecnico (C)
	Edoardo Ciuffetelli Nicolò Ficara Pasqualino Gualtieri Lucio Matergia Alfredo Peditto



## **I.3 >>>**

### **I gruppi di ricerca**

Il DICEAA comprende una vasta gamma di settori scientifico-disciplinari (SSD) rappresentati da 21 gruppi di ricerca. Coinvolge un totale di 19 SSD, principalmente attinenti all'area CUN 08 "Ingegneria Civile e Architettura" (ICAR), con 16 differenti SSD. Tre gruppi sono invece rappresentativi di aree tematiche diverse, ovvero uno di Scienze della terra (GEO), area CUN 04 e due di Ingegneria industriale e dell'informazione (ING-IND), area CUN 09. In particolare:

- » Ingegneria Civile e Architettura - Area CUN 08
  - › Idraulica - ICAR/01
  - › Costruzioni idrauliche e marittime e idrologia - ICAR/02
  - › Strade, ferrovie ed aeroporti - ICAR/04
  - › Trasporti - ICAR/05
  - › Topografia e cartografia - ICAR/06
  - › Geotecnica - ICAR/07
  - › Scienza delle costruzioni - ICAR/08
  - › Tecnica delle costruzioni - ICAR/09
  - › Architettura tecnica - ICAR/10
  - › Produzione edilizia - ICAR/11
  - › Composizione architettonica e urbana - ICAR/14
  - › Disegno - ICAR/17
  - › Storia dell'architettura - ICAR/18
  - › Restauro - ICAR/19
  - › Tecnica e pianificazione urbanistica - ICAR/20
  - › Urbanistica - ICAR/21
- » Scienze della terra - Area CUN 04
  - › Geologia applicata - GEO/05
- » Ingegneria industriale e dell'informazione - Area CUN 09
  - › Fisica tecnica ambientale - ING-IND/11
  - › Scienza e tecnologie dei materiali - ING-IND/22

I gruppi di ricerca sono composti sia da personale del DICEAA, rappresentato da 15 professori ordinari, 19 professori associati, 24 ricercatori (RTD-B e RTD-A), 50 dottorandi (cicli XXXVII, XXXVIII e XXXIX) e vari assegnisti/borsisti di ricerca, sia da collaboratori esterni.

Di seguito si riporta la descrizione sintetica di tutti i gruppi di ricerca del DICEAA.

## »» Costruzioni marittime

### Responsabile Scientifico

DI RISIO Marcello

### Componenti

Membri senior TODISCO Maria Teresa, DI NUCCI Carmine, PASQUALI Davide

Membri (Ph.D.) CELLI Daniele

Dottorandi CIPOLLONE Ludovico, DI MUZIO Ilaria, GIANFORTE Valerio,  
FONTANA Sophie, SPERA Roberta, KHAN Raja Khurram  
Mahmood

### Descrizione

Il gruppo di ricerca affronta problemi nell'ambito dell'idraulica applicata e dell'ottimizzazione e verifica e delle costruzioni idrauliche e marittime. Gli strumenti utilizzati ricadono nell'ambito della modellazione matematica (sia analitica, sia numerica), dell'analisi dei dati e della modellazione sperimentale. I principali temi di ricerca affrontati sono: i) modellazione analitica, numerica e sperimentale del comportamento idraulico e strutturale di opere idrauliche e marittime; ii) modellazione analitica, numerica e sperimentale della generazione, propagazione e interazione con i contorni di onde di superficie (sia nell'ambito di fenomeni transitori, sia nell'ambito di fenomeni caratterizzati dalla stazionarietà dell'energia); iii) analisi idrodinamica di dispositivi per l'estrazione energetica dal moto ondoso; iv) analisi di rischio della fascia costiera; v) analisi degli effetti ambientali indotti da operazioni marittime (es. dragaggio); (vi) morfodinamica costiera. Le attività di ricerca vengono effettuate in collaborazione con ricercatori di altri gruppi di ricerca del Dipartimento, ma anche con ricercatori di altri Atenei Italiani e di centri di ricerca nazionali e internazionali.

**Settore ERC:** PE8\_3 — Civil engineering, maritime/hydraulic engineering, geotechnics, waste treatment; PE10\_17 — Hydrology, water and soil pollution; PE8\_6 — Energy systems (production, distribution, application).

## »» Costruzioni idrauliche e protezione del territorio

### Responsabile Scientifico

SCORZINI Anna Rita

### Componenti

Collaboratori DI BACCO Mario, ACHARYA Pradeep

### Descrizione

Il gruppo è attivo nell'ambito delle seguenti tematiche: i) analisi sperimentale delle correnti a superficie libera per il corretto dimensionamento delle opere idrauliche, e.g. dissipatori di energia e strutture di derivazione; ii) modelli e metodi per la valutazione del rischio idraulico: modelli quantitativi di rischio per la pianificazione e progettazione degli interventi di mitigazione, analisi idrologiche ed idrauliche per la definizione degli scenari alluvionali, sviluppo di modelli di danno da fenomeni di inondazione, sia fisicamente basati che data driven; iii) studio degli effetti dei terremoti sulla risposta idrologica degli acquiferi; iv) analisi degli effetti dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche.

**Settore ERC:** PE8\_3 — Civil engineering, maritime/hydraulic engineering, geotechnics, waste treatment; PE10\_17 — Hydrology, water and soil pollution.

## »» Trasporti e Strade

### Responsabile Scientifico

D'OVIDIO Gino

### Componenti

Membri senior COLAGRANDE Sandro

Dottorandi CICCONI Morena, D'ANGELO Lorenzo Mario

### Descrizione

Il gruppo di ricerca affronta tematiche nell'ambito dei sistemi di trasporti stradali, ferroviari e marittimi e delle corrispondenti infrastrutture incluse quelle aeroportuali. In particolare, gli argomenti di ricerca sono incentrati sullo studio, analisi e sviluppo delle componenti infrastrutturali e veicolari dei sistemi di trasporto terrestri, sia a guida libera che vincolata. I principali ambiti di ricerca dei settori "Trasporti" e "Strade" riguardano le seguenti tematiche: i) sistemi di trasporto a levitazione magnetica in superconduzione a via guidata; ii) sistemi integrati per la mobilità urbana sostenibile con veicoli di trasporto collettivo ad emissione nulla iii) interazione dinamica nel sistema "veicolo-via"; iv) la messa in sicurezza di strade ad alta incidentalità; v) l'impatto ambientale delle infrastrutture di trasporto; vi) l'impiego di materiali di riciclaggio nelle infrastrutture stradali, sistemi di gestione della manutenzione stradale; vii) l'analisi in remote sensing delle infrastrutture di trasporto terrestre; viii) lo studio delle pavimentazioni stradali in pietra; ix) produzione di energia dalle pavimentazioni stradali x) Analisi della sicurezza alla guida tramite simulatore di guida.

**Settore ERC:** PE8\_12 — Sustainable design (for recycling, for environment, eco-design); PE8\_3 — Civil engineering, maritime/hydraulic engineering, geotechnics, waste treatment; PE8\_6 — Energy systems (production, distribution, application).

## » Geomatica

### Responsabile Scientifico

DOMINICI Donatella

### Componenti

Membri senior ALICANDRO Maria

Membri (Ph.D.) ZOLLINI Sara

Dottorandi PASCUCCI Nicole

Collaboratori COLAGRANDE Giuseppe

### Descrizione

Il Gruppo di Ricerca in Geomatica, grazie al laboratorio nato nel 2011, svolge la propria attività di ricerca nel campo del rilievo e trattamento di dati geospaziali mirata alla caratterizzazione e analisi di strutture, infrastrutture e del territorio e i cui risultati, gestiti tramite piattaforme GIS e/o Web GIS, rappresentano un supporto fondamentale per una gestione SMART del territorio. Le tecniche di rilievo geomatiche permettono analisi a scale differenti che vanno dal telerilevamento tramite immagini satellitari ottiche e radar per il rilievo di aree estese (analisi delle coltivazioni, erosione costiera, analisi del territorio tramite indici radiometrici, monitoraggio DInSAR, monitoraggio GNSS etc) fino al rilievo tridimensionale ad alta risoluzione di elementi confinati tramite fotogrammetria da drone o terrestre e laser scanner, monitoraggio ambientale e strutturale tramite GNSS, stazione totale e livellazione di precisione. Nell'ultimo periodo si stanno sperimentando algoritmi di Intelligenza Artificiale per analisi del territorio e beni culturali.

**Settore ERC:** PE10\_14 — Earth observations from space/remote sensing; PE6\_11 — Machine learning, statistical data processing and applications using signal processing (e.g. speech, image, video); PE8\_3 — Civil engineering, maritime/hydraulic engineering, geotechnics, waste treatment.

## »» Geotecnica

### Responsabile Scientifico

MONACO Paola

### Componenti

Membri senior BOSCO Giovanni, CHIARADONNA Anna

Membri (Ph.D.) KARAMAN Mustafa

Dottorandi SARAULLO Simone

Collaboratori TOTANI Ferdinando

### Descrizione

Il gruppo di ricerca è attivo nello studio del comportamento di sistemi geotecnici in cui volumi finiti di terreno interagiscono con opere di ingegneria. Negli ultimi anni gli interessi di ricerca si sono orientati prevalentemente verso la caratterizzazione e la modellazione del comportamento ciclico e dinamico di depositi di terreno e lo studio dell'influenza del terreno sulla risposta di costruzioni ed opere di ingegneria in zone sismiche. Particolare approfondimento è dedicato allo studio della liquefazione sismo-indotta, sia in riferimento allo sviluppo di procedure innovative semplificate ed avanzate per la valutazione del potenziale di liquefazione dei terreni sia in riferimento ad applicazioni a casi di studio reali. Le attività di ricerca sono svolte in collaborazione con gruppi di ricerca afferenti ad Atenei/Enti sia italiani che esteri. Tra le tematiche di ricerca oggetto di collaborazioni internazionali si segnalano la sperimentazione di tecniche di indagine innovative in siti di ricerca norvegesi gestiti dal Norwegian Geotechnical Institute e la valutazione degli effetti di sito nell'area metropolitana di Izmir (Turchia) a seguito del terremoto del 30 ottobre 2020. Sono inoltre in corso attività di ricerca congiunte con il gruppo di Geologia Applicata per la caratterizzazione geologico-geotecnica di siti suscettibili di liquefazione nel territorio aquilano.

**Settore ERC:** PE8\_3 — Civil engineering, maritime/hydraulic engineering, geotechnics, waste treatment.



## »» **Dinamica di strutture reali e modelli leggeri in regime lineare e non lineare - Identificazione e monitoraggio di strutture civili**

### **Responsabile Scientifico**

ALAGGIO Rocco

### **Componenti**

Membri (Ph.D.) CIRELLA Riccardo

Collaboratori ANTONACCI Elena, ALOISIO Angelo

### **Descrizione**

Il gruppo di ricerca svolge attività di laboratorio su prototipi adatti ad osservare e studiare fenomeni dinamici interessanti in regime lineare e non lineare, definire procedure di identificazione dinamica modale e parametrica, caratterizzare con modelli predittivi il comportamento dinamico di diverse classi di strutture tipiche dell'ingegneria civile, effettuare assessment di strutture colpite dal sisma. Il gruppo svolge attività di sviluppo e validazione di tecniche di Structural Health Monitorig dinamico.

**Settore ERC:** PE8\_3 — Civil engineering, maritime/hydraulic engineering, geotechnics, waste treatment.

## **>> Modelli analitici, computazionali e sperimentazione di tecniche innovative di protezione dinamica e sismica per strutture tipo blocco rigido e strutture intelaiate**

### **Responsabile Scientifico**

DI EGIDIO Angelo

### **Componenti**

Collaboratori    CONTENTO Alessandro

### **Descrizione**

Il gruppo conduce un'attività di studio sulla protezione sismica di strutture tipo blocco rigido. In particolare, viene investigata la possibilità di usare sia metodi passivi, che attivi di protezione, quali ad esempio i Dynamic Mass Absorbers o gli Active Mass Dampers. Nell'ambito della protezione sismica delle strutture intelaiate, sviluppa modelli analitici ridotti per lo studio di Hysteretic Mass Dampers eventualmente dotati di Inerter o Vibro-Impacting Masses accoppiati in parallelo a strutture intelaiate, al fine di incrementare le prestazioni dinamiche e sismiche di tali strutture. Infine, studia attraverso modelli analitici ridotti la possibilità di incrementare le prestazioni di strutture intelaiate introducendo una discontinuità strutturale intermedia al loro interno.

**Settore ERC:** PE8\_3 — Civil engineering, maritime/hydraulic engineering, geotechnics, waste treatment.

## »» Modelli e metodi per la meccanica dei continui generalizzati

### Responsabile Scientifico

DELL'ISOLA Francesco

### Componenti

Membri senior   GIORGIO Ivan

Membri (Ph.D.)   CIALLELLA Alessandro, LA VALLE Gabriele, SPAGNUOLO Mario

Dottorandi        ARETUSI Giuliano, SARAR Bekir Cagri, CARDILLO Christian,  
MURCIA TERRANOVA Larry

### Descrizione

Il gruppo di ricerca si occupa dello sviluppo di modelli e metodi finalizzati alla meccanica dei continui generalizzati. Lo scopo è quello di concepire materiali innovativi, anche comunemente noti come metamateriali che abbiano un elevato impatto tecnologico. In particolare, si studiano anche problemi interdisciplinari, come per esempio lo studio di sistemi biomeccanici (tessuto osseo in presenza di un impianto artificiale), o sistemi elettromeccanici come strutture sottili equipaggiate con elementi piezoelettrici per ridurre le vibrazioni indotte da sollecitazioni esterne.

**Settore ERC:** PE8\_3 — Civil engineering, maritime/hydraulic engineering, geotechnics, waste treatment.

## »» Modelli e metodi per la meccanica non lineare delle strutture

### Responsabile Scientifico

LUONGO Angelo

### Componenti

Membri senior D'ANNIBALE Francesco, ZULLI Daniele, FERRETTI Manuel, DI NINO Simona

Membri (Ph.D.) MIGLIACCIO Giovanni, PANCELLA Francesca

Dottorandi PANCELLA Chiara, EKINCI Ceren, DE FLAVIIS Andrea

### Descrizione

Il gruppo di ricerca è attivo in vari ambiti della meccanica dei solidi e delle strutture, che comprendono la dinamica indotta da masse viaggianti su fili tesi e cavi, l'instabilità aeroelastica di cavi sospesi e travi, il controllo passivo di strutture civili e meccaniche tramite dispositivi meccanici non lineari, la modellazione di strutture multistrato e la caratterizzazione di fenomeni di danno all'interfaccia, l'omogeneizzazione di strutture elastiche, la modellazione del comportamento meccanico nel piano di pareti di muratura intelaiate, la modellazione con stampaggio 3D e caratterizzazione meccanica di materiali con micro-struttura.

**Settore ERC:** PE8\_3 — Civil engineering, maritime/hydraulic engineering, geotechnics, waste treatment.

## »» Modellazione isteretica di elementi di calcestruzzo armato soggetti ad azione sismica pluriassiale

### Responsabile Scientifico

COLANGELO Felice

### Descrizione

L'analisi sismica strutturale moderna presuppone il comportamento anelastico per effetto della concomitanza delle componenti orizzontali e, in certe condizioni, della componente verticale. I modelli differenziali fenomenologici del tipo Bouc—Wen sono spesso utilizzati per simulare il comportamento isteretico strutturale e non strutturale. In tale ambito, in primo luogo si sviluppa un modello monoassiale con: (i) parametri convenienti dotati di significato fisico; (ii) comportamento isteretico asimmetrico; (iii) “pinching” versatile; (iv) deterioramento ciclico della resistenza e della rigidezza. Il modello è concepito alla scala dell'elemento strutturale. In una seconda fase, il modello è esteso per il problema pluriassiale. Si replica la formulazione monoassiale sui due assi principali del taglio/momento flettente e si accoppiano: (i) le corrispondenti resistenze; (ii) il deterioramento ciclico della resistenza e della rigidezza. Il grado d'interazione può essere arbitrario ed eventualmente diverso tra le due direzioni principali. Infine, si introduce la dipendenza delle resistenze suddette dallo sforzo assiale presente lungo il terzo asse. Il modello è validato confrontandolo con analisi a fibre e con risultati sperimentali relativi al calcestruzzo armato.

**Settore ERC:** PE8\_3 — Civil engineering, maritime/hydraulic engineering, geotechnics, waste treatment.

## »» Sviluppo di tecniche innovative per l'ingegneria sismica

### Responsabile Scientifico

SALVATORI Antonello

### Componenti

Dottorandi          DI STEFANO Gianmarco

### Descrizione

Il gruppo di ricerca ha come obiettivo principale l'approfondimento dello stato delle conoscenze sul comportamento dei dispositivi di isolamento sismico per migliorarne le prestazioni con tecnologie innovative e sostenibili. In particolare, le principali tematiche sono: i) lo sviluppo numerico e sperimentale di una tipologia di isolatore antisismico basata sulla tecnologia dei cuscinetti di rotolamento su superfici non piane; ii) la risoluzione di problemi computazionali relativi alle superfici di contatto; iii) lo sviluppo operativo di un dispositivo con superfici non piane; iv) la caratterizzazione dinamica di alcuni dei parametri valutati per gli edifici in situ, al fine di porre una valutazione obiettiva delle caratteristiche di adattabilità delle tecniche di protezione passiva, con particolare riferimento all'isolamento sismico, per strutture non progettate e realizzate con i criteri antisismici del capacity design, ed in grado tuttavia di manifestare una certa resistenza residua alle azioni dinamiche di tipo sismico; v) setup di un sistema di prova del brevetto di isolamento sismico con il metodo tunneling in grado di potere essere applicato a costruzioni esistenti di pregio (palazzi storici, chiese, ...).

**Settore ERC:** PE8\_3 — Civil engineering, maritime/hydraulic engineering, geotechnics, waste treatment; PE8\_4 Computational engineering; PE7\_3 Simulation engineering and modelling; PE7\_7 Signal processing.

## »» **Tecnica delle costruzioni**

### **Responsabile Scientifico**

FRAGIACOMO Massimo

### **Componenti**

Membri senior GREGORI Amedeo, DI FABIO Franco

Membri (Ph.D.) SCIOMENTA Martina, VAILATI Marco, ALOISIO Angelo, RINALDI Vincenzo, DE SANTIS Yuri

Dottorandi SPERA Luca, BIZZARRI Lorenzo, D'AGOSTINO Caterina

Collaboratori GALEOTA Dante

### **Descrizione**

Il gruppo di ricerca ha come obiettivo lo studio del comportamento delle strutture in cemento armato, muratura e legno, la loro progettazione in accordo alle normative di settore e la loro riparazione e rinforzo anche a seguito del terremoto. Gli studi vengono compiuti mediante prove eseguite nel Laboratorio Prove Materiali e Strutture, nonché mediante analisi numeriche con programmi di calcolo correnti e avanzati. Le principali tematiche sono: i) analisi di meccanismi di collasso di macroelementi con l'ipotesi di corpo rigido; ii) interpretazione di prove sperimentali condotte per la valutazione dell'aderenza di rinforzi in composito applicati con malte di calce su supporti in muratura; iii) sviluppo di materiali cementizi attraverso il miglioramento della micro- e nano-struttura dei comuni prodotti compositi a base di cemento; iv) studio del comportamento delle strutture lignee a pannelli in legno lamellare incrociato (XLAM) e a tronchi orizzontali (log-haus); v) studio del comportamento dei solai composti legno-calcestruzzo e legno-legno; vi) sviluppo di modelli di capacità per connessioni e sistemi costruttivi in legno strutturale; vii) applicazione all'ingegneria civile di modelli predittivi basati sull'Intelligenza Artificiale (Vulnerabilità su larga scala, monitoraggio strutturale, e.g.) viii) aggiornamento delle normative europee sismiche (Eurocodice 8) sulle strutture in legno; ix) analisi di vulnerabilità sismica degli edifici esistenti in muratura e in cemento armato; x) sviluppo di tecniche innovative per il monitoraggio del patrimonio monumentale e storico, attraverso l'implementazione di una nuova generazione di sensori wireless.

**Settore ERC:** PE8\_3 — Civil engineering, maritime/hydraulic engineering, geotechnics, waste treatment.

## »» Architettura tecnica

### Responsabile Scientifico

MORGANTI Renato Teofilo Giuseppe

### Componenti

Membri senior TOSONE Alessandra, BELLICOSO Alessandra, DI DONATO Danilo, ABITA Matteo

Membri (Ph.D.) CIAMMITTI Laura, LUSI Virginia

Dottorandi FAGNANI Alba, PANEPUCCI Alessia, SALVE Camilla, BASILEO Giulio

### Descrizione

Il gruppo è attivo nei campi dello studio delle culture costruttive, con particolare riferimento all'architettura italiana del '900 e ai tipi edilizi sia specialistici che di base ed al recupero del patrimonio edilizio, con approfondimenti sui temi del progetto di costruzione, trasformazione e sostenibilità. L'obiettivo della ricerca sulle culture costruttive è quello di garantire, mediante la definizione di registi tematici, la valorizzazione di patrimoni edilizi, talora dismessi o in stato di abbandono, e di fornire evoluti strumenti di analisi e controllo attraverso l'ausilio di nuovi supporti digitali, quali il BIM. L'obiettivo della ricerca sul recupero del patrimonio edilizio, attraverso la definizione di indirizzi sui temi dell'adaptive reuse e dell'edilizia circolare, è quello di fornire nuovi modelli d'uso degli edifici, tecniche di intervento reversibili mediante il ricorso a sistemi costruttivi a secco, la definizione di parametri di ottimalità tra conservazione e trasformazione dell'esistente; il recupero, riciclo e reimpiego di materiali; integrazione di sistemi di produzione energetica da fonti rinnovabili.

**Settore ERC:** SH5\_8 — Cultural studies, cultural identities and memories, cultural heritage; SH6\_15 — History of science, medicine and technologies; PE8\_3 — Civil engineering, architecture, offshore construction, lightweight construction, geotechnics; PE8\_9 — Production technology, process engineering; PE8\_11 — Environmental engineering, e.g. sustainable design, waste and water treatment, recycling, regeneration or recovery of compounds, carbon capture & storage.



## »» La produzione edilizia tra innovazione digitale e transizione green

### Responsabile Scientifico

DE BERARDINIS Pierluigi

### Componenti

Membri senior DI GIOVANNI Gianni, ROTILIO Marianna

Membri (Ph.D.) MARCHIONNI Chiara, LAURINI Eleonora

Dottorandi CAVALIERI Federico, GIUSTI Letizia, D'ALBERTO Giulia, RICCHIUTI Marco, MASSARI Alessia, ZINCANI Marta, EHTSHAM Muhammad

Collaboratori CAPANNOLO Luisa, DE VITA Mariangela

### Descrizione

Il gruppo di ricerca affronta tematiche nell'ambito della produzione edilizia con particolare riferimento ai temi della innovazione digitale e della transizione green dell'ambiente costruito. I principali temi affrontati riguardano: a) metodi e strumenti per la gestione delle attività del cantiere, finalizzati al controllo della qualità esecutiva ed alla safety&security dei suddetti luoghi di lavoro; b) integrazione delle tecnologie emergenti nella produzione edilizia per il monitoring; c) tecniche e strumenti per il facility management e per l'efficientamento energetico; e) reversibilità e riuso dei sistemi costruttivi modulari prefabbricati; f) creazione di nuovi materiali da destinare all'edilizia mediante l'impiego di construction and demolition waste (CDW).

**Settore ERC:** PE8\_6 — Energy systems (production, distribution, application); PE8\_10 — Production technology, process engineering; PE8\_12 — Sustainable design (for recycling, for environment, eco-design); PE8\_11 — Product design, ergonomics, man-machine interfaces.

## »» Architettura: storia, restauro e Progetto

### Responsabile Scientifico

DE MATTEIS Federico

### Componenti

Membri senior CIRANNA Simonetta, BARTOLOMUCCI Carla, DE DOMINICIS Filippo, MONTUORI Patrizia

Dottorandi AGNIFILI Roberta, DI LALLO Carla, DI NUNZIO Adelaide, LAL Gagandeep, PAOLUCCI Marco, SETTE Camilla

### Descrizione

Il gruppo è attivo nello studio dell'architettura storica e contemporanea, delle principali esperienze e tendenze della progettazione alle diverse scale, comprendenti le implicazioni architettoniche e le trasformazioni dei centri urbani e del territorio. La componente di Storia dell'Architettura approfondisce le metodologie e gli strumenti di ricerca storica e di analisi storico-critica dell'architettura e della città con attenzione al rapporto e alle più recenti problematiche connesse alla trasformazione, demolizione/conservazione, della città storica e delle sue espansioni otto-novecentesche. La componente di Restauro Architettonico approfondisce le tematiche relative alla conoscenza materiale delle architetture storiche, allo studio diacronico del costruito e alle questioni di conservazione, restauro e salvaguardia di manufatti e contesti di interesse culturale - dai singoli edifici ai complessi monumentali, ai centri urbani e al paesaggio. Attenzione è dedicata alla riflessione sui fondamenti teorici della tutela del costruito; alle ricerche per la comprensione dell'architettura nella consistenza materiale, costruttiva e complessità cronologica e storico-conservativa; alla comprensione e diagnosi dei fenomeni di degrado, ai processi e metodi per l'intervento di restauro e consolidamento degli edifici storici. La componente di Progettazione Architettonica si interessa alle tematiche legate alla cultura del progetto architettonico-urbano: metodologia, strategia, invenzione, costruzione, applicando un sapere tecnico-disciplinare e analisi di tipo storico-critico-sociale.

**Settore ERC:** SH2\_9 - Urban, regional and rural studies; SH5\_6 - History of art and architecture, arts-based research; SH5\_8 - Cultural studies, cultural identities and memories, cultural heritage; PE8\_3 Civil engineering, architecture, maritime/hydraulic engineering, geotechnics, waste treatment.

## »» Disegno e rappresentazione architettonica

### Responsabile Scientifico

BRUSAPORCI Stefano

### Componenti

Membri senior MAIEZZA Pamela

Membri (Ph.D.) VESPASIANO Luca

Dottorandi PALLOTTA Elena

Collaboratori CENTOFANTI Mario, TATA Alessandra

### Descrizione

Il gruppo di ricerca svolge la propria attività nel campo della rappresentazione del costruito e del rilevamento architettonico con tecnologie digitali, documentazione, analisi storico-critica e modellazione 3D di edifici storici e moderni e di contesti archeologici, comunicazione e valorizzazione dei beni culturali anche attraverso applicazioni di realtà virtuale e realtà aumentata. In particolare, conduce un filone di ricerca avanzata sul tema dello sviluppo di procedure parametriche HBIM di gestione informativa applicata ai beni architettonici, anche attraverso approcci di VLP Visual Language Programming. Il gruppo di ricerca si avvale delle attrezzature del Laboratorio di Rilievo dell'Architettura, fornito di strumentazione per la scansione laser e scanner a luce strutturata, il rilievo digitale fotogrammetrico, la modellazione 3D, la visualizzazione in VR e AR. Il gruppo di ricerca è responsabile dell'edizione della rivista internazionale semestrale di Ateneo diamond open access in full english text "Disegnarecon" (1828-5961), iscritta dall'ANVUR nell'elenco delle riviste scientifiche per i settori 08-10-11, indicizzata SCOPUS e ESCI WOS.

**Settore ERC:** SH5\_11 — Cultural heritage, cultural memory; SH5\_9 — History of art and architecture.

## »» Ingegneria degli Indicatori di dinamica/impatto insediativo

### Responsabile Scientifico

MARUCCI Alessandro e ZULLO Francesco

### Componenti

Membri (Ph.D.) FIORINI Lorena, SAGANEITI Lucia, DI DATO Chiara

Dottorandi MONTALDI Cristina, FALASCA Federico, DI PIETRO Gianni, SETTE Camilla, CATTANI Chiara, ULISSE Carmen, FELLI Annamaria, MARZIALI Emilio, PIETRANGELI Sara, SADRAEI TABA-TABAEI Nasim

### Descrizione

Il gruppo di ricerca conduce attività nello studio delle dinamiche dell'evoluzione urbana e della sua sostenibilità ambientale, con riferimento anche alle performance di funzionalità generale. Le ricerche vengono condotte avvalendosi di tecniche di Computational Planning e di ingegneria degli indicatori, con il supporto di piattaforme GIS, per produrre quadri diagnostici, linee di pianificazione e procedure di valutazione territoriale e ambientale. L'attività di ricerca si supporta con l'accesso a progetti su bandi competitivi di carattere nazionale e internazionale e con i rapporti con pubbliche amministrazioni. L'attività scientifica, testimoniata dai programmi attivi e dalle pubblicazioni, si esercita attualmente sui seguenti argomenti: 1.Implementazione di quadri strategici per la pianificazione comunale; 2.Tecniche DSS per la riduzione della dispersione urbana; 3.Modelli di valutazione e diagnosi della frammentazione ecosistemica provocata dall'insediamento; 4.Classificazione e valutazione dei fenomeni di illegalità edilizia; 5.Impiego di tecnologie avanzate di estrazione dei dati territoriali (Fast monitoring for Fast planning).

**Settore ERC:** SH3\_10 — Urban studies, regional studies; SH3\_12 — Geo-information and spatial data analysis; SH3\_9 — Spatial development and architecture, land use, regional planning.

## »» Rischi e dotazioni per il progetto delle forme post-urbane

### Responsabile Scientifico

DI LUDOVICO Donato

### Componenti

Membri (Ph.D.) EUGENI Federico

Dottorandi SACCO Sara, PASETTI Giulia

Collaboratori DI LODOVICO Luana, D'ASCANIO Federico, CAPANNOLO Chiara, ZANFARDINO Gennaro

### Descrizione

Il gruppo di ricerca conduce attività di studio sui seguenti temi: i) modelli di analisi dei rischi (di origine naturale e antropica) dei sistemi insediativi post-urbani e dei relativi scenari, sia alla scala urbana che territoriale; ii) le tecniche di progettazione urbanistica rivolte all'incremento della sicurezza urbana e territoriale, con particolare riferimento alle dimensioni e alle dotazioni degli spazi pubblici e aperti; iii) nuove forme e strumenti di pianificazione rivolti alla riduzione dei rischi; iv) ruolo dei sistemi delle conoscenze per la pianificazione e la progettazione urbanistica. Tali tematiche richiamano le esplorazioni scientifiche nel campo del Climate Change e dei Disastri naturali, delle nuove Dotazioni di spazi pubblici, della Sicurezza, delle nuove Forme di pianificazione e progettazione urbanistica, e dei Digital Twin. Inoltre si inseriscono nei filoni di ricerca sulle marginalità e sulle fragilità urbana e territoriali, e in quelli sul pre-disaster and recovery planning.

**Settore ERC:** SH3\_2 — Environmental change and society; SH3\_10 — Urban studies, regional studies; SH3\_9 — Spatial development and architecture, land use, regional planning.

## »» Geologia applicata

### Responsabile Scientifico

TALLINI Marco

### Componenti

Membri (Ph.D.) GUERRIERO Vincenzo

Dottorandi GAROFALO Irene, ISAYA Domenico, MORANA Enrico, SCIOR-  
TINO Alessandra

### Descrizione

Il gruppo di ricerca di Geologia applicata del DICEAA, si occupa di Microzonazione sismica e dello studio degli effetti dei terremoti sull'Idrogeologia. I temi di ricerca sono stati attivati in seguito al terremoto aquilano del 2009 e alla sequenza sismica dell'Italia centrale del 2016-17, all'interno di progetti finanziati dalla Comunità Europea, dall'INGV, dalla Regione Abruzzo e dal Comune dell'Aquila ed in collaborazione con enti universitari e di ricerca nazionali ed esteri.

**Settore ERC:** PE10\_5 Geology, tectonics, volcanology.

## »» Fisica Tecnica Ambientale e Impianti

### Responsabile Scientifico

DE RUBEIS Tullio

### Descrizione

Le tematiche di ricerca in Fisica Tecnica Ambientale e Impianti vertono principalmente sullo studio della fisica degli edifici, intesi come sistemi termodinamici che scambiano massa ed energia con l'ambiente esterno. Vengono, inoltre, affrontate ricerche inerenti ai sistemi energetici a servizio degli edifici, comunemente indicati con l'acronimo HVAC systems (Heating, Ventilation and Air Conditioning). Particolare attenzione viene posta alla valutazione delle proprietà termofisiche dell'involucro, opaco e trasparente, agli scambi termici conduttivi, convettivi e radiativi che lo caratterizzano, ed all'ottimizzazione dei rendimenti di impianto (generazione, distribuzione, emissione e regolazione). Le attività di ricerca includono anche lo studio del microclima indoor in un'ottica multi-obiettivo: comfort degli occupanti, ottimizzazione dei consumi di energia e, ove presente, valorizzazione del patrimonio culturale. Vengono, inoltre, affrontate ricerche relative alle prestazioni degli impianti di illuminazione degli ambienti interni, sia in luce artificiale che naturale. Le ricerche sono condotte con approccio numerico (physics-based) e sperimentale, sia in ambiente laboratoriale che in-situ.

**Settore ERC:** PE8\_6 — Energy process engineering; PE8\_11 — Environmental engineering.

## »» Chimica e Tecnologia dei Materiali per i Sistemi Edilizi

### Responsabile Scientifico

QUARESIMA Raimondo

### Componenti

Collaboratori ANTONACCI Elena

### Descrizione

Le tematiche di ricerca, sviluppate in modo interdisciplinare riguardano la caratterizzazione chimico-fisica e meccanica, in situ ed in laboratorio, di materiali di interesse ingegneristico. In particolare, le attività per i Beni Culturali, rivolte prevalentemente a litotipi, intonaci e malte sono finalizzate alla valutazione del degrado ed alla definizione degli interventi conservativi. Un interesse specifico riguarda le murature storiche con particolare riferimento alla valutazione della qualità muraria ed alla natura costitutiva delle malte in termini di caratteristiche e durabilità al gelo ed alla cristallizzazione salina. Nel campo dei biomateriali la ricerca si occupa del titanio e delle sue leghe al fine di migliorare l'osseointegrazione attraverso trattamenti chimici e/o fisici di superficie e sperimentazioni in vitro ed in vivo. Le collaborazioni in atto coinvolgono, oltre che alcuni gruppi di ricerca dell'Ateneo aquilano, Università italiane ed Enti di ricerca (Chieti, Firenze, Foggia, Varese, San Raffaele Milano, ENEA Bologna, CNR IBAM Lecce).

**Settore ERC:** LS7\_1 — Medical engineering and technology; PE5\_3 — Surface modification; PE8\_9 — Materials engineering (biomaterials, metals, ceramics, polymers, composites...); SH5\_8 — Cultural studies, cultural identities and memories, cultural heritage.







## I.4 >>>

### I Laboratori

#### >>> Presentazione

Il Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura, Ambientale è Dipartimento di Eccellenza MUR 2023-2027, valutato come tale sulla base della qualità della ricerca prodotta e della qualità di un progetto di sviluppo.

Parte integrante di tale progetto è la fondazione del Centro di Ricerca ROOTS (centRO di ricerca rigeneraziOne sosTenibile e Sviluppo) sulla rigenerazione sostenibile dell'ambiente costruito in contesti fragili anche post emergenziali.

Il ROOTS, oltre ad essere costituito da un nuovo laboratorio sui materiali da riuso (Recupero, Riuso, Riciclo) e da filiera locale, che rappresenta una realtà di eccellenza e innovazione innestate su modelli di economia circolare, funge da **nucleo di raccordo e coordinamento** per l'integrazione delle attività di ricerca dei laboratori già esistenti in seno al dipartimento. Esso è dotato anche di un centro di documentazione, che ha lo scopo di divulgare i dati e i risultati delle attività intraprese e fornire un riferimento per le best practices negli ambiti di interesse dell'ingegneria delle costruzioni e del territorio.

Tali attività, insieme alle competenze maturate, vengono messe a servizio del territorio, nelle relazioni con gli stakeholder e con le comunità locali, creando partnership e diffondendo la logica di creazione e condivisione del valore.

A tal fine, il ROOTS persegue come principali obiettivi, quelli di potenziare, raccordare e coordinare le attività dei laboratori dipartimentali, rendendoli in grado di comunicare tra loro e risolvere problemi di natura multidisciplinare (ovvero, comuni a diversi settori dell'ingegneria civile, edile e ambientale), nonché si interessa ad incrementare le attività conto terzi e di disseminazione, collaborare con i portatori di interessi, il territorio, le strutture produttive e le amministrazioni. L'idea è quella di mettere a disposizione competenze di alta specializzazione nel campo dell'ingegneria civile, edile e ambientale, fortemente caratterizzate da un punto di vista di tematiche multidisciplinari, distribuite sul territorio regionale, a ser-

vizio delle imprese del settore, per accompagnare queste ultime nello sviluppo di soluzioni innovative e per affrontare le sfide della transizione ecologica ed energetica. In tal senso, il ROOTS e i laboratori che raccorda rappresentano, nei confronti del mondo produttivo e della società, un'entità unica per condurre prove, caratterizzazioni, calcoli, e più in generale ricerca scientifica e tecnologica, finalizzati all'innovazione, allo sviluppo e all'implementazione di nuovi prodotti e servizi.

### »» **Composizione**

In questo contesto, il Dipartimento di Eccellenza mette a disposizione percorsi di sviluppo multidisciplinari e, in particolare, le sue competenze nella ricerca e nella didattica di elevata qualificazione, in relazione alla sicurezza del territorio e del costruito, allo sviluppo equilibrato e inclusivo, allo studio e documentazione del patrimonio, all'innovazione tecnologica, alla proposta e validazione di processi virtuosi in contesti fragili e complessi. Nello specifico, **il ROOTS beneficia dell'esperienza e delle competenze delle seguenti istituzioni**, che fanno tutte riferimento all'Ateneo aquilano:

- »» Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura, Ambientale (DICEAA);
- »» Il Centro Internazionale di Ricerca per la “Matematica & Meccanica dei Sistemi Complessi” - M&MoCS;
- »» Centro di ricerca e formazione per l'ingegneria sismica — CERFIS;
- »» Centro di ricerca di trasporti e mobilità sostenibile — CITRAMS.

Il ROOTS inoltre funge da raccordo e riferimento per i seguenti **12 laboratori**, di carattere multidisciplinare.

## 1 > Laboratorio di Geomatica (Geoamaticalab)



Immagine dal Laboratorio di Geomatica

## 2 > Laboratorio di Ingegneria Sismica

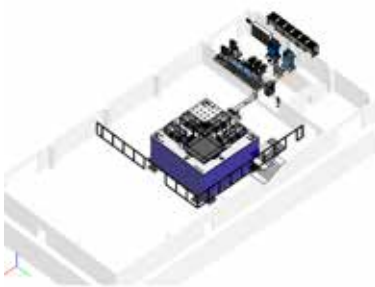


Immagine dal Laboratorio di Ingegneria Sismica

## 3 > Laboratorio di Geologia applicata



Immagine dal Laboratorio di Geologia applicata

#### 4 > Laboratorio Prove Materiali e Strutture (LPMS)



Immagine dal Laboratorio di Prove Materiali e Strutture

#### 5 > Laboratorio di Materiali Innovativi per l'Edilizia (LMIE)



Immagine dal Laboratorio di Materiali Innovativi per l'Edilizia

## 6 > Laboratorio di Dinamica delle Strutture “Francesco Benedettini”



Immagine dal Laboratorio di Dinamica delle Strutture

## 7 > Laboratorio Geotecnico

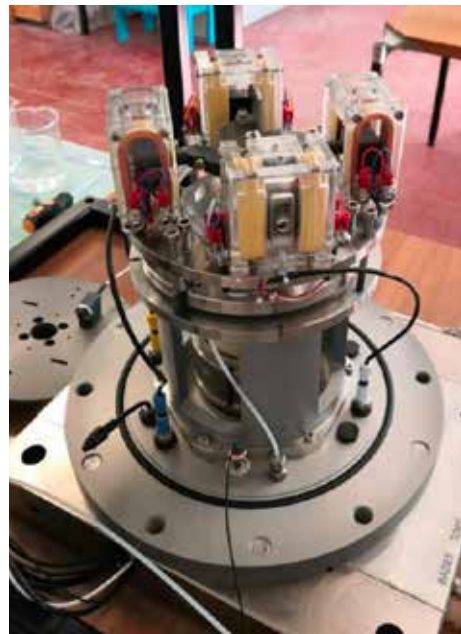


Immagine dal Laboratorio Geotecnico

## 8 > Laboratorio di Trasporti e Infrastrutture



Immagine dal Laboratorio di Trasporti e Infrastrutture

## 9 > Laboratorio di Idraulica ambientale e marittima (Liam) “Umberto Messina”

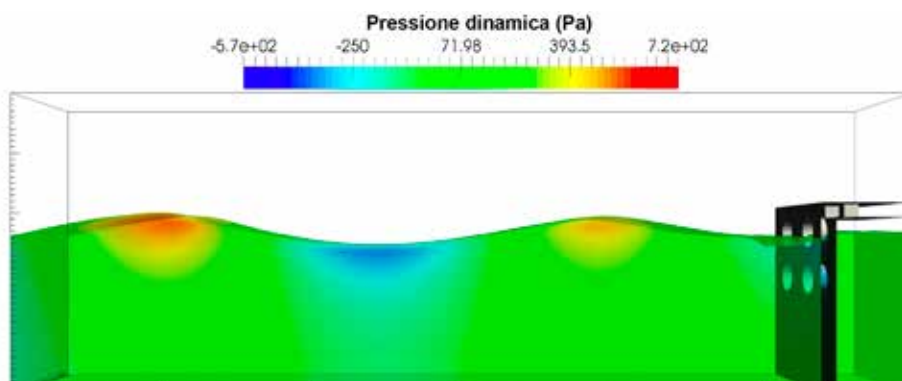


Immagine dal Laboratorio di Idraulica Ambientale e Marittima

## 10 > Laboratorio di Urbanistica

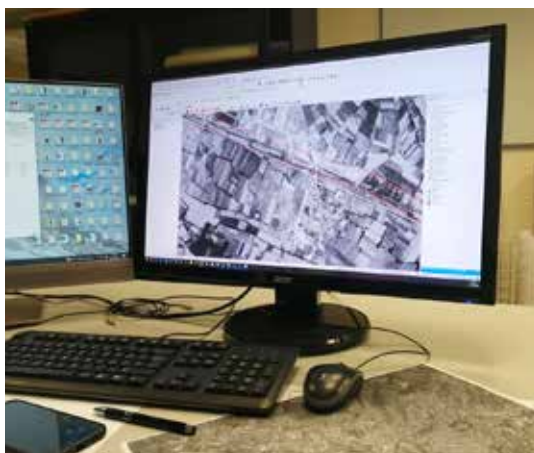
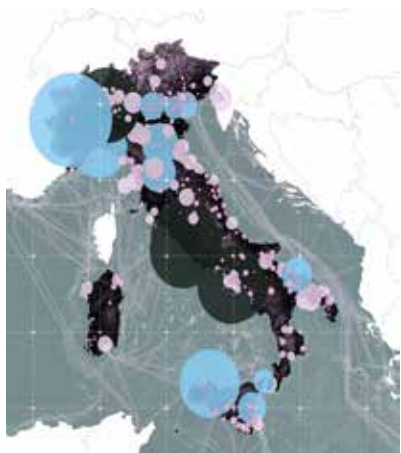


Immagine dal Laboratorio di Urbanistica

## 11 > Laboratorio di Rilevamento, Storia dell'Architettura e Restauro



Immagine dal Laboratorio di Rilevamento, Storia dell'Architettura e Restauro



## 12 > Laboratorio di Progettazione Architettonica, Architettura Tecnica e Sostenibilità

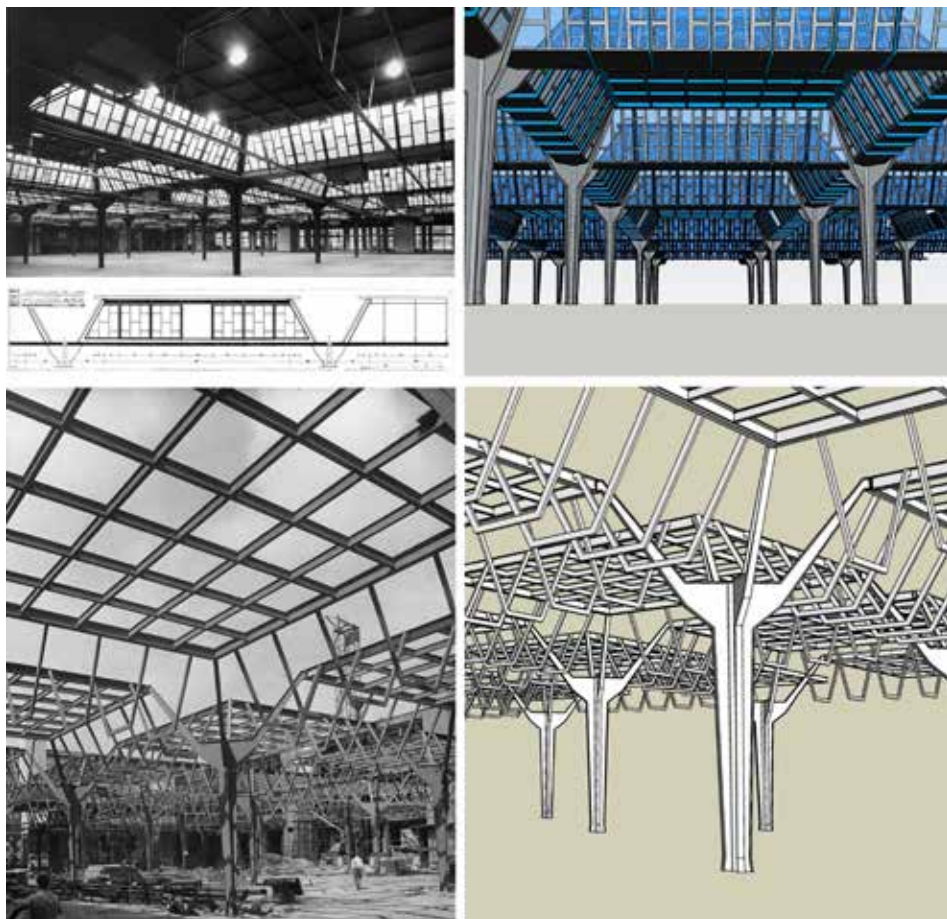


Immagine dal Laboratorio di Progettazione Architettonica, Architettura Tecnica e Sostenibilità

Il ROOTS è, fin dalla sua nascita, sostenuto dai seguenti **principali portatori di interesse del territorio**, che contribuiscono attivamente con cofinanziamenti alle attività e con il coinvolgimento degli esperti presenti nei propri organici:

- » Ufficio Speciale per la Ricostruzione della Città dell'Aquila, USRA;
- » Comuni del Cratere, USRC;
- » Ente Paritetico per la Formazione e la Sicurezza in Edilizia della Provincia dell'Aquila, ESE-CPT.

## »» Attività

All'interno del ROOTS, vengono condotte attività di ricerca e sviluppo focalizzate su strutture e infrastrutture per l'ingegneria civile, nonché sulla vulnerabilità e sulla sostenibilità delle opere.

Esse rappresentano **un'offerta completa nei settori dell'ingegneria civile, edile e ambientale**, dedicata ad esempio a:

- »» Rinforzo e riparazione delle strutture mediante l'uso di materiali compositi;
- »» Durabilità e riciclaggio dei materiali stradali e delle infrastrutture;
- »» Progettazione e durabilità delle opere di ingegneria civile;
- »» Simulazione numerica.

L'obiettivo è quello di **affrontare le sfide tecnologiche di oggi e preservare il domani**, e nello specifico:

- »» Mantenere e rinnovare le infrastrutture e le opere attuali, in particolare per prolungarne la durata d'uso;
- »» Sviluppare materiali e metodi di costruzione a basso consumo di risorse naturali ed energia;
- »» Garantire e aumentare la riciclabilità degli elementi provenienti dalla demolizione o dagli scavi (tunnel, vie ferroviarie, autostrade...);
- »» Migliorare la resistenza delle costruzioni rispetto agli elementi naturali (sale, venti, terremoti, incendi, inondazioni...).

## Servizi

Segue un elenco sommario della maggior parte dei servizi offerti dai nostri laboratori:

- »» Test in laboratorio e in situ su materiali e strutture;
- »» Caratterizzazione delle proprietà meccaniche, termiche, termomeccaniche;
- »» Servizi di diagnostica dello stato di degrado delle strutture esistenti;
- »» Prove per certificazioni conto terzi nell'ambito della meccanica strutturale;
- »» Verifiche sismiche su tavola vibrante;
- »» Realizzazione, mediante stampa 3D, di prototipi strutturali;
- »» Rilievo e trattamento di dati geospaziali;
- »» Misure ed elaborazioni dati nell'ambito della microzonazione Sismica, della Geologia e dell'Idrogeologia;
- »» Prove statiche e dinamiche su strutture e infrastrutture civili;
- »» Prove geotecniche in laboratorio e in situ, e monitoraggio geotecnico;



Immagine dalla convenzione con Strada dei Parchi

- » Indagini sperimentali e numeriche nel campo dell'idraulica, costruzioni idrauliche e delle costruzioni marittime;
- » Rilevamento architettonico dei beni culturali ed archeologici.

#### **Forme di possibili collaborazioni con i portatori di interesse:**

- » Prestazioni di servizio - test, rilevamento, modellazione;
- » Progetti di Ricerca e Sviluppo con possibilità di finanziamenti;
- » Spin off.

#### **»» Potenziali fruitori delle attività**

Le attività fornite dai laboratori sono potenzialmente di interesse per gli enti pubblici, quali ad esempio comuni, regioni, governo nazionale, uffici speciali, ma anche privati che operano nei settori delle strutture ed infrastrutture dell'ingegneria civile/edile, nonché per imprese, associazioni di imprese (come ad esempio l'ANCE), concessionari e gestori di infrastrutture, singoli professionisti che necessitano di consulenza, enti di formazione.



## I.5 >>>

### Attività di Terza missione: il finanziamento dei dottorati industriali

Il DICEAA è impegnato in una intensa attività di terza missione grazie ad una fitta rete di rapporti che ha instaurato negli anni con numerosi stakeholders diffusi nel territorio. Negli ultimi due anni, inoltre, tali rapporti si sono intensificati grazie ai cosiddetti “dottorati innovativi” di cui ai fondi del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), ovvero dottorati sviluppati in convenzione con aziende, imprese ed enti che, in alcuni casi, provvedono anche al loro co-finanziamento. Per favorire la crescita formativa del dottorando, il percorso di studio, articolato su tre anni, prevede che lo studente alterni le proprie attività presso l'Università, l'azienda ed una sede universitaria estera. In particolare, i dottorati del XXXVIII ciclo sono stati banditi ai sensi del D.M. 351/2022, 352/2022, D.D. 3264/2021; quelli del XXXIX ciclo ai sensi del D.M. 118/2023 e del D.M. 117/2023.

Si riportano di seguito i dettagli inerenti ciascun ciclo di dottorato.

#### Dottorato XXXVIII ciclo

<b>SSD prevalente</b>	<b>Nome e Cognome</b>	<b>Tipologia di borsa</b>	<b>Finanziamento esterno da enti/imprese</b>
ICAR/02	GIANFORTE Valerio	Borsa PNRR co-finanziata	Azienda Regionale Attività Produttive - ARAP S.p.A. Abruzzo
ICAR/08	DE FLAVIIS Andrea	Borsa PNRR co-finanziata	Dimensione Solare S.r.l.
ICAR/11	EHTSHAM Muhammad	Borsa PNRR co-finanziata	Solis SpA
ICAR/11	GIUSTI Letizia	Borsa PNRR co-finanziata	Solis SpA
ICAR/11	MASSARI Alessia	Borsa Pubblica Amministrazione	Ufficio Speciale Ricostruzione Comuni del Cratere - USRC

ICAR/11	RICCHIUTI Marco	Borsa PNRR co-finanziata	Unirest srl
ICAR/10	SALVE Camilla	Dottorato Comunale	Comune di Gioia dei Marsi
ICAR/11	ZINCANI Marta	Borsa PNRR co-finanziata	Solis SpA
ICAR/20	CATTANI Chiara	Borsa Pubblica Amministrazione	Regione Abruzzo – Dipartimento Agricoltura
ICAR/20	FELLI Annamaria	Borsa PNRR-ISPRA	Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale - ISPRA
ICAR/20	MARZIALI Emilio	Borsa PNRR-ISPRA	Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale - ISPRA

### Dottorato XXXIX ciclo

<b>SSD prevalente</b>	<b>Nome e Cognome</b>	<b>Tipologia di borsa</b>	<b>Finanziamento esterno da enti/impres</b>
GEO/05	GAROFALO Irene	Borsa INGV	Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - INGV
ICAR/02	FONTANA Sophie	Borsa PNRR co-finanziata	Altevie Srl
ICAR/02	KHAN Raja Khurram Mahmood	Borsa Pubblica Amministrazione	Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale - ISPRA
ICAR/02	SPERA Roberta	Borsa Pubblica Amministrazione	Agenzia Regionale di Protezione Civile
ICAR/05	CICCONE Morena	Borsa PNRR co-finanziata	Società Unica Abruzzese di Trasporto - TUA S.p.A.
ICAR/05	D'ANGELO Lorenzo Mario	Borsa PNRR co-finanziata	Società Unica Abruzzese di Trasporto - TUA S.p.A.
ICAR/20	PIETRANGELI Sara	Borsa Pubblica Amministrazione	Agenzia Regionale di Protezione Civile
ICAR/20	SADRAEI TABATABAEI Nasim	Borsa Pubblica Amministrazione	Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale - ISPRA



Parte II

## **II DICEAA: gli ambiti di ricerca**



## II.1 >>>

# Costruzioni marittime

**ICAR-02** Costruzioni idrauliche e marittime e idrologia

**ICAR-01** Idraulica

### >>> Introduzione

Il gruppo di ricerca, in un panorama a respiro nazionale ed internazionale, affronta problemi nell'ambito dell'idraulica applicata, delle costruzioni idrauliche e marittime mediante modellazione matematica (sia analitica, sia numerica), analisi dati e modellazione sperimentale.

Le tematiche sono incentrate sul comportamento idraulico e strutturale di opere idrauliche e marittime; sulla modellazione delle onde di superficie (anche transitorie) e sull'analisi idrodinamica di dispositivi per l'estrazione energetica dal moto ondoso. Si occupa inoltre di analisi di rischio della fascia costiera e degli effetti ambientali indotti da operazioni marittime e della morfodinamica costiera.

### >>> Analisi della diffusione e dispersione di sedimenti e della torbidità indotta da attività di dragaggio

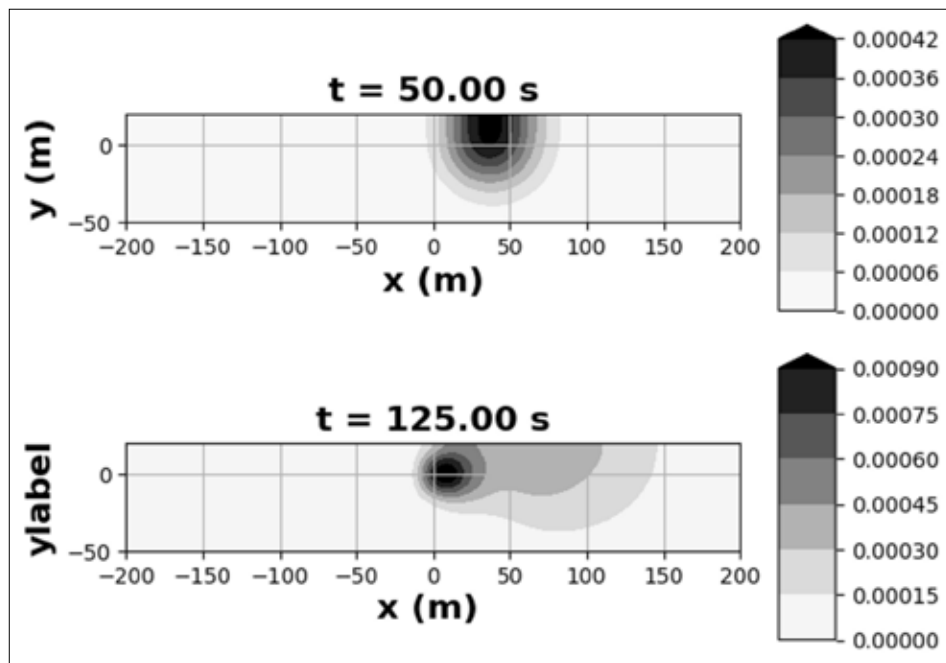
La linea di ricerca ha l'obiettivo di studiare l'evoluzione di inquinanti, contaminanti o traccianti passivi rilasciati nell'ambiente (ad esempio sedimenti marini).

Esempi di potenziali fonti di rilascio che potrebbero avere un impatto negativo sulla qualità dell'acqua includono operazioni di dragaggio, estrazione mineraria in profondità, scarichi di acque reflue negli oceani o fiumi e sversamenti non intenzionali di sostanze inquinanti.

Il gruppo di ricerca del Llam ha proposto un modello analitico in grado di modellare l'evoluzione spazio-temporale della concentrazione dell'inquinante ovvero del tracciante passivo.

In sintesi, il metodo prevede di utilizzare la teoria dei sistemi dinamici lineari. La soluzione dell'equazione di advezione-diffusione è considerata come risposta istantanea del sistema dinamico a una sorgente di risospensione locale, istantanea e unitaria. Sovrapponendo un certo numero di sorgenti è possibile valutare l'evoluzione della concentrazione nello spazio e nel tempo.





1. Esempio di risultato relativo all'evoluzione della concentrazione dovuta ad un impulso unitario in un dominio confinato

Tuttavia, nella sua prima formulazione l'applicabilità era limitata a domini di tipo non confinato.

Nel biennio 2022-2023 il modello è stato generalizzato anche per domini confinati. In questo modo è possibile applicarlo anche nei casi in cui gli effetti dei contorni non possano essere considerati trascurabili (e.g. porti canale, corsi d'acqua etc.). La Figura 1 mostra un tipico risultato.

### >>> Modellazione del sovrizzo di tempesta indotto da cicloni

Da un punto di vista ingegneristico, lo studio del sovrizzo indotto da cicloni tropicali viene studiato mediante l'applicazione di specifici modelli numerici. Questo approccio richiede un alto costo computazionale in quanto per riprodurre gli effetti a larga scala indotti dal fenomeno è necessario implementare griglie di calcolo molto estese. Con queste premesse, con la ricerca svolta, si intende proporre un nuovo approccio analitico con cui studiare il sovrizzo di tempesta indotto da uragani. I risultati verranno utilizzati per fornire delle opportune condizioni al contorno per simulazioni numeriche di dettaglio. Il modello analitico

è stato formulato applicando la teoria dei sistemi lineari. In primo luogo, è stata definita una funzione di risposta istantanea a un campo di pressione, per poi applicare l'integrale di convoluzione per ottenere una funzione di risposta impulsiva. Successivamente, applicando il principio di sovrapposizione degli effetti, è possibile riprodurre l'effettiva azione di un ciclone. Per definire il campo di pressione prodotto da un uragano, si farà riferimento a uno specifico modello parametrico di vento e pressione.

### **>>> Analisi delle componenti del livello del mare e della loro interazione in caso di eventi estremi**

Come noto, il livello del mare è composto da due componenti, una deterministica nota come componente astronomica (dovuta alla mutua interazione tra terra sole e luna) ed una meteorologia, stocastica, dovuta principalmente alla pressione atmosferica e all'azione del vento.

Una linea di ricerca attualmente attiva è incentrata sullo studio degli eventi estremi della componente stocastica ed in particolar modo sull'interazione delle due componenti.

Dall'analisi, pubblicata in un recente articolo scientifico, è emerso che la marea astronomica e quella meteorologica non sono sempre indipendenti l'una dall'altra e non portare debitamente in conto tale dipendenza può comportare problematiche nella stima dei carichi di progetto.

Inoltre, è stato proposto un coefficiente,  $b$  che permette di valutare preliminarmente l'effetto della dipendenza tra componente astronomica e meteorologica. La quantificazione di tale effetto viene effettuata in un secondo momento utilizzando il metodo delle copule.

### **>>> Analisi del sormonto di opere a gettata in presenza di berma sommersa**

Di recente, gli effetti dei cambiamenti climatici appaiono sempre più evidenti, con differenti effetti sugli ecosistemi coinvolti.

Nell'ambiente costiero, l'innalzamento del livello del mare e l'incremento delle forzanti meteomarine, sono tipiche manifestazioni del cambiamento in atto.

In tale contesto, le opere a gettata, tipicamente impiegate per la protezione costiera e portuale possono quindi diventare inefficaci.

Nel passato, alcuni studi hanno dimostrato come l'introduzione di una berma sommersa può risultare utile al miglioramento della stabilità generale dell'opera.

La letteratura non offre tuttavia risposte in merito alla potenziale riduzione dei fenomeni di sormonto causata da una berma sommersa.



**2.** Prove sperimentali relative a un'opera a gettata con berma sommersa all'interno del Llam dell'Università dell'Aquila

La linea di ricerca proposta si inserisce in questo ambito, mediante il ricorso alla modellazione fisica (vedi Figura 2).

La campagna sperimentale verte sulla realizzazione di studio parametrico al variare della geometria della berma e delle caratteristiche ondamiche al piede dell'opera.

Sulla base dei risultati sperimentali, verrà proposta una formulazione empirica volta alla stima del sormonto in funzione della configurazione della berma, che potrebbe essere impiegata per l'aggiornamento strutturale delle opere esistenti.

### **>>> Implementazione di un sistema esperto per la gestione delle manovre degli organi di scarico a servizio delle dighe per scopi di protezione civile**

Le attività di ricerca rientrano nell'ambito delle procedure previste dalla normativa, ad opera della Protezione Civile, in presenza di grandi invasi, dighe e traverse. Tali elementi hanno il ruolo di garantire e gestire le riserve idriche per vari usi e di regolare il deflusso delle acque superficiali. Questi aspetti comportano l'attuazione di specifiche procedure ad opera del gestore dell'invaso e della Protezione Civile, di grande importanza per la gestione delle emergenze per i territori di valle.

L'obiettivo della ricerca è quello di mettere a punto un *sistema esperto* a supporto del decisore, specifico per ciascuna opera che, nota la condizione di partenza, sia in grado di fornire i risultati in termini di livelli idrometrici e portate in seguito alle

differenti manovre di scarico. Tramite la costruzione e la calibrazione di un modello idrologico per la stima dei livelli idrometrici e di portata "informato" dal sistema di previsione delle precipitazioni e la simulazione deterministica di scenari di evento, si individuano specifiche procedure di gestione in seguito all'applicazione del modello per i bacini della Regione Abruzzo.

Tale strumento, a servizio dei tecnici della Protezione Civile, permetterà una previsione di eventi gravosi per i territori di valle e un'attivazione preventiva delle procedure di protezione civile previste dai Documenti di Protezione Civile e dai Piani Emergenza Dighe.

### **>>> Analisi statistica delle previsioni di cambiamento climatico in relazione alle altezze d'onda ed ai livelli del mare**

Da un punto di vista ingegneristico, gli impatti dei cambiamenti climatici possono indurre a variazioni delle azioni sulle strutture. Questo pone due problematiche, una relativa alla stima dei carichi di progetto per opere da realizzare, e l'altra relativa alla verifica della funzionalità di quelle esistenti.

In questo ambito la linea di ricerca si propone l'obiettivo di studiare eventuali variazioni delle altezze d'onda e dei livelli del mare analizzando le proiezioni di cambiamento climatico fornite dal database Copernicus.

In particolare, lo studio non si è concentrato sugli eventi estremi (molto studiati in letteratura), ma sugli eventi intensi e frequenti.

Queste condizioni, infatti, possono essere caratterizzate da un'importante intensità e si verificano più frequentemente rispetto ai periodi di ritorno comunemente considerati nella progettazione e potrebbero influenzare localmente le condizioni di qualità dell'acqua e l'evoluzione delle spiagge sabbiose nel lungo termine.

Questo lavoro mira a valutare e identificare se e quale tipo di variazioni possono verificarsi in termini di intensità, durata e direzione delle onde vicino alla costa, nonché dei livelli del mare, in particolare quelli relativi alla componente meteorologica e al livello medio del mare che sono soggetti ai cambiamenti climatici.

### **>>> Sviluppo di una piattaforma BIM open source a supporto della progettazione e la manutenzione di opere marittime**

BIM ovvero Building Information Modeling è una metodologia di progettazione integrata, sviluppata prevalentemente nel campo dell'edilizia.

La metodologia viene applicata all'intero ciclo vita di una costruzione, che non riguarda esclusivamente la progettazione, ma raggruppa anche potenziali interventi di manutenzione oltre che i tempi e i costi di esecuzione.

Negli ultimi anni, la metodologia BIM è stata impiegata con successo anche nella realizzazione di grandi infrastrutture civili come, ad esempio, ponti e strade. Riconosciute le potenzialità del suo impiego nel settore delle infrastrutture, è stata pertanto sviluppata una linea di ricerca volta allo sviluppo della modellazione BIM per il settore delle infrastrutture marittime (dalla semplice opera di difesa costiera, all'infrastruttura portuale). La prima fase ha riguardato la scelta dello strumento opensource più idoneo allo scopo. Successivamente, è stato sviluppato il modello di un'opera di difesa costiera che ha reso possibile il monitoraggio del numero di elementi da porre in opera, consentendo, quindi, anche un completo controllo su quello che è il flusso economico durante le operazioni di realizzazione dell'opera stessa.

Si sottolinea come la catalogazione di ogni singolo elemento, in caso di danneggiamento, rende la programmazione degli interventi di manutenzione molto più rapida.

### **>>> Analisi degli effetti prodotti dal moto ondoso sullo scavo prodotto da eliche**

La linea di ricerca è frutto di una collaborazione con i gruppi di ricerca dell'Università della Calabria e del Salento.

All'interno dei porti, sia vicino alle banchine che nella zona di manovra, l'azione delle eliche delle navi provoca delle variazioni della batimetria locale. Pertanto, risulta di particolare importanza lo studio dei volumi di scavo (e del conseguente riporto) per stimare un bilancio di sedimenti e per prevedere l'evoluzione del fondale (che influenza la circolazione dei natanti all'interno del porto).

Nonostante gli specchi acquei portuali siano confinati e protetti dal moto ondoso, tuttavia una parte delle onde riesce a penetrare all'interno dei bacini.

Pertanto, si è pensato di studiare da un punto di vista sperimentale e numerico, se e come il moto ondoso possa incidere sulla modifica del fondale indotto dalle eliche dei natanti.

Nel laboratorio di Idraulica Ambientale e Marittima (LIAM) sono state effettuate delle prove sperimentali per valutare tali effetti. In seguito, i risultati ottenuti sono stati utilizzati per validare un modello numerico e poter estendere (numericamente) il range di validità dei risultati ottenuti.

I risultati sono stati pubblicati su una rivista internazionale di riferimento per le tematiche affrontate.

### **>>> Propagazione di onde di pressione nei liquidi**

Svolta in collaborazione con ricercatori dell'Università di Plymouth, l'attività di ricerca è finalizzata alla predisposizione di un modello idraulico per lo studio del fenomeno di colpo d'ariete. Le tematiche sono inerenti al ruolo svolto dalla comprimibilità dei liquidi sulle forze resistenti al moto; alla transizione dal regime viscoso al regime turbolento; alla definizione di equazioni costitutive meccaniche e di equazioni di chiusura della turbolenza.

Nel settore applicativo di riferimento, che colloca i fenomeni di colpo d'ariete nella classe dei fenomeni caratterizzati da piccoli valori del numero di Mach, la propagazione unidimensionale delle onde di pressione, di ampiezza finita, è descritta da un'equazione lineare del terzo ordine, di cui è nota la soluzione analitica per assegnate condizioni ai limiti (iniziali e al contorno).

### **>>> Distribuzioni di velocità in correnti turbolente**

Svolta in collaborazione con ricercatori dell'Ecole Supérieure d'Ingénieurs en Génie Electrique (Cergy-Pontoise, France), l'attività di ricerca riguarda la predisposizione di modelli indiretti di turbolenza per la rappresentazione delle distribuzioni di velocità media locale in correnti uniformi. Le tematiche sono inerenti alla definizione di equazioni costitutive meccaniche e di equazioni di chiusura della turbolenza; alla definizione di indici di resistenza in funzione del numero di Reynolds della corrente; al diverso comportamento di correnti turbolente in condotte circolari e rettangolari.

### **>>> Paradossi nella Meccanica dei Fluidi**

L'attività di ricerca riguarda il superamento di classici paradossi della Meccanica dei Fluidi (paradosso di Fourier, paradosso di Darcy) con il metodo delle scale elementari. Le tematiche sono inerenti alla definizione della scala elementare spaziale e della scala elementare temporale; all'esame di aspetti "discreti" della Termomeccanica dei sistemi continui (e.g., il numero di Knudsen); alla definizione del campo di validità della Termodinamica classica del non equilibrio (in regime non lineare).

## »»» Pubblicazioni 2022-2023

### Articoli su rivista

- DI NUCCI C., CELLI D., FISCHIONE P. & PASQUALI D. *Elementary scales and the lack of Fourier paradox for Fourier fluids*. 2022, *Meccanica*, 57 (1), pp. 251-254
- DI NUCCI C., CELLI D., FISCHIONE P. & CELLI D. *Classical irreversible thermodynamics versus extended irreversible thermodynamics. The role of the continuity equation*. 2022, *Archives of Thermodynamics*, 43 (2)
- FISCHIONE P., PASQUALI D., CELLI D., DI NUCCI C., & DI RISIO M. *Beach Drainage System: A Comprehensive Review of a Controversial Soft-Engineering Method*. 2022, *Journal of Marine Science and Engineering*, 10 (2), 145
- PASCULLI A., LONGO R., SCIARRA N., & DI NUCCI C. *Surface Water Flow Balance of a River Basin Using a Shallow Water Approach and GPU Parallel Computing - Pescara River (Italy) as Test Case*. 2022, *Water*, 14 (2), 234
- DI NUCCI C., & CELLI D. *From Darcy equation to Darcy paradox*. 2022, *Fluids*, 7 (4), 120
- DI NUCCI C., CELLI D., PASQUALI D., & DI RISIO M. *New Dimensionless Number for the Transition from Viscous to Turbulent Flow*. 2022, *Fluids*, 7 (6), 202
- CIALLELLA A., PASQUALI D., D'ANNIBALE F., & GIORGIO I. *Shear rupture mechanism and dissipation phenomena in bias-extension test of pantographic sheets: Numerical modeling and experiments*. 2022, *Mathematics and Mechanics of Solids*, 27 (10), pp. 2170-2188
- FISCHIONE P., CELLI D., PASQUALI D., BARAJAS G., DI PAOLO B., & LARA J. L. *Inside a Beach Drainage System: A Three-Dimensional Modeling*. 2023, *International Journal of Offshore and Polar Engineering*, 33 (02), 196-203
- FISCHIONE P., GIANFORTE V., CELLI D., DI LUDOVICO D., DI TRIA I., ANTONACCI A., MALI M., DI RISIO M., *Mapping and classification of ports and marinas for the definition of long-term development strategy* 2022. *Coastal And Offshore Science and Engineering*, 2 (2022), pp. 72-84
- DI NUCCI C., & ABSI R. *Comparison of Mean Properties of Turbulent Pipe and Channel Flows at Low-to-Moderate Reynolds Numbers*. 2023, *Fluids*, 8 (3), 97
- FERRARO D., ARISTODEMO F., LAURIA A., LAZZARO E., PASQUALI D., & DI RISIO M., (2023), *Effect of wave motion on the scouring caused by a marine propeller jet: An experimental and numerical study*. 2023, *Ocean Engineering*, 290, 116426
- PASQUALI D., BRUSCHI A., LISI I., & DI RISIO M. *Wave Forcing Assessment at Regional Scale in a Climate Change Scenario: The Sardinia Case Study*. 2023, *Journal of Marine Science and Engineering*, 11 (9), 1786
- RAGNO E., ANTONINI A., & PASQUALI D. *Investigating extreme sea level components and their interactions in the Adriatic and Tyrrhenian Seas*. 2023, *Weather and Climate Extremes*, 41, 100590

### Articoli in atti di convegno

- ANTONINI A., DERMENTZOGLOU D., DE ALMEIDA E., HOFLAND B., CELLI D., PASQUALI D., DI RISIO M., CASTELLINO M., & DE GIROLAMO P., *Physical experiments on overhanging parapets under non-breaking wave conditions*. 2022 - *Coastal Engineering Proceedings*, (37), 81-81
- CASTELLINO M., ANTONINI A., CELLI D., DERMENTZOGLOU D., PASQUALI D., DI RISIO M., & DE GIROLAMO P., *Numerical experiments on overhanging parapets under non-breaking wave conditions*. 2022, *Coastal Engineering Proceedings*, (37), 85-85

- SCIPIONE F., DI RISIO M., CASTELLINO M., PASQUALI D., DE GIROLAMO P. *Equivalent wave time series for morphological applications*. 2022. XXXVIII Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche
- CASTELLINO M., DE GIROLAMO P., MORONI M., SCIPIONE F., CELLI D., PASQUALI D., DI RISIO M., ANTONINI A., *Influence of the shape of vertical breakwater crownwalls on wave overtopping (2022)*, XXXVIII Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche
- CIPOLLONE L., PASQUALI D., CELLI D., DI NUCCI C., DI RISIO M., *Smart boundary conditions for numerical modeling of hurricane induced storm surge*. 2022. XXXVIII Convegno Nazionale di Idraulica e Costruzioni Idrauliche
- MALCANGIO D., CELLI D., BRUNO M.F., MOLFETTA M.G., PRATOLA L., GERONIMO S., LOTITO A.M., GAROFOLI P.F., DI RISIO M. *Biodiversity smart monitoring guided by historical analysis of coastal evolution*. 2022. Monitoring of Mediterranean Coastal Areas: problems and measurement techniques
- MALCANGIO D., CELLI D., FRATINO U., DI RISIO M., (2023), *Smart Design of Biodiversity Monitoring Systems in Coastal Area*. 2023 IEEE International Workshop on Metrology for the Sea; Learning to Measure Sea Health Parameters (MetroSea)

### **Monografie e capitoli di libri**

- PASQUALI D., *Introductory Chapter: Sediment Transport*. 2022 — In (Ed.), Modeling of Sediment Transport. IntechOpen
- DI NUCCI C., *Quaderni d'Idraulica*. 2022 — Edizioni Libreria Universitaria Benedetti







## II.2 >>>

# Costruzioni Idrauliche e Protezione del Territorio

**ICAR-02** Costruzioni idrauliche e marittime e idrologia

### >>> Introduzione

Vengono di seguito presentate le principali linee di ricerca sviluppate nel biennio 2022-2023 nell'ambito dello sviluppo di modelli per la valutazione e gestione dei rischi legati all'acqua, con particolare riferimento alle inondazioni fluviali e costiere, sia tramite l'impiego di modelli di apprendimento automatico data-driven che fisicamente basati. Tali attività sono state affiancate da studi sull'earthquake hydrology e sull'analisi degli impatti dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche.

### >>> Modelli data-driven per la valutazione del danno da tsunami agli edifici civili

In un primo studio, sono stati sviluppati modelli di apprendimento automatico su un dataset esteso che riporta informazioni sui danni causati agli edifici civili dallo tsunami del 2011 nella regione del Tōhoku, Giappone. L'obiettivo principale è centrato sul cogliere le complesse interazioni non lineari tra le variabili descrittive dei meccanismi di danneggiamento e analizzarne l'importanza relativa sulla capacità predittiva dei modelli.

Oltre alle tradizionali caratteristiche di vulnerabilità, lo studio ha introdotto nuove variabili descrittive dell'ambiente circostante gli edifici, con un approccio basato su aree di influenza. Queste nuove variabili tengono conto del potenziale effetto di schermatura degli edifici che si frappongono alla propagazione dello tsunami e dell'impatto prodotto dai detriti generati dagli edifici collassati. Da un punto di vista fisico, tali nuove variabili possono essere interpretate come proxy per la velocità dell'acqua, catturando gli effetti idrodinamici associati alla propagazione dello tsunami. L'effetto dell'utilizzo di tali proxy sulla capacità predittiva dei modelli è stato confrontato con approcci alternativi per rappresentare gli impatti idrodinamici sugli edifici, sia utilizzando misure dirette di velocità derivate dalla simulazione idrodinamica dettagliata dell'evento, sia tramite misure indirette attraverso l'altezza d'acqua.

I risultati hanno rivelato che le nuove variabili sintetiche descriventi l'interazione reciproca tra edifici inondati giocano un ruolo importante nella modellazione dei danni da tsunami, superando l'importanza dei fattori di vulnerabilità comunemente incorporati nelle funzioni di fragilità (come la tipologia strutturale e il numero di piani degli edifici) e con efficacia nella capacità predittiva del tutto paragonabile a quella ottenuta con l'utilizzo di informazioni idrodinamiche di dettaglio. Tali risultati hanno messo in luce non solo l'importanza di adottare modelli di vulnerabilità da tsunami più complessi, di tipo multi-variabile, ma anche le limitazioni intrinseche degli approcci convenzionali presenti in letteratura, basati sull'utilizzo di semplici funzioni di fragilità univariate.

### **>>> Modelli data-driven per la valutazione del danno da tsunami alle infrastrutture stradali**

La stima dei danni provocati dagli tsunami sulle infrastrutture stradali costiere rappresenta una sfida ancora aperta nel panorama scientifico. Gli approcci convenzionali, basati sulle funzioni di fragilità, seppur utili, risultano limitati nel fornire una descrizione completa delle interazioni non lineari tra le diverse variabili coinvolte nei meccanismi di danneggiamento. Attualmente, le attività del gruppo di ricerca sono focalizzate sullo sviluppo di modelli avanzati di apprendimento automatico multivariato, mirando a superare le attuali limitazioni dei modelli presenti in letteratura.

In continuità con le iniziative descritte nella sezione precedente, il dataset empirico su cui si basa questa ricerca è costituito dal dataset dei danni alle strade compilato dopo lo tsunami del 2011 nella regione del Tōhoku. Questo dataset fornisce dettagli sul livello di danneggiamento osservato (nullo, lieve, moderato o grave) per circa 4300 km di strade inondate. Al fine di ottenere una comprensione approfondita della natura multivariata dei meccanismi di danneggiamento da tsunami sulle strade, tale database è stato ampliato con ulteriori variabili esplicative, includendo aspetti morfologici della posizione stradale e le stesse variabili proxy precedentemente menzionate in riferimento agli edifici.

### **>>> Earthquake-hydrology tramite approcci di deep-learning**

Un ulteriore ambito di ricerca ha riguardato l'analisi degli effetti sismici sulle portate delle sorgenti negli acquiferi carsici, caratterizzati da una complessità ed eterogeneità intrinseche, che rendono la loro modellazione particolarmente complessa sotto tali condizioni.

Nel corso dell'ultimo decennio, l'idrologia ha assistito a una crescente adozione di approcci basati su algoritmi di apprendimento automatico, impiegati sia in so-

stituzione sia in combinazione con i tradizionali modelli fisicamente basati. In linea con questa tendenza, si è andati ad esaminare per la prima volta in letteratura l'applicabilità e l'affidabilità di tali modelli nella rappresentazione del comportamento idrologico degli acquiferi carsici esposti a rischio sismico.

I risultati ottenuti hanno evidenziato che, nonostante le potenziali restrizioni dovute alla scarsa disponibilità di dati per l'addestramento dei modelli, tali approcci possono rivelarsi efficaci nella previsione delle portate di sorgenti in aree carsiche soggette a eventi sismici significativi. Tale efficacia è riconducibile alla loro abilità nel cogliere in modo implicito i complessi meccanismi geofisici che determinano alterazioni immediate nelle proprietà idrologiche degli acquiferi a seguito di eventi sismici di rilievo.

### **>>> Modelli di danno da alluvione fisicamente basati, con trattamento esplicito delle incertezze associate ai dati in input: INSYDE**

Un'accurata valutazione del rischio da alluvioni è fondamentale per definire efficienti strategie di mitigazione delle potenziali conseguenze negative delle inondazioni. Tuttavia, la complessità dei sistemi coinvolti e l'ingente quantità di dati richiesti per la modellazione, rendono la stima dei danni da alluvione un compito impegnativo, soggetto a incertezze legate ai dati di input, alle ipotesi di base e alla struttura del modello adottati. Trovare un equilibrio tra l'affidabilità e rappresentatività dei risultati e le risorse impiegate per la modellazione è cruciale per valutazioni del rischio efficienti e complete per i processi decisionali.

Per affrontare queste sfide, le attività del gruppo di ricerca si sono rivolte al perfezionamento del modello di danno da alluvione per gli edifici residenziali, INSYDE, sviluppato negli anni precedenti. Tale modello stima i danni economici diretti a livello di edificio in funzione delle variabili idrauliche che descrivono l'evento e delle caratteristiche dell'edificio impattato. Dato il livello di complessità e dettaglio richiesto dalle variabili in input, il processo di reperimento e preparazione dei dati per un modello siffatto può richiedere molte risorse; inoltre, la mancanza di informazioni su alcune di queste variabili può influire in modo significativo sull'incertezza delle stime del danno.

Nella versione aggiornata di INSYDE è stato quindi introdotto un modulo probabilistico per la compilazione di (eventuali) dati di input mancanti, offrendo in output risultati trasparenti sulle incertezze derivanti dalla possibile conoscenza limitata su alcune variabili esplicative. L'adozione di tale approccio garantisce valutazioni più robuste, riducendo il rischio di trasmettere una falsa percezione di certezza nei processi decisionali, cosa che può verificarsi invece con l'utilizzo di approcci univariati o deterministici semplici.

### **>>> Modellazione della variabilità stagionale nelle stime del rischio: AGRIDE-c**

AGRIDE-c, sviluppato dal gruppo di ricerca negli anni precedenti, è un modello di danno sintetico fisicamente basato che consente di stimare i danni causati da un evento alluvionale di caratteristiche idrauliche note per diverse tipologie di colture.

Ancor più rispetto ad altri settori esposti, i danni alle colture sono influenzati da numerosi parametri di pericolosità, tra cui la durata dell'inondazione, la salinità dell'acqua, la presenza di sedimenti e contaminanti, e il periodo dell'anno in cui si verifica l'evento. Quest'ultimo aspetto è particolarmente rilevante a causa della stagionalità della produzione agricola e delle variazioni nella vulnerabilità delle piante nelle diverse fasi fenologiche. Questa complessità richiede un passaggio dalle tradizionali rappresentazioni degli scenari di inondazione basati sulla probabilità di accadimento (tempo di ritorno) annuale a stime mensili per una valutazione più accurata del rischio di alluvione.

Attualmente, le attività di ricerca in corso sono pertanto concentrate sul miglioramento continuo di AGRIDE-c, con particolare attenzione all'inclusione nel modello degli aspetti dinamici dei fattori che influenzano il rischio, come l'effetto della stagionalità, sia in termini di pericolosità che di vulnerabilità ed esposizione. Questo approccio mira a migliorare la capacità del modello nel cogliere dinamiche complesse, contribuendo così a una valutazione più accurata e informativa del rischio associato alle inondazioni in ambito agricolo.

### **>>> Studio degli impatti dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche e produttività agricola**

Il gruppo di ricerca è impegnato nell'analisi degli impatti dei cambiamenti climatici sulle risorse idriche, tema di particolare rilevanza a livello economico e sociale, dal momento che i cambiamenti del clima possono generare significative conseguenze negative, tra cui, ad esempio, fluttuazioni nelle rese agricole e volatilità nella disponibilità e prezzi di risorse alimentari essenziali.

In uno studio recente, si è andati ad analizzare le variazioni nelle variabili climatiche e nelle rese agricole delle principali colture nella Regione Abruzzo negli ultimi 50 anni. I risultati hanno indicato un aumento dell'intensità e della persistenza delle siccità a partire dagli anni '80, con un passaggio verso condizioni più temperate nei mesi invernali e un'evoluzione verso un clima più caldo e arido durante la stagione estiva. L'analisi ha evidenziato inoltre un aumento complessivo dell'intensità della correlazione tra le fluttuazioni delle rese agricole e le variabili climatiche nell'ultimo trentennio, che può essere interpretato come un

cambiamento nella resilienza (o un aumento della vulnerabilità) del sistema di produzione agricola di fronte ai cambiamenti climatici.

Questo lavoro costituisce un caso di studio interessante nell'area mediterranea, che fornisce spunti per la costruzione di modelli probabilistici sulle fluttuazioni indotte dai cambiamenti climatici sulla produzione agricola.

## »»» Pubblicazioni 2022-2023

### Articoli su rivista

DI BACCO M., MOLINARI D., SCORZINI A.R. *The value of ultra-detailed survey data for an improved flood damage modelling with explicit input data uncertainty treatment: INSUDE 2.0*, Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions, 2023 [preprint, DOI: 10.5194/nhess-2023-179]

GUERRIERO V., SCORZINI A.R., DI LENA B., IULIANELLA S., DI BACCO M., TALLINI M. *Impact of climate change on crop yields: insights from the Abruzzo Region, central Italy*. Sustainability, 15 (19): 14235, 2023

SCORZINI A.R., DI BACCO M., DE LUCA G., TALLINI M., *Deep learning for earthquake hydrology? Insights from the karst Gran Sasso aquifer in central Italy*. Journal of Hydrology, 617, 129002, 2023

DI BACCO M., ROTELLO P., SUPPASRI A., SCORZINI A.R., *Leveraging data driven approaches for enhanced tsunami damage modelling: Insights from the 2011 Great East Japan event*. Environmental Modelling & Software, 160, 105604, 2023

SHAROONIZADEH S., AHADIYAN J., SCORZINI A.R., DI BACCO M., SAJJADI M., MOGHADAM M.F. *Turbulence characteristics of the flow resulting from the hydrodynamic interaction of multiple counter flow jets in expanding channels*. Acta Mechanica, 233: 3867-3880, 2022

MY L., DI BACCO M., SCORZINI A.R. *On the use of gridded data products for trend assessment and aridity classification in a Mediterranean context: the Case of the Apulia Region*. Water, 14 (14): 2203, 2022

SCORZINI A.R., DEWALS B., RODRIGUEZ CASTRO D., ARCHAMBEAU P., MOLINARI D., *INSUDE-BE: adaptation of the INSUDE model to the Walloon region (Belgium)*, Natural Hazards and Earth System Sciences, 22: 1743-1761, 2022

### Articoli in atti di convegno

SCORZINI A.R., D'ERAMO C., DI BACCO M. *Estimating flood damage to crops and implications for flood risk assessment*. Proceedings of the 12<sup>th</sup> World Congress of the European Water Resources Association (EWRA2023), Thessaloniki, Greece, pp. 71-72. ISBN: 978-618-84419-1-0, 2023

DI BACCO M., SCORZINI A.R., SUPPASRI A. *Empirical multi-variable tsunami damage models based on the 2011 Great East Japan dataset: analysis of the performances at different spatial scales*. Proceedings of COMPDYN2023, 9<sup>th</sup> ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering, Athens, Greece, Vol. 2, pp. 2678-2686. ISBN: 978-618-5827-00-7, 2023

BALLIO F., ARMAROLI C., AROSIO M., ARRIGHI C., BORGOGNO-MONDINO E., CARISI F., CASTELLI F., CIAVO-  
LA P. [...], SCORZINI A.R. [...] ZOPPI L. *The MOVIDA project to support the update of flood risk  
mapping in the Po River District: methodology for flood damage assessment*. Proceedings  
of the 39<sup>th</sup> IAHR World Congress, Granada, Spain, pp. 27-38. ISSN-L 2521-7119, 2022



## 11.3 >>>

### Trasporti e Strade

**ICAR-05** Trasporti

**ICAR-04** Strade, Ferrovie ed Aeroporti

#### >>> Introduzione

Il gruppo di ricerca affronta tematiche nell'ambito dei trasporti e della mobilità sostenibili in linea con la strategia e gli obiettivi di decarbonizzazione fissati dall'Unione Europea (European Green Deal, Fit for 55).

Il gruppo è parte integrante del Centro di Trasporti e Mobilità Sostenibile (CITraMS) dell'Università dell'Aquila.

In particolare, gli argomenti di ricerca riguardano lo studio e lo sviluppo di sistemi avanzati a basso impatto ambientale, sia in ambito terrestre che marittimo.

I principali ambiti di ricerca riguardano:

- >> sistemi di trasporto a levitazione magnetica in superconduzione
- >> sistemi integrati per la mobilità sostenibile e vettori energetici green
- >> sistemi di trasporto collettivo con veicoli alimentati ad idrogeno
- >> sicurezza alla guida tramite l'utilizzo di simulatore

La Figura 1 illustra alcuni progetti e collaborazioni del CITraMS in ambito regionale.



1. Collaborazioni del CITraMS in progetti e studi sui sistemi di trasporto in ambito regionale



## »» L'idrogeno quale vettore energetico per la mobilità sostenibile

Questa linea di ricerca si articola nei seguenti progetti e studi di fattibilità.

### »» *Progetto LIFE 3H (Hydrogen demonstration in city, port, and mountain area to develop integrated hydrogen valleys)*

Il progetto, cofinanziato dalla EU e partecipato da Enti pubblici, Università ed aziende, si pone l'obiettivo di porre le premesse per lo sviluppo di tre Hydrogen Valley (produzione, stoccaggio e utilizzo di idrogeno integrato), attraverso dimostrativi di trasporto pubblico ad idrogeno e relative stazioni di rifornimento in tre aree con caratteristiche diverse: i) area montana/parco rappresentata dall'Altopiano delle Rocche, Abruzzo; ii) area marina/portuale di Civitavecchia, Lazio; iii) città di Terni, Umbria. Il tutto è assolutamente strategico ed innovativo in quanto rappresenta il primo progetto italiano sulle Hydrogen Valley, nonché il primo progetto di mobilità ad idrogeno del centro Italia.

### »» *Riconversione al vettore idrogeno della linea ferroviaria Sulmona-L'Aquila-Terni*

Lo studio di fattibilità, realizzato all'interno del Programma d'Intesa tra Regione Abruzzo, CITraMS e SNAM, ha affrontato la decarbonizzazione del servizio ferroviario regionale mediante il ricorso all'idrogeno verde. In particolare sono state delineate ed analizzate le potenzialità di sviluppo della tratta ferroviaria Sulmona-L'Aquila-Terni (attualmente non elettrificata e percorsa da treni diesel) attraverso l'utilizzo di treni alimentati ad idrogeno

## »» Decarbonizzazione del trasporto marittimo

Questa linea di ricerca ha riguardato lo sviluppo delle attività di supporto alla Regione Abruzzo nel progetto INTERREG Italia-Croazia denominato MIMOSA (Maritime and Multimodal Sustainable Passenger transport solutions and services).

I contenuti dello studio di fattibilità riguardano la realizzazione di un collegamento marittimo tra Italia e Croazia, a basso impatto emissivo e da realizzare attraverso una nave alimentata da Biogas Naturale Liquefatto (GNL).

Il progetto ha come obiettivo lo sviluppo della connettività adriatica attraverso l'individuazione di un corridoio marittimo multimodale sostenibile.

## »» Mobility as a Service

Questa linea di ricerca è attuata attraverso il progetto *Abruzzo4MaaS*, finanziato dal PNRR, partecipato da Enti pubblici, Università ed Aziende e che vede l'Abruzzo tra le 7 Regioni vincenti.

Gli obiettivi del progetto mirano:

- » alla digitalizzazione ed all'efficientamento delle singole aziende di TPL e dei servizi per la mobilità dolce, al fine di una progressiva partecipazione verso le piattaforme RAP/NAP di tutti gli attori del territorio (processo di transizione digitale dei servizi di mobilità);
- » all'integrazione digitale dei servizi di trasporto pubblico locale e di mobilità dolce, insistenti sull'area pilota, in un'unica piattaforma regionale, interfacciabile con le singole aziende e con gli utenti finali, al fine di rendere maggiormente fruibile, affidabile ed interoperabile l'offerta di mobilità presente sul territorio.
- » all'analisi dell'efficacia del sistema *MaaS* attraverso il coinvolgimento proattivo e diversificato di 1.500 utenti al fine di studiare il valore generato dallo spostamento della domanda verso un'offerta di mobilità integrata (analisi comportamentale e customer satisfaction).

### »» Pianificazione e gestione del trasporto pubblico locale

Questa linea di ricerca si articola attraverso due convenzioni stipulate tra il CI-TraMS e la Società Unica Abruzzese di Trasporto (TUA S.p.A) e riguardanti i seguenti aspetti:

- » *Pianificazione, gestione ed ottimizzazione del servizio sulla linea filoviaria Pescara-Montesilvano.*

I contenuti riguardano lo sviluppo di analisi trasportistiche per il servizio di trasporto con filobus snodati a trazione elettrica sulla linea filoviaria Pescara-Montesilvano.

Gli obiettivi dello studio riguardano:

- » La definizione di scenari attuali e futuri di domanda ed offerta;
- » La valutazione economica degli scenari di gestione comprensivi delle emissioni.

- » *Dimensionamento della stazione di ricarica autobus elettrici*

I contenuti dello studio riguardano il dimensionamento ottimale della stazione di rifornimento di autobus elettrici a batteria. Gli obiettivi mirano a:

- » Dimensionare ed ottimizzare le caratteristiche tecnico-prestazionali di un impianto in grado di garantire la ricarica delle batterie degli autobus tramite apparati plug-in;
- » Connettere i suddetti apparati di ricarica alla "control room", ovvero alle infrastrutture informatiche aziendali;

- Disporre di apposite soluzioni di “back up” elettrico, nonché di autoproduzione di energia elettrica attraverso fonti rinnovabili (pannelli fotovoltaici).

### **>>> Analisi della sicurezza alla guida veicolare tramite l'utilizzo del simulatore di guida**

La tematica di ricerca è focalizzata sull'utilizzo del simulatore per riprodurre ed analizzare comportamenti di guida di diverse tipologie di utenti all'interno di scenari di traffico diversificati.

A tal fine, verrà utilizzato un simulatore di guida già in dotazione al Laboratorio di Trasporti e Infrastrutture del DICEAA e messo a disposizione anche per il CITraMS. Gli obiettivi delle attività di ricerca mirano a studiare ed analizzare, tramite l'utilizzo di sofisticati sistemi di simulazione, il ruolo del fattore umano e delle tecnologie di supporto nella guida veicolare nell'ambito di scenari applicativi diversificati per classi di utenza, contenuti tecnologici, contesti di traffico ed ambientali.

Il metodo di analisi, condotto con un approccio multidisciplinare, si basa su test effettuati attraverso il simulatore di guida utilizzato da campioni prescelti di utenti.



**2.** Simulatore di guida

Il comportamento di guida degli utenti è analizzato attraverso la definizione e l'utilizzo di opportuni indicatori basati sulla misurazione dei parametri cinematici e dinamici del veicolo (velocità accelerazione, scatti, forza applicata sul pedale del freno, ecc.).

## »»» Pubblicazioni 2022-2023

### Articoli su rivista

FABRI G., OMETTO A., VILLANI M., D'OVIDIO G., *A battery-free sustainable powertrain solution for hydrogen fuel cell city transit bus application*, sustainability 2022, 14, 5401

FABRI G., OMETTO A., CIANCETTA F., D'OVIDIO G., *Hydrogen fuel cells mini bus for extra-urban application*, Electric Motor Engineering, pp. 30-36, Sept. 2022

CIANCETTA F., DI PASQUALE M., D'OVIDIO G., FABRI G., OMETTO O., VILLANTE C., *Performance simulation of hydrogen-electric transit bus running in a mountain environment*, European Transport 2022, p. 90

### Articoli in atti di convegno

D'OVIDIO G., *Trasporti e mobilità sostenibile: aspetti strategici etendenziali*, Atti della Giornata della Ricerca DICEAA dell'Università dell'Aquila, pp. 76-80, Maggio 2022

RANIERI S., DURONIO F., VILLANTE C., D'OVIDIO G., *Enabling technologies assessment for reducing Italian LPT emissions on short and long-term time frames*, Transportation Research Proceedings, Volume 69, pp. 623-630, 2022

D'OVIDIO G., OMETTO A., FABRI G., ANTONINI G., MASCIOVECCHIO C., BRUNER M., *Hydrogen fuel cell-powered rail trains for passenger transport applications on non-electrified secondary lines*, Proceedings CTD 2023. International Conference on Transportation and Development 2023, pp. 276-290

DI PASQUALE M., PISCITELLI R., D'OVIDIO G., TOTANI G., D'ANGELO L.M., *local public transport operative total cost of ownership analysis in relation to the technology transition phase*, Proceedings of the 27<sup>th</sup> Transport Means 2023 International Conference - pp. 611-616, Oct. 2023 Palanga, Lithuania

PESCARA P., BARCHIESI C., CIAMPONI D., DI PASQUALE M., D'ANGELO L.M., ANTONINI G., D'OVIDIO G., *hydrogen for sustainable mobility: ongoing experiences from the Italian LIFE3H project*, Proceedings of the 27<sup>th</sup> Transport Means 2023 International Conference - Volume 1, pp. 347-352, Oct. 2023, Palanga, Lithuania

### Monografie e capitoli di libri

CAZZOLA P., D'OVIDIO G., MURATORI M., GANGUALIANO P., SORIANI S., *Mitigazione. tecnologie, disegno e riorganizzazione delle infrastrutture e della mobilità per la resilienza e l'adattamento ai cambiamenti climatici*, Cambiamenti climatici, infrastrutture e mobilità, soluzioni e strategie per investimenti sostenibili, a cura di Carlo Carraro





## II.4 >>>

### Geomatica

ICAR-06 Topografia e cartografia

#### >>> Introduzione

Il gruppo di ricerca del Laboratorio di Geomatica svolge la propria attività nel campo del rilievo e trattamento di dati geospaziali, mirando alla caratterizzazione e analisi di strutture, infrastrutture e territorio. I risultati, gestiti tramite piattaforme GIS e/o Web GIS, rappresentano un supporto fondamentale per una gestione SMART del territorio. Le tecniche di rilievo geomatiche permettono analisi a scale differenti, che vanno dal telerilevamento satellitare fino al rilievo tridimensionale ad alta risoluzione tramite fotogrammetria da drone o terrestre e laser scanner.

#### >>> Immagini multispettrali a supporto del CIM (City Information Modeling)

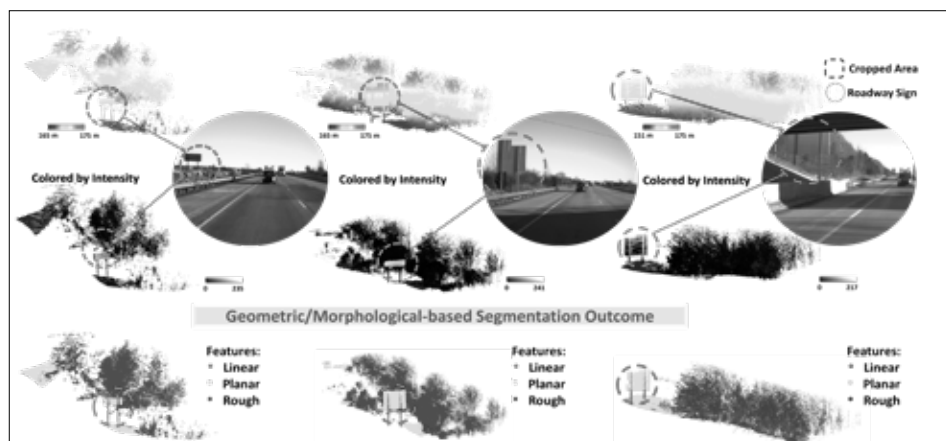
Lo studio presenta un'analisi relativa all'elaborazione di dati attraverso l'impiego di immagini satellitari multispettrali ad alta e media risoluzione, al fine di estrarre informazioni utili da integrare con i vari livelli provenienti dai Geoportali ufficiali, contribuendo alla costruzione e alla gestione di un modello tridimensionale della città (CIM). La ricerca è iniziata tramite elaborazione delle immagini multispettrali acquisite da satellite WorldView 2 e Landsat 8 sfruttando l'effettiva conoscenza dell'estrazione automatica (o semi-automatica) dei dati legati alla copertura del suolo e all'estrazione di informazioni dettagliate sulle aree studiate. Quest'ultime sono state ottenute sia con l'impiego di indici spettrali specifici, i quali hanno permesso l'elaborazione di mappe tematiche relative alla vegetazione, ai diversi tipi di manti di copertura presenti dell'edificato e di specifici composti chimici (come ossido di ferro o amianto); sia tramite l'estrazione di dati dalla banda termica, creando mappe delle temperature di superficie.

L'obiettivo primario è ottenere nuove elaborazioni per l'aggiornamento delle informazioni preesistenti, attualmente raccolte dalle fonti ufficiali a livello regionale. Successivamente, i dati ottenuti confluiranno in un database unificato e aggiorna-

to, costituendo così un'estesa rappresentazione in 3D dell'area urbana, al quale sarà possibile associare una vasta gamma di informazioni, contribuendo al monitoraggio e alla gestione efficace del territorio.

### >>> Utilizzo di nuvole di punti da dati MMS con approcci automatici o semi-automatici

La ricerca sfrutta il potenziale dei Sistemi di Mappatura Mobile (Mobile Mapping Systems - MMS), equipaggiati con unità LiDAR in grado di condurre dettagliate scansioni della rete stradale e dell'ambiente circostante, generando, così, dati di elevata precisione. In particolare, in quest'ultimo anno, l'attenzione è stata rivolta alla visibilità dei segnali stradali lungo le vie di trasporto, al fine di migliorare la sicurezza stradale, facilitare il flusso del traffico e garantire un efficace controllo della viabilità. La ricerca si focalizza specificamente sull'utilizzo delle nuvole di punti, sfruttando le caratteristiche geometriche distintive, come linee o piani, dei segnali stradali, facilmente identificabili nei dati LiDAR. Questi ultimi rappresentano una fonte di informazioni ideale per il riconoscimento dei segnali stradali. Lo studio mira a implementare e confrontare diverse metodologie, spaziando dai metodi basati sulla geometria per la segmentazione alle avanzate tecniche di apprendimento automatico di deep learning. In prospettiva, questo studio propone di focalizzarsi ulteriormente sull'impiego delle nuvole di punti, esplorando il loro potenziale utilizzo per affrontare tematiche aggiuntive e contribuire al monitoraggio delle infrastrutture e dei corridoi di trasporto.



1. Segmentazione geometrica-morfologica eseguita su un set di dati rilevati con sistemi di mappatura mobile su un'autostrada dell'Indiana (USA)

### **>>> Remote sensing per il controllo delle aree costiere**

La gestione ed il controllo delle aree costiere, attualmente sotto minaccia di erosione, sono di fondamentale importanza per la salvaguardia della popolazione e dell'ambiente stesso. La geomatica occupa un ruolo centrale nella prevenzione e, grazie all'utilizzo sinergico di più tecniche, è in grado di fornire informazioni temporali utili alla salvaguardia delle aree fragili del pianeta. La ricerca si è incentrata soprattutto nell'utilizzo delle immagini satellitari ottiche e SAR e del GNSS. Nel biennio 2022-2023, ha focalizzato l'attenzione sull'estrazione della linea di riva su due spiagge sabbiose di Barcellona: quella di Castelldefels, lunga circa 5 km, piatta e larga, e quella di Somorrostro, meno estesa (circa 500 m), più pendente e circondata da manufatti creati dall'uomo, quali porto e edifici. Le posizioni delle linee di riva istantanee estratte dalle immagini satellitari con algoritmi sperimentali provenienti dal mondo del machine learning sono state confrontate con rilievi GNSS, algoritmi comuni e un tool di letteratura (CoastSat). I risultati hanno mostrato un'affidabilità maggiore nell'utilizzo degli algoritmi sperimentali, che, essendo meno sensibili allo speckle e alle strutture artificiali presenti intorno alla spiaggia, presentano un notevole avanzamento nella ricerca specialmente nelle immagini SAR.

### **>>> Tecniche geomatiche per l'analisi dei consumi nelle aree urbane in periodi di emergenza**

L'obiettivo principale di questa ricerca è quello di analizzare i consumi di acqua, energia, e, in generale, di servizi pubblici nelle zone residenziali durante periodi di emergenza tramite tecniche geomatiche. Non avendo sempre a disposizione dati puntuali, è possibile studiare fattori indiretti per incrementare l'efficienza dei consumi all'interno di edifici e abitazioni, con il fine di gestire al meglio le risorse. Nello specifico, la metodologia proposta ha riguardato l'estrazione delle automobili nelle aree parcheggio della città di Salonicco (Grecia) da immagini da satellite, aeree e da UAV. Sono stati considerati tre periodi pre-, durante e post-lockdown dovuto al Covid-19 e tramite fotogrammetria ed elaborazione di immagini con tecniche Object-Based è stato possibile effettuare un'analisi di change detection per studiare la variazione di occupazione delle abitazioni. I risultati potranno essere migliorati tramite l'applicazione di algoritmi di deep learning e potranno costituire uno strato informativo aggiuntivo da integrare in sistemi GIS e BIM. Ciò può portare ad un'analisi meno costosa e dispendiosa in termini di tempo per lo sviluppo futuro delle città, nonché ad una migliore gestione del territorio.



## **>>> Immagini iperspettrali PRISMA da satellite per lo studio di aree archeologiche**

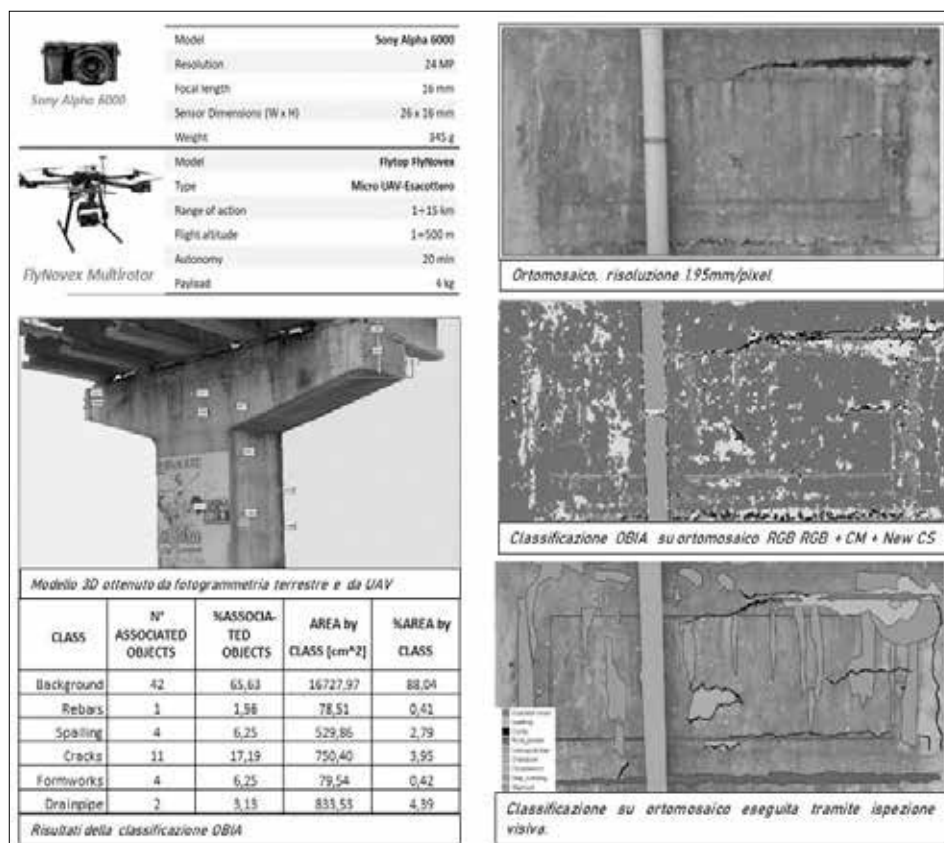
Negli ultimi decenni, il telerilevamento ha contribuito anche alla gestione del patrimonio culturale, che comprende, tra l'altro, i siti archeologici e il loro contesto territoriale. Questa ricerca ha indagato le capacità e i limiti del nuovo sensore iperspettrale PRISMA (Precursore IperSpettrale della Missione Applicativa) dell'Agenzia Spaziale Italiana (ASI), ancora poco utilizzato per studi archeologici. Le immagini satellitari PRISMA sono state testate in due contesti diversi: il sito archeologico terrestre di Alba Fucens (Massa D'Albe, L'Aquila, Italia) e quello marino di Sinuessa (Mondragone, Caserta; Italia). L'analisi ha riguardato, inizialmente, lo studio delle cosiddette bad bands e, a seguito di un'elaborazione volta all'eliminazione del rumore, sono state eseguite analisi per componenti principali (PCA) e sono state estratte le firme spettrali di aree rappresentative, confrontate poi con i dati Sentinel-2. Infine, un'analisi di classificazione (ML e SAM) è stata eseguita sia su immagini PRISMA che Sentinel-2. I risultati hanno mostrato un pieno accordo tra i due tipi di dati, con il vantaggio del sensore PRISMA di poter estrapolare più informazioni spettrali, fornendo una migliore affidabilità nell'individuazione delle caratteristiche.

## **>>> Tecniche geomatiche per l'ispezione del degrado e dei materiali di strutture e infrastrutture**

L'obiettivo di questa linea di ricerca è di sviluppare metodologie di rilievo non distruttive e speditive, basate su tecniche geomatiche, per l'estrazione e la classificazione, semiautomatica e automatica, dello stato di degrado superficiale, stati fessurativi e analisi dei materiali di strutture e infrastrutture.

In questo biennio, la ricerca si è focalizzata sul miglioramento dell'estrazione delle informazioni tramite tecniche OBIA, già avviata in passato dal laboratorio di Geomatica. A partire dalle ortofoto RGB, ottenute da fotogrammetria da UAV e terrestre, sono stati sperimentati innovativi filtri (ACM, implementati dal Semeion Research Center) di intelligenza artificiale per migliorare la successiva fase di classificazione delle forme di degrado su un viadotto, preso come caso di studio. L'utilizzo di immagini, elaborate tramite questi algoritmi, ha permesso di migliorare l'estrazione delle informazioni del 5% rispetto all'utilizzo dell'ortofoto iniziale.

Altre ricerche sono in corso sull'integrazione tra differenti tipologie di dati, fotogrammetrici, multispettrali e termici, principalmente da UAV, che mirano al miglioramento delle capacità distintive degli algoritmi di classificazione.



## 2. Classificazione automatica del degrado superficiale su ortomosaico trattato con filtri ACM

### >>> Implementazione di un web-gis open-source per la gestione dei lavori pubblici della Regione Abruzzo

La Regione Abruzzo, in conformità con gli obiettivi di performance da raggiungere nel biennio 2021 - 2023, ha commissionato al laboratorio di Geomatica lo sviluppo di un Web-GIS, dedicato alla mappatura dei lavori pubblici che devono essere giudicati dal Comitato Tecnico Amministrativo Regionale (C.R.T.A.). L'obiettivo principale della piattaforma web è supportare le attività del genio civile della Regione Abruzzo, coordinando professionisti e tecnici coinvolti nel processo di valutazione durante l'intero processo amministrativo e favorendo la condivisione dei dati con i cittadini. A tal fine, e nel rispetto degli obiettivi strategici della Commissione europea sulla promozione dell'utilizzo di software liberi e open source (FOSS) all'interno delle amministrazioni pubbliche, è stato proposto e sviluppato un Web-GIS con piattaforme totalmente open source. La soluzione proposta è

stata realizzata utilizzando il software QGIS, per la mappatura dei lavori pubblici, e Lizmap per la condivisione in web dei dati. L'integrazione tra le due piattaforme costituisce una soluzione efficace per orientare la Pubblica Amministrazione verso l'adozione del software libero, in linea con le direttive della Commissione europea.

## »»» Pubblicazioni 2022-2023

### Articoli su rivista

- ALICANDRO M., DI ANGELO L., DI STEFANO P., DOMINICI D., GUARDIANI E., ZOLLINI S., (2022), *Fast and Accurate Registration of Terrestrial Point Clouds Using a Planar Approximation of Roof Features*. Remote Sensing, 14, 2986. <https://doi.org/10.3390/rs14132986>
- ALICANDRO M., CANDIGLIOTA E., DOMINICI D., IMMORDINO F., MASIN F., PASCUCCI N., QUARESIMA R., ZOLLINI S., (2022), *Hyperspectral PRISMA and Sentinel-2 Preliminary Assessment Comparison in Alba Fucens and Sinuessa Archaeological Sites (Italy)*. Land, 11, 2070. <https://doi.org/10.3390/land11112070>
- DOMINICI D., ALICANDRO M., DI LUDOVICO D., PASCUCCI N., & ZOLLINI S., *Multispectral satellite images to support the CIM (City Information Modeling) implementation*, GEOmedia, 26 (4) 2022. <https://ojs.mediageo.it/index.php/GEOmedia/article/view/1888>
- ZOLLINI S., DOMINICI D., ALICANDRO M., CUEVAS-GONZÁLEZ M., ANGELATS E., RIBAS F., SIMARRO G., (2023), *New Methodology for Shoreline Extraction Using Optical and Radar (SAR) Satellite Imagery*. Journal of Marine Science and Engineering; 11 (3): 627. <https://doi.org/10.3390/jmse11030627>
- ZOLLINI S., ALICANDRO M., & DOMINICI D. (2023), *Geomatic techniques for utilities consumption analysis in urban areas during emergency periods*. GEOmedia, 27 (3). <https://doi.org/10.48258.4>

### Articoli in atti di convegno

- ALICANDRO M., ZOLLINI S., OXOLI D., PASCUCCI N., DOMINICI D., & BRESCIA D., (2022), *Design and Implementation of AN Open-Source Web-Gis to Manage the Public Works of Abruzzo Region: An Example Towards the Digitalization of the Management Process of Public Administrations*. ISPRS, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 48W1, 21-26. Gottingen: Copernicus GmbH. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-W1-2022-21-2022>
- ALICANDRO M., DOMINICI D., PASCUCCI N., & ZOLLINI S. *Multispectral images to support the urban planning of the city*, 13° Workshop Tematico di Telerilevamento - Bologna 22-23 Settembre 2022
- ALICANDRO M., DOMINICI D., PASCUCCI N., QUARESIMA R., ZOLLINI S., (2023), *Enhanced algorithms to extract decay forms of concrete infrastructures from UAV photogrammetric data*. ISPRS, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLVIII-1/W1-2023, 9-15, <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-1-1-W1-2023-9-2023>



## 11.5 >>>

### Geotecnica

ICAR-07 Geotecnica

#### >>> Introduzione

Gli interessi di ricerca recenti riguardano principalmente la caratterizzazione e modellazione del comportamento di depositi di terreno, sia in campo statico che in campo ciclico e dinamico, e lo studio dell'influenza del terreno sulla risposta di opere di ingegneria in zone sismiche, con particolari approfondimenti sulla liquefazione sismo-indotta.

Le principali linee di ricerca, sviluppate nell'ambito di progetti finanziati sulla base di bandi competitivi internazionali e nazionali o da enti/consorzi di ricerca nazionali, oppure originate da collaborazioni internazionali, sono descritte nel seguito.

#### >>> Tecniche di indagine innovative per la caratterizzazione geotecnica in sito di depositi di terreno

La linea di ricerca è finalizzata allo sviluppo e validazione di tecniche di indagine innovative per la caratterizzazione geotecnica in sito di depositi di terreno. In questa linea di ricerca si inserisce il progetto *Transnational Access JELLYFISH (A Just-released innovativE in-situ soil testing technoLogY (Medusa DMT/SDMT) For enhancing the resilience of the critical InfraStructure in Europe)* finanziato da H2020-GEOLAB, coordinato dal gruppo geotecnico del DICEAA in collaborazione con Studio Prof. Marchetti, Università di Chieti-Pescara e Norwegian Geotechnical Institute. Il progetto si basa su un'estesa campagna di indagini in sito con Medusa SDMT (Fig. 1a), la versione più innovativa, completamente automatizzata, del dilatometro sismico (SDMT). La campagna sperimentale è stata condotta nel giugno 2022 in diversi tipi di terreno in quattro ben noti siti di ricerca in Norvegia: Halden (limo), Onsøy (argilla tenera), Tiller-Flotten (argilla sensitiva) e Øysand (sabbia). Questi siti di riferimento, largamente documentati da studi precedenti, fanno parte dell'infrastruttura di ricerca Geo-Test Sites (NGTS) gestita dal Norwegian Geotechnical Institute. I risultati preliminari della ricerca sono stati presentati in diversi convegni internazionali.

### **>>> Caratterizzazione e modellazione dei terreni intermedi con approcci sperimentali e metodi di interpretazione innovativi**

La linea di ricerca ha come obiettivo lo sviluppo di approcci sperimentali e metodi di interpretazione innovativi per la caratterizzazione e modellazione dei terreni intermedi. In questa linea di ricerca si inserisce il progetto PRIN 2022 — *TRANSITION (characTeRization And modelling of iNtermediate Soils through Innovative approaches for robust design of straTegic Infrastructures and protection Of risk-seNsitive areas)* finanziato nel 2023, svolto in collaborazione tra le Unità di Ricerca (UR) dell'Università dell'Aquila e dell'Università di Bologna. Il progetto ha l'obiettivo di contribuire all'avanzamento delle conoscenze sulla caratterizzazione e modellazione dei terreni intermedi (sabbie limose, limi, limi sabbiosi). Tali terreni si incontrano comunemente in aree sensibili al rischio in diversi ambienti deposizionali naturali (ad es. pianure alluvionali) e in strutture geotecniche artificiali (argini di fiumi, riempimenti idraulici, sedimenti di dragaggio, discariche minerarie), spesso associati a molteplici geo-rischi (subsidenza, erosione indotta da filtrazione e rotture di argini fluviali, liquefazione indotta da terremoti). Avanzamenti negli approcci geotecnici per l'analisi e la mitigazione di tali rischi si basano in misura significativa su un'accurata caratterizzazione del complesso comportamento di questi terreni. Il progetto si propone di: (i) fornire un quadro generale per la caratterizzazione geotecnica e la modellazione dei terreni intermedi; (ii) sviluppare procedure di prova non standard e una nuova generazione di metodi di interpretazione; (iii) produrre linee guida per integrare le principali caratteristiche dei terreni intermedi negli approcci analitici e numerici utilizzati nella pratica ingegneristica.

### **>>> Strumenti di calcolo avanzati per la modellazione della liquefazione e altri fenomeni sismo-indotti**

La linea di ricerca è finalizzata allo sviluppo di strumenti di calcolo avanzati per la modellazione degli effetti dovuti ad incrementi di pressione interstiziale indotti nei terreni da terremoti. In questa linea di ricerca si inserisce il progetto PRIN 2022 PNRR — *RI-SCOSSA 2.0 (Renovation and Improvement of Seismic COde for Stick-Slip Analysis 2.0)* finanziato nel 2023, svolto in collaborazione tra le UR dell'Università di Cagliari e dell'Università dell'Aquila. Il progetto ha l'obiettivo di sviluppare una procedura numerica, da implementare nel codice di calcolo SCOSSA 2.0, per includere i fenomeni derivanti dall'aumento della pressione interstiziale e dallo sviluppo di superfici di scivolamento in analisi di propagazione delle onde sismiche in condizioni monodimensionali considerando l'intero campo di possibili deformazioni di taglio per i terreni coinvolti. Tra gli effetti indotti dai terremoti, l'attivazione di frane

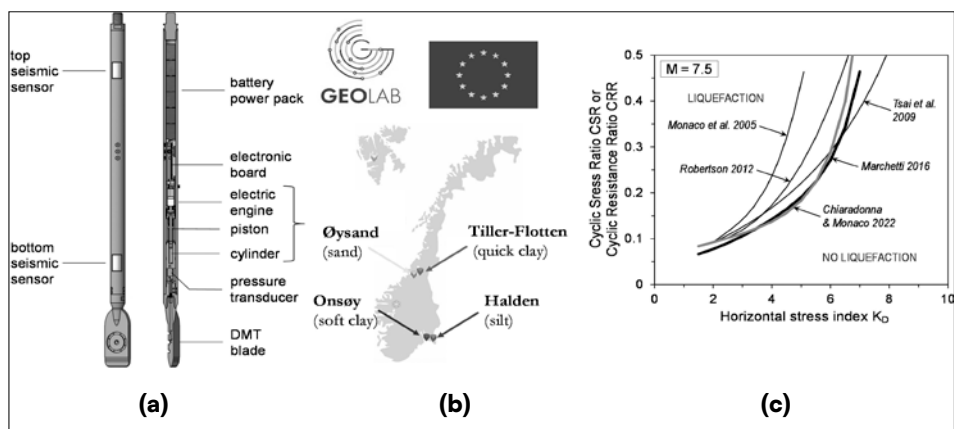
e la liquefazione costituiscono due dei principali fattori di vulnerabilità dell'ambiente fisico e costruito. Questi fenomeni possono verificarsi per eventi sismici anche di non elevata intensità: l'entità dei fenomeni deformativi è sostanzialmente correlata alla suscettibilità da frana e liquefazione dell'area, come osservato a seguito dei più recenti terremoti in Italia. Sebbene la liquefazione e l'innescò di frane siano considerati ingegneristicamente come due fenomeni da analizzare separatamente, entrambi sono dovuti al raggiungimento di condizioni di rottura del terreno localizzate (formazione di superfici di scivolamento) o generalizzate (liquefazione di un intero strato di terreno) ed entrambi dipendono dal comportamento ciclico metastabile del terreno che si manifesta ad elevate deformazioni di taglio fino al raggiungimento delle condizioni di rottura. Per questo motivo, il progetto persegue lo sviluppo di un approccio organico allo studio dell'instabilità di un sito, considerando entrambi i fenomeni e integrandoli nell'analisi della risposta sismica locale.

### **>>> Metodi semplificati per analisi di liquefazione basati su prove DMT/SDMT**

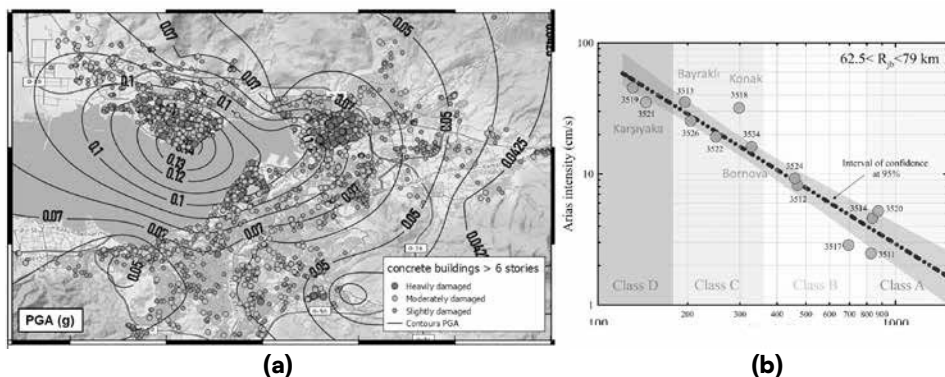
La linea di ricerca ha come obiettivo lo sviluppo/validazione di metodi semplificati per analisi di liquefazione basati sui risultati di prove in sito con dilatometro piatto/sismico (DMT/SDMT). Questa linea di ricerca è sviluppata nell'ambito del progetto DPC/ReLUIIS 2022-2024, WP16 'Contributi normativi — Geotecnica', Task 1 'Risposta sismica locale e liquefazione', nel quale la UR UNIVAQ — CERFIS si propone di fornire un contributo al miglioramento dei modelli empirici per la previsione della resistenza ciclica dei terreni per le verifiche di innescò della liquefazione. In tale direzione si inquadrano i metodi semplificati per analisi di liquefazione basati sui risultati di prove DMT/SDMT, in cui il rapporto di resistenza ciclica CRR viene valutato in base all'indice di spinta orizzontale  $K_D$  (Fig. 1c). L'aggiornamento della curva CRR- $K_D$  che separa 'liquefazione' e 'non liquefazione', a partire da correlazioni esistenti, si basa su un set robusto di osservazioni sperimentali per siti/eventi sismici ben documentati. L'obiettivo è perseguito tramite ulteriore implementazione del database con catalogazione/rivalutazione sistematica di tutte le case histories di liquefazione con dati (S)DMT disponibili (inclusi numerosi casi in Emilia, Christchurch, etc.) impostato negli anni precedenti (progetti DPC/ReLUIIS 2019-2021 e 2014-2018), integrati da ulteriori dati sperimentali. Aspetti specifici, tra cui l'implementazione dell'influenza del contenuto di fine all'interno della procedura semplificata e l'applicabilità dei metodi in terreni intermedi, saranno ulteriormente approfonditi in base ai risultati acquisiti mediante campagne di indagine con Medusa SDMT nei siti di ricerca NGTS in Norvegia (H2020-GEOLAB — JELLYFISH) e in siti di ricerca nazionali (PRIN 2022 — TRANSITION).

## >>> Studio del ruolo degli effetti del sito sulla distribuzione del danneggiamento nell'area metropolitana di Izmir durante il terremoto di Samos del 30 ottobre 2020

Un ulteriore filone di ricerca sviluppato negli ultimi anni, in collaborazione con ricercatori della Università de Sherbrooke (Canada), di diverse università in Turchia (EGE University, Izmir; Kilis 7 Aralik University, Kilis; Dokuz Eylül University, Izmir) e di Sapienza Università di Roma, ha come oggetto lo studio del danneggiamento osservato nella città di Smirne (Turchia) a seguito del terremoto di Samos del 30 ottobre 2020. Nella città metropolitana di Smirne, che costituisce la terza città più popolosa della Turchia ed uno dei porti principali, si è osservata una particolare concentrazione di danni a dispetto di una distanza di circa 70 km dall'epicentro dell'evento principale. L'intensità del moto sismico registrato è stata messa in relazione alla distribuzione del danneggiamento e alle caratteristiche dei terreni ricavate dalle conoscenze geologiche-geotecniche dell'area. L'analisi incrociata dei dati ha permesso di evidenziare chiaramente effetti di amplificazione locale del moto sismico dovuto alla presenza di una valle alluvionale sottostante il centro della città, nonché effetti di doppia risonanza per strutture in calcestruzzo armato di 6-8 piani. La Figura 2a mostra le isolinee dell'accelerazione di picco (PGA) misurata nell'area metropolitana di Smirne a seguito del terremoto del 30 ottobre 2020 sovrapposte alla distribuzione del danneggiamento osservato negli edifici in calcestruzzo armato con un numero di piani superiore a 6. Si evidenzia una



1. (a) Componenti del dilatometro sismico automatizzato (Medusa SDMT). (b) Siti di ricerca gestiti dal Norwegian Geotechnical Institute indagati con Medusa SDMT nel progetto H2020-GEOLAB – JELLYFISH. (c) Correlazioni CRR- $K_0$  per analisi semplificata di liquefazione in base a prove DMT.



**2.** (a) Isolinee dell'accelerazione di picco (PGA) misurata nell'area metropolitana di Smirne a seguito del terremoto di Samos del 30 ottobre 2020 sovrapposte alla distribuzione del danneggiamento osservato negli edifici in calcestruzzo armato con un numero di piani superiore a 6. (b) Relazione tra intensità di Arias delle registrazioni accelerometriche nella baia di Smirne e categoria di sottosuolo (espressa in termini di  $V_{s,30}$ ) delle stazioni accelerometriche che hanno registrato il terremoto del 30 ottobre 2020

concentrazione degli edifici più danneggiati in una area specifica, caratterizzata da particolari condizioni di sito. La Figura 2b mostra la relazione tra l'intensità di Arias delle registrazioni accelerometriche nella baia di Smirne e la categoria di sottosuolo delle stazioni accelerometriche che hanno registrato l'evento sismico del 30 ottobre 2020 espressa in termini di velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,30}$ . L'intensità crescente al crescere della deformabilità del sito ( $V_{s,30}$  decrescente) evidenzia gli effetti di risposta sismica locale che hanno caratterizzato l'area di studio.

## >>> Pubblicazioni 2022-2023

### Articoli su rivista

CHIARADONNA A., SPADI M., MONACO P., PAPANODARO F., TALLINI M., *Seismic Soil Characterization to Estimate Site Effects Induced by Near-Fault Earthquakes: The Case Study of Pizzoli (Central Italy) during the Mw 6.7 2 February 1703*, Earthquake, Geosciences 12 (1): 2, DOI: 10.3390/geosciences12010002. MDPI, 2022

CHIARADONNA A., *Defining the Boundary Conditions for Seismic Response Analysis — A Practical Review of Some Widely-Used Codes*, Geosciences 12 (2): 83, DOI: 10.3390/geosciences12020083. MDPI, 2022

CAREY T.J., CHIARADONNA A., LOVE N.C., WILSON D.W., ZIOTOPOULOU K., MARTINEZ A., DEJONG J.T., *Effect of soil gradation on embankment response during liquefaction: A centrifuge testing program*, Soil Dynamics and Earthquake Engineering 157 (2022): 107221, DOI: 10.1016/j.soildyn.2022.107221. Elsevier, 2022

AMOROSO S., GARCÍA MARTÍNEZ M.F., MONACO P., TONNI L., GOTTARDI G., ROLLINS K.M., MINARELLI L., MARCHETTI D., WISSMANN K.J., *Comparative Study of CPTU and SDMT in Liquefaction-Prone*



*Silty Sands with Ground Improvement*, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering 148 (6): 04022038. DOI: 10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0002801. American Society of Civil Engineers, 2022

FLORA A., CHIARADONNA A., DE SANCTIS L., LIGNOLA G.P., NAPPA V., OZTOPRAK S., RAMAGLIA G., SARGIN S., *Understanding the Damages Caused by the 1999 Kocaeli Earthquake on One of the Towers of the Theodosian Walls of Constantinople*, International Journal of Architectural Heritage 16 (7): 1076-1100. DOI: 10.1080/15583058.2020.1864512. Taylor and Francis, 2022

MŁYŃNAREK Z., WIERZBICKI J., MONACO P., STEFANIAK K., *Use of DMT and CPTU tests in the evaluation of shear modulus  $G_0$  for soils of different origin*, Archives of Civil Engineering 69 (1): 539-552. DOI: 10.24425/ace.2023.144187. Polish Academy of Sciences and Warsaw University of Technology, 2023

DEL GAUDIO P., MISITI V., CANTUCCI B., LIOTTA M., VENTURA G., RICCI T., SCIARRA A., DI NACCIO D., AMOROSO S., MONACO P., *Multidisciplinary Study of Mud Emissions Following the 2016 Norcia Earthquake*, Applied Science 13 (12): 6968. DOI: 10.3390/app13126968. MDPI, 2023

CHIARADONNA A., KARAKAN E., KINCAL C., LANZO G., MONACO P., SEZER A., KARRAY M., *Insights on the role of local site effects on damage distribution in the Izmir metropolitan area induced by the October 30, 2020 Samos earthquake*, Soils and Foundations 63 (4): 101330. DOI: 10.1016/j.sandf.2023.101330. Elsevier, 2023

TOTANI F., ALOISIO A., *Probabilistic shear wave velocity model based on downhole test database for Apennine flysch formations*, Soil Dynamics and Earthquake Engineering 173 (2023): 108132. DOI: 10.1016/j.soildyn.2023.108132. Elsevier, 2022

### **Articoli in atti di convegno**

CHIARADONNA A., ZIOTOPOULOU K., CAREY T.J., DEJONG J.T., BOULANGER R.W., *Dynamic behavior of uniform clean sands: evaluation of predictive capabilities in the element- and the system-level scale*, Geotechnical Special Publication, Volume 2022-March, Issue GSP 334, 444-454, Proc. GeoCongress 2022, Charlotte, NC, USA, 20-23 March 2022. DOI: 10.1061/9780784484043.043. American Society of Civil Engineers, 2022

CAREY T.J., DEJONG J.T., ZIOTOPOULOU K., MARTINEZ A., CHIARADONNA A., *The effects of gradation on the dynamic response of embankments*, Proc. 20<sup>th</sup> International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering ICSMGE 2022, Sydney, Australia, 1-5 May 2022, 2: 1831-1836. RAHMAN M. AND JAKSA M. (eds), Australian Geomechanics Society, 2022

CHIARADONNA A., MONACO P., *Assessment of liquefaction triggering by seismic dilatometer tests: comparison between semi-empirical approaches and non-linear dynamic analyses*, Proc. 20<sup>th</sup> International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering ICSMGE 2022, Sydney, Australia, 1-5 May 2022, 2: 335-340. RAHMAN M. AND JAKSA M. (eds), Australian Geomechanics Society, 2022

MONACO P., MARCHETTI D., TOTANI G., TOTANI F., AMOROSO S., *Validation of Medusa DMT test procedures in Fucino clay*, Proc. 20<sup>th</sup> International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering ICSMGE 2022, Sydney, Australia, 1-5 May 2022, 2: 471-476. M. RAHMAN M. AND JAKSA M. (eds), Australian Geomechanics Society, 2022

DI MARIANO A., AMOROSO S., ARROYO M., GENS A., MONACO P., *Simulación numérica de una excavación profunda mediante el empleo de ensayos dilatométricos*, Proc. XI Simposio Nacional de Ingeniería Geotécnica: la geotecnia en apoyo de la seguridad y la sostenibilidad, Mieres, Spain, 24-27 May 2022, 185-192, 2022

- AMOROSO S., MARTINEZ M.F., TONNI L., GOTTARDI G., MONACO P., ROLLINS K.M., MINARELLI L., MARCHETTI D., WISSMANN K.J., *Monitoring ground improvement by Rammed Aggregate Piers using a combined CPTU and SDMT approach at a silty sand liquefaction-prone site in Emilia-Romagna*, *Cone Penetration Testing 2022, Proc. 5<sup>th</sup> International Symposium on Cone Penetration Testing CPT'22*, Bologna, Italy, 8-10 June 2022, 806-811. GOTTARDI G. AND TONNI L. (eds), DOI: 10.1201/9781003308829-119. CRC Press/Balkema, 2022
- CHIARADONNA A., CAREY T.J., ZIOTOPOULOU K., DEJONG J.T., *Cone Penetration Testing to Constrain the Calibration Process of a Sand Plasticity Model for Nonlinear Deformation Analysis*, *Cone Penetration Testing 2022, Proc. 5<sup>th</sup> International Symposium on Cone Penetration Testing CPT'22*, Bologna, Italy, 8-10 June 2022, 325-321. GOTTARDI G. AND TONNI L. (eds), DOI: 10.1201/9781003308829-43. CRC Press/Balkema, 2022
- CHIARADONNA A., NTRITSOS N., CUBRINOVSKI M., *CPT-based model calibration for effective stress analysis of layered soil deposits*, *Cone Penetration Testing 2022, Proc. 5<sup>th</sup> International Symposium on Cone Penetration Testing CPT'22*, Bologna, Italy, 8-10 June 2022, 876-882. GOTTARDI G. AND TONNI L. (eds), DOI: 10.1201/9781003308829-130. CRC Press/Balkema, 2022
- MARCHETTI D., MONACO P., TOTANI G., TOTANI F., AMOROSO S., *Comparisons CPT-DMT in soft clay at Fucino-Telespazio GeoTest site*, *Cone Penetration Testing 2022, Proc. 5<sup>th</sup> International Symposium on Cone Penetration Testing CPT'22*, Bologna, Italy, 8-10 June 2022, 191-197. GOTTARDI G. AND TONNI L. (eds), DOI: 10.1201/9781003308829-21. CRC Press/Balkema, 2022
- MEYNAREK Z., WIERZBICKI J., MONACO P., *Use of DMT and CPTU to assess the  $G_0$  profile in the subsoil*, *Cone Penetration Testing 2022, Proc. 5<sup>th</sup> International Symposium on Cone Penetration Testing CPT'22*, Bologna, Italy, 8-10 June 2022, 570-576. GOTTARDI G. AND TONNI L. (eds), DOI: 10.1201/9781003308829-82. CRC Press/Balkema, 2022
- MONACO P., *Combined use of CPT & DMT: Background, current trends and ongoing developments*, *Cone Penetration Testing 2022, Proc. 5<sup>th</sup> International Symposium on Cone Penetration Testing CPT'22*, Bologna, Italy, 8-10 June 2022, 94-106. GOTTARDI G. AND TONNI L. (eds), Invited paper. DOI: 10.1201/9781003308829-7. CRC Press/Balkema, 2022
- CHIARADONNA A., MONACO P., KARAKAN E., LANZO G., SEZER A., KARRAY M., *Geotechnical Assessment of the Pore Water Pressure Build-up in Izmir During the October 30, 2020, Samos Earthquake*, *Proc. 3<sup>rd</sup> International Conference on Natural Hazards and Infrastructure ICONHIC 2022*, Athens, Greece, 5-7 July 2022. GAZETAS G. AND ANASTASOPOULOS I. (eds), National Technical University of Athens, 2022
- CHIARADONNA A., SANTISI D'AVILA M.P., LENTI L., *Seismic response of a 1D soil profile using two modeling approaches in effective stress condition*, *Proc. 3<sup>rd</sup> International Conference on Natural Hazards & Infrastructure ICONHIC 2022*, Athens, Greece, 5-7 July 2022. GAZETAS G. AND ANASTASOPOULOS I. (eds), National Technical University of Athens, 2022
- CHIARADONNA A., KARAKAN E., LANZO G., MONACO P., SEZER A., KARRAY M., *Influence of Local Soil Conditions on the Damage Distribution in Izmir Bay During the October 30, 2020, Samos Earthquake*, *Geotechnical, Geological and Earthquake Engineering*, 52: 871-878, WANG L., ZHANG J.M. AND WANG R. (eds), *Proc. 4<sup>th</sup> International Conference on Performance Based Design in Earthquake Geotechnical Engineering PBD-IV*, Beijing, China, 15-17 July 2022. DOI: 10.1007/978-3-031-11898-2\_62. Springer, 2022
- KHALIL C., REGNIER J., LOPEZ-CABALLERO F., ALVES-FERNANDES V., CHIARADONNA A. ET AL., *LICORNE a benchmark on numerical method for non-linear site response analysis involving pore*

water pressure, *Proc. 3<sup>rd</sup> European Conference on Earthquake Engineering & Seismology, 3ECEES*, Bucharest, Romania, 4-9 September 2022

TALLINI M., SPADI M., MORANA E., CHIARADONNA A., MONACO P., COMPAGNONI M., PERGALANI F., DI GIULIO G., MILANA G., VASSALLO M., CATTANI C., MONTALDI C., ZULLO F., SCIORTINO A., BASI M., *In-depth third level Seismic Microzonation studies in pilot areas of L'Aquila Municipality (Central Italy)*, *Atti 41° Convegno Nazionale GNGTS — Gruppo Nazionale Geofisica della Terra Solida*, Bologna, 7-9 febbraio 2023, Sessione S2.2. *Book of Abstracts*, REBEZ A. AND MASSOLINO G. (eds), DOI: 10.13120/2ff2-1j75, 2023

CHIARADONNA A., TROPEANO G., MONACO P., *Numerical quantification of the dependency of the seismic site response on the DMT-based cyclic strength of sands*, *Proc. 10<sup>th</sup> European Conference on Numerical Methods in Geotechnical Engineering NUMGE 2023*, London, UK, 26-28 June 2023. ZDRAVKOVIC L., KONTOS S., TABORDA D.M.G. AND TSIAMPOUSI A. (eds), DOI: 10.53243/NUMGE2023-152. <https://www.issmge.org/publications/online-library>, 2023

MONACO P., CHIARADONNA A., MARCHETTI D., AMOROSO S., L'HEUREUX J-S., LE T.M.H., *Recent developments in soil investigation by Medusa SDMT*, *Geotechnical Engineering in the Digital and Technological Innovation Era*, *Proc. 8<sup>th</sup> Italian Conference of Researchers in Geotechnical Engineering CNRIG 2023*, Palermo, Italy, 5-7 July 2023. FERRARI A., ROSONE M., ZICCARIELLI M. AND GOTTARDI G. (eds), 234-241. DOI: 10.1007/978-3-031-34761-0\_29. *Springer Series in Geomechanics and Geoenvironmental Engineering*. Springer, 2023

CHIARADONNA A., MONACO P., *Preliminary findings on the experimental investigation of the small-strain behaviour of Pizzoli silty sand*, *Proc. 8<sup>th</sup> International Symposium on Deformation Characteristics of Geomaterials IS-Porto 2023*, Porto, Portugal, 3-6 September 2023. VIANA DA FONSECA A. AND FERREIRA C. (eds), <https://www.issmge.org/publications/online-library>, 2023

MONACO P., CHIARADONNA A., MARCHETTI D., AMOROSO S., L'HEUREUX J-S., LE T.M.H., *Medusa SDMT testing at the Onsøy Geo-Test Site, Norway*, *Proc. 8<sup>th</sup> International Symposium on Deformation Characteristics of Geomaterials IS-Porto 2023*, Porto, Portugal, 3-6 September 2023. VIANA DA FONSECA A. AND FERREIRA C. (eds), <https://www.issmge.org/publications/online-library>, 2023

MONACO P., CHIARADONNA A., MARCHETTI D., AMOROSO S., L'HEUREUX J-S., LE T.M.H., *Potential of the Medusa DMT for offshore geotechnical investigation*, *Innovative Geotechnologies for Energy Transition*, *Proc. 9<sup>th</sup> International SUT Offshore Site Investigation and Geotechnics Conference OSIG 2023*, London, UK, 12-14 September 2023, 1889-1896. *Society for Underwater Technology*, 2023

## Data set

MONACO P., CHIARADONNA A., MARCHETTI D., AMOROSO S., LE T.M.H., GEOLAB — Transnational Access project JELLYFISH — Field testing of Medusa DMT (Version 0) [Data set]. Zenodo. <https://zenodo.org/record/7695740>. DOI: 10.5281/zenodo.7695740. 2023.



## 11.6 >>>

# Dinamica di strutture reali e modelli leggeri in regime lineare e nonlineare Identificazione e monitoraggio di strutture civili

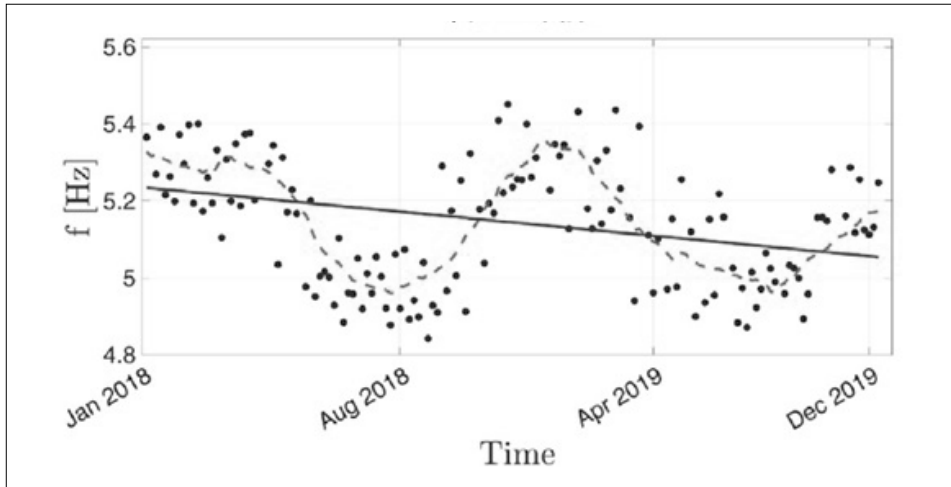
ICAR-08 Scienza delle Costruzioni

### >>> Introduzione

Il gruppo di ricerca svolge attività di laboratorio su prototipi adatti ad osservare e studiare fenomeni dinamici interessanti in regime lineare e non lineare, definire procedure di identificazione dinamica modale e parametrica, caratterizzare con modelli predittivi il comportamento dinamico di diverse classi di strutture tipiche dell'ingegneria civile. Il gruppo svolge altresì attività di caratterizzazione dinamica di strutture al vero e di sviluppo e validazione sperimentale di tecniche per lo structural health monitoring di beni monumentali e infrastrutture civili.

### >>> Monitoraggio dinamico a lungo termine di edifici storici

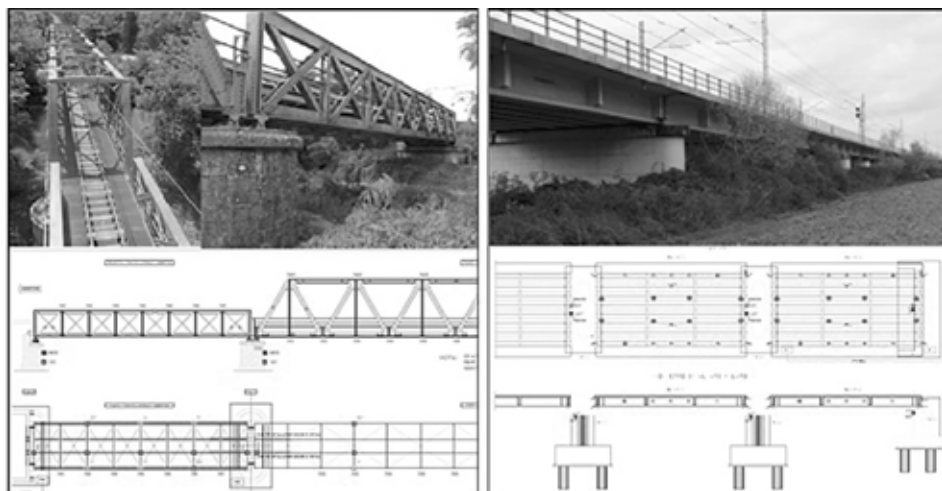
La ricerca ha l'obiettivo di determinare procedure atte alla sorveglianza della salute strutturale di costruzioni di interesse storico e culturale, con segnalazione di eventuali comportamenti anomali, per mezzo di misure prevalentemente vibrazionali. Esperienze di monitoraggio continuo hanno dimostrato che il comportamento dinamico delle strutture è influenzato dalla variabilità dei fattori ambientali cui essa è sottoposta. Un processo diagnostico che non tenga conto di questi effetti potrebbe dare vita a dei falsi allarmi, generando disagi nella gestione della sicurezza della struttura in esame. Uno degli scopi è dunque identificare le variabili ambientali indipendenti che determinano significativamente il comportamento oscillatorio delle strutture, ed isolare eventuali effetti dovuti a eventi di danneggiamento della struttura, causa di una variazione permanente dei parametri analizzati. L'obiettivo è perseguito utilizzando algoritmi di tracciamento e normalizzazione dei parametri di interesse, in relazione a quelli ambientali, con la duplice finalità: i) di implementare procedure anomaly detection robuste rispetto agli effetti ambientali; ii) di costruire modelli fisico-matematici interpretativi del comportamento del sistema dinamico nel tempo con la migliore approssimazione possibile.



1. Variazioni di una frequenza naturale nel corso degli anni. In evidenza, l'andamento ciclico tipico dei fenomeni stagionali e un andamento decadente straordinario. FONTE: Alaggio, Rocco, et al. "Two-years static and dynamic monitoring of the Santa Maria di Collemaggio basilica." *Construction and Building Materials* (2021)

### »» Structural Health Monitoring di ponti

Gli obiettivi di una procedura di monitoraggio automatizzato dell'integrità strutturale possono essere molteplici e di diverso livello di complessità. Il gruppo di ricerca si pone l'obiettivo, significativo per un ponte, della valutazione affidabilistica della sicurezza in condizioni operative. Da ciò la necessità che nella fase di inferenza sia caratterizzato il danno interveniente per posizione, tipo e intensità. Questo, se trattato come un problema inverso è malcondizionato, affrontato invece come problema di classificazione dello stato dell'opera trae vantaggio dall'efficacia di alcune tecniche di Machine Learning. L'addestramento del classificatore richiede la disponibilità di una grande mole di misure della risposta, peculiari di ciascuno degli stati, adeguatamente discretizzati, attingibili dall'opera a seguito di danneggiamento. Per le opere civili esse non possono che essere generate sinteticamente mediante un modello predittivo che sia parametrico, physics-based e di ordine ridotto per motivi di efficienza. Alla classificazione automatizzata dello stato corrisponde la disponibilità del modello predittivo che meglio lo rappresenta, utilizzabile, per condurre le verifiche di sicurezza strutturale richieste. Nelle simulazioni e nelle verifiche si tiene conto della natura significativamente non deterministica di alcune delle grandezze coinvolte.



## 2. Ponti ferroviari oggetto di sperimentazione

### »» Modelli di interazione veicolo-ponte

Il problema dell'interazione veicolo-ponte (VBI) risulta rilevante a causa dell'interesse crescente nella valutazione della sicurezza delle infrastrutture. Il gruppo di ricerca ha considerato due scenari: uno in cui il veicolo si muove a velocità costante e l'altro in condizioni di frenata. In particolare ci si è concentrati sui modelli ridotti di veicoli a uno e due gradi di libertà. Attraverso una analisi parametrica estesa, si è cercato di comprendere quali siano, su base statistica, le differenze tra diversi modelli VBI considerando la variabilità casuale del sottofondo stradale, cosiddetta rugosità. La frenata, tipica sorgente di eccitazione per i ponti stradali, può essere uno scenario di carico dinamico più severo rispetto a quello originato da un veicolo in movimento a velocità costante. Gli effetti della frenata sulla dinamica del ponte possono essere valutati usando il cosiddetto fattore d'impatto. Esso esprime il rapporto tra la massima risposta del ponte (ad esempio in spostamento) in condizioni di frenata e il valore corrispondente a un veicolo che si muove a velocità costante. L'analisi dei risultati sperimentali ottenuti ha rivelato diversi effetti dell'interazione veicolo-ponte nelle condizioni di frenata non evidenziati in precedenza. Inoltre, si è dimostrato che i modelli surrogati di tipo Machine Learning (ML) sono in grado di predire la complessa dinamica dell'interazione veicolo-ponte in condizioni di frenata.

## »» Pubblicazioni 2022-2023

### Articoli su rivista

ALOISIO A., PASCA D.P., BATTISTA L.D., MARANO G.C., ALAGGIO R., *Indirect assessment of concrete resistance from FE model updating and Young's modulus estimation of a multi-span PSC viaduct: Experimental tests and validation* in *Structures*, 2022, 37, pp. 686-697

ALOISIO A., ROSSO M.M., ALAGGIO R., *Experimental and Analytical Investigation into the Effect of Ballasted Track on the Dynamic Response of Railway Bridges under Moving Loads*, in *Journal of Bridge Engineering*, 2022, 27 (10), 04022085

SIMONCELLI M., ALOISIO A., ZUCCA M., VENTURI G., ALAGGIO R., *Intensity and location of corrosion on the reliability of a steel bridge*, in *Journal of Constructional Steel Research*, 2023, 206, 107937

ALOISIO A., CIRELLA R., ANTONACCI E., ALAGGIO R., *Hypothesis on the Decrement of the First Natural Frequencies of the Santa Maria Di Collemaggio Basilica from Three Years Monitoring: The Role of the CLT Roof*, in *International Journal of Architectural Heritage*, 2023, 17 (6), pp. 955-969

ALOISIO A., CONTENUTO A., ALAGGIO R., QUARANTA G., *Physics-based models, surrogate models and experimental assessment of the vehicle—bridge interaction in braking conditions*, in *Mechanical Systems and Signal Processing*, Vol. 194, 2023, p. 110276

### Articoli in atti di convegno

PANTOLI L., ALAGGIO R., PAOLUCCI R., DI BATTISTA L., FERRI G., *Sensors and Interfaces for Structural Health Monitoring* in *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 2023, 918 LNEE, pp. 295-300



## 11.7 >>>

# Modelli analitici, computazionali e sperimentazione di tecniche innovative di protezione dinamica e sismica per strutture tipo blocco rigido e strutture intelaiate

ICAR-08 Scienza delle Costruzioni

### >>> Introduzione

L'attività di ricerca si inquadra all'interno del Settore Scientifico Disciplinare di Scienza delle Costruzioni.

La tematica di ricerca riguarda il miglioramento della risposta sismica di strutture intelaiate attraverso l'accoppiamento in serie con dispositivi esterni di nuova concezione. Lo studio è sempre condotto attraverso la modellazione matematica della struttura accoppiata con il dispositivo esterno e la successiva analisi della sua risposta sismica.

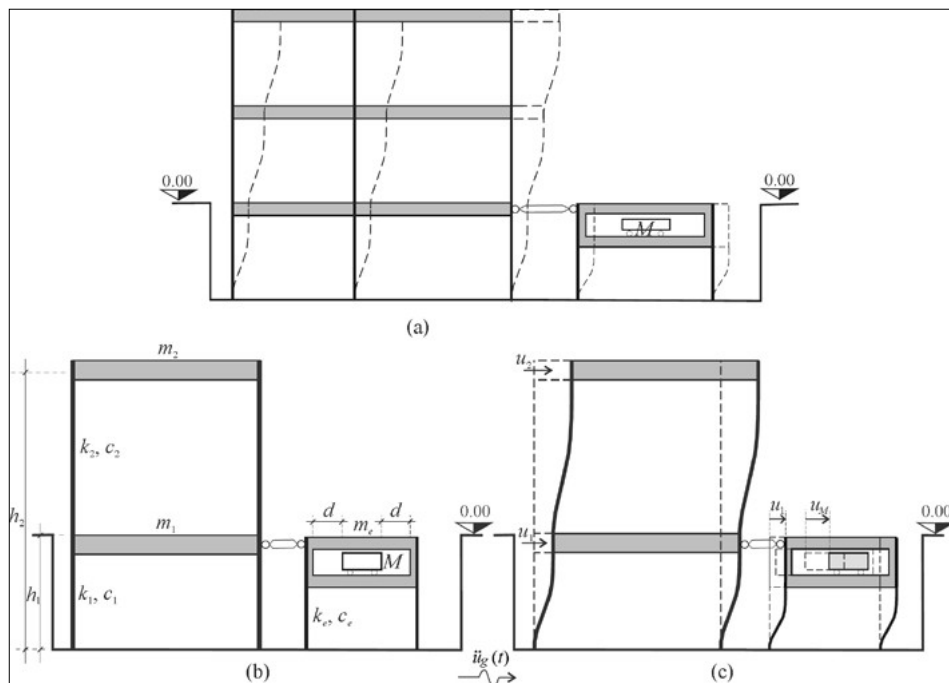
### >>> Tuned Mass Damper accoppiato a Vibro-Impacting NES per migliorare la risposta sismica di strutture intelaiate

Per mitigare efficacemente gli effetti sismici su una struttura intelaiata, un approccio promettente è costituito dall'accoppiamento in serie della struttura da proteggere con dispositivi di protezione esterni. Nella Letteratura Scientifica sono stati studiati diversi dispositivi, tra cui Tuned Mass Dampers (TMD), assorbitori di massa dinamici, smorzatori elastoplastici e pareti rigide oscillanti.

Nel presente lavoro si introduce un dispositivo esterno costituito da un TMD con inglobato al suo interno un Vibro-Impacting Nonlinear Energy Sink (VI\_NES). Nello specifico, il TMD è costituito da una massa oscillante connessa al primo piano della struttura intelaiata attraverso un organo visco-elastico alla Kelvin-Voight, mentre il VI\_NES è una massa che può scorrere in (quasi) assenza di attrito sul TMD lungo una via dotata di stops allo scorrimento. Tale massa, durante il moto può impattare contro questi stops causando dissipazione di energia meccanica (Fig. 1).

È noto che l'uso di TMD in ambito sismico richiede grandi rapporti di massa tra quella del TMD e quella della struttura da proteggere. Per riuscire ad ottenere tali grandi rapporti si usano gli Inerters, dispositivi capaci di aumentare virtualmente la massa inerziale del TMD. Lo studio punta a capire se, come e quanto la presenza



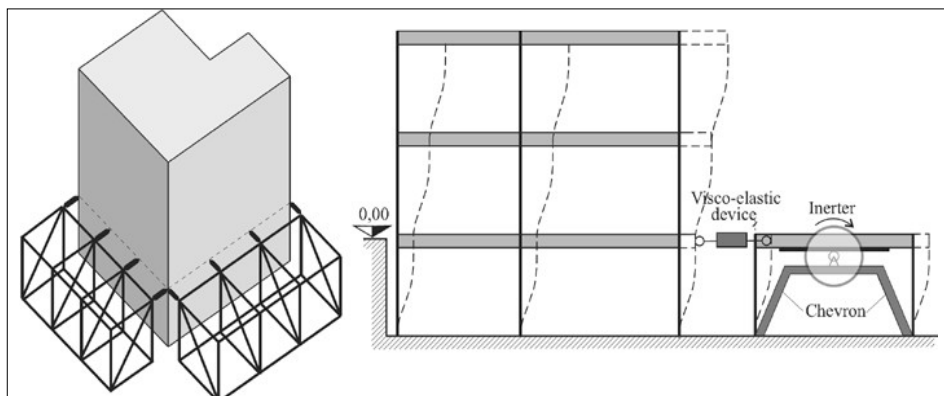


1. Sistema meccanico: (a) struttura intelaiata accoppiata e dispositivo esterno proposto; (b) Caratteristiche geometriche del modello meccanico; (c) Parametri Lagrangiani e direzioni positive

del VI-NES sia capace di aumentare le prestazioni del TMD senza usare Inerters e senza agire sul suo rapporto di massa.

### >>> L'isolamento sismico esterno di strutture intelaiate

L'isolamento sismico alla base è una tecnica di riduzione degli effetti sismici in strutture intelaiate ampiamente collaudato. Esso consiste nel collegare in serie la struttura da proteggere con un telaio shear-type alla base della struttura stessa. Le procedure principali di tale tecnica possono essere riassunte nei seguenti due punti fondamentali: i) la rigidità orizzontale del telaio shear-type è molto più bassa di quella dei piani del telaio da proteggere; ii) la distribuzione in pianta delle rigidità del telaio shear-type è tale da far coincidere il baricentro delle masse della struttura con quello delle rigidità orizzontali dello stesso telaio shear-type. Tali due accorgimenti consentono un aumento dei periodi di vibrazione fondamentali della struttura ed una regolarizzazione della dinamica stessa, dotando i primi modi di vibrazione di una massa partecipante superiore al 90%.



## 2. Struttura intelaiata accoppiata a sistemi esterni equipaggiati con Inerter

Gli stessi effetti positivi possono essere ottenuti collegando in parallelo la struttura con telai shear-type collocati di fianco alla stessa struttura da proteggere (Fig. 2). In particolare, l'aumento dei periodi fondamentali di vibrazione può essere ottenuto aumentando virtualmente la massa dei telai shear-type esterni con dispositivi Inerter, mentre la coincidenza tra baricentri delle masse e rigidzze può essere raggiunta distribuendo opportunamente la massa virtuale degli inerters. È interessante notare che, mentre nell'isolamento sismico alla base tali due effetti si ottengono lavorando sulla rigidzza del telaio shear-type alla base della struttura, nel metodo proposto i due obiettivi si raggiungono operando sulla massa dei telai shear-type esterni.

I risultati ottenuti integrando numericamente le equazioni del moto di un sistema tipo quello di Fig. 2, mostrano che l'efficacia dell'isolamento sismico esterno è paragonabile a quello dell'isolamento sismico alla base.

### >>> Pubblicazioni 2022-2023

#### Articoli su rivista

CONTENTO A., DI EGIDIO A., PAGLIARO S., *Dynamic and seismic protection of rigid-block-like structures with Combined Dynamic Mass Absorber*, Engineering Structures, 2022, Vol. 272, paper id: 114999 (DOI: 10.1016/j.engstruct.2022.114999)

PAGLIARO S., DI EGIDIO A., *Archetype dynamically equivalent 3-d.o.f. model to evaluate seismic performances of intermediate discontinuity in frame structures*, Journal of Engineering Mechanics, Vol. 148 (3), 2022, (DOI: 10.1061/(ASCE)EM.1943-7889.0002083)

DI EGIDIO A., PAGLIARO S., CONTENTO A., *Elasto-plastic short exoskeleton to improve dynamic and seismic performances of frame structures*, Applied Sciences, Vol. 12 (20), Article Id: 10398, 2022, (DOI: 10.3390/app122010398)

- DI EGIDIO A., PAGLIARO S., CONTENTO A., *Seismic benefits of deformable connections between a frame structure and an external structure with inerter*, Engineering Structures, Vol. 256, Article Id: 113025, 2022, (DOI: 10.1016/j.engstruct.2022.114025)
- DI EGIDIO A., CONTENTO A., *Improvement of the dynamic and seismic behaviour of rigid block-like structures with a hysteretic mass damper coupled with an inerter*, Applied Science, Vol. 12 (22), Article Id: 11527, 2022 (DOI: 10.3390/app122211527)
- DI EGIDIO A., DE LEO A.M., CONTENTO A., *Improvement of the dynamic and seismic response of non-structural rocking bodies through the ability to change their geometrical configuration*, Engineering Structures, Vol. 275, Article Id: 115231, 2023, (DOI: 10.1016/j.engstruct.2022.115231)
- DI EGIDIO A., OLIVIERI C., CONTENTO A., PAGLIARO S., *Improving the Dynamic and Seismic Behaviour of Rigid Block-Like Elements Through Active Mass Dampers*, Engineering Structures, Vol. 275, Article Id: 115312, 2023 (DOI: 10.1016/j.engstruct.2022.115312)
- FABRIZIO C., SCIOMENTA M., SPERA L., DE SANTIS Y., PAGLIARO S., DI EGIDIO A., *Experimental investigation and beam-theory-based analytical model of cross laminated timber panels buckling behavior*, Archives of Civil and Mechanical Engineering, Vol. 23 (172), 2023 (DOI: 10.1007/s43452-023-00713-8)
- DI EGIDIO A., CONTENTO A., *Seismic Benefits from Coupling Frame Structures with a Hysteretic Mass Damper Inerter*, Applied Sciences, Vol. 13 (8), Article Id: 5017, 2023 (DOI: 10.3390/app13085017)
- DI EGIDIO A., PAGLIARO S., CONTENTO A., *Seismic Performances of Frame Structures with Hysteretic Intermediate Discontinuity*, Applied Sciences, Vol. 13 (9), Article Id: 5373, 2023 (DOI: 10.3390/app13095373)
- ROTILO M., D'ALBERTO G., DI EGIDIO A., CONTENTO A., DE BERARDINIS P., *Proposal of a protocol for the safe removal of post-earthquake provisional shorings*, Buildings, Vol. 13 (9), Article Id: 2363, 2023 (DOI: 10.3390/buildings13092363)

### **Articoli in atti di convegno**

- ROTILO M., DI EGIDIO A., DE BERARDINIS P., D'AMORE G., TRITTO M., DI GIOVANNI G., *Strategies and Best Practices for Safe Removal of Temporary Shoring*, Ar.Tec — Memoria ed Innovazione, Genova 7-10 Settembre 2022
- DI EGIDIO A., PAGLIARO S., CONTENTO A., *Improvement of the seismic response of frame structures through the coupling with an external structure equipped with inerter*, Convegno ANIDIS XIX & ASSISi XVII, Torino 11-15 September 2022, Italy
- CONTENTO A., DI EGIDIO A., *On the visco-elastic maxwell coupling of two rigid blocks subject to seismic excitation*, Emi 2023 International Conference, Palermo, Italy, August 27-30, 2023



## 11.8 >>>

# Modelli e metodi per la meccanica dei continui generalizzati

ICAR-08 Scienza delle Costruzioni

### >>> Introduzione

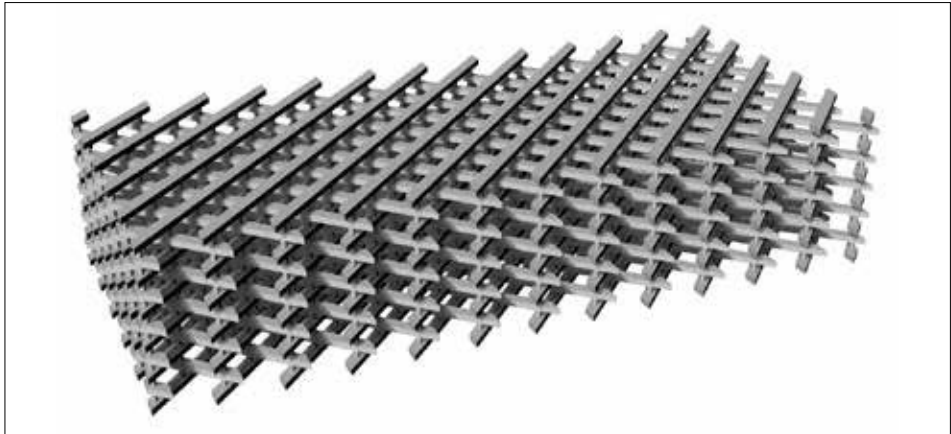
Il gruppo di ricerca è attivo principalmente nello studio della meccanica dei continui generalizzati. Lo scopo è concepire e realizzare materiali innovativi, i.e. metamateriali, che, grazie alla scelta di opportune microstrutture, abbiano un elevato impatto tecnologico. Si studiano anche problemi interdisciplinari, come il caso di sistemi biomeccanici o sistemi elettromeccanici.

Le attività si inquadrano nel settore scientifico disciplinare della Scienza delle Costruzioni, e di seguito si riporta una breve descrizione dei principali temi di ricerca trattati.

### >>> Sintesi di Materiali esotici

L'interesse per la progettazione di materiali che abbiano comportamento meccanico peculiare porta naturalmente a ricercare materiali microstrutturati dove la scelta progettuale della opportuna geometria della microstruttura sia in grado di produrre il comportamento richiesto on demand. Si pensi, ad esempio, all'interesse per materiali ad alta resistenza e basso peso, o con comportamento elastico anche in grandi deformazioni, o in grado di ridistribuire i carichi in caso di fenomeni di danneggiamento localizzati.

Lo studio di questo problema di sintesi richiede lo sviluppo e il coordinamento di diversi aspetti tecnici pure di interesse in se stessi. In particolare, all'interno di questo filone di ricerca emerge la necessità di affrontare lo studio analitico dello stato di grande deformazione di continui di secondo gradiente, e più in generale di sviluppare metodi numerici nuovi per lo studio di metamateriali di secondo gradiente e gradiente superiore, anche con l'ausilio del metodo dei moltiplicatori di Lagrange.



1. Esempio di metamateriale microstrutturato: blocco pantografico

### »» Fondamenti di Meccanica dei Continui e Storia della Scienza

Nello studio dei sistemi deformabili in grandi spostamenti e deformazioni è essenziale distinguere fra descrizioni lagrangiana ed euleriana del moto dei sistemi continui. Le condizioni di stazionarietà di Eulero Lagrange sono formulate naturalmente nella configurazione Lagrangiana, ma le azioni esterne sui continui sono espresse nella configurazione Euleriana. Si devono quindi determinare le formule di trasformazione di Piola per continui di gradiente superiore: i risultati ottenuti fino ad ora riguardano i continui di secondo gradiente, bisogna generalizzare la trattazione ad ordine superiore.

Collegati a queste questioni ci sono alcuni problemi di storia della meccanica. Dal momento che le origini del principio dei lavori virtuali devono farsi risalire all'epoca ellenistica è necessario uno studio accurato delle fonti, talvolta in lingua originale. Lo studio delle fonti ellenistiche dei trattati di meccanica e tecnologia meccanica medioevale è finalizzato a dimostrare che ogni teoria meccanica nota è nata basandosi su principi variazionali.

Nello stesso spirito deve inquadrarsi il programma di ricerca che intende ritrovare i fondamenti matematici della teoria della prospettiva ellenistica.

### »» Fenomeni di dissipazione

I fenomeni di dissipazione meritano una grande attenzione per la loro importanza applicativa.

I metodi variazionali in meccanica Lagrangiana possono essere generalizzati al caso dissipativo: questo filone di ricerca sembra particolarmente utile nel fornire il ne-

cessario supporto concettuale allo sviluppo di metodi dedicati di calcolo numerico. Saranno formulati principi di minimo in meccanica Lagrangiana e discussi i fenomeni di dissipazione apparente in sistemi Lagrangiani ad un grande numero di gradi di libertà.

L'interesse è quello di affrontare il problema della sintesi di Lagrangiane estese per la simulazione di sistemi dissipativi e applicare i risultati alla formulazione di metodi numerici efficienti.

Il quadro teorico generale sarà utile anche nella formulazione dei modelli necessari a descrivere i fenomeni di dissipazione in metamateriali microstrutturati.

### **>>> Biomeccanica**

In biomeccanica i fenomeni deformativi sono accoppiati a quelli relativi alla crescita dei tessuti biologici deformati.

Lo studio di modelli matematici per descrivere la crescita di tessuti viventi deve quindi tenere conto, in un unico quadro concettuale, del loro stato di deformazione e del processo di rimodellamento cui sono soggetti.

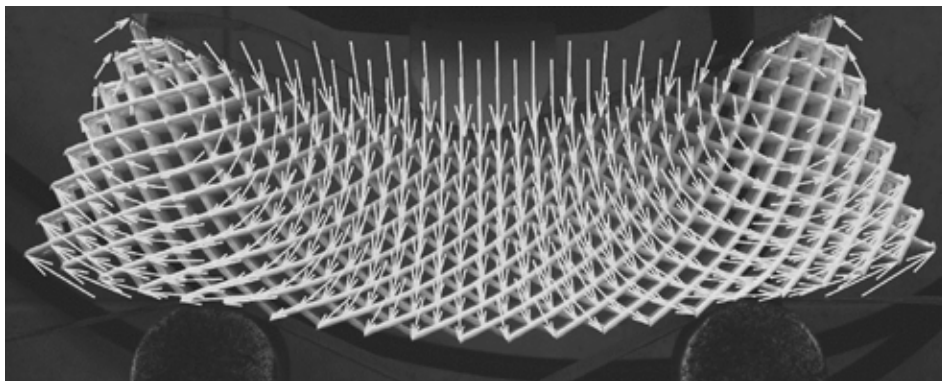
Di particolare interesse è la modellazione numerica del rimodellamento di tessuto osseo intorno a protesi impiantate, anche nel caso di protesi biorassorbibili. Lo studio della biomeccanica delle protesi di tessuto osseo si svolge anche nel contesto di una teoria recentemente formulata.

Un altro interessante argomento di studio è l'investigazione della bio-meccanica della cornea in condizioni fisiologiche e patologiche: oltre allo sviluppo di simulazioni numeriche si vuole valutare la possibilità del loro utilizzo in situazioni di rilevanza clinica.

### **>>> Validazione di modelli ed analisi sperimentale**

La ricerca sul problema di sintesi di metamateriali prevede poi la progettazione e realizzazione, solitamente tramite procedure di stampa 3D, di provini dei metamateriali concepiti.

Per la validazione sperimentale dei metodi e modelli sviluppati si procede prevalentemente a campagne effettuate all'interno del Laboratorio di Materiali Innovativi per l'Edilizia (LMIE) dell'Università dell'Aquila, ma anche in altri casi svolte con partner di ricerca nazionali e internazionali. Nello studio sperimentale del comportamento di strutture complesse si fa grande uso dei metodi di misura non invasivi della Digital Image Correlation (DIC) e della Digital Volume Correlation (DVC): misurazione degli stati deformativi dei materiali allo studio rispettivamente da fotografie o scansioni tomografiche a raggi X. Lo studio analitico e/o numerico



**2.** Misurazione tramite DIC del campo di spostamento (indicato dalle frecce) di un metamateriale pantografico in una prova di flessione a 3 punti

dei modelli continui sviluppati è spesso necessario per superare problemi tecnici di inizializzazione degli algoritmi di DIC e DVC, legando l'avanzamento nella possibilità di realizzare ed analizzare i risultati di esperimenti sempre più impegnativi anche all'avanzamento teorico nella modellazione di fenomeni complessi.

### **>>> Propagazione delle onde in mezzi complessi**

L'utilizzo dei metamateriali sintetizzati in contesti applicativi dinamici porta naturalmente anche allo studio della propagazione di onde in mezzi microstrutturati e/o eterogenei. Di particolare interesse sono gli effetti nonlineari nella propagazione di onde in mezzi anisotropi ed eterogenei. Nuovi metodi matematici sono in via di sviluppo per controllare lo smorzamento di vibrazioni con metamateriali piezoelettromeccanici: particolare attenzione in questo senso è data nelle applicazioni ad uno loro impiego nella progettazione di parti di veicoli.

La teoria generale viene applicata anche nella progettazione di strutture e materiali intelligenti attivi e passivi: ancora applicazioni per lo smorzamento di vibrazioni in veicoli sono ritenute in questo senso di interesse primario.

Un altro caso di studio è legato alla propagazione delle onde sismiche in mezzi eterogenei, con grandi gradienti di moduli di elasticità, con interesse in particolare per casi studio di grande rilevanza come quello dei fenomeni sismici nella valle dell'Aterno.

### **>>> Studio dei cementi innovativi**

La rilevante richiesta di affrontare svariati problemi applicativi conduce a problemi di ottimizzazione delle proprietà meccaniche dei cementi: si vuole inquadrare lo

studio in un quadro teorico opportuno di modellazione per mezzo di continui con microstruttura.

Con l'ausilio di opportune simulazioni numeriche sarà possibile progettare ed eseguire prove sperimentali su cementi con additivi granulari o fibrosi in cicli a bassa frequenza.

Lo scopo ultimo di questo filone di ricerca consiste nella progettazione di cementi con incremento di dissipazione interna, finalizzati all'uso nelle costruzioni soggette a carichi dinamici.

## »»» Pubblicazioni 2022-2023

### Articoli su rivista

EUGSTER S.R., DELL'ISOLA F., FEDELE R., & SEPPECHER P., *Piola transformations in second-gradient continua*. Mechanics Research Communications, 120, 103836, 2022

DELL'ISOLA F., EUGSTER S.R., FEDELE R., SEPPECHER P., *Second-gradient continua: From Lagrangian to Eulerian and back*. Mathematics and Mechanics of Solids, Vol. 27, pp. 2715-275, 2022

SOLYAEV Y., LURIE S., ALTENBACH H., & DELL'ISOLA F., *On the elastic wedge problem within simplified and incomplete strain gradient elasticity theories*. International Journal of Solids and Structures, 239, 111433, 2022

PLACIDI L., BARCHIESI E., DELL'ISOLA F., MAKSIMOV V., MISRA A., REZAEI N., SCROFANI A. & TIMOFEEV D., *On a hemi-variational formulation for a 2D elasto-plastic-damage strain gradient solid with granular microstructure*. Mathematics in Engineering, Vol. 5, 1-24, 2022

TURCO E., BARCHIESI E., & DELL'ISOLA F., *A numerical investigation on impulse-induced nonlinear longitudinal waves in pantographic beams*. Mathematics and Mechanics of Solids, 27 (1), 22-48, 2022

WANG F.-F., DAI H.-H. & GIORGIO I., *A numerical comparison of the uniformly-valid asymptotic plate equations with a 3D model: clamped rectangular incompressible elastic plates*, Mathematics and Mechanics of Solids, Vol. 27 (8): 1370-1396, 2022

DARLEUX R., LOSSOUARN B., GIORGIO I., DELL'ISOLA F., AND DEÛ J.-F., *Electrical analogs of curved beams and application to piezoelectric network damping*, Mathematics and Mechanics of Solids, Vol. 27 (4): 578-601, 2022

STILZ M., DELL'ISOLA F., GIORGIO I., EREMEYEV V., GANZENMÜLLER G. & HIERMAIER S., *Continuum models for Pantographic Blocks with Second Gradient Energies which are Incomplete*, Mechanics Research Communications, Vol. 125: 103988, 1-5, 2022

LAUDATO M., MANZARI L., GÖRANSSON P., GIORGIO I., & ABALI B.E., *Experimental analysis on meta-materials boundary layers by means of a pantographic structure under large deformations*, Mechanics Research Communications, Vol. 125: 103990, 1-6, 2022

SCERRATO D., GIORGIO I., BERSANI A.M. & ANDREUCCI D., *A proposal for a novel formulation based on the hyperbolic Cattaneo's equation to describe the mechano-transduction process occurring in bone remodeling*, Symmetry, 14 (11), 2436, 2022

GIORGIO I., HILD F., GERAMI E., DELL'ISOLA F., & MISRA A., *Experimental Verification of 2D Cosserat Chirality with Stretch-Micro-Rotation Coupling in Orthotropic Metamaterials with Granular Motif*, Mechanics Research Communications, 126: 104020, 1-9, 2022



- CIALLELLA A., GIORGIO I., EUGSTER S.R., RIZZI N.L., DELL'ISOLA F., *Generalized beam model for the analysis of wave propagation with a symmetric pattern of deformation in planar pantographic sheets*, *Wave Motion*, Vol. 113, 102986, 2022
- HARSCH J., GANZOSCH G., BARCHIESI E., CIALLELLA A., EUGSTER S.R., *Experimental analysis, discrete modeling and parameter optimization of SLS-printed bi-pantographic structures*, *Mathematics and Mechanics of Solids* 27 (10), pp. 2201-2217, 2022
- VALMALLE M., VINTACHE A., SMANIOTTO B., GUTMANN F., SPAGNUOLO M., CIALLELLA A., HILD F., *Local–global DVC analyses confirm theoretical predictions for deformation and damage onset in torsion of pantographic metamaterial*, *Mechanics Of Materials* Vol. 172, pp.104379, 2022
- SPAGNUOLO M., RECCIA E., CIALLELLA A., CAZZANI A., *Matrix-embedded metamaterials: Applications for the architectural heritage*, *Mathematics and Mechanics of Solids* 27 (10), pp. 2275-2286, 2022
- BERSAN A.M., CARESSA P., CIALLELLA A., *Numerical evidence for the approximation of dissipative systems by gyroscopically coupled oscillator chains*, *Mathematics and Mechanics of Complex Systems*, 10 (3), pp. 265-278, 2022
- BRANECKA N., YILDIZDAG M.E., CIALLELLA A., GIORGIO I., *Bone Remodeling Process Based on Hydrostatic and Deviatoric Strain Mechano-Sensing*. *Biomimetics* Vol. 7 (2), 59, 2022
- LA VALLE G., CIALLELLA A., FALSONE G., *The effect of local random defects on the response of pantographic sheets*, *Mathematics and Mechanics of Solids* 27 (10), pp. 2147-2169, 2022
- CIALLELLA A., CIRILLO E.N.M., VANTAGGI B., *Localization of Defects Via Residence Time Measures*, *Siam Journal on Applied Mathematics* 82 (2), pp. 502-525, 2022
- CIALLELLA A., PASQUALI D., D'ANNIBALE F., GIORGIO I., *Shear rupture mechanism and dissipation phenomena in bias extension test of pantographic sheets: numerical modeling and experiments*, *Mathematics and Mechanics of Solids* Vol. 27, pp. 2170-2188, 2022
- PLACIDI L., TIMOFFEV D., MAKSIMOV V., BARCHIESI E., CIALLELLA A., MISRA A., DELL'ISOLA F., *Micro-mechano-morphology-informed continuum damage modeling with intrinsic 2nd gradient (pantographic) grain–grain interactions*, *International Journal of Solids and Structures* 254-255, 111880, 2022
- TURCO E., BARCHIESI E., CIALLELLA A., DELL'ISOLA F., *Nonlinear waves in pantographic beams induced by transverse impulses*, *Wave Motion* 115, 103064, 2022
- CIALLELLA A., SCERRATO D., SPAGNUOLO M., GIORGIO I., *A continuum model based on Rayleigh dissipation functions to describe a Coulomb-type constitutive law for internal friction in woven fabrics*, *Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Physik* 73 (5), 209, 2022
- WANG F.-F., WANG T., ZHANG X., HUANG Y., GIORGIO I. & XU F., *Wrinkling of twisted thin films*. *International Journal of Solids and Structures*, 262-263: 112075, 1-9, 2023
- DELL'ISOLA F., & STILZ M., *The «materialization» of forces: Why confounding mathematical concept and physical entity makes the design of metamaterials arduous*. *ZAMM Journal of Applied Mathematics and Mechanics/Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik*, 103 (2), e202200433, 2023
- DELL'ISOLA F., & MISRA A., *Principle of Virtual Work as Foundational Framework for Metamaterial Discovery and Rational Design*. *Comptes Rendus. Mécanique*, 351 (S3), 1-25, 2023
- BERSANI A.M., CARESSA P., & DELL'ISOLA F., *Approximation of dissipative systems by elastic chains: Numerical evidence*. *Mathematics and Mechanics of Solids*, 28 (2), 501-520, 2023
- TURCO E., BARCHIESI E., & DELL'ISOLA F., *Nonlinear dynamics of origami metamaterials: energetic discrete approach accounting for bending and in-plane deformation of facets*. *Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik*, 74 (1), 26, 2023

- DELL'ISOLA F., & FEDELE R., *Irreducible representation of surface distributions and Piola transformation of external loads sustainable by third gradient continua*. *Comptes Rendus. Mécanique*, 351 (S3), 1-30, 2023
- DE ANGELO M., YILMAZ N., YILDIZDAG M.E., MISRA A., HILD F., & DELL'ISOLA F., *Identification and validation of constitutive parameters of a Hencky-type discrete model via experiments on millimetric pantographic unit cells*. *International Journal of Non-Linear Mechanics*, 153, 104419, 2023
- STILZ M., DELL'ISOLA F., & HIERMAIER S., *Complete 1D continuum model for a pantographic beam by asymptotic homogenization from discrete elements with shear deformation measure*. *Mechanics Research Communications*, 127, 104042, 2023
- BARCHIESI E., DELL'ISOLA F., SEPPECHER P., & TURCO E., *A beam model for duoskelion structures derived by asymptotic homogenization and its application to axial loading problems*. *European Journal of Mechanics-A/Solids*, 98, 104848, 2023
- CHALLAMEL N., ZHANG Y.P., WANG C.M., RUTA G., & DELL'ISOLA F., *Discrete and continuous models of linear elasticity: history and connections*. *Continuum Mechanics and Thermodynamics*, 35 (2), 347-391, 2023
- TURCO E., BARCHIESI E., CAUSIN A., DELL'ISOLA F., & SOLCI M., *Kresling tube metamaterial exhibits extreme large-displacement buckling behavior*. *Mechanics Research Communications*, 134, 104202, 2023
- ALLEN A., SCERRATO D., BERSANI A.M. & GIORGIO I., *A model for the bio-mechanical stimulus in bone remodelling as a diffusive signalling agent for bones reconstructed with bio-resorbable graft*, *Mechanics Research Communications*, 129: 104094, 1-6, 2023
- ALTUCCI C., BAJARDI F., BARCHIESI E., BASTI A., BEVERINI N., THOMAS BRAUN T., CARELLI G., CAPOZZIELLO S., CIAMPINI D., DAVI F., DE LUCA G., DEVOTI R., DI GIOVAMBATTISTA R., DI SOMMA G., DI STEFANO G., DI VIRGILIO A., FAMIANI D., FREPOLI A., FUSO F., GIORGIO I., GOVONI A., LAMBIASE G., MACCIONI E., MARSILI P., MERCURI A., MORSANI F., ORTOLAN A., PORZIO A., RUGGIERO M.L., TALLINI M., TASSON J., TURCO E. & VELOTTA, GINGER R., *Mathematics and Mechanics of Complex Systems*, 11 (2): 203-234, 2023
- GIORGIO I., DELL'ISOLA F. & STEIGMANN D.J., *Second-grade elasticity of three-dimensional pantographic lattices: Theory and numerical experiments*, *Continuum Mechanics and Thermodynamics*, 2023
- GIORGIO I., DELL'ISOLA F., ANDREAS U., & MISRA A., *An orthotropic continuum model with substructure evolution for describing bone remodeling: an interpretation of the primary mechanism behind Wolff's law*, *Biomechanics and Modeling in Mechanobiology*, 22: 2135-2152, 2023
- ALTUCCI C., BAJARDI F., BASTI A., BEVERINI N., CARELLI G., CAPOZZIELLO S., CASTELLANO S., CIAMPINI D., DAVI F., DELL'ISOLA F., DE LUCA G., DEVOTI R., DI SOMMA G., DI VIRGILIO A., FUSO F., GIORGIO I., GOVONI A., MACCIONI E., MARSILI P., ORTOLAN A., PORZIO A., RUGGIERO M.L. & VELOTTA R., *Status of the GINGER project*, *AVS Quantum Science*, 5 (4): 045001, 2023
- CIALLELLA A., STEIGMANN J.D., *Unusual deformation patterns in a second-gradient cylindrical lattice shell: Numerical experiments*, *Mathematics and Mechanics of Solids* 28 (1) pp. 141-153, 2023
- CIALLELLA A., D'ANNIBALE F., DEL VESCOVO D., GIORGIO I., *Deformation patterns in a second-gradient lattice annular plate composed of "Spira mirabilis" fibers*, *Continuum Mechanics and Thermodynamics* 35, 1561-1580, 2023

- YILDIZDAG M.E., CIALLELLA A., D'OVIDIO G., *Investigating wave transmission and reflection phenomena in pantographic lattices using a second-gradient continuum model*. Mathematics and Mechanics of Solids, 10812865221136250, 2023
- CIALLELLA A., LA VALLE G., VINTACHE A., SMANIOTTO B., HILD F., *Deformation mode in 3-point flexure on pantographic block*, International Journal of Solids and Structures, 112129, 2023
- VALMALLE M., SMANIOTTO B., SPAGNUOLO M., CIALLELLA A., HILD F., *Mesoscale DVC analyses and parameter calibration for pantographic block in 3-point flexure*. European Journal of Mechanics-A/Solids, 105063, 2023

### **Articoli in atti di convegno**

- CASALOTTI A., CIALLELLA A., D'ANNIBALE F., *Multi-scale design of an architected composite structure and experimental characterization*, Euromech Colloquium 623, Nancy (France), May 2-6 2022
- CASALOTTI A., CIALLELLA A., ROSI G., D'ANNIBALE F., *Multi-scale design and optimization of architected composite structure*, Workshop of the IRP Coss&Vita Metamaterials and biomechanics: from bio-inspiration to bio-metamaterials, Arpino (Italy), October 24-27 2022
- VASLIEV P.V., SENICHEV A.V., & GIORGIO I., *Convolutional neural networks in the problem of ultrasound imaging of defects*, in PARINOV I.A., CHANG SH., SOLOVIEV A.N. (eds), Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications (PHENMA 2021-2022). Springer Proceedings in Materials, Vol. 20, pp. 304-316, 2023

### **Monografie e capitoli di libri**

- BARCHIESI E., CIALLELLA A., GIORGIO I., *On Boundary Layers Observed in Some 1D Second-Gradient Theories*, in *Advanced Structured Materials* Vol. 175, pp. 359-376, 2022
- SPAGNUOLO M., DELL'ISOLA F., CAZZANI A., (2022), *The Study of the Genesis of Novel Mathematical and Mechanical Theories Provides an Inspiration for Future Original Research*, in *Evaluation of Scientific Sources in Mechanics*. Vol. 152, pp. 1-73, 2022
- SPAGNUOLO M., DELL'ISOLA F., GERBER B., CAZZANI A.M., *Translation of Heiberg's Prolegomena*, in *Evaluation of Scientific Sources in Mechanics*. Vol. 152, pp. 75-97, 2022
- CIALLELLA A., PULVIRENTI M., SIMONELLA S., *Propagation of Chaos for a Stochastic Particle System Modelling Epidemics*, in *Advanced Structured Materials* Vol. 175, pp. 105-118, 2022
- CIALLELLA A., D'ANNIBALE F., DELL'ISOLA F., GIORGIO I., *Modal analysis of a second-gradient annular plate made of an orthogonal network of logarithmic spiral fibers*, in "Sixty Shades of Generalized Continua", *Advanced Structured Materials* Vol. 170, pp. 103-116, 2023
- GIORGIO I., MISRA A., & PLACIDI L., *Geometrically nonlinear Cosserat elasticity with chiral effects based upon granular micromechanics*, in "Sixty Shades of Generalized Continua", *Advanced Structured Materials*, vol 170, pp 273-292, 2023



## 11.9 >>>

# Modelli e metodi per la meccanica non lineare delle strutture

ICAR-08 Scienza delle Costruzioni

### >>> Introduzione

Le attività del gruppo di ricerca sono incentrate principalmente sullo sviluppo, da un lato, di strumenti metodologici d'indagine finalizzati alla speculazione di aspetti complessi del comportamento statico e dinamico delle strutture (intese in senso lato) e, dall'altro, di tecniche d'intervento atte a migliorarne le prestazioni meccaniche, soprattutto con l'ausilio di materiali e dispositivi innovativi.

Nello specifico, i principali temi di ricerca trattati dal gruppo vengono di seguito elencati e brevemente descritti.

### >>> Omogeneizzazione multi-scala di solidi micro-strutturati

Recenti sviluppi nel settore dell'ottimizzazione topologica hanno consentito la fabbricazione di metamateriali ultraleggeri, con microstruttura interna di tipo "truss", aventi una maggiore resistenza nei confronti di carichi dinamici da impatto o da esplosione. Solidi aventi tali microstrutture, con celle di forma esagonali, ma non solo, sono studiate mediante tecniche di omogeneizzazione.

Il presente tema di ricerca riguarda lo sviluppo di una metodologia di progettazione per solidi micro-strutturati con proprietà meccaniche definite mediante una opportuna distribuzione di porosità interna, ovvero, mediante una opportuna dimensione della cella elementare. Tale metodologia dovrebbe consentire, a valle di una ottimizzazione topologica, la realizzazione di un solido con microstruttura a densità variabile fabbricabile mediante stampa 3D.

### >>> Modelli ridotti per travi composite a sezione tubolare multistrato

Le travi tubolari rappresentano una classe di elementi strutturali ampiamente utilizzata nell'ingegneria delle strutture, sia in campo civile (es. ponti, edifici), meccanico (es. telai di automobili) e aerospaziale (es. componenti di aeromobili). La

crescente necessità di strutture ad alte prestazioni meccaniche richiede un'attenta valutazione della reale capacità portante di tali travi. Le deformazioni locali (quali, per esempio, ingobbamento, ovalizzazione), in particolare, possono indurre effetti sullo stato di sollecitazione locale e globale importanti, sia in campo statico che dinamico, dove potrebbero produrre fenomeni di risonanza interna tra modi globali e modi locali.

In questo contesto si è sviluppato un modello di trave tubolare che arricchisce il modello di Timoshenko mediante nuovi descrittori dello stato di deformazione. Il modello può essere sfruttato per studiare la risposta meccanica di strutture come quelle sopra menzionate sia in campo statico che dinamico, sia in ambito lineare che non-lineare.

### **>>> Comportamento meccanico dei ponti a cassone**

I modelli disponibili in letteratura per i ponti a cassone, molto impiegati per luci medio-grandi, sono generalmente poco efficienti da un punto di vista computazionale. Risulta dunque di interesse lo sviluppo di modelli analitici semplificati ma allo stesso tempo accurati.

L'attività di ricerca affronta lo studio del comportamento meccanico dei ponti a cassone, soggetti a flessione, torsione e distorsione nel piano della sezione trasversale, mediante un modello analitico sviluppato nello spirito della Generalized Beam Theory. Il modello proposto consente di cogliere il comportamento del cassone mediante soluzioni in forma chiusa, i cui risultati sono in buon accordo con i risultati di modelli agli elementi finiti computazionalmente più onerosi.

### **>>> Modellazione lineare e non lineare di pareti murarie, rinforzate e non**

La muratura è stata uno dei materiali da costruzione più utilizzati in tutto il mondo ed è ancora in uso in diverse parti d'Europa, molte delle quali sono aree sismiche. Tuttavia, la sua bassa resistenza a trazione, la rende vulnerabile alle azioni orizzontali, motivo per cui, molto spesso, sono necessari degli interventi di rinforzo. Esiste una vasta letteratura dedicata alla modellazione del complesso comportamento di questo materiale, nonché delle varie tecniche di retrofitting per migliorarne le prestazioni.

La presente ricerca si occupa della realizzazione di nuovi modelli teorici, analitici e numerici, migliorativi rispetto a quelli esistenti, in grado di prevedere e riprodurre il comportamento meccanico di strutture murarie, senza e con rinforzo, in campo elastico e non. Particolare attenzione è rivolta all'utilizzo di malte fibro-rinforzate come mezzo di rinforzo. Si utilizzano teorie esaustive, in combinazione con op-

portune procedure di omogeneizzazione. I modelli predittivi sviluppati consentano la progettazione di soluzioni innovative per la sicurezza delle strutture e capaci di incrementare la resilienza al rischio sismico.

### **>>> Modellazione di fenomeni di contatto**

L'analisi del comportamento meccanico di corpi a contatto in presenza di attrito è di notevole interesse ingegneristico e richiede l'utilizzo di modelli costitutivi che tengano conto di comportamenti fortemente non lineari associati alla evoluzione temporale dell'interfaccia di contatto. Molti modelli di letteratura dedicati al tema propongono leggi empiriche per scopi progettuali.

La ricerca del gruppo, invece, si interessa a fornire descrizioni matematiche dei fenomeni di contatto che consentano una maggiore comprensione delle informazioni sperimentali, oltre che leggi macroscopiche utili alla progettazione ingegneristica.

### **>>> L'instabilità dinamica in sistemi piezo-elettromeccanici**

Molti sistemi meccanici sono soggetti a fenomeni di instabilità dinamica a valle dei quali la risposta del sistema è periodica, ovvero, il sistema tende ad un cosiddetto ciclo limite. Questa situazione si riscontra, ad esempio, in sistemi sollecitati da forze "follower" o da forzanti aerodinamiche. Per tali sistemi si rende necessaria una strategia di controllo per aumentare il carico critico di instabilità e per contenere l'ampiezza dei cicli limite.

La ricerca proposta utilizza strategie che consistono nell'accoppiare il sistema meccanico con un sistema di "patch" piezoelettriche. Tale accoppiamento, costituente il sistema PEM, consente uno scambio tra energia meccanica ed elettrica che migliora la risposta del sistema originario e, al contempo, può consentire un recupero energetico che rende il sistema un "energy harvester".

### **>>> Analisi e controllo passivo della risposta aeroelastica di strutture snelle**

Le strutture snelle sono molto sensibili alle azioni dinamiche indotte dal vento, che causano una varietà di fenomeni di instabilità. Tali fenomeni sono di vario genere (galloping, flutter, vibrazioni indotte dai vortici) e possono essere correlati a diversi tipi di eccitazione. L'analisi e il controllo del loro comportamento aeroelastico è un argomento affascinante, di alto contenuto scientifico e valore tecnico. La letteratura è ricca di studi in materia.

La ricerca in questo ambito si occupa di sviluppare metodi e modelli matematici per l'analisi e il controllo passivo della risposta aeroelastica di strutture flessibili

(come ad esempio cavi, ponti, torri), perseguendo un approccio semi-analitico. Si formulano modelli aeroelastici semplificati, adattabili a diverse classi di sistemi strutturali, e si analizza il comportamento critico e post-critico tramite metodi perturbativi. I benefici di una tale metodologia risiedono principalmente in soluzioni semi-analitiche, tramite le quali investigare tutti i possibili scenari di biforcazione e, quindi, ottimizzare i parametri geometrici, meccanici e aerodinamici del sistema, migliorandone le prestazioni aerodinamiche.

### **>>> Meccanica di funi intelligenti**

Negli ultimi anni si è osservata una crescita dell'interesse verso dispositivi per il recupero di energia dalle vibrazioni, in grado cioè di generare segnali elettromagnetici come conseguenza di vibrazioni meccaniche. Tali sistemi sono solitamente anche in grado di indurre uno smorzamento delle vibrazioni, trasformando il sistema di recupero in un sistema di controllo.

La presente ricerca è incentrata sulla modellazione, progettazione e realizzazione di funi intelligenti, ovvero, funi il cui comportamento meccanico sia controllabile e monitorabile mediante una rete di dispositivi piezoelettrici in grado di trasformare l'energia meccanica, dovuta all'oscillazione della fune, in energia elettrica, operando dunque come 'energy harvester'.

### **>>> Protezione di opere d'arte e attrezzature sensibili dalle vibrazioni**

L'aumento della sismicità nei paesi del Sud Europa, insieme ai danni che ne conseguono, hanno evidenziato la vulnerabilità delle strutture, in particolare quelle culturali e strategiche. Mentre la protezione sismica di solito si concentra sugli edifici, l'attenzione alla salvaguardia degli elementi non strutturali, come attrezzature e opere d'arte, è limitata. Le tecniche esistenti, che utilizzano costosi dispositivi di isolamento convenzionali, affrontano sfide pratiche come vincoli di spazio e limitazioni ambientali, rendendo necessarie soluzioni più efficaci e sostenibili.

La ricerca proposta si concentra sullo sviluppo di un basamento ingegnerizzato per salvaguardare corpi rigidi di medie dimensioni, come opere d'arte e attrezzature sensibili, dalle vibrazioni in edifici di importanza strategica. Combina materiali innovativi con strutture interne periodiche, non linearità geometriche ed isteretiche, e tecniche consolidate come l'isolamento dalle vibrazioni per creare una soluzione intelligente per la mitigazione delle vibrazioni. Si sfruttano, quindi, risposte non lineari per affrontare fenomeni dinamici complessi.

### **>>> Dinamica e sistemi di controllo passivo per la protezione sismica delle reti di condotte**

Nell'ottica della città del futuro, un'idea innovativa è quella che prevede una rete di tunnel per i servizi sotterranei, che collega utenti privati e agevola l'accesso alla fibra ottica per il monitoraggio sismico e la sicurezza. I tunnel possono essere dotati di dispositivi audio-video e sensori per il traffico, che, in caso di evento sismico, attivano dispositivi di sicurezza che interrompono forniture idriche, scarichi e gas. Tuttavia, la fragilità della rete agli eventi sismici estremi potrebbe comprometterne il funzionamento. Pertanto, valutare il comportamento sismico del sistema è cruciale per poter preservare la sua integrità e quella dei flussi che vi transitano.

La ricerca proposta mira a studiare sistemi di controllo passivo eco-sostenibili per la risposta sismica delle reti di condotte situate in tunnel sotterranei. L'obiettivo è isolare e/o smorzare dinamicamente le condotte rispetto al tunnel. In particolare, lo studio mira a: i) avanzare nella conoscenza della modellazione delle condotte, utilizzando modelli generalizzati di travi monodimensionali; ii) progettare sistemi di controllo passivo per la rete, per migliorare il comportamento meccanico complessivo del sistema.

### **>>> Stato di tensione e di deformazione in continui tridimensionali travi-formi non-prismatici**

Elementi strutturali di forma non-prismatica sono impiegati in applicazioni ingegneristiche, sia in ambito civile che meccanico e aeronautico, per la loro superiore efficienza strutturale. La particolare forma di tali elementi rende però molto più complicata la predizione analitica del loro stato di tensione rispetto al caso prismatico, per il quale il modello di riferimento è il noto cilindro di B. de Saint-Venant. Poter predire in modo analitico ed accurato lo stato di tensione in elementi non-prismatici consentirebbe sia una maggiore comprensione del loro comportamento meccanico, sia lo sviluppo di metodi di progettazione computazionalmente più efficienti ed accurati.

La presente attività tratta la modellazione fisico-matematica e la predizione analitica dello stato di tensione e di deformazione in continui tridimensionali snelli, non-prismatici, non-omogenei, suscettibili di grandi spostamenti, e aventi sezioni trasversali completamente deformabili.



### **>>> Dinamica e stabilità di sistemi meccanici soggetti ad azioni conservative, non-conservative, e configurazionali**

La stabilità dinamica di sistemi meccanici soggetti a sollecitazioni di diversa natura è un problema classico tuttora di notevole interesse sia teorico che applicativo. Nella moderna progettazione ingegneristica, finalizzata alla realizzazione di sistemi sempre più performanti, è crescente anche la necessità di conoscere e saper prevedere fenomeni di instabilità dinamica quali la tendenza del sistema verso cicli limite le cui caratteristiche dipendono in modo non banale e, talvolta, contro-intuitivo, dai dati del problema. Si veda, come esempio paradigmatico, la trave visco-elastica di Beck, in presenza di smorzamenti non-lineari, sia di tipo esterno che interno.

La presente ricerca riguarda la modellazione fisico-matematica della risposta meccanica di strutture e sistemi meccanici, in ambito statico e dinamico, lineare e non lineare, nonché l'analisi della loro stabilità dinamica in presenza di azioni conservative, non conservative, e configurazionali, mediante metodi asintotici, sia per via analitica che numerica.

### **>>> Modelli fisico/matematici di travi con microstruttura cellulare**

Le travi con microstruttura cellulare sono largamente studiate in ambito scientifico, in quanto, attraverso la progettazione della microstruttura, mostrano proprietà differenti da quelle convenzionali, come basso rapporto rigidità/peso, resilienza e resistenza agli urti. In questo contesto, lo sviluppo di un modello equivalente di trave 1D immersa nello spazio 3D, per mezzo di opportune tecniche di omogeneizzazione, può risultare utile per descrivere il comportamento di travi microstrutturate con diverse sezioni trasversali.

In particolare, l'attività della ricerca si occupa di studiare alcune microstrutture, cercando soluzioni analitico/numeriche in ambito statico e dinamico, investigando anche i fenomeni di buckling. Oltre a modelli di travi sotto l'ipotesi di sezione rigida, ha interesse sviluppare anche modelli più ricchi che tengano conto del fenomeno di warping (trave generalizzata). Come strumento di validazione dei risultati, si fa uso di test sperimentali su provini stampati mediante stampante 3D.

### **>>> Problemi dinamici dovuti a forze viaggianti**

I problemi dinamici legati ai carichi in movimento sono molto comuni in diversi sistemi ingegneristici, come ad esempio i ponti attraversati da veicoli, macchine utensili, dischi veicolari e guide nella robotica. Una vasta letteratura esiste sul tema.

L'attività di ricerca si occupa di studiare la risposta dinamica di strutture snelle attraversate da una forza o da sistemi di forze trasversali, che si muovono a velocità costante lungo la lunghezza principale della struttura. La speculazione dei complessi fenomeni che si innescano avviene tramite lo sviluppo di modelli analitici risolti tramite tecniche raffinate, che forniscono soluzioni in forma chiusa.

## »»» Pubblicazioni 2022-2023

### Articoli su rivista

DI NINO S., *Numerical investigations on infilled frames and predictive formulae in the elastic regime*, Engineering Structures, 250, 113349, 2022

DI NINO S., LUONGO A., *Nonlinear dynamics of a base-isolated beam under turbulent wind flow*, Nonlinear Dynamics, 107 (2), 1529-1544, 2022

CASALOTTI A., D'ANNIBALE F., *On the effectiveness of a rod-like distributed piezoelectric controller in preventing the Hopf bifurcation of the visco-elastic Beck's beam*, Acta Mechanica, 233, 1819-1836, 2022

CASALOTTI A., D'ANNIBALE F., *On the effects of a beam-like piezoelectric passive controller on the linear stability of the visco-elastic Beck's beam*, Mechanics Research Communications, 125, 103980, 2022

MIGLIACCIO G., *Analytical evaluation of stresses and strains in inhomogeneous non-prismatic beams undergoing large deflections*, Acta Mechanica, 233 (7), 2022

MIGLIACCIO G., DESROCHES R., ROYER-CARFAGNI G., *Theoretical mechanical properties of stands and cables made of wound carbon nanotube fibers*, International Journal of Mechanical Sciences, 236, 107706, 2022

MIGLIACCIO G., RUTA G., BARSOTTI R., BENNATI S., *A new shear formula for tapered beamlike solids undergoing large displacements*, Meccanica, 57 (7), 2022

MIGLIACCIO G., *Analytical prediction of the cross-sectional shear flow in non-prismatic inhomogeneous beamlike solids*, Thin-Walled Structures, 183, 110384, 2023

CASALOTTI A., ZULLI D., LUONGO A., *Nonlinear Dynamics of a Tubular Beam Considering Distortion of the Cross Sections and Internal Resonances*, Nonlinear Dynamics, 111 (8), 6961-6983, 2023

FRANZINI G.R., MACIEL V.S.F., VERNIZZI G.J., ZULLI D., *Simultaneous passive suppression and energy harvesting from galloping using a bistable piezoelectric nonlinear energy sink*, Nonlinear Dynamics, 2023

CHALLAMEL N., FERRETTI M., LUONGO A., *Multi-degenerate hill-top bifurcation of Fermi-Pasta-Ulam softening chains: Exact and asymptotic solutions*, International Journal of Non-Linear Mechanics, 156, 104509, 2023

DI NINO S., LUONGO A., *Two-step homogenized elastic model for in-plane analysis of coated masonry walls*, European Journal of Mechanics, A/Solids, 102, 105107, 2023

PANCELLA F., LUONGO A., *Shear-flexural beam models for free vibration analysis of warpable cross-undeformable box girders*, Thin-Walled Structures, 188, 110837, 2023

- FERRETTI M., DI NINO S., LUONGO A., *Generalized multiple scale approach to the problem of a taut string traveled by a single force*, Nonlinear Dynamics, 111 (18), 16663-16678, 2023
- HIMA N., D'ANNIBALE F., DAL CORSO F., *Non-smooth dynamics of buckling based metainterfaces: rocking-like motion and bifurcations*, International Journal of Mechanical Sciences, 242, 108005, 2023

### **Articoli in atti di convegno**

- MIGLIACCIO G., *Analytical determination of the influence of geometric and material design parameters on the stress and strain fields in non-prismatic components of wind turbines*, Journal of Physics: Conference Series, 2265, 032033, 2022
- CASALOTTI A., CIALLELLA A., D'ANNIBALE F., *Multi-scale design of an architected composite structure and experimental characterization*, Euromech Colloquium 623, Nancy (France), May 2-6 2022
- CASALOTTI A., CIALLELLA A., ROSI G., D'ANNIBALE F., *Multi-scale design and optimization of architected composite structure*, Workshop of the IRP Coss&Vita Metamaterials and biomechanics: from bio-inspiration to bio-metamaterials, Arpino (Italy), October 24-27 2022
- PANCELLA F., DE SANTIS Y., LUONGO A., *Buckling of mono-axially compressed rectangular grids*, Vibroengineering Procedia, 50, pp 244-249, 2023
- MIGLIACCIO G., *Stress and strain fields in non-prismatic inhomogeneous beams*, Materials Research Proceedings, 26, pp 163-168, 2023
- MIGLIACCIO G., DESROCHES R., ROYER-CARFAGNI G., *Mechanical properties of cables made with helically wound-carbon-nanotube fibers for advanced structural applications*, Materials Research Proceedings, 26, pp 11-16, 2023
- MIGLIACCIO G., FERRETTI M., DI NINO S., LUONGO A., *Dynamics of beams travelled by equally spaced forces via transfer matrix approach*. Journal of Physics: Conference Series, 2023

### **Monografie e capitoli di libri**

- LUONGO A., FERRETTI M., DI NINO S., *Stabilità e biforcazione delle strutture: Sistemi statici e dinamici*, Società Editrice Esculapio, 2022
- LUONGO A., PICCARDO G., *Dynamics and stability: From an ancillary to a leading role in the history of AIMETA*. In *50+ Years of AIMETA: a Journey Through Theoretical and Applied Mechanics in Italy*, 2022, pp 179-193
- LUONGO A., FERRETTI M., DI NINO S., *Stability and bifurcation of structures: statical and dynamical systems*, Springer Nature, 2023, pp 1-706



## 11.10 >>>

# Modellazione isteretica di elementi di calcestruzzo armato soggetti ad azione sismica pluriassiale

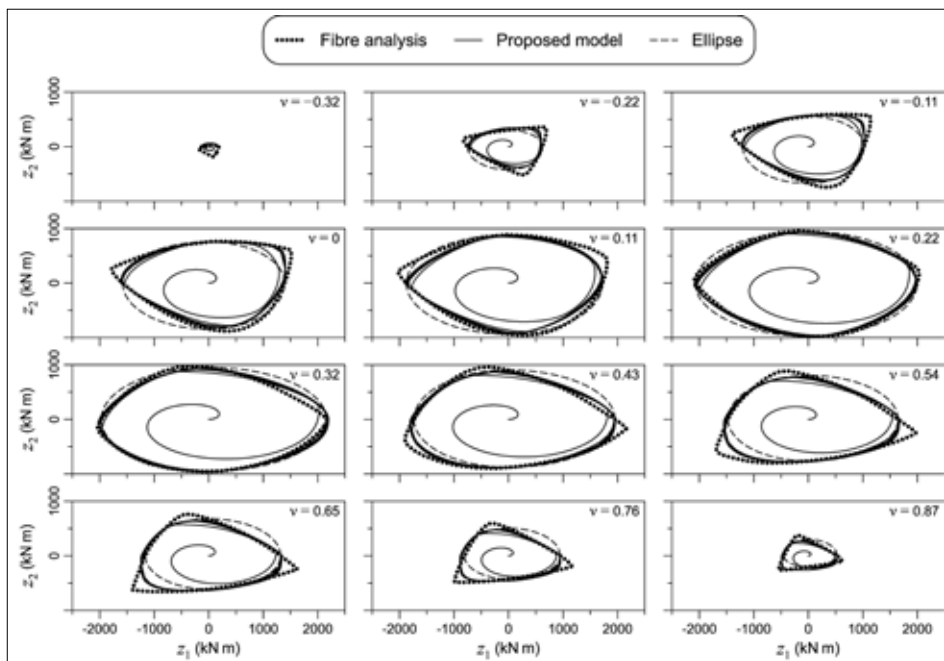
ICAR-09 Tecnica delle Costruzioni

### >>> Introduzione

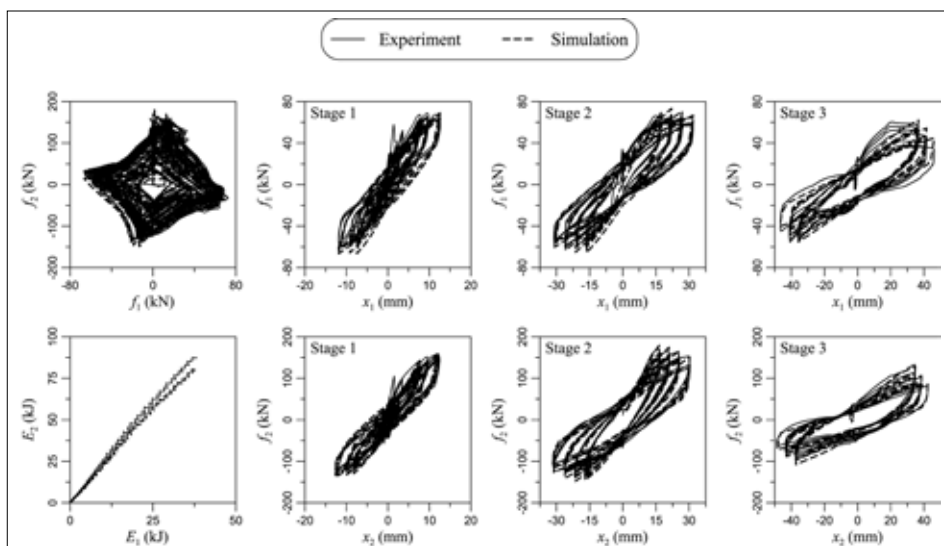
L'analisi sismica moderna presuppone il comportamento anelastico degli elementi strutturali per effetto della concomitanza delle componenti orizzontali e, in certi casi, della componente verticale. I modelli differenziali fenomenologici del tipo Bouc—Wen sono spesso utilizzati per simulare il comportamento isteretico strutturale e non. La ricerca è in tale ambito. Considera gli elementi strutturali di calcestruzzo armato e comprende due fasi. In primo luogo, si elabora un modello isteretico differenziale monoassiale. Nella seconda fase, tale modello è esteso per il problema pluriassiale.

### >>> Modello monoassiale

Si sviluppa un modello isteretico differenziale del tipo Bouc—Wen. La modifica del modello originario è relativamente semplice, tuttavia porta a molteplici caratteristiche favorevoli. (i) I parametri del modello hanno significato fisico per l'applicazione fenomenologica alla scala dell'elemento. (ii) L'isteresi può essere asimmetrica. (iii) Il "pinching" è versatile, potendo essere inizialmente concavo, convesso o quasi lineare, come osservato nelle prove sperimentali. (iv) È previsto il deterioramento ciclico della resistenza e/o della rigidezza. Il modello è validato simulando prove sperimentali cicliche e sismiche pseudo-dinamiche disponibili in letteratura. Queste prove riguardano: (a) una trave con sezione asimmetrica a T; (b) pilastri sia adeguati sia non adeguati, deboli a flessione o a taglio. La precisione del modello è stimata quantitativamente. L'errore sulla forza ha distribuzione normale con media inferiore a 4% e deviazione standard minore di 9% della resistenza sperimentale. Gli errori massimi sull'energia isteretica finale e sullo spostamento residuo allo scarico sono dell'ordine di 20% in presenza di danno severo.



1. Confronto con analisi a fibre di una sezione a L per più valori dello sforzo assiale ( $z$  = momento flettente,  $v$  = sforzo assiale adimensionale)



2. Confronto con prova ciclica a rombi crescenti e sforzo assiale variabile su un pilastro rettangolare ( $f$  = forza orizzontale,  $x$  = spostamento orizzontale,  $E$  = energia isteretica)

## »» Modello pluriassiale

Il modello è esteso a due dimensioni replicando la formulazione monoassiale per ciascuno degli assi principali a flessione/taglio e accoppiando le resistenze e il deterioramento. (i) Le resistenze sono accoppiate secondo l'equazione di Bresler. Il grado d'interazione può essere arbitrario e diverso tra le due direzioni principali. Inoltre, le resistenze dipendono dallo sforzo assiale sul terzo asse secondo una legge parabolica a tratti per l'interazione P-M/V. (ii) L'accoppiamento del deterioramento ciclico si basa sul picco della risposta e sull'energia isteretica lungo ambedue gli assi principali. Il modello è validato con analisi a fibre di sezioni simmetriche e asimmetriche (Figura 1) e con prove sperimentali disponibili in letteratura. I campioni sono pilastri quadrati con sforzo assiale costante e rettangolari con sforzo assiale variabile, soggetti a cicli a quadrato ed a rombo (Figura 2). In base alle forze trasversali, all'energia isteretica e agli spostamenti residui, il modello pluriassiale è ragionevolmente meno accurato del modello monoassiale. Nondimeno, si dimostra idoneo per simulare i cicli forza-spostamento e l'energia isteretica di elementi quali pilastri e pile.

## »» Pubblicazioni 2022-2023

### Articoli su rivista

COLANGELO F., *Bouc—Wen-like hysteresis model with asymmetry and versatile pinching for deteriorating reinforced-concrete elements*, Structure and Infrastructure Engineering, Taylor & Francis 2022. DOI: 10.1080/15732479.2022.2120900

COLANGELO F., *Differential model of biaxial hysteresis with coupled principal strengths and cyclic deterioration for reinforced-concrete elements*, Engineering Structures, Article 117363, Elsevier 2023. DOI: 10.1016/j.engstruct.2023.117363





## 11.11 >>>

# Sviluppo di tecniche innovative per l'ingegneria sismica

ICAR-09 Tecnica delle Costruzioni

### >>> Introduzione

Il gruppo di ricerca ha come obiettivo principale l'approfondimento dello stato delle conoscenze sul comportamento dei dispositivi di isolamento sismico per migliorarne le prestazioni con tecnologie innovative e sostenibili. In particolare, le principali tematiche sono: i) lo sviluppo numerico e sperimentale di una tipologia di isolatore antisismico basata sulla tecnologia dei cuscinetti di rotolamento su superfici non piane; ii) la risoluzione di problemi computazionali relativi alle superfici di contatto; iii) lo sviluppo operativo di un dispositivo con superfici non piane; iv) la caratterizzazione dinamica di alcuni dei parametri valutati per gli edifici in situ, al fine di porre una valutazione obiettiva delle caratteristiche di adattabilità delle tecniche di protezione passiva, con particolare riferimento all'isolamento sismico, per strutture non progettate e realizzate con i criteri antisismici del capacity design, ed in grado tuttavia di manifestare una certa resistenza residua alle azioni dinamiche di tipo sismico; v) setup di un sistema di prova del brevetto di isolamento sismico con il metodo tunneling in grado di potere essere applicato a costruzioni esistenti di pregio (palazzi storici, chiese, ...).

### >>> Sviluppo ed applicazione delle tecnologie di protezione sismica attiva e passiva — Monitoraggio sismico delle strutture protette.

La ricerca concerne l'analisi sperimentale dei comportamenti di edifici con isolamento sismico soggetti a terremoti reali, mediante il monitoraggio continuo in sito, e con protezione sismica attiva mediante accordatori attivi di massa (AMD).

Obiettivo della ricerca è la valutazione dinamica derivante dal monitoraggio di strutture dotate di dispositivi di isolamento antisismico o di accordatori attivi di massa e delle interfacce strutturali, ai fini dello sviluppo di tecnologie per il miglioramento del comportamento dinamico e dell'interazione terreno — sistema di isolamento — struttura.



Il monitoraggio sismico degli edifici è importante per due motivi fondamentali:

- » valutare il possibile comportamento dinamico di queste strutture durante i terremoti;
- » acquisire esperienza sul comportamento sismico generale delle strutture in modo che l'esperienza e la banca dati possano essere utilizzate in futuro per la progettazione e l'analisi.

I risultati di precedenti ricerche nel monitoraggio sismico delle strutture hanno facilitato lo sviluppo di un database, che a sua volta è stato utilizzato nella creazione di nuove formule e valori di riferimento per la stima dei periodi fondamentali delle strutture e della percentuale di smorzamento critico dall'uso durante le analisi dinamiche. Il database è molto ben fornito con i dati relativi agli edifici tradizionali, ma non esiste ancora un numero sufficiente di dati per edifici isolati alla base.

Alcune strutture con isolamento sismico dotate di isolatori elastomerici sono state monitorate durante i recenti forti terremoti in Italia, vale a dire il terremoto di Amatrice (24 agosto 2016, Mw 6.0) e il terremoto di Norcia (30 ottobre 2016, Mw 6.5). Queste strutture sono posizionate nel centro Italia e gli strumenti di monitoraggio hanno registrato il loro comportamento durante i terremoti.

Obiettivo della ricerca è l'estensione dei risultati ad un numero maggiore di edifici in monitoraggio, in particolar modo nell'area dell'Italia centrale, dove gli eventi sismici continuano a susseguirsi consentendo così il monitoraggio continuo delle strutture, in maniera tale da consentire anche lo sviluppo di tecniche computazionali adatte alla valutazione reale del comportamento dei sistemi di isolamento sismico.

In particolare, il monitoraggio sarà effettuato su un edificio con isolamento sismico in Sulmona, adeguato con tecnica di retrofitting e dotato di sistema di acquisizione in continuo di dati sismici.

La ricerca riguarda, tra le tecniche di protezione sismica innovative, oltre al controllo passivo delle strutture, anche il controllo attivo delle strutture.

La tecnologia del controllo attivo è caratterizzata dalla presenza di una forza di controllo in grado di modificare la risposta della struttura; tale forza di controllo è generata attraverso un segnale che è basato sui risultati calcolati dalla risposta della struttura attraverso uno specifico algoritmo.

Questo sistema, affinché funzioni, richiede una considerevole quantità di energia proveniente dall'esterno così da permettere il funzionamento di attuatori elettro-idraulici, elettromeccanici o elettrici che forniscono le forze di controllo sulla struttura. Il sistema sfrutta l'utilizzo di sensori e dispositivi elettronici per monitorare la risposta strutturale, che necessitano di una continua e attenta manutenzione per poter rispondere ottimamente all'evento sismico anche decine di anni dopo l'installazione.

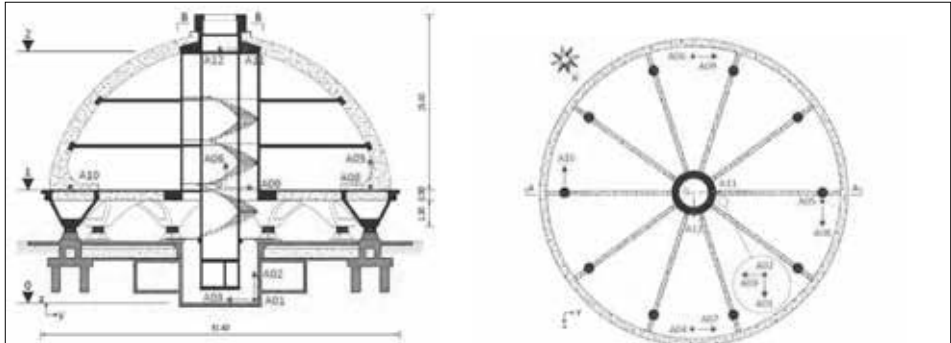
La risposta sismica, con tale tipologia di dispositivi, risulta efficace per un ampio range di frequenze e intensità di eccitazione differentemente rispetto ai sistemi passivi, tuttavia, in caso di malfunzionamento del sistema, la struttura si trova in condizioni non protette dunque, è richiesta un'attentissima manutenzione durante tutta la vita della struttura ed una continua alimentazione energetica.

Obiettivo della ricerca è lo studio del comportamento di sistemi di isolamento non lineari e di sistemi di controllo attivo mediante accordatori di massa soggetti sia a sismi di bassa intensità che a sismi di intensità elevata, al fine di sviluppare tecniche e metodologie di calcolo, sia lineari che non lineari, compatibili con il comportamento reale di dispositivi iperelastici (elastomerici) che di dispositivi a bassa dissipazione con attrito (a scorrimento curvo) e ad alta dissipazione, mediante il confronto relativo all'energia dissipata nello smorzamento viscoso ed il confronto in time history tra i dati sperimentali ed i modelli di calcolo lineari (che in genere evidenziano un sottodimensionamento agli stati limite di esercizio per eventi sismici di bassa intensità) e non lineari, determinando una legge per ciascuna tipologia di isolatori, denominata "legge locale", a comportamento tipicamente non lineare.

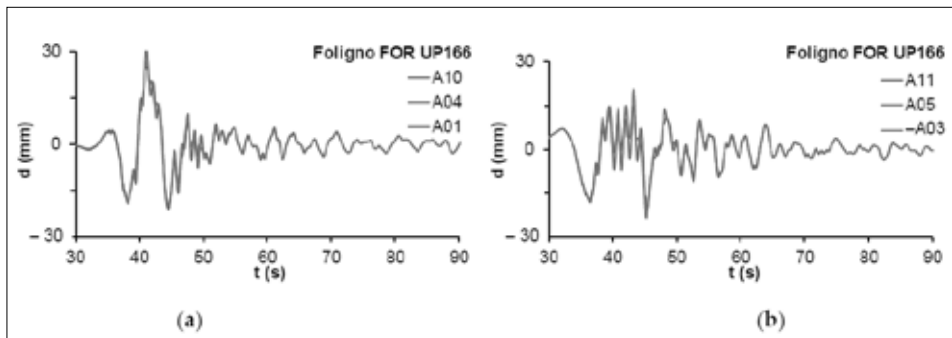
Nel caso del controllo attivo, l'obiettivo risulta quello di sviluppare, ed eventualmente di brevettare, dispositivi attivi (accordatori di massa) a bassa energia e con massa ridotta in grado di bilanciare il moto sismico anche di strutture di grandi dimensioni. Il progetto prevede l'impiego di metodi sperimentali, numerici e analitici messi a sistema per ottenere una formulazione robusta sia per la valutazione dei sistemi di isolamento sismici soggetti ad eventi sismici near fault e far field, sia per la valutazione e sviluppo tecnologico e scientifico di sistemi di controllo attivo. La possibilità di utilizzare i dati sismici reali su differenti tipologie di strutture permetterà l'ottimizzazione dei dispositivi di protezione antisismica, sia passivi (sistemi di isolamento) sia attivi (accordatori di massa). L'applicazione degli algoritmi noti consentirà inoltre, sulla base del meccanismo di feedback basato sull'analisi dei dati sperimentali/reali, l'implementazione di nuovi algoritmi ottimizzati per entrambi i tipi di protezione sismica, attivi e passivi.

Le tematiche indicate sono relative agli aspetti della protezione sismica delle strutture e del loro contenuto, relativamente a tutti gli stati limite (di danno ed ultimi) previsti.

La valutazione in sito è necessaria ai fini dell'identificazione dinamica del comportamento del sistema di isolamento in relazione alla tipologia reale del suolo di fondazione ed alla valutazione dell'interazione dinamica terreno — struttura — sistema di isolamento, ovvero dinamica terreno — struttura — controllo attivo mediante accordatori di massa.



## 1. Network accelerometri edificio Protezione Civile regione Umbria



## 2. Time histories degli spostamenti durante il terremoto di Norcia del 30/10/2016

Appare inoltre di fondamentale importanza la valutazione, sia con analisi lineari che non lineari, del comportamento dei differenti tipi di isolatori, in particolari per le tipologie di recente sviluppo (isolatori a doppio o triplo pendolo con scorrimento su superficie curva), su cui sono in corso studi in collaborazione con ENEA.

Analogamente, lo sviluppo delle tecnologie e delle modellazioni di sistemi di controllo attivo consente l'applicabilità ad un range strutturale riguardante strutture esistenti con un grado di protezione sismica altrimenti non raggiungibile con altre tecnologie.

## >>> Pubblicazioni 2022-2023

### Articoli su rivista

SALVATORI A., BONGIOVANNI G., CLEMENTE P., ORMANDO C., SAIITA F., SCAFATI F., *Observed seismic behavior of a HDRB and SD isolation system under far fault earthquakes*. Infrastructure, Vol 7 N. 2, 13, 2022, DOI: <https://doi.org/10.3390/infrastructures7020013>.

BUFFARINI G., CLEMENTE P., DE FLAVIS A., ORMANDO C., SALVATORI A., *Seismic Retrofit of r.c. Buildings with Base Isolation*, in CIMELLARO G.P. (eds), *Seismic Isolation, Energy Dissipation*

and Active Vibration Control of Structures. WCSI 2022. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 309, pag. 969-977, 2023 Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-21187-4\\_85](https://doi.org/10.1007/978-3-031-21187-4_85), ISBN 978-3-031-21186-7, Online ISBN 978-3-031-21187-4

ERDEN YILDIZDAG M., BEKIR CAGRI SARAR, SALVATORI A., D'OVIDIO G., TURCO E., *Analysis of transmission and reflection characteristics of linear plane waves in pantographic lattices*. Zeitschrift für angewandte Mathematik und Physik, 74 (5), 178, 2023, ISSN 00442275, DOI 10.1007/s00033-023-02074-x, id SCOPUS 2-s2.0-85168417120, WOS: 001052953100004

TRAN C.A., LEÓN TRUJILLO F.J., SALVATORI A., SOLCI M., CAUSIN A., PLACIDI L., AND BARCHIESI E., *A hemivariational damageable elastoplastic vertex-spring model for masonry analysis*. Mathematics and Mechanics of Solids, 2023, submitted, Manuscript id: MMS-23-0148

### **Articoli in atti di convegno / Volumi**

SALVATORI A., *Behaviour Of Seismic Isolated Building During Central Italy 2016-2017 Earthquakes*, in *2<sup>nd</sup> Croatian Conference on Earthquake Engineering. Conference Proceedings*. DOI 10.5592/CO/2CroCEE.2023.129, 2023, pp. 780-791

SALVATORI A., *Effects Of Far Fault Earthquakes In Retrofitted Seismically Isolated Building*. COMPDYN 2023, *9th ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering*, PAPADRAKAKIS M., FRAGIADAKIS M. (eds), Athens, Greece, pp. 4847-4869, Vol. 2, 12-14 June 2023, ISBN (set): 978-618-5827-01-4, ISBN (vol I): 978-618-5827-00-7, ISSN 26233347, id SCOPUS 2-s2.0-85175786118





## II.12 >>>

# Tecnica delle Costruzioni

ICAR-09 Tecnica delle Costruzioni

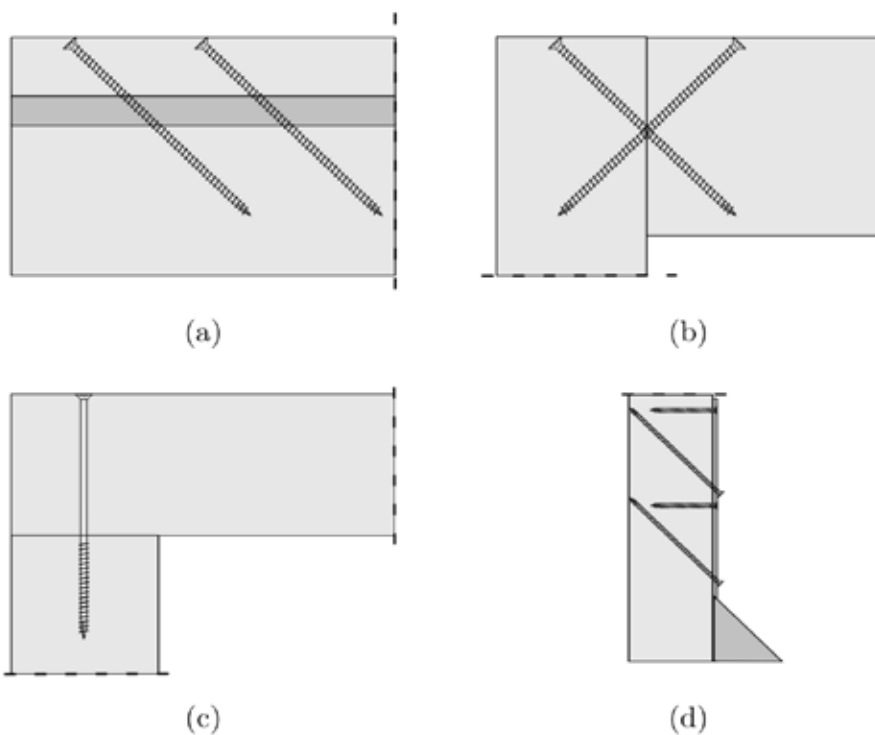
### >>> Introduzione

Il gruppo di ricerca di Tecnica delle Costruzioni si occupa del comportamento meccanico di materiali e sistemi strutturali utilizzati nelle costruzioni, prevalentemente civili. Gli studi sono compiuti attraverso prove sperimentali eseguite presso il Laboratorio Prove Materiali e Strutture, nonché mediante analisi numeriche con programmi di calcolo commerciali o avanzati. In particolare, gli studi si riferiscono sia a materiali di base (tradizionali ed avanzati) sia a strutture con essi realizzate attraverso varie tecniche, includendo le costruzioni in legno, muratura, calcestruzzo armato, acciaio e compositi.

### >>> Modellazione dei sistemi strutturali in legno assemblati con viti

Le viti autofilettanti sono state recentemente riconosciute come un'alternativa più efficiente, versatile ed efficace ai connettori tradizionali, vedi Figura 1.

I principali filoni di studio riguardano la risposta delle viti allorché impiegate (i) per rinforzare la resistenza a compressione del legno ortogonalmente alla fibratura e (ii) come sistema di connessione tra pannelli o membrature in legno. (i) Nel primo caso, il gruppo di ricerca ha portato alla proposta di una nuova formula per la predizione della capacità delle viti inserite nel legno e caricate a compressione parallelamente al proprio asse. Inoltre, sono stati sviluppati i primi modelli probabilistici della resistenza ortogonale alla fibratura di membrature in legno rinforzate con viti. Inoltre, nell'ambito della ricerca sulle viti come elementi di connessione (ii), il medesimo gruppo di ricerca ha portato a numerosi contributi, in particolare a formule di capacità per la predizione dell'effetto dei cosiddetti strati soffici (fonoisolanti o fonoassorbenti) interposti nei collegamenti legno-legno e legno-acciaio. Le attività sono state svolte principalmente in collaborazione con la Norwegian University of Life Sciences (Norvegia), Norwegian Institute of Wood Technology (Norvegia) e Innorenew (Slovenia).



**1.** Esempi di impiego di viti autofilettanti come connettori in: (a) solaio composto, (b) giunto trave-pilastro, (c) giunto parete-parete, (d) ancoraggio alla base di una parete

### **>>> Sviluppo e caratterizzazione meccanica di elementi strutturali in legno di filiera corta e delle relative connessioni metalliche**

Questa ricerca mira a dimostrare l'idoneità del legno di filiera corta, in particolar modo di latifoglia (faggio), per la produzione di elementi strutturali. Dopo aver seguito la realizzazione di travi in legno lamellare e pannelli in legno lamellare in faggio a strati incrociati si è proceduto a caratterizzarli meccanicamente mediante test di flessione, taglio (in accordo alla norma EN 408) e compressione parallela alla fibratura. Ulteriori test sono stati condotti per definire la rigidità e la resistenza dei connettori metallici atti a collegare mutuamente i suddetti elementi. I risultati dei test hanno evidenziato ottime prestazioni sia dei connettori che degli elementi strutturali, i quali hanno manifestato delle rigidità flessionale persino superiori rispetto ai corrispettivi prodotti commerciali in legno di conifera.

### **>>> Caratterizzazione meccanica di adesivi strutturali per prodotti in legno in condizioni di frattura e incendio**

È stato definito il comportamento meccanico degli adesivi impiegati per realizzare elementi strutturali in legno. L'obiettivo è stato valutare due parametri di prestazione delle linee di colla e dei giunti a pettine in condizioni di frattura e d'incendio: l'energia di frattura e il tempo di collasso. È stata poi condotta una estesa campagna sperimentale, analizzando oltre 150 campioni con diverse combinazioni di specie legnosa e tipologia di adesivo, in collaborazione con la Tallinn University of Technology.

### **>>> Processo di revisione della norma EN1998-1-2 per la progettazione sismica di nuove strutture il legno**

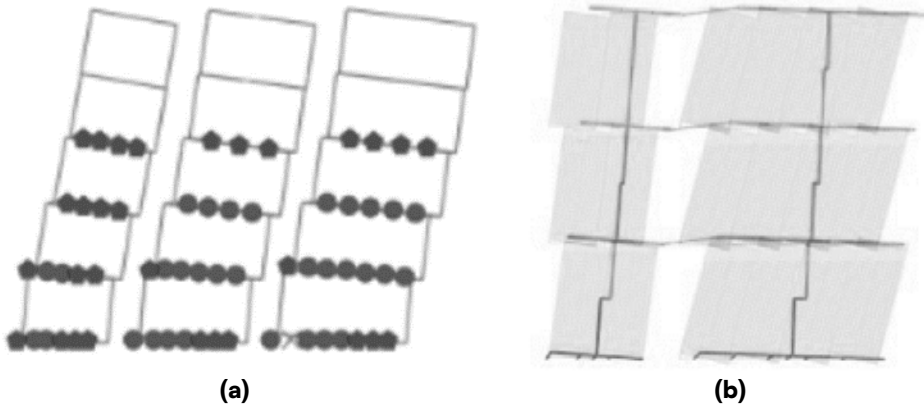
Nell'ambito del processo di aggiornamento degli attuali Eurocodici strutturali, il gruppo di ricerca è coinvolto nella revisione del capitolo relativo alla progettazione sismica di strutture il legno. Nello specifico, le attività coinvolgono la norma EN 1998-1-2 (Eurocodice 8 - EC8) in cui sono specificati i criteri di progettazione sismica di nuove strutture in legno. Negli ultimi anni, sia nel campo della ricerca che in quello delle tecnologie costruttive, l'ingegneria del legno ha avuto una crescita significativa segnando, nella pratica, un passaggio dalla prima generazione alla seconda generazione dell'EC8 da quattro a circa cinquanta pagine fornendo ai progettisti informazioni chiare e complete basate sullo stato dell'arte. Il gruppo di ricerca, si è adoperato sia nel procedere attivamente nel processo di stesura dell'EC8 sia nell'eseguire studi specifici sperimentali e numerici (es. valutazione dei fattori di comportamento per X-Lam e telaio leggero) per colmare gli aspetti di interesse per l'aggiornamento dell'Eurocodice 8.

### **>>> Analisi numeriche e sperimentali per la valutazione del comportamento sismico di strutture a pannelli massicci e a telaio leggero**

Il naturale evolversi del progetto di ricerca "Processo di revisione dell'EN1998-1-2 per la progettazione sismica di nuove strutture il legno" ha permesso di dare il via alla valutazione del comportamento sismico di strutture a pannelli massicci (Cross-Laminated Timber, CLT) e a telaio leggero (Light-Frame Timber, LFT) (Figura 2).

Nello specifico per entrambi i sistemi strutturali, sono state applicate le nuove regole di progettazione sismica sviluppate per l'aggiornamento del capitolo 13 dell'EC8. La ricerca, basata su risultati di test sperimentali su singoli componenti (connessioni





## 2. Analisi numerica di strutture in CLT (a) e LFT (b)

metalliche quali hold-down, angolari, viti e chiodi), ha permesso di valutare il comportamento sismico e i relativi fattori di comportamento mediante analisi numeriche non-lineari sia statiche che dinamiche. I risultati ottenuti si sono rivelati utili per avviare discussioni e valutazioni specifiche per l'aggiornamento dell'EC8.

### »» Modelli predittivi della capacità di connessioni e sistemi costruttivi in legno strutturale

Nella progettazione strutturale risulta necessario predire la capacità di elementi strutturali, connessioni e più in generale di sistemi costruttivi sotto l'azione delle sollecitazioni di progetto. Il gruppo di ricerca ha proposto molteplici formule per la predizione della capacità di (i) pareti in CLT con e senza bucatore sotto azione di forze laterali, (ii) travi in legno lamellare con forature di varia tipologia ed estensione, (iii) rinforzi strutturali con viti per aumentare la capacità perpendicolare alla fibratura, (iv) uso di pannelli in CLT per il miglioramento sismico di strutture a telaio in cemento armato. Inoltre sono stati sviluppati diversi modelli fenomenologici di isteresi per predire la risposta sismica di strutture in legno, in particolare quelle in CLT, con il fine di caratterizzarne le curve di fragilità, fattori di struttura e metodi di miglioramento della risposta sismica con connessioni cosiddette "pinching-free".

### »» Malte fibrose per rinforzi strutturali delle murature

Nel corso degli ultimi anni la ricerca ha affrontato lo studio di malte a base calce idraulica naturale rinforzate con varie tipologie di fibre disperse nell'impasto (vetro, basalto, pva, sisal) da utilizzare come intonaci per il rinforzo di strutture

murarie di pregio storico. Le malte messe a punto in laboratorio sono state successivamente impiegate, a) in prove di caratterizzazione meccanica su prismi sottoposti per lunghi periodi a condizioni climatiche non aggressive e in condizioni di degrado accelerato per immersione in soluzioni acide e basiche, b) nella realizzazione dei letti di malta e di intonaci di macroelementi di muratura caotica e ordinata ad una e due teste, poi sottoposti a prove di compressione diagonale.

### **>>> Tecnologie innovative per il rinforzo di tamponature**

Il gruppo di studio, comprensivo anche del Prof. Giorgio Monti e della Dott.ssa Micaela Mercuri, è uno dei pochi che in Italia abbia sviluppato materiali e sistemi innovativi per la protezione sismica di tamponature nuove ed esistenti, con sviluppi sperimentali ed analitici a partire da tecnologie messe a punto da alcuni componenti fin dal 2013. Sono state studiate inoltre diverse tecnologie di protezione sismica di sistemi strutturali e non strutturali, mettendo a punto procedure numeriche non lineari per la progettazione ottimizzata di controventi dissipativi, nonché analisi termomeccaniche di tipo numerico e sperimentale di sistemi dissipativi realizzati con materiali riciclati per la protezione sismica di tamponature esterne e partizioni interne, con particolare attenzione alla riduzione dell'impatto degli interventi sul patrimonio edilizio esistente.

### **>>> Calcestruzzi speciali ed ecosostenibili**

Nel filone della sostenibilità dei processi, uno specifico sforzo è stato dedicato allo sviluppo di nuovi materiali strutturali riutilizzando sottoprodotti di altre lavorazioni o materiali di scarto. In particolare sono state prodotte diverse miscele di cosiddetto rubbercrete, uno speciale calcestruzzo ottenuto sostituendo parte degli inerti lapidei con particelle di gomma ottenute da pneumatici esausti. Utilizzando tale materiale di adeguata resistenza meccanica sono state sperimentate sezioni composte legno-rubbercrete in combinazione con diversi tipi di connettori a vite, sviluppando poi confronti con calcestruzzi tradizionali.

### **>>> Strutture composte legno-calcestruzzo**

Per l'irrigidimento dei solai in legno nel loro piano, sono state sperimentate sezioni composte legno-calcestruzzo in combinazione con diversi tipi e disposizioni di connettori a vite. Sono stati poi avanzati dei confronti con il caso di solette realizzate con doppio strato di tavole in legno.

## »» Tecniche avanzate e dispositivi wireless per monitoraggio strutturale

Nella prospettiva di favorire l'interdisciplinarietà, ed in collaborazione con studiosi di materie ingegneristiche industriali, in particolare il Prof. Emidio di Giampaolo ed il Dott. Alessandro Di Carlofelice, sono stati sviluppati dispositivi e sistemi di misura basati su tecnologie wireless, poco invasive, energeticamente autonome ed economiche utili al monitoraggio delle strutture civili.

## »» Prestazioni e rafforzamento di nodi trave colonna di costruzioni esistenti in calcestruzzo armato

Con riferimento alle strutture in calcestruzzo armato, sono stati realizzati e sperimentati nodi trave-colonna (di parete e d'angolo) per valutarne le prestazioni meccaniche in condizioni di base e dopo l'applicazione di rinforzi esterni sperimentali in acciaio, ai fini della riduzione dell'invasività degli interventi nelle costruzioni esistenti.

## »» Pubblicazioni 2022-2023

### Articoli su rivista internazionale più rappresentativi del gruppo di ricerca

ALOISIO A., ROSSO M.M., IQBAL A., FRAGIACOMO M., *Hysteresis modeling of timber-based structural systems using a combined data and model-driven approach*, Computers & Structures, Vol. 269, 2023, p. 106830

ALOISIO A., CONTENTO A., ALAGGIO R., BRISEGHELLA B., FRAGIACOMO M., *Probabilistic assessment of a light-timber frame shear wall with variable pinching under repeated earthquakes*, Journal of Structural Engineering, Vol. 148 (11), 2023, 04022178

ALOISIO A., DE SANTIS Y., PELLICIARI M., ROSSO M.M., FRAGIACOMO M., TOMASI R., *Buckling capacity model for timber screws loaded in compression: Experimental, analytical and FE investigations*, Construction and Building Materials, Vol. 379, 2023, p. 131225

ALOISIO A., USSHER E., FRAGIACOMO M., TOMASI R., *Capacity models for timber under compression perpendicular to grain with screw reinforcement*, European Journal of Wood and Wood Products, Vol. 81 (3), 2023, pp. 633-654

DE SANTIS Y., ALOISIO A., GAVRIĆ I., ŠUŠTERŠIĆ I., FRAGIACOMO M., *Timber-to-steel inclined screws connections with interlayers: Experimental investigation, analytical and finite element modelling*, Engineering Structures, Vol. 292, 2023, p. 116504

DE SANTIS Y., SCIOMENTA M., SPERA L., RINALDI V., FRAGIACOMO M., BEDON C., *Effect of interlayer and inclined screw arrangements on the load-bearing capacity of timber-concrete composite connections*, Buildings, Special Issue "Innovation in Structural Analysis and Dynamics for Constructions", Vol. 12 No. 12, 2022, 19 pp

DE SANTIS Y., ALOISIO A., PASCA D. P., FRAGIACOMO M., DOMBROWSKI F., *Evaluation of the shear size effect in glued lami-nated timber using a stochastic FE model calibrated on 17000 glue-line tests*, Construction and Building Materials, Vol. 399, 2023, p. 132488

- FABRIZIO C., SCIOMENTA M., SPERA L., DE SANTIS Y., PAGLIARO S., DI EGIDIO A., FRAGIACOMO M., *Experimental investigation and beam-theory-based analytical model of cross-laminated timber panels buckling behavior*, Archives of Civil and Mechanical Engineering, Vol. 23, 2023
- GREGORI A., MERCURI M., ANGIOLILLI M., PATHIRAGE M., *Simulating defects in brick masonry panels subjected to compressive loads*, Engineering Structures, Vol. 263, 2022, p. 114333
- MERCURI M., PATHIRAGE M., GREGORI A., CUSATIS G., *Masonry vaulted structures under spreading supports: analyses of fracturing behavior and size effect*, Journal of Building Engineering Vol. 45, 2022, p. 103396
- MERCURI M., VAILATI M., GREGORI A., *Lime-based mortar reinforced with randomly oriented polyvinyl-alcohol (PVA) fibers for strengthening historical masonry structures*, Developments in the Built Environment, Vol. 14, 2023, p. 100152
- MONTI G., RAHMAT RABI R., VAILATI M., *Direct displacement-based design of dissipative bracings for seismic retrofit of reinforced concrete buildings*, Journal of Building Engineering, 2023
- RINALDI V., CASAGRANDE D., FRAGIACOMO M., *Verification of the behavior factors proposed in the second generation of Eurocode 8 for cross-laminated timber buildings*, Earthquake Engineering & Structural Dynamics, Vol. 52 No. 4, 2023, pp. 910-931
- SCIOMENTA M., SPERA L., PEDITTO A., CIUFFETELLI E., SAVINI F., BEDON C., ROMAGNOLI M., NOCETTI M., BRUNETTI M., FRAGIACOMO M., *Mechanical characterization of homogeneous and hybrid beech-Corsican pine glue-laminated timber beams*, Engineering Structures, Vol. 264, 2022, p. 114450
- SCIOMENTA M., BEDON C., FRAGIACOMO M., *Experimental and numerical column buckling analysis of hardwood Cross Laminated Timber (CLT) panels*, Journal of Structural Engineering, 2023, in press
- VAILATI M., DI GANGI G., QUARANTA G., *Thermo-mechanical characterization and hysteretic behavior identification of innovative plastic joint for masonry infills in reinforced concrete buildings*, Journal of Building Engineering, 2023
- VAILATI M., MONTI G., *Low-LOD fragility curves of structural units in masonry building clusters for territorial risk analysis*, Engineering Structures, 2023
- VAILATI M., GREGORI A., MERCURI M., MONTI G., *A non-intrusive seismic retrofitting technique for masonry infills based on bed-joint sliding*, Journal of Building Engineering, 2023





## 11.13 >>>

### Architettura Tecnica

ICAR-10 Architettura Tecnica

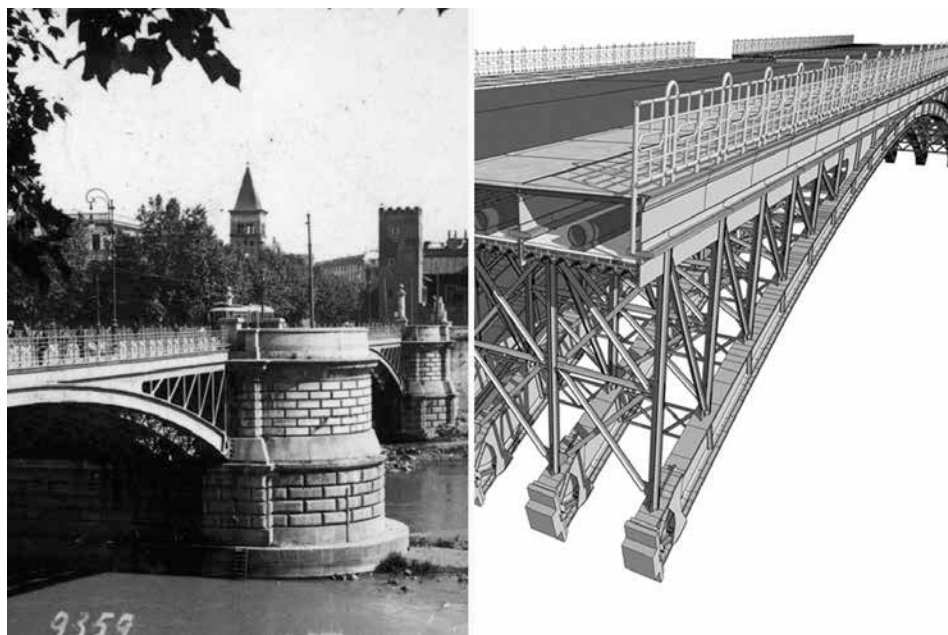
#### >>> Introduzione

Il gruppo di ricerca opera svolgendo ricerche finanziate dall'Ateneo (RIA), dal Ministero (PRIN) e dall'Unione Europea (HEU), orientando la sua attività su tre principali ambiti di interesse: cultura della costruzione metallica e impiego di strumenti digitali per la valorizzazione del patrimonio architettonico; edilizia ed economia circolare, con particolare riguardo al riuso di componenti costruttivi in acciaio; recupero del patrimonio costruito mediante strategie di riuso adattivo e di rigenerazione sostenibile.

#### >>> Cultura della costruzione metallica. Strumenti digitali e valorizzazione del patrimonio architettonico

L'uso delle tecnologie metalliche ha rappresentato in Italia un campo di ricerca e di sperimentazione progettuale che, seppur caratterizzato da episodi circoscritti e discontinui a causa dei problemi di carattere produttivo e del background culturale, ha contribuito alla definizione di un patrimonio architettonico di rilevante interesse scientifico, indagato marginalmente rispetto all'impiego di tecnologie maggiormente diffuse nel panorama nazionale e meritevole oggi di interventi di riqualificazione.

La ricerca ha come obiettivo la ricomposizione delle complesse vicende relative al progetto e alla costruzione delle architetture con struttura in ghisa, ferro e acciaio realizzate in Italia e la definizione di strumenti operativi anche attraverso il ricorso a tecnologie digitali funzionali al governo di processi di riuso, valorizzazione e conservazione attiva. Tali architetture sono modellate con l'impiego di metodologie BIM-HBIM-VPL consolidate o sono definiti nuovi approcci operativi in grado di riportare i caratteri e le peculiarità delle opere, talvolta espressione degli iniziali processi di innovazione del settore edilizio nazionale, sia in termini di processo che di prodotto.

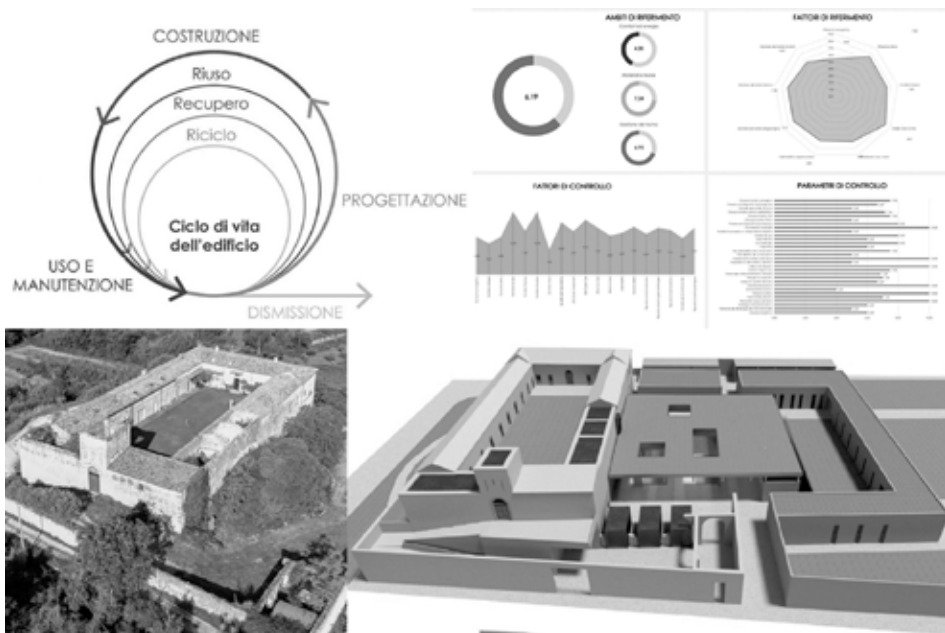


1. Ponte Garibaldi a Roma e restituzione digitale di una delle arcate. FONTE: Fondo Morpurgo, Ministero della Cultura; disegno del gruppo di ricerca

### »» Edilizia ed economia circolare. Riuso di componenti costruttive in acciaio

Nell'ottica della sostenibilità ambientale, la circolarità si sta affermando quale modello economico alternativo basato sul riciclo dei materiali e riuso dei beni. Nel settore edilizio l'avvio delle strategie circolari ha riguardato il riciclo dei materiali, nella fase di dismissione degli edifici, attraverso demolizioni controllate e reimpiego nei cicli produttivi. In tale contesto, l'acciaio ha mostrato un alto potenziale di circolarità quanto a durabilità, facilità nella fase di smontaggio e riciclabilità. A fronte dei processi già avviati, la sfida aperta è la definizione di processi di post-produzione volti al riuso dei componenti metallici in grado di assicurare riduzione delle emissioni di carbonio e nuovi scenari produttivi ed economici.

La ricerca propone la definizione di metodi e strumenti (procedure di etichettatura e ricertificazione dei componenti metallici) finalizzati alla strutturazione di protocolli operativi funzionali sia al riuso degli elementi costruttivi provenienti da processi di dismissione degli edifici, sia a un design efficiente che, nel caso della progettazione del nuovo, integri le fasi di disassembling e di re-assembling dei componenti in acciaio.



**2.** Analisi speditive e quadri informativo-decisionali per la definizione di scenari operativi funzionali al riuso adattivo del patrimonio costruito. Il recupero rigenerativo dell'ex Casale santo Janni, Pacentro, L'Aquila. FONTE: Elaborazioni del gruppo di ricerca

### »»» **Recupero del patrimonio costruito. Riuso adattivo e rigenerazione sostenibile**

La cultura del progetto si è sempre misurata con il patrimonio costruito e il tema del recupero riveste oggi ancor più importanza nell'ottica della rigenerazione sostenibile dell'ambiente costruito in grado di rimuovere le criticità connesse al mutamento dei modelli economici di riferimento, allo spopolamento, alla dismissione e all'abbandono. In quest'ottica la resilienza è assunta come strategia elettiva in grado di avviare processi che integrino la trans-formazione dei supporti materiali e costruttivi con la trans-mutazione delle logiche di funzionamento attraverso soluzioni adattive di tipo pro-attivo al fine integrare rigenerazione sostenibile e conservazione attiva.

La ricerca ha come obiettivo la definizione di strumenti metodologici e operativi in grado di delineare quadri informativo-decisionali, che anche sulla base di tecnologie digitali, siano in grado di restituire scenari operativi, anche a supporto degli operatori coinvolti, per processi rigenerativi controllati e delineare strategie di recupero adattivo attraverso l'adozione di modelli d'uso coerenti e compatibili e la definizione di un progetto tecnologico basato sui criteri di ottimalità delle prestazioni e reversibilità degli interventi.



## »»» Pubblicazioni 2022-2023

### Articoli su rivista

- TOSONE A., ABITA M., DI DONATO D., MORGANTI R., *La "Serenissima" a Milano. Fatti e antefatti di un edificio in acciaio*, Costruzioni Metalliche, gennaio-febbraio 2022, pp. 94-110
- DI DONATO D., MORGANTI R., TOSONE A., ABITA M., *Procedural modelling for HBIM of Italian railways iron bridges*, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, marzo 2022, pp. 207-214
- DI DONATO D., ABITA M., BELLICOSO A., *Fabbriche di mattoni - fabbriche di cultura. La riconversione di forni Hoffmann sul litorale abruzzese e laziale*, Restauro Archeologico, settembre 2022, Vol. 1, pp. 262-267
- TOSONE A., LUSI V., MORGANTI R., *Rigenerare e valorizzare i centri minori: strategie adattive per il borgo di Tocco da Casauria*, Restauro Archeologico, settembre 2022, Vol. 2, pp. 474-479
- MORGANTI R., TOSONE A., ABITA M., DI DONATO D., *Ponti pensili della prima metà dell'Ottocento nel Regno di Sardegna*, in "Costruzioni Metalliche", marzo-aprile 2023, pp. 114-128

### Articoli in atti di convegno

- ABITA M., TOSONE A., DI DONATO D., MORGANTI R., *Steel "pyramids". Lafuente's architectural experimentations in the 1970s*, in CRUZ P.J.S., HVEJSEL M.F. (a cura di), *Structures and Architecture. A viable urban perspective?. Proceedings of the Fifth international conference on Structures and Architecture (ICSA 2022)*, Aalborg, Denmark, 6-8 July 2022, CRC/Balkema, Leiden 2022, pp. 839-846
- DI DONATO D., LUSI V., ABITA M., *Approcci adattivi e strategie operative per palinsesti resilienti. Ricostruzione versus Rigenerazione*, in CERNARO A., FIANDACA O., LIONE R., MINUTOLI F. (a cura di), *2030 d.C. Proiezioni future per una progettazione sostenibile, 17-19 novembre 2022*, Messina, Gangemi Editore, Roma 2022, pp. 841-848
- DI DONATO D., ABITA M., TOSONE A., MORGANTI R., *Le fabbriche a struttura d'acciaio nel Mezzogiorno d'Italia: il centro logistico Sivam a Gioia del Colle*, in FATIGUSO F., FIORITO F., DE FINO M., CANTATORE E. (a cura di), *In Transizione: sfide e opportunità per l'ambiente costruito - In Transition: challenges and opportunities for the build heritage*, Colloqui.AT.e 2023, Bari 14-17 giugno 2023, EdicomEdizioni, Monfalcone (GO) 2023, pp. 299-314
- BELLICOSO A., MANNA S., DI GIOVANNI G., ANGELUCCI C., *Urban mining e rigenerazione: upcycling per la Casa della Cultura a Rieti*, in FATIGUSO F., FIORITO F., DE FINO M., CANTATORE E. (a cura di), *In Transizione: sfide e opportunità per l'ambiente costruito - In Transition: challenges and opportunities for the build heritage*, Colloqui.AT.e 2023, Bari 14-17 giugno 2023, EdicomEdizioni, Monfalcone (GO) 2023, pp. 1315-1331
- ABITA M., TOSONE A., BELLICOSO A., MORGANTI R., LUSI V., DI DONATO D., *From industrial heritage to cultural hubs. Building recovery of brick factories in Abruzzo and Lazio regions*, in RUEDA MÁRQUEZ DE LA PLATA A., CRUZ FRANCO P. A. (a cura di), *Los cuadernos del ReUSO. El conocimiento del patrimonio como premisa indispensable para su correcta conservación*, RE.Uso, Cáceres 18 - 21 october 2023, Dykinson S.L., Madrid 2023, pp. 66-75

### Monografie e capitoli di libri

- TOSONE A., MORGANTI R., DI DONATO D., ABITA M., *Ponti e Rivoluzione delle leghe ferrose. Sperimentazioni nell'Italia pre e postunitaria*, EdicomEdizioni, Monfalcone (GO) 2022



## 11.14 >>>

# La produzione edilizia tra innovazione digitale e transizione green

ICAR-11 Produzione edilizia

### >>> Introduzione

Le attività del gruppo di ricerca di Produzione Edilizia riguardano principalmente l'ambiente costruito e mirano alla definizione di metodi e strategie che contribuiscano alla transizione digitale e green, due obiettivi importanti fortemente interconnessi che la Comunità Europea dovrà affrontare per conseguire la neutralità climatica e la sostenibilità. Nello specifico, i principali temi di ricerca trattati dal gruppo vengono di seguito elencati e brevemente descritti.

### >>> Nuovi prodotti multifunzionali per la sicurezza dei lavoratori nell'ambito dell'economia circolare e dell'Industria 4.0

Il mondo delle costruzioni sta assistendo da anni ad un crescente orientamento verso processi più sostenibili. Un'attenzione particolare è posta nei confronti dei materiali con impatti ambientali inferiori sull'intero ciclo di vita e sull'impiego dei secondary raw materials. Contemporaneamente in edilizia è in atto una imponente penetrazione delle innovazioni dell'Industria 4.0 dove i principali campi di utilizzo sono quelli della manutenzione predittiva, verifiche prestazionali, monitoraggio dei materiali da costruzione, soluzioni per l'efficienza energetica, ottimizzazione della sicurezza sul lavoro, nonché stampa additiva. Premesso quanto sopra, è stata sviluppata una ricerca volta a realizzare pannelli isolanti intelligenti realizzati con tecnologia additiva, impiegando filamenti derivanti dal riciclo degli scarti della lavorazione industriale di carta, cartone e canapa. Tali pannelli possono essere impiegati principalmente nel settore edile, anche se non sono esclusi altri ambiti. Il raggiungimento del risultato finale ha richiesto l'elaborazione di prototipi, differenziati tra loro in base alla geometria della sezione, al riempimento, alla velocità di produzione e alla quantità di materiale. Lo sviluppo di diversi scenari ha permesso di scartare le soluzioni più impattanti ed energivore, sia in termini di quantità di materiale da utilizzare, per ridurre gli scarti, sia per

ridurre i consumi di produzione. I risultati hanno dimostrato che è stato possibile ottenere un processo efficiente e rapidamente industrializzabile che ha portato alla creazione di un pannello su scala commerciale. I suoi valori di prestazione energetica sono paragonabili a quelli dei pannelli già presenti sul mercato realizzati con materiali tradizionali. Inoltre nel pannello sono stati integrati un sistema di comunicazione passivo che impiega tecnologia Rfid per la misura dell'umidità presente nel pannello, oltreché sensori in grado di monitorare la posizione di uomini e mezzi in contesti lavorativi di rischio. Tale studio è parte della ricerca MULTIFId “Pannelli multifunzionali per le nuove fabbriche intelligenti” (Patent 102022000001076, 31-01-2022), finanziata dal Fondo per la Crescita Sostenibile, Sportello Fabbrica Intelligente, D.M. 05.03.2018 Capo III. Essa ha posto le basi per lo sviluppo del progetto MASSIV, Fondo per la Crescita Sostenibile, Accordi per l'innovazione, di cui al D.M. 31 Dicembre 2021 e D.D. 18 Marzo 2022, che ha come obiettivo la produzione di elementi innovativi e sostenibili per il cantiere mediante tecnologia additiva.

### **>>> Infrastrutture urbane intelligenti e sostenibili nei centri storici: basso impatto ambientale ed innovazione tecnologica**

La ricerca si focalizza sul tema legato alla riqualificazione e all'integrazione delle reti energetiche e di servizio in contesti particolari, come quelli dei piccoli paesi colpiti dal sisma del 2009. Questo studio propone una metodologia che, attraverso una prima fase conoscitiva delle caratteristiche conformative e di impianto dei borghi antichi, fornisce metodiche compatibili di intervento, per mezzo di una pianificazione globale. L'obiettivo è quello di riqualificare e/o sostituire le reti esistenti con infrastrutture innovative e sostenibili che permettano la gestione smart dei sottoservizi, al fine di un facile monitoraggio, rapida manutenzione, garantendo la sicurezza degli operatori ed utenti oltreché la conservazione dei contesti di valore. Lo scopo della ricerca, sviluppata in convenzione con l'Ufficio Speciale dei Comuni del Cratere, è quello di contribuire al completamento del processo di ricostruzione post-sismica che vuole migliorare la vivibilità dei centri storici attraverso la rigenerazione delle reti e delle infrastrutture di servizio con soluzioni tecnologiche sostenibili e innovative.

### **>>> Tecnologie abilitanti per la gestione ottimizzata della salute e della sicurezza nel processo edilizio**

Il Risk Assessment e la gestione ottimizzata dei pericoli per la tutela della sicurezza e della salute sul posto di lavoro e negli ambienti di vita sono elementi riscontrabili in diversi obiettivi dell'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile. Negli

ultimi anni i modelli tradizionali di valutazione del rischio sono stati implementati con elementi dinamici: il passaggio verso i Dynamic Risk Assessment deriva dalla necessità di ricomprendere nelle analisi anche i fattori di flessibilità e variabilità delle condizioni al contorno degli ambienti; inoltre, una valutazione dinamica consente di identificare rapidamente nuovi rischi e di rimuoverli tempestivamente proponendo output in continua evoluzione: i dati acquisiti necessitano pertanto di un continuo e costante monitoraggio. Obiettivo della ricerca è la definizione di best-practice per la diagnosi e il monitoraggio della qualità ambientale interna finalizzate a garantire la sicurezza, la salute e il benessere dei lavoratori e degli occupanti; l'attività ha consentito di individuare nuovi modelli di DRA supportati dalle tecnologie emergenti e basati su 7 indicatori tematici e su un indice sintetico di benessere ambientale.

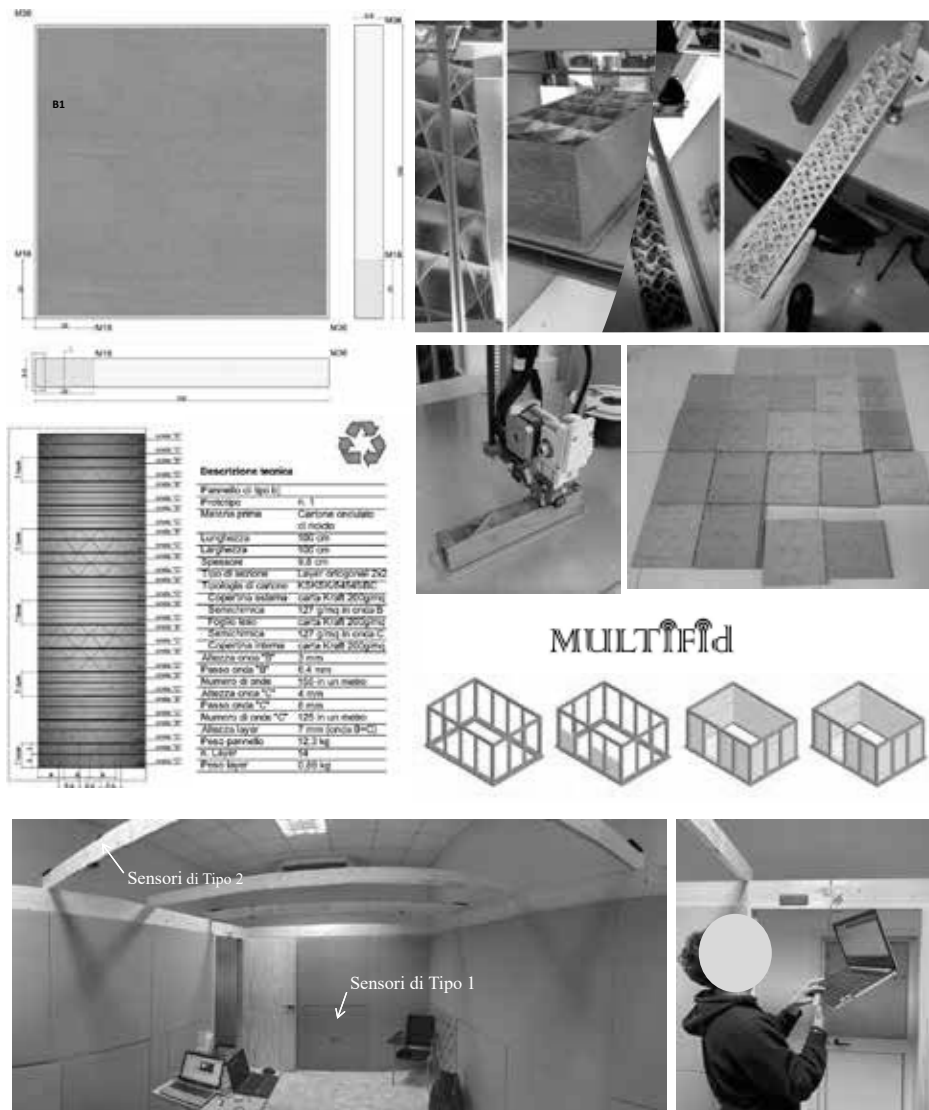
### **>>> La digitalizzazione del processo costruttivo: il cantiere intelligente**

Il tradizionale processo costruttivo, atto a dare forma ad un progetto, risulta oggi un contenitore di processi complessi che riguardano non solo la parte prettamente esecutiva, ma anche la fase di gestione che risulta altrettanto impattante nella filiera di produzione. E' in questo contesto che si inseriscono temi relativi all'efficienza della realizzazione, attraverso una concezione di cantiere innovativo grazie all'impiego di digitalizzazione, robotizzazione, sincronizzazione e scambio di informazione tra tutti gli operatori della catena produttiva.

La ricerca sul cantiere intelligente intende configurare tutti quei sistemi di controllo in base a specifiche esigenze di rilevamento, sicurezza e produttività della fase progettuale, esecutiva e manutentiva dei manufatti. Grazie alla definizione di architetture di dispositivi intelligenti in grado di sfruttare differenti tecnologie emergenti e mediante la loro integrazione nel *Building Information Modeling* (BIM) come supporto a tutte le singole fasi, grazie alla possibilità di sfruttare le cosiddette Bim dimension, lo studio ha posto le basi per future ricerche in termini di gestione della sicurezza in cantiere. Inoltre, parte dei dati rilevati durante la fase esecutiva, è risultata particolarmente utile al fine di elaborare il fascicolo virtuale del fabbricato in un'ottica di Facility management.

### **>>> La logistica intelligente secondo la S.N.S.I.**

La ricerca mira a definire una metodologia di generale applicabilità per la progettazione di stabilimenti industriali destinati ai processi di logistica di magazzino, che integri le necessità spaziali legate alla pratica aziendale con le nuove direzioni di ricerca che guardano all'innovazione digitale delle imprese e all'efficienza



**1.** In alto. A sinistra: progetto esecutivo pannello B1 realizzato con layer di cartone ondulato da riciclo; a destra: realizzazione mediante stampe 3D di prototipi di pannelli isolanti e montaggio pannello commerciale. In basso: sensorizzazione e test del prototipo di Sistema di pannelli (ambiente di lavoro)

energetica. La fase di inquadramento del tema, coerentemente con gli obiettivi aziendali, ha permesso di individuare gli aspetti di natura spaziale e costruttiva che definiscono un magazzino efficiente ed energeticamente sostenibile. Grazie ad una prima attività di affiancamento presso l'azienda Solis GreenLog s.r.l., è stato

inoltre possibile mappare i flussi, comprendere le attività che vengono svolte e le necessità aziendali rispetto agli obiettivi di ottimizzazione del processo logistico ed efficientamento energetico delle strutture. Per consentire un'adeguata scomposizione della complessa realtà logistica con cui ci si confronta, sono state individuate tre "dimensioni" (logistico-operativa, energetica, normativa). Per ognuna di esse si stanno costruendo delle matrici che permetteranno di guidare la progettazione di magazzini innovativi, efficienti, sostenibili.

### **>>> Il solare fotovoltaico. Analisi tecniche, economiche ed ambientali nell'ottica dei Sustainable Development Goals 2030**

L'elevato consumo energetico del settore delle costruzioni, le conseguenti preoccupazioni per il cambiamento climatico e la continua riduzione delle risorse non rinnovabili hanno imposto la rapida adozione di nuovi modelli energetici che richiedono una trasformazione dell'attuale sistema energetico urbano. Usare in modo sostenibile e razionale l'energia è la sfida prioritaria che le città devono affrontare. In tale contesto, la presente linea di ricerca approfondisce i temi dell'efficienza energetica del patrimonio immobiliare pubblico, della diffusione delle rinnovabili e della verifica della validità degli incentivi fiscali. Nel dettaglio, lo studio propone una metodologia multicriteriale e multidisciplinare per analizzare diversi scenari di incentivazione in Italia in base alle diverse condizioni di installazione degli impianti e alla tecnologia fotovoltaica scelta. Il metodo si basa su tre fattori chiave: la valutazione energetica, economica e del ciclo di vita dell'impianto fotovoltaico, per ottenere il miglioramento delle prestazioni energetiche attraverso soluzioni tecniche e finanziarie adatte agli edifici esistenti e strategie per limitare l'impatto ambientale in termini di realizzazione e smaltimento. Per la validazione della metodologia sono stati scelti alcuni edifici pubblici, tra cui il campus di ingegneria dell'Università dell'Aquila.

### **>>> La reversibilità nelle costruzioni: differenti scenari di fine vita**

Il campo delle costruzioni edili secondo il rapporto di settore delle Nazioni Unite del 2022 ha raggiunto un picco di 10 GtCO<sub>2</sub>. Tale valore rappresenta approssimativamente il 37% delle emissioni globali relative all'anno 2021. La reversibilità dei sistemi è ritenuta fondamentale nel contrasto a tale fenomeno tanto da essere considerata indicatore di sostenibilità. Per questo motivo la ricerca condotta nel campo delle costruzioni reversibili a differente destinazione d'uso è stata mirata a definire strategie e prassi in grado di informare il design tecnologico enfatizzando la reversibilità in un'ottica di riuso e di diminuzione dell'impatto ambientale. Sulla

base dei risultati ottenuti si è quindi proceduto nella definizione di casi studio valutando i vantaggi derivanti dall'introduzione ex-ante della reversibilità in sistemi costruttivi, in particolare in relazione ai loro possibili scenari di fine vita.

### **>>> La rigenerazione del patrimonio costruito tra processo diagnostico e analisi del ciclo di vita**

Lo studio è incentrato sul tema della rigenerazione del patrimonio costruito. Si basa sulla conoscenza dello stato di fatto e sull'individuazione delle carenze prestazionali dell'esistente mediante una approfondita fase diagnostica. Tale fase si esplica con protocolli che impiegano indagini di tipo non distruttivo, ritenute particolarmente idonee nei contesti di valore. Individuate le criticità, l'efficientamento dell'involucro edilizio si concretizza attraverso la valutazione delle strategie compatibili e dei materiali da utilizzare. Tale ricerca, inizialmente applicata a singoli manufatti edilizi, è attualmente in fase di sperimentazione su brani di tessuto urbano mediante la realizzazione di rilievi attraverso remote sensing da drone. Inoltre, è in fase di ulteriore ampliamento mediante valutazioni multilayer e approccio LCA come strumento di supporto per i decisori per conseguire il miglioramento energetico del patrimonio edilizio esistente, per l'individuazione di strategie sostenibili per la produzione edilizia, per la valutazione e certificazione ambientale di prodotto, per la definizione di indicatori ambientali.

### **>>> Le buone pratiche per la rimozione in sicurezza delle opere provvisorie post-sisma**

I recenti eventi sismici hanno avuto un impatto significativo sui centri storici di città di piccole e medie dimensioni. Al fine di ridurre al minimo il rischio di crolli e prevenire ulteriori danni a persone e strutture in attesa di interventi di ripristino, sono state ampiamente utilizzate le opere provvisorie. Pur esistendo una copiosa letteratura scientifica inerente tale tema, le considerazioni critiche relative allo smontaggio dei sistemi di puntellamento sono state trascurate da parte della comunità scientifica, nonostante il fatto che esse siano in grado di condizionare fortemente il processo di riparazione/consolidamento dei manufatti nei quali sono stati montati. Pertanto è stato sviluppato un protocollo multidisciplinare per lo smontaggio in sicurezza dei puntellamenti. Esso consta di uno strumento preliminare di valutazione, che fornisce un indice di sicurezza correlato al livello di rischio associato alla rimozione dei puntellamenti. Lo studio definisce poi interventi preliminari, classificati come obbligatori, e facoltativi, per mitigare il rischio, insieme a specifiche procedure per garantire la sicurezza degli addetti ai lavori. La ricerca, elaborata in

collaborazione con ESE-CPT L'Aquila e con il supporto del Formedil S.p.a., è stata validata su Palazzo Carli in L'Aquila ed è attualmente in fase di attuazione su altri tre aggregati storici, tra cui il complesso di proprietà del Convitto Nazionale.

### **>>> Il cantiere sostenibile: prospettivi e sfide**

La ricerca affronta il tema della sostenibilità in cantiere con l'obiettivo di sviluppare un innovativo protocollo che metta in relazione l'applicazione di pratiche sostenibili con i sistemi e i procedimenti a supporto dell'Industria 5.0, per ottimizzare il processo costruttivo e attenuare gli impatti ambientali. Attraverso l'analisi dei protocolli di certificazione sostenibile e dei Criteri Ambientali Minimi, sono state individuate circa 150 pratiche, suddivise in 9 categorie che spaziano dalla gestione dei materiali alla gestione dei rifiuti. Attualmente, sono state elaborate delle tabelle comparative che mettono a confronto i vari protocolli analizzati e i CAM, evidenziando la focalizzazione sulla fase di cantiere e le pratiche sostenibili proposte. La ricerca si estende all'analisi delle piattaforme di gestione del cantiere e delle tecnologie di cui all'Industria 5.0, per comprendere il loro impatto nell'applicazione delle pratiche, al fine di massimizzare la sostenibilità ambientale, sociale ed economica. L'obiettivo finale consiste nel definire un protocollo sostenibile e tecnologicamente avanzato per il processo costruttivo.

### **>>> Sostenibilità ed economia circolare**

La ricerca è stata volta all'individuazione di metodi, tecniche e tecnologie per la gestione di progetti e processi costruttivi capaci di innescare economie circolari coinvolgendo le tre dimensioni dello sviluppo sostenibile. Infatti, la valorizzazione del territorio e delle sue risorse, siano esse materiali o immateriali, così come l'innovazione del know-how già radicato nella cultura locale, generano cicli virtuosi. La ricerca si è focalizzata sia sulle filiere del territorio di L'Aquila sia in contesti in via di sviluppo (in particolare Zambia e Kenya). Nel territorio di L'Aquila sono stati approfonditi processi per il cantiere sostenibile, funzionali al tracciamento digitale dei cicli di vita dei materiali di valore e di scarto, derivanti dalle demolizioni selettive della ricostruzione post-sismica. Nei contesti in via di sviluppo è stata affrontata la progettazione di sistemi costruttivi low tech, autocostruibili e basati su un'attenta mappatura del territorio, che consentono la realizzazione di strutture in autonomia e a basso costo, potenziando e promuovendo il sapere costruttivo locale e la formazione di maestranze specializzate in grado di favorire economie che privilegiano il locale al globale, limitando l'importazione, materiale e intellettuale, solo a quanto necessario.



## »»» Pubblicazioni 2022-2023

### Articoli su rivista

- ROTILO M., DI GIOVANNI G., CUCCHIELLA F., DE BERARDINIS P., AMICI C., *Temporary building construction to make cities more sustainable: An innovative "Square Box" proposal*, Journal of Cleaner Production, 372, 133657, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133657>
- COLAJANNI S., ROTILIO M., DI SANTO N., MARRONE G., *Active House protocol application in Mediterranean climate. An energy-efficient kindergarten in Coppito*, Sustainable Mediterranean Construction. Land culture, research and technology, 15, 2022, 75-80
- ROTILO M., SIMEONE D., *Digital Twinning processes for the built heritage construction site: opportunities and implementation scenarios*, Tema, 8 (1), 2022, <https://doi.org/10.30682/tema080li>
- AMICI C., ROTILIO M., DE BERARDINIS P., CUCCHIELLA F., *Framework for Computerizing the Processes of a Job and Automating the Operational Management on Site. A Case Study of Demolition and Reconstruction Construction Site*, Buildings, 12 (6): 800, 2022, <https://doi.org/10.3390/buildings12060800>
- RAGNOLI M., COLAUDA D., LEONI A., FERRI G., BARILE G., ROTILIO M., LAURINI E., DE BERARDINIS P., STORNELLI V., *A LoRaWAN Multi-Technological Architecture for Construction Site Monitoring*, Sensors 22, 8685, 2022, <https://doi.org/10.3390/s22228685>
- LEMME A., CIFANI G., CICOLANI C., ROTILIO M., *Restauro e miglioramento sismico\_5, Strategie di intervento tradizionali e moderne. Applicazioni a due casi di studio a L'Aquila*, Recupero e conservazione 172, 78-85, 2022
- LEMME A., ROTILIO M., *Restauro e miglioramento sismico\_4, Strategie di intervento moderne di seconda generazione, Edifici in muratura nei territori colpiti dal sisma*, Recupero e conservazione 169, 68-76, 2022
- DE VITA M., ROTILIO M., MARCHIONNI C., DE BERARDINIS P., *Architectural Heritage Indoor Comfort after Retrofit Works: The Case Study of S. Vito Church in L'Aquila, Italy*, Sustainability, Vol. 15, 2023, <https://doi.org/10.3390/su15108239>
- BELGRANO A., CUCCHIELLA F., JIANG D., ROTILIO M., *Anthropogenic modifications: impacts and conservation strategies*, Scientific Reports 13, 12009, 2023. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38940-x>
- ROTILO M., D'ALBERTO G., DI EGIDIO A., CONTENTO A., DE BERARDINIS P., *Proposal of a Protocol for the Safe Removal of Post-Earthquake Provisional Shorings*, Buildings, 13 (9): 2363, 2023, <https://doi.org/10.3390/buildings13092363>
- SIMEONE D., ROTILIO M., CUCCHIELLA F., *Construction Work and Utilities in Historic Centers: Strategies for a Transition towards Fuel-Free Construction Sites*, Energies, 16, 700, 2023, <https://doi.org/10.3390/en16020700>
- LAURINI E., ROTILIO M., *Impianti, consolidamento e pavimentazioni storiche. Il caso dei solai di Palazzo Visconti a L'Aquila*, Recupero e conservazione, Vol. 174, 64-73, 2023
- CAVALIERI F., ROTILIO M., DE BERARDINIS P., *Verso una fruizione inclusive ed indipendente dell'architettura: l'uso di modelli in scala e della realtà aumentata*, Urbanistica Informazioni, 309 s.i., 37-38, 2023
- ROTILO M., CUCCHIELLA F., *Technical and economic approach to aim the feasibility of renewables in the Italian context*, Clean Technologies and Environmental Policy, 2023, <https://doi.org/10.1007/s10098-023-02497-0>

- PAOLUCCI R., ROTILIO M., RICCI S., PELLICCIONE A., FERRI G., *A Sensor-Based System for Dust Containment in the Construction Site*, *Energies*, 15, 7272, 2023, <https://doi.org/10.3390/en15197272>
- CUCCHIELLA F., ROTILIO M., CAPANNOLO L., DE BERARDINIS P., *Technical, economic and environmental assessment towards the sustainable goals of photovoltaic systems*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 188, 113879, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113879>

## Articoli in atti di convegno

- CAVALIERI F., ROTILIO M., DE BERARDINIS P., PALMERO IGLESIAS L., *Abitazioni prefabbricate: verso un archetipo. Una rassegna di soluzioni contemporanee, Prefab house: towards an archetype. A review of contemporary solutions*, in ALBIOL IBANEZ J.R., ARRUE BURILLO P., COLLADO LOPEZ M.L., GIL PIQUERAS T., IBORRA LUCAS M., GANDIA ROMERO J.M., RODRIGUEZ NAVARRO P., SALINAS MARTINEZ P.G., FERNANDEZ PLAZAOLA I., COS-GAYON LOPEZ F.J. (eds), *Research in Building Engineering EXCO' 2022*, Publishing Office Editorial Reproexpres S.L., ISBN 978-84-125444-7-3, 509-518, 2022
- DE VITA M., MARCHIONNI M., ROTILIO M., DI CRESCE G., DE BERARDINIS P., *Una metodologia per il miglioramento del comfort e la gestione del microclima nelle chiese: un caso di studio*, in VARUM H., FURTADO A., MELO J. (eds), *Documentation, Restoration and Reuse of Heritage*, ISBN 978-972-752-296-5, atti del Xth Convegno Reuso 2022 tenutosi a Porto 2-4 Novembre 2022, 231-242
- BELlicosO A., DE BERARDINIS P., DE VITA M., DI DONATO D., DI GIOVANNI G., DE RUBEIS T., ROTILIO M., TOSONE A., *Riuso della Chiesa di San Domenico: approccio e strategie adattive per il progetto di un nuovo centro congressuale*, in VARUM H., FURTADO A., MELO J. (eds), *Documentation, Restoration and Reuse of Heritage*, ISBN 978-972-752-296-5, atti del Xth Convegno Reuso 2022 tenutosi a Porto 2-4 Novembre 2022, 535-546
- CAPANNOLO L., CICOZZI A., DE BERARDINIS P., DI GIOVANNI G., GIUSTI L., ROTILIO M., *Coperture fotovoltaiche: innovazione e sperimentazione in un caso studio, Photovoltaic roofs: innovation and experimentation in a case study*, in DASSORI E., MORBIDUCCI R. (eds), *Memoria e Innovazione, Memory and Innovation*, EdicomEdizioni, Monfalcone (Gorizia), ISBN 978-88-945937-4-7, atti del Convegno Ar.Tec. Colloqui.AT.e 2022, Genova 7-10 settembre 2022, 1103-1120
- ROTILIO M., DI EGIDIO A., DE BERARDINIS P., D'ALBERTO G., TRITTO M., DI GIOVANNI G., *Strategie and Best Practices per la Rimozione in Sicurezza delle Opere Provvisorie Post-Sisma Strategies and Best Practices for Safe Removal of Post-Earthquake Temporary Shoring*, in DASSORI E., MORBIDUCCI R. (eds), *Memoria e Innovazione, Memory and Innovation*, EdicomEdizioni, Monfalcone (Gorizia), ISBN 978-88-945937-4-7, atti del Convegno Ar.Tec. Colloqui.AT.e 2022, Genova 7-10 settembre 2022, 821-834
- ROTILIO M., LAURINI E., DE BERARDINIS P., *The resilient construction site of the historical centers. A case study, La cantierizzazione resiliente dei centri storici. Un caso di studio*, in *Rehabend Congress, Euro-American Congress 2022, Construction, Pathology, Rehabilitation Technology and Heritage Management*, September 13-16, 2022. Granada, Spain, BLANCO H., BOFFILL Y., LOMBILLO I. Editors, Círculo Rojo, ISSN: 2386-8198 (printed), ISBN: 978-84-09-42252-4 (Printed Book of Abstracts), ISBN: 978-84-09-42253-1 (Digital Book of Articles)
- CAVALIERI F., ROTILIO M., DE BERARDINIS P., *Toward an Inclusive and Independent Fruition of Architecture: The Use of Scale Models and Augmented Reality*, in GAROFALO I., BENCINI G.,

- ARENCHI A. (eds), *Transforming our World through Universal Design for Human Development*, *Studies in Health Technology and Informatics Series*, Vol. 297, 383-390, IOS Press BV Nieuwe Hemweg 6B 1013 BG Amsterdam Netherlands, 10.3233/SHTI220864, 2022
- ANNIBALDI V., CUCCHIELLA F., ROTILIO M., *Three Decades on Renewable Climate Policy: A Bibliometric Analysis*, in BILGIN M.H., DANIS H., DEMIR E., MUSTAFA G. (eds), *Eurasian Business and Economics Perspectives*, *Eurasian Studies in Business and Economics*, vol 22. Springer 2022, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-94672-2\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-030-94672-2_17) Print ISBN 978-3-030-94671-5, Online ISBN 978-3-030-94672-2
- PANTOLI L., ROTILIO M., CUCCHIELLA F., RICCI S., PELLICCIONE A., FERRI G., STORNELLI V., *Smart Multifunctional Panel for Industry 4.0*, in DI FRANCIA G., DI NATALE C. (eds), *Sensors and Microsystems. AISEM 2021*, *Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol 918. Springer 2022, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-08136-1\\_55](https://doi.org/10.1007/978-3-031-08136-1_55)
- ANTONETTI C., ROTILIO M., *Sviluppo di un prodotto basato su un materiale circolare: il cartone per un'edilizia più sostenibile*, *Product design using a circular material: cardboard for a more sustainable building industry*, in FATIGUSO F., FIORITO F., DE FINO M., CANTATORE E. (eds), *Transizione: sfide e opportunità per l'ambiente costruito*; In *Transition: challenges and opportunities for the build heritage*, Monfalcone (Gorizia), ISBN 979-12-81229-02-0, atti del Convegno Ar.Tec. Colloqui.AT.e 2023, Bari 14-17 giugno 2023, 1283-1300
- DE BERARDINIS P., DI GIOVANNI G., TOSONE A., ROTILIO M., CAVALIERI F., VESPASIANO L., *Conservazione e resilienza nell'esperienza di Palazzo Carli a L'Aquila. Riflessioni su un approccio metodologico per edifici storici in contesti post-catastrofe*, *Conservation and resilience in the experience of Palazzo Carli in L'Aquila. Reflections on a methodological approach for historic buildings in post-disaster contexts*, in FATIGUSO F., FIORITO F., DE FINO M., CANTATORE E. (eds), *Transizione: sfide e opportunità per l'ambiente costruito*; in *Transition: challenges and opportunities for the build heritage*, Monfalcone (Gorizia), ISBN 979-12-81229-02-0, atti del Convegno Ar.Tec. Colloqui.AT.e 2023, Bari 14-17 giugno 2023, 279-297
- GIUSTI L., ROTILIO M., DI GIOVANNI G., *Fotovoltaico tra prestazione e sostenibilità: una sfida per il future*, *Photovoltaics between performance and sustainability: a challenge for the future*, in BARATTA A.F.L., CALCAGNINI L., MAGARÒ A. (eds), *Atti del V Convegno Internazionale Recycling, Proceedings of the 5th International Conference Recycling 2023*, Codice ISBN 979-12-5953-046-2 Antferma Edizioni Srl, 286-295
- ROTILIO M. VILLA V., CORNELI A., *Digital Twin for a resilient management of the built environment*, in LAMONACA F., MILANI G. (eds), *Proceedings of 2023 IEEE International workshop on Metrology for Living Environment*, IEEE Service Center, ISBN 978-1-6654-5693-7, Milano 29-31 maggio 2023, 113-117
- DE VITA M., ROTILIO M., DI GIOVANNI G., *The Monitoring of the Indoor Environmental Quality of a Straw House in the Village of Pescomaggiore, L'Aquila*, in LAMONACA F., MILANI G. (eds), *Proceedings of 2023 IEEE International workshop on Metrology for Living Environment*, IEEE Service Center, ISBN 978-1-6654-5693-7, Milano 29-31 maggio 2023, 152-156
- DE VITA M., LAURINI E., ROTILIO M., STORNELLI V., DE BERARDINIS P., *Improving Indoor Well-Being Through IoT: A Methodology for User Safety in Confined Spaces*, in SARASWAT M., CHOWDHURY C., KUMAR MANDAL C., GANDOMI A.H. (eds), *Proceedings of International Conference on Data Science and Applications*, *Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 552. Springer 2023, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-6634-7\\_54](https://doi.org/10.1007/978-981-19-6634-7_54)

ROTILO M., DI GIOVANNI G., MARCHIONNI C., MASSARI A., *Metodologia per il rinnovo e l'introduzione delle reti energetiche e di servizio nei centri storici minori*, in DE LA PLATA A.R.M., FRANCO P.A.C., *La gestion territorial y el problema de la conservacion de los centros historicos y el paisaje*, Proceedings Reuso 2023, Dykinson S.L., Madrid 2023, 62-71

## Monografie e capitoli di libri

ANNIBALDI V., CUCCHIELLA F., D'ADAMO I., GASTALDI M., ROTILIO M., *Energy Improvement in the Building Sector: An Economic Analysis Relating to the Most Common Italian Masonry*, Key Engineering Materials, 2022, 919 KEM, 236-247

ROTILO M., CUCCHIELLA F., ANNIBALDI V., *Secondary raw materials for circular economy in construction sector*, Key Engineering Materials, 2022, 919 KEM, 260-269

MARUCCI A., ROTILIO M., TABALLIONE A., *Il Tratturo Magno: l'analisi strutturale per l'individuazione delle aree di valorizzazione*, *The Tratturo Magno: structural analysis for the identification of enhancement areas*, in MARUCCI A., ROTILIO M. (eds), *TRACTUS TRAtturi: Connessioni Territoriali per Usi Sostenibili*, EdicomEdizioni 2023: Monfalcone (GO), 115-129, ISBN 978-88-945937-6-1

DE BERARDINIS P., DI GIOVANNI G., ROTILIO M., *Manufatti ecosostenibili per le aree di sosta lungo i percorsi naturalistici*, *Eco-sustainable products for rest areas along natural courses*, in Marucci A., Rotilio M. (eds), *TRACTUS TRAtturi: Connessioni Territoriali per Usi Sostenibili*, EdicomEdizioni 2023: Monfalcone (GO), 143-159, ISBN 978-88-945937-6-1

DE BERARDINIS P., MARCHIONNI C., *Strategie per l'integrazione delle reti energetiche nei territori pre-industriali dei tratturi abruzzesi*, *Energy networks integration strategies in the pre-industrial territories of the Abruzzo sheep-tracks*, in MARUCCI A., ROTILIO M. (eds), *TRACTUS TRAtturi: Connessioni Territoriali per Usi Sostenibili*, EdicomEdizioni 2023: Monfalcone (GO), 131-141, ISBN 978-88-945937-6-1

ROTILO M., MARUCCI A., TABALLIONE A., *Il Tratturo Magno L'Aquila Foggia. Stato dell'arte, criticità e potenzialità*, *The Tratturo Magno L'Aquila Foggia. State of the art, criticalities and potentiality*, in MARUCCI A., ROTILIO M. (eds), *TRACTUS TRAtturi: Connessioni Territoriali per Usi Sostenibili*, EdicomEdizioni 2023: Monfalcone (GO), 15-48, ISBN 978-88-945937-6-1

CUCCHIELLA F., ROTILIO M., VILLA V., *Non-traditional Building Insulation Materials*, in SUPHI S. ONCEL (Ed.), *A Sustainable Green Future*, Springer 2023, Cham, ISBN 978-3-031-24941-9, 359-383, DOI: 10.1007/978-3-031-24942-6\_17

ROTILO M., *Le prestazioni degli involucri massivi del patrimonio costruito*, in DE VITA M., *Performance Arch.*, Aracne Editrice, ISBN 218-0744-8 979-12-218-0745-5, Genzano di Roma 2023, 47-61

DE VITA M., *Performance Arch.*, Aracne Editrice, ISBN 218-0744-8 979-12-218-0745-5, Genzano di Roma 2023

## Curatele

MONTUORI P., ROTILIO M., DE DOMINICIS F., CHIARADONNA A., ALICANDRO M., CASALOTTI A., FIORINI L., *Atti della Giornata della Ricerca Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura e Ambientale dell'Università degli Studi di L'Aquila*, Prima Edizione L'Aquila, 25 maggio 2022, ISBN 978-88-946294-5-3, Radici Edizioni di Gianluca Salustri, Capistrello (AQ)

MARUCCI A., ROTILIO M., *TRACTUS TRAtturi: Connessioni Territoriali per Usi Sostenibili*, EdicomEdizioni 2023: Monfalcone (GO), 15-48, ISBN 978-88-945937-6-1





## II.15 >>>

### Architettura: storia, restauro e progetto

**ICAR-14** Composizione Architettonica e Urbana

**ICAR-18** Storia dell'Architettura

**ICAR-19** Restauro

#### >>> Introduzione

Il gruppo studia l'architettura storica e contemporanea e le tendenze della progettazione comprendenti le trasformazioni dei centri urbani. La Storia dell'Architettura approfondisce gli strumenti di ricerca in relazione alla trasformazione della città storica e delle sue espansioni otto-novecentesche. Il Restauro approfondisce la conoscenza materiale delle architetture e le questioni di conservazione di manufatti e contesti di interesse culturale. La Progettazione Architettonica si interessa alla cultura del progetto architettonico-urbano: metodologia, strategia, invenzione, costruzione.

#### >>> Storia dell'Architettura

Le trasformazioni tecnico-produttive ed economiche avviate tra la fine del XIX e i primi e il XX secolo hanno modificato lo spazio insediativo (città e territorio) sempre più caratterizzato da strutture con una doppia valenza, tecnologica e architettonica (ponti, opere idriche, opifici, complessi ed edifici specializzati, etc..), su cui si è concentrata la sperimentazione su aspetti costruttivi e sui linguaggi.

Entro tale ambito le ricerche del settore ICAR-18 si sono articolate e hanno approfondito, in particolare — ma non solo — entro contesti quali l'Abruzzo oggetto di eventi naturali distruttivi (sisma del 1915, 2009), il rapporto tra ingegneria e architettura e il ruolo degli architetti e ingegneri italiani dentro e fuori dei confini nazionali a partire dalla seconda metà del XIX secolo. Studi su: la ricostruzione della Marsica dopo il sisma del 1915, la diffusione del cemento armato tra Italia e Texas, il ruolo degli ingegneri italiani in Argentina nella realizzazione di imponenti infrastrutture territoriali, le infrastrutture sanitarie ed educative (colonie) in Abruzzo e in Italia negli anni del regime fascista e oltre, l'impatto del turismo di massa e dei sistemi insediativi e di trasporto sui contesti montani (in particolare di altura).

Ricerche ancora in corso che hanno portato a pubblicazioni, mostre e partecipazioni a convegni, progetti e workshop nazionali e internazionali (SAH).

### **>>> Restauro**

L'attività di ricerca riguarda la salvaguardia e la fruizione sostenibile del patrimonio culturale (con un'ottica estesa dalle singole architetture ai contesti storici e al paesaggio), il degrado antropico, danni e vulnerabilità del patrimonio architettonico, la diagnostica.

La conservazione è intesa come sistema rivolto al patrimonio culturale e naturale. Le linee di ricerca sviluppate sono:

- » conoscenza storico-costruttiva dell'architettura e delle sue trasformazioni nel tempo, storia dei restauri
- » ricostruzioni post sismiche
- » analisi dei materiali costitutivi (lapidei naturali e artificiali) e dei processi di degrado (materico e strutturale)
- » pericolosità antropica nella Carta del Rischio del Patrimonio Culturale (MiC)
- » sistemi informativi per la documentazione dei restauri e la conservazione programmata
- » tutela del paesaggio e dell'ambiente montano, salvaguardia di manufatti e contesti di interesse storico (sentieri, rifugi, contesti di guerra, tratturi e architetture della transumanza)
- » conservazione delle architetture in terra cruda, direttive internazionali sul World Heritage Earthen Architecture
- » normative per la conservazione del patrimonio culturale (UNI-NorMaL, CEN).

### **>>> Progettazione Architettonica**

Il settore Progettazione Architettonica investiga i temi relativi alla trasformazione della città e del territorio alla luce dei principali orientamenti teorici e metodologici della contemporaneità. L'architettura, considerata come pratica complessa che abbraccia numerosi ambiti disciplinari, viene sempre osservata in relazione alle condizioni culturali, ambientali, sociali ed economiche che ne consentono e sostengono la nascita, l'uso, la manutenzione, la trasformazione e, in ultima istanza, la dismissione. Tale programma di studio si applica non solo al singolo manufatto edilizio ma soprattutto alla sua dimensione aggregata di maggiore o minore dimensione, nonché tanto agli oggetti e complessi di rilievo culturale ed artistico quanto ai sistemi diffusi di origine spontanea.

Le principali linee di ricerca nell'ultimo biennio sono state dedicate allo sviluppo delle architetture in seno a processi aziendali e industriali nell'Italia del secondo

Dopoguerra, come nel caso dei villaggi turistici, alle problematiche della ricostruzione post-terremoto, nonché a temi di natura più strettamente teorica inerenti alla fenomenologia dell'ambiente costruito e dello spazio vissuto.

## »» Pubblicazioni 2022-2023

### Articoli su rivista

- BARTOLOMUCCI C., *A Repudiated Restoration: the Facade Reconstruction of the San Bernardino Basilica in L'Aquila*, ArchHistOR, 19, 2023, pp. 130-161
- BARTOLOMUCCI C., *Earth's cathedrals: mountains are cultural heritage, not just natural heritage*, in The Conversation, The Next 50, Special Issue, 50<sup>th</sup> Anniversary of the World Heritage Convention - UNESCO World Heritage Centre, 2023
- DE DOMINICIS F., *Catastrofe, migrazione e modernità: gli insediamenti della Farm Security Administration in Arizona e California*, Festival dell'Architettura Magazine, 62/63, 2023, pp. 176-184
- DE MATTEIS F., *Fear and Awe in the Vertical City: the Affective Space of "Going High"*, Forum A+P, 25, 2023, pp. 92-99
- MONTUORI P., CIRANNA S., *L'Hotel Castello dell'ingegner Pier Luigi Inverardi (1961-1971) in piazza della Fontana luminosa. Un moderno polo per l'accoglienza turistica a L'Aquila negli anni del boom economico*, AAA Italia, 21, 2023, pp. 13-15
- ROMANO B., SETTE C., ZULLO F., MONTALDI C., *Patterns of urban compactness: indicators of balance between built-up area and voids*, Current Urban Studies, 11, 2023, pp. 179-193
- SETTE C., *Climate adaptation and Water Sensitive Urban Design: the case study of a university campus in the city of L'Aquila*, BDC, 23/2, 2023, pp. 399-420
- SETTE C., MONTALDI C. *Riqualificazione urbana e coesione territoriale nelle aree interne italiane*, Urbanistica Informazioni, 307, 2023
- BARTOLOMUCCI C., *Patrimonio architettonico e patrimonializzazione: quali strumenti per la conservazione? Riflessioni dopo il sisma dell'Aquila: i casi studio del cimitero monumentale e dell'ex manicomio*, Materiali e Strutture, n.s. XI, 2022, pp. 67-84
- CIRANNA S., *Le "decorazioni" interne del castello di Alnwick: una combinazione dello stile del Cinquecento col romano antico*, Studi e Ricerche di Storia dell'Architettura, 12, 2022, pp. 80-97
- DE DOMINICIS F., *Experts, export and the entanglements of global planning*, Planning Perspectives, 37/5, 2022, pp. 871-887
- DE MATTEIS F., *Francesca's place: A topography of affects, cities, mountains and earthquakes*, Urban Transcripts, 5/2, 2022
- DE MATTEIS F., *The climate of spaces: On architecture, atmospheres and time*, Espes, 11/2, 2022, pp. 28-37
- JELIĆ A., STANIČIĆ A., TVEDEBRINK T.D.O., DE MATTEIS F., HIRSCHBICHLER M., POPIĆ J., DE PIEDEDE FERREIRA M., POTGIESSER U., WEISEN M., WAGONER B., OTERO-PAILOS J., *Ethics of dust: visual essay on the artistic works by Jorge Otero-Pailos*, The Journal of Architecture, 27/4, 2022, pp. 616-634
- MONTALDI C., SETTE C., ZULLO F., *L'emergenza nell'emergenza: il progetto C.A.S.E. di Sassa NSI*, Urbanistica Informazioni, 2022, pp. 110-112



- ROMANO B., SETTE C., *New keywords for the internal areas of the country. Territorial cohesion, Small municipalities, Immigration, Landscape restoration*, *Disegnare con*, 15/28, 2022, pp. 1-10
- ROMANO B., FIORINI L., SETTE C., *#comeradovera Quale città e quale territorio: L'Aquila a 13 anni dal sisma*, *Journal Of Sustainable Design Eco Web Town*, 2022
- SETTE C., *Adattamento ai cambiamenti climatici nelle aree urbane e periurbane: soluzioni progettuali resilienti e adattive*, *Urbanistica Informazioni*, 306, 2022

## Articoli in atti di convegno

- BARTOLOMUCCI C., *The mountain landscape between eremitic contemplation, aesthetic attraction and sporting conquest: perceptions and transformations of the Cathedrals of the Earth*, in *Adaptive cities through the post pandemic lens. Times and Challenges in Urban History*, X Congresso AISU, Torino, 2023, pp. 1011-1011
- CIRANNA S., PAOLUCCI M., *L'altro Gran Sasso: l'areale di Campotosto nel XX secolo. Dall'industria torbifera ai comprensori turistico-ricettivi mai realizzati*, in *Imagin (G) Heritang*, 2023, pp. 302-309
- DE VITA M., BARTOLOMUCCI C., *Caratteristiche costruttive e impianti storici tra retrofit e conservazione: il caso dell'ex ospedale psichiatrico dell'Aquila*, in *Adaptive cities through the post pandemic lens. Times and Challenges in Urban History*, 2023, pp. 574-575
- MONTUORI P., LAURINI E., MURPHY J., *Architecture and Techniques of Environmental Control of Climatic Colonies in Italy and Abruzzo*, in *Proceedings of The 5th International Conference on Advances in Civil and Ecological Engineering Research*, 2023, pp. 33-51
- MONTUORI P., *L'Aquila and the new urban 'doors' for welcoming tourists and travellers. The Hotel Castello and the Motel Amiternum / L'Aquila e le nuove "porte" urbane per l'accoglienza turistica e dei viaggiatori. L'Hotel Castello e il Motel Amiternum*, in *IMG23 Atti del IV Convegno Internazionale e Interdisciplinare su Immagini e Immaginazione*, 2023, pp. 282-291
- PLACIDI A., BARTOLOMUCCI C., *Rovine, fortificazioni, montagne. La conservazione del paesaggio fra abbandono e sviluppo*, in *Adaptive cities through the post pandemic lens. Times and Challenges in Urban History*, X Congresso AISU, Torino, 2023, pp. 1022-1023
- SETTE C., ROMANO B., *Public landscape heritage. The Unsustainable Planning of Soil Consumption*, in *IMG23 Atti del IV Convegno Internazionale e Interdisciplinare su Immagini e Immaginazione Proceedings of 4th International and Interdisciplinary Conference on Images and Imagination*, 2023
- BARTOLOMUCCI C., *Cultural Inheritance: restauro e riconoscimento dei valori*, in *Atti della Giornata della Ricerca del DICEAA*, 2022, pp. 122-126
- DE DOMINICIS F., *In the Middle of Nowhere. Infrastructural Mining Schemes and the Making of Global Africa*, in *Proceedings of the conference on Modern Heritage of Africa*, 2022, pp. 65-65
- DE DOMINICIS F., *Stazioni-postazioni-avamposti, o sulla nuova architettura delle terre alte*, in *Atti della Giornata della Ricerca del DICEAA*, 2022, pp. 117-121
- MONTUORI P., *Permanenze, trasformazioni, sperimentazioni in Abruzzo e oltre, fra costruzioni e ri-costruzioni. Città, architettura e figure professionali*, in *Atti della Giornata della Ricerca del DICEAA*, 2022, pp. 117-121
- SETTE C., *Tra fragilità e potenzialità: Rigenerazione architettonica e urbana nei comuni del Parco Nazionale del Gran Sasso*, in *Atti della Giornata della Ricerca del DICEAA*, 2022

## Monografie e capitoli di libri

- CIRANNA S., MONTUORI P., *L'archivio dello studio Inverardi. Un secolo e più di opere infrastrutturali e civili in Abruzzo e oltre*, L'Aquila, Textus, 2023
- MONTUORI P., SALADINO S., *Intervista su Avezzano. Storia della città in sessanta risposte*, L'Aquila, Textus 2023
- BARTOLOMUCCI C., *Una lettura dei documenti d'archivio sull'ospedale San Salvatore, dai progetti iniziali alla costruzione*, in *L'archivio dello studio Inverardi. Un secolo e più di opere infrastrutturali e civili in Abruzzo e oltre*, 2023, pp. 65-71
- BARTOLOMUCCI C., *L'Auditorium del Parco: conservazione e restauro di un'architettura (con) temporanea*, in Renzo Piano. *Un Auditorium per L'Aquila*, 2023, pp. 65-73
- BARTOLOMUCCI C., *Paesaggi e architetture in itinere*, in Tholos, *Tholoi. Capanne in pietra a secco nell'Abruzzo aquilano*, 2023
- BARTOLOMUCCI C., *Tratturi e transumanza: un patrimonio immateriale?*, in TRACTUS - TRAtturi: *Connessioni Territoriali per Usi Sostenibili*, 2023, pp. 57-76
- CIRANNA S., *Affacciate sull'antico: le case dei ferrovieri a Santa Croce a Roma*, in *Forme dell'abitare a Roma. Echi dell'antico nell'architettura del primo Novecento*, 2023, pp. 219-228
- CIRANNA S., *Per conoscenza, culto, lavoro: viaggiatori e pellegrini in cammino per l'Abruzzo*, in TRACTUS - TRAtturi: *Connessioni Territoriali per Usi Sostenibili*, 2023, pp. 49-55
- CIRANNA S., *Rodolfo Stoelcker: a german engineer-contractor in Italy in the first half of XXth century*, in *European Perspectives on the History of Portland Cement and Reinforced Concrete, 19th and 20th Centuries*, 2023, pp. 261-284
- DE DOMINICIS F., *Alla ricerca della visione parziale: Romaldo Giurgola fra Roma e Philadelphia*, in *The Italian Presence in Post-war America, 1949-1972, Architecture, Design, Fashion, Vol. 2. Mediatori, itinerari intellettuali, usi e costruzioni dello spazio*, 2023, pp. 115-136
- DE DOMINICIS F., DI DONATO B., *La rivoluzione del disimpegno*, in *Piccoli Paradisi. Un racconto di Valtur fra paesaggio e architettura*, 2023, pp. 10-13
- DE DOMINICIS F., *Camere con vista. Genesi e sviluppo del villaggio Valtur*, in *Piccoli Paradisi. Un racconto di Valtur fra paesaggio e architettura*, 2023, pp. 60-73
- DE DOMINICIS F., *Una gioiosa anomalia*, in *Piccoli Paradisi. Un racconto di Valtur fra paesaggio e architettura*, 2023, pp. 31-48
- DE DOMINICIS F., *È tempo di migrare: interpretazioni, azioni e dispositivi a difesa dei tracciati tratturali*, in TRACTUS - TRAtturi: *Connessioni Territoriali per Usi Sostenibili*, 2023, pp. 81-90
- DE DOMINICIS F., *From Humboldt's Chimborazo to Geddes' Valley Section and Beyond: How a Cross-Section Oriented World-Scale Ecologies*, in *The Landscape as Union between Art and Science. The Legacy of Alexander von Humboldt and Ernst Haeckel*, 2023, pp. 79-98
- DE MATTEIS F., *The Atmospheric Architect*, in *Atmosphere (s) for architects: between phenomenology and cognition*, 2023, pp. 170-185
- MONTUORI P., *La seconda "rinascita" di Avezzano. Il piano di ricostruzione dell'ingegner Marcello Vittorini del 1957-59*, in *Città e guerra. Difese, distruzioni, permanenze delle memorie e dell'immagine urbana*, 2023
- CIRANNA S., MONTUORI P., *L'Aquila: from old to new castles. Rediscovering relationship poles and networks to rebuild a community*, in *Invisible Reconstruction Cross-disciplinary responses to natural, biological and man-made disasters*, 2022, pp. 84-103
- DE DOMINICIS F., *Fare spazio. Indagine sulla seconda storia del progetto urbano. Manuel de Solà-Morales, 1988*, in *Il progetto urbano in tempo di crisi*, 2022

- DE MATTEIS F., *Abitare il terremoto*, in *The Affective City/2. Abitare il terremoto*, 2022, pp. 8-21
- DE MATTEIS F., *Lo spazio-terremoto. Una topografia affettiva*, in *The Affective City/2. Abitare il terremoto*, 2022, pp. 52-135
- DE MATTEIS F., *Immagini atmosferiche. Esplorazioni fotografiche nel centro storico dell'Aquila*, in *The Affective City/2. Abitare il terremoto*, 2022, pp. 138-155
- DE MATTEIS F., *Atmospheric images. Photographic encounters in L'Aquila's historic centre*, in *Invisible Reconstruction*, 2022, pp. 235-249
- DE MATTEIS F., *Cairn*, in *Isolario Venezia Sylva*, 2022, pp. 104-109
- DE MATTEIS F., *Espacio de vida, espacio de atmósferas. La vivienda pública europea a prueba del tiempo / Space of Life, Space of Atmospheres. European Public Housing at the Test of Time*, in *Atlas tipológico: Vivienda pública en Zaragoza / Atlas of typologies: Public housing in Zaragoza*, 2022, pp. 342-355
- MONTUORI P., *Avezzano ante e post quem. Urbanistica, architettura e trasformazioni, prima e dopo il sisma del 1915*, in *Avezzano. Storia della città moderna*, 2022, pp. 69-99

## Curatele

- DE DOMINICIS F., DI DONATO B. (a cura di), *Piccoli Paradisi. Un racconto di Valtur fra paesaggio e architettura*, Conegliano Veneto, Anteferma, 2023
- DE MATTEIS F., CATUCCI S. (a cura di), *The Affective City/2. Abitare il terremoto*, Siracusa, LetteraVentidue, 2022
- MONTUORI P., ROTILIO M., DE DOMINICIS F., CHIARADONNA A., ALICANDO M., CASALOTTI A., FIORINI L., *Atti della Giornata della Ricerca Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura e Ambientale dell'Università degli Studi di L'Aquila*, Capistrello, Radici Edizioni, 2022



## 11.16 >>>

# Disegno e rappresentazione architettonica

ICAR-17 Disegno

### >>> Introduzione

Il gruppo di ricerca svolge la propria attività nei settori delle scienze grafiche e della comunicazione visuale, del rilevamento, modellazione e rappresentazione dei beni culturali, del patrimonio costruito e dei beni archeologici. In particolare, porta avanti un filone di ricerca avanzata sul tema dello sviluppo di procedure parametriche HBIM di gestione informativa applicata ai beni architettonici, anche attraverso approcci di VLP (Visual Language Programming).

È responsabile della gestione e pubblicazione della rivista on-line, diamond open access "DISEGNARECON" (ISSN 1828-5961), scientifica ANVUR per le aree 08-10-11, indicizzata in scopus e ESCI WoS, doaj e scimago, per il 2022 nel primo quartile nell'ambito del 'visual arts performing arts' (<http://disegnarecon.univaq.it/>).

### >>> Documentazione e valorizzazione del patrimonio culturale

La linea di ricerca riguarda i temi della documentazione, digitalizzazione e valorizzazione del patrimonio culturale in tutte le sue molteplici forme. In particolare, si occupa della digitalizzazione di edifici, siti archeologici e reperti nell'ottica della loro documentazione e analisi. Un ruolo essenziale è rivestito quindi dalle tecnologie, quali laser scanner terrestre (TLS), fotogrammetria aerea da drone (UAV), scanner 3D a luce strutturata, per la trasformazione digitale del patrimonio culturale.

All'interno di tale linea di ricerca rientra la modellazione tridimensionale del patrimonio architettonico, intesa quale strumento di comprensione delle qualità storico-artistiche e, contemporaneamente, di documentazione e valorizzazione di edifici storici, spazi urbani e contesti archeologici.

La modellazione 3D dei beni architettonici può riguardare la loro configurazione attuale, la facies appartenente a fasi storiche precedenti, ricostruite digitalmente sulla base dell'analisi storico-critica, oppure una configurazione mai realizzata in quanto frutto di un progetto non portato a termine.

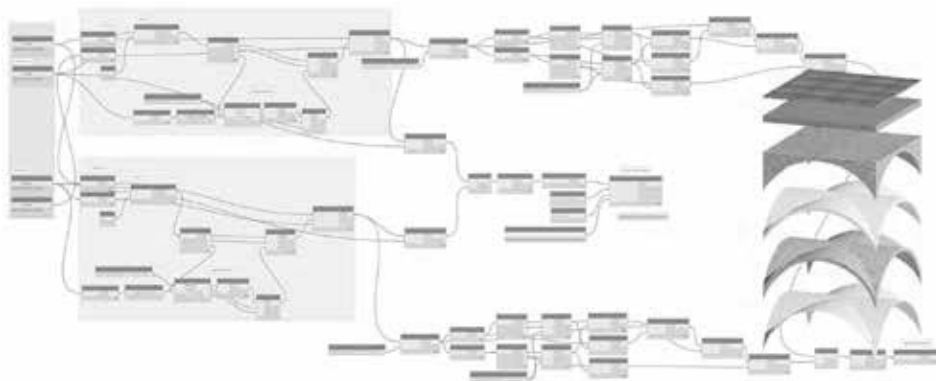


### 1. Nuvola di punti della chiesa e della cripta di Santa Giusta a Bazzano

Obiettivo di tali attività è l'incremento della conoscenza dei beni culturali e la comunicazione e fruizione dei valori storici e artistici che li caratterizzano, anche grazie all'ausilio di applicazioni avanzate di realtà virtuale (VR) e realtà aumentata (AR).

### »» Rilievo, digitalizzazione e rappresentazione del patrimonio culturale

A partire dal XXI secolo, gli studi ed i documenti dedicati al patrimonio hanno sempre più messo in evidenza il ruolo svolto dalle popolazioni, dalle comunità e dagli utenti — e quindi anche dal rapporto tra studiosi e persone — nella definizione del patrimonio stesso. Al contempo, si è sviluppata la coscienza dell'importanza delle dimensioni intangibili dell'heritage, da intendersi non in opposizione alle sue manifestazioni fisiche — testimoni immanenti dei valori storici, estetici, culturali, d'uso, etc. — ma a sviluppare un dialogo inclusivo, complesso ed interconnesso, dove la realtà ontologica mantiene un ruolo critico nel rapporto multidirezionale con le sue epifanie. Il concetto di heritage viene ad assumere la natura di un "discorso", cioè un atto di comunicazione partecipativo, secondo un percorso di "heritage making", dove il paradigma visivo ha un ruolo consustanziale a quello verbale. Questo è anche favorito dalle pratiche introdotte nella quotidianità dalla Digitalità e, in tal senso, le ICT rinnovano fenomeni di "pictorial turn". Certamente la nozione di heritage trae origine dal passaggio nel tempo del bene, cioè il suo essere nel tempo, e pertanto giocano un ruolo essenziale i concetti di "storia" e di "memoria", che pongono relative questioni in merito alla visualizzazione del presente e del passato. La presente linea di ricerca vuole porre l'attenzione sulla dimensione visuale del discorso sul patrimonio: focalizzando l'attenzione sul ruolo delle immagini fisiche e mentali dell'heritage e, pertanto, sul patrimonio di immagini, esse stesse heritage, che hanno per oggetto i beni comunque intesi.



**2.** Visual Programming Language (VPL) per la modellazione parametrica HBIM di un sistema voltato

### »» HPC e VPL per l'affidabilità dei modelli HBIM

La programmazione visuale si offre come un importante strumento per affrontare le criticità dell'HBIM (Historic Building Information Modeling) tra cui, ad esempio, il tema della valutazione dell'affidabilità geometrica del modello. L'HBIM, infatti, richiede di conciliare le forme complesse e irregolari dell'architettura storica, caratterizzate dall'attributo dell'unicità, con una modellazione basata su oggetti standardizzati, caricati da librerie pensate per le nuove costruzioni. Diventa allora fondamentale analizzare l'affidabilità della rappresentazione tridimensionale, valutata in termini di deviazione tra il modello e la nuvola di punti, calco dell'elemento architettonico. L'utilizzo della VPL consente la definizione di algoritmi attraverso cui è possibile semiautomatizzare tale valutazione, rendendo il processo più agevole e veloce. Tuttavia, con gli strumenti oggi disponibili, la valutazione dello scostamento tra nuvola di punti e più superfici è ancora un'attività troppo onerosa dal punto di vista computazionale. Alla luce di ciò, la presente linea di ricerca mira a sfruttare le potenzialità offerte dall'High Performance Computing (HPC) per superare le limitazioni odierne e riuscire a valutare la deviazione anche su elementi caratterizzati dalla presenza di molteplici superfici.

### »» Digital Twin in ambiente HBIM per il patrimonio costruito

Un digital twin è una rappresentazione digitale di un oggetto o sistema fisico, progettata per facilitare e migliorare i processi decisionali. Nel campo dell'architettura e dell'ingegneria civile è costituito da un modello digitale che, grazie all'impiego di sensori di varia natura, è in grado di simulare in tempo reale il comportamento

della costruzione, consentendo allo stesso tempo di prevederne lo stato futuro. Nel campo delle costruzioni un valido ausilio è dato dalle procedure BIM basate sulla correlazione di sistemi di informazioni di natura architettonica, strutturale e impiantistica, con modelli digitali tridimensionali parametrici.

La presente linea di ricerca affronta il tema dell'integrazione di modelli BIM e dati sensoristici nell'ottica dello sviluppo di digital twin, con una particolare attenzione al patrimonio costruito.

## »»» Pubblicazioni 2022-2023

### Articoli su rivista

FORGIONE A., ARRIGHETTI A., LUMINI A., BRUSAPORCI S., *La cattedrale di San Massimo di Forcona (AQ). Primi dati dalla lettura archeologica delle architetture*, Archeologia dell'architettura, 2022, pp. 189-216

BRUSAPORCI S., RUGGIERI A., *From direct to digital survey. The Abbey of San Giovanni Battista in Lucoli (L'Aquila)*, Expresión Gráfica en la Edificación, Vol. 17, 2022, pp. 56-71

LUIGINI A., BRUSAPORCI S., KOFLER W., BASSO A., MAIEZZA P., TATA A., ROSSI M.L., *The Vaults of the Church of St. Michael the Archangel in Brixen Between Geometry, History and Missed Space*, Nexus Network Journal, Vol. 25, 2023

BRUSAPORCI S., VESPASIANO L., *About the Gonfalone of the City of L'Aquila, or for an Hypothesis on the Use of Camera Obscura in XVI Century*, Disegno, 2023, pp. 159-170

BRUSAPORCI S., MAIEZZA P., MARRA A., TATA A., VESPASIANO L., *Scan-to-HBIM Reliability*, Drones, Vol. 7, 2023, pp. 1-14

### Articoli in atti di convegno

CENTOFANTI M., RUGGIERI A., MAIEZZA P., TATA A., BRUSAPORCI S., *Dal 'progetto assente' alla 'architettura interrotta': Il ruolo della modellazione digitale 3D nell'analisi storico-critica. Un caso di studio*, in BATTINI C., BISTAGNINO E. (a cura di), UID2022. DIALOGHI visioni e visualità. 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione, Genova 15-17 settembre 2022, Franco Angeli, Milano 2022, pp. 373-390

BRUSAPORCI S., CENTOFANTI M., MAIEZZA P., RUGGIERI A., *Progetti per l'Architettura Gesuitica all'Aquila (sec. XVII): modelli per la Storia*, in RAVESI R., RAGIONE R., COLACECI S. (a cura di), Rappresentazione, Architettura e Storia. La diffusione degli ordini religiosi nei paesi del Mediterraneo tra Medioevo ed Età Moderna, 10-11 maggio 2021, Sapienza Università Editrice, Roma 2023, pp. 567-578

MAIEZZA P., FRANCHI F., TATA A., GRAZIOSI F., BRUSAPORCI S., *What Images Say/What Users See. Exploring Mobile Augmented Reality for Visual History-Telling of Architectural Heritage*, in VILLA D., ZUCCOLI F., *Proceedings of the 3rd International and Interdisciplinary Conference on Image and Imagination*, Springer, Cham 2023, pp. 445-454

BRUSAPORCI S., MAIEZZA P., MARRA A., TATA A., VESPASIANO L., *Affidabilità dei modelli HBIM per la gestione del patrimonio costruito*, in BRUSAPORCI S., MAIEZZA P., MARRA A., TRIZIO I., SAVINI F., TATA A. (a cura di), IMG23 Atti del IV Convegno Internazionale e Interdisciplinare su Immagini e Immaginazione, L'Aquila, 6-7 luglio 2023, Publica, Alghero 2023, pp. 703-707

- MAIEZZA P., BRUSAPORCI S., (2023), *Ricostruire il passato. Per una tassonomia delle ricostruzioni virtuali di beni architettonici non esistenti*, in BRUSAPORCI S., MAIEZZA P., MARRA A., TRIZIO I., SAVINI F., TATA A. (a cura di), *IMG23 Atti del IV Convegno Internazionale e Interdisciplinare su Immagini e Immaginazione*, L'Aquila, 6-7 luglio 2023, Publica, Alghero 2023, pp. 179-185
- BRUSAPORCI S., (2023), *Teoria del Modelli e Scienze Visuali nella rappresentazione digitale dell'architettura*, in BRUSAPORCI S., MAIEZZA P., MARRA A., TRIZIO I., SAVINI F., TATA A. (a cura di), *IMG23 Atti del IV Convegno Internazionale e Interdisciplinare su Immagini e Immaginazione*, L'Aquila, 6-7 luglio 2023, Publica, Alghero 2023, pp. 109-113
- BRUSAPORCI S., MAIEZZA P., *The Church of St. Giusta in Bazzano (L'Aquila). Documentation and Survey*, in CANNELLA M., GAROZZO A., MORENA S. (a cura di), *Transizioni. Atti del 44° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Transitions. Proceedings of the 44th International Conference of Representation Disciplines Teachers*, Franco Angeli, Milano 2023, pp. 2490-2498
- MAIEZZA P., TATA A., *Modeling Historic Architecture: a reflection on representation in the BIM environment*, in CANNELLA M., GAROZZO A., MORENA S. (a cura di), *Transizioni. Atti del 44° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Transitions. Proceedings of the 44th International Conference of Representation Disciplines Teachers*, Franco Angeli, Milano 2023, pp. 532-537

## Monografie e capitoli di libri

- TATA A., CAPANNOLO L., BRUSAPORCI S., DE BERARDINIS P., (2022), *Dall'HBIM al fascicolo del fabbricato digitale*, in EMPLER T., CALDARONE A., D'ANGELO E., FUSINETTI A. (a cura di), *Information & 3D modeling per il patrimonio costruito*, pp. 280-296
- VESPASIANO L., CETRA L., BRUSAPORCI S., *Experience of indoor droning for Cultural Heritage documentation*, in PARRINELLO S., BARBA S., DELL'AMICO A., DI FILIPPO A. (a cura di), *D-SITE Drones - Systems of Information on Cultural Heritage for a spatial and social investigation*, Pavia University Press, Pavia 2022, pp. 233-239
- VESPASIANO L., BRUSAPORCI S., *In dialogo tra spazio e decorazione: la Fonte della Rivera all'Aquila*, in CICALO E., SAVINI F., TRIZIO I. (a cura di), *Linguaggi Grafici. Decorazione*, Publica, Alghero 2022, pp. 214-233
- VESPASIANO L., BRUSAPORCI S., FRANCHI F., RINALDI C., *Phygital Heritage Experiences for a Smart Society: A Case Study for the City of L'Aquila*, in UGLIOTTI F.M., OSELLO A., *Handbook of Research on Implementing Digital Reality and Interactive Technologies to Achieve Society 5.0*, Igi Global, Hershey PA 2022, pp. 387-415
- CENTOFANTI M., BRUSAPORCI S., RUGGIERI A., MAIEZZA P., (2022), *La Chiesa di Santa Margherita (XVII-XX Sec.) e l'insediamento gesuitico a L'Aquila*, in SIMONE G., *fedelmente*, Tau Editrice srl, Todi 2021, pp. 49-82
- MAIEZZA P., BRUSAPORCI S., *Ricostruzioni digitali del paesaggio urbano di piazza S. Basilio all'Aquila*, in CAPEZZALI W., MANTINI S. M., DE NICOLA A., *Il Monastero di San Basilio all'Aquila Le Celestine a Settecento anni dalla fondazione*, One Group, L'Aquila 2022, pp. 89-94
- MAIEZZA P., FRANCHI F., TATA A., GRAZIOSI F., BRUSAPORCI S., *What Images Say/What Users See. Exploring Mobile Augmented Reality for Visual History-Telling of Architectural Heritage*, in VILLA D., ZUCCOLI F., *Proceedings of the 3rd International and Interdisciplinary Conference on Image and Imagination*, Springer, Cham 2023, pp. 445-454



- BRUSAPORCI S., ROMEO G., CANTALINI B., MAIEZZA P., *Il rinnovarsi di una stanza: l'analisi grafica per l'educazione ai beni architettonici*, in LUIGINI A., PANCIOLO C., SOMIGLI P., *ARTEDU2021 l'Arte di Educare Educare all'Arte*, Franco Angeli, Milano 2022, pp. 217-231
- BRUSAPORCI S., MAIEZZA P., TATA A., FRANCHI F., GRAZIOSI F., *Linee digitali per riconessioni culturali. Il Progetto Smart City INCIPICT+5G per Mobile AR*, in BIANCONI F., FILIPPUCCI M., CECCARONI S., *Città Centrifughe*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna 2022, pp. 228-237
- BRUSAPORCI S., FORGIONE A., GRAZIOSI F., FRANCHI F., MANTINI S., MAIEZZA P., TATA A., VESPASIANO L., *The "Amiternum Project" on Archaeological Site Valorisation*, in TRIZIO I., DEMETRESCU E., FERDANI D. (a cura di), *Digital Restoration and Virtual Reconstructions*, Springer, Cham 2023, pp. 105-116
- BRUSAPORCI S., MAIEZZA P., TATA A., *The HBIM for the building dossier*, in BALZANI M., BERTOCCI S., MAIETTI F., ROSSATO L. (a cura di), *Research Innovation and Internationalisation*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna 2023, pp. 43-51
- BRUSAPORCI S., *Caratteri del sistema insediativo storico diffuso*, in MARUCCI A., ROTILIO M. (a cura di), *Tractus TRAtturi: Connessioni Territoriali per Usi Sostenibili*, EdicomEdizioni Monfalcone 2023, pp. 67-79
- MAIEZZA P., TATA A., *3D models for architectural heritage documentation: transparency and reliability issues*, in PICCHIO F. (a cura di), *Digital & documentation. From virtual space to information database*, University Press, Pavia 2023

## Curatele

- BRUSAPORCI S., MAIEZZA P., MARRA A., TRIZIO I., SAVINI F., TATA A. (a cura di), *IMG23 Atti del IV Convegno Internazionale e Interdisciplinare su Immagini e Immaginazione*, Publica, Alghero 2023, pp. 1-831



## II.17 >>>

# Ingegneria degli indicatori di dinamica/ impatto insediativo

ICAR-20    Tecnica e pianificazione urbanistica

### >>> Introduzione

Il gruppo di ricerca di scienze del territorio conduce attività nello studio dei processi di consumo di suolo, delle dinamiche insediative e della sostenibilità delle trasformazioni territoriali, attraverso un approccio computazionale per la misurazione e il monitoraggio dei fenomeni antropici e naturali. L'approccio di ricerca generale è legato all'ingegneria degli indicatori, mediante il supporto di piattaforme gisbased, per produrre quadri diagnostici, procedure di valutazione e diagnosi ambientale di supporto alle policy territoriali. Il gruppo è particolarmente attivo in ambito nazionale e internazionale sull'analisi delle relazioni tra i modelli di urbanizzazione e gli ecosistemi naturali.

### >>> Metodologie analitiche e diagnostiche per lo studio ed il contenimento del fenomeno della conversione urbana dei suoli

La linea di ricerca intende studiare e sperimentare tecniche innovative per la definizione di soglie di contenimento/arresto del consumo di suolo in Italia in accordo con gli obiettivi riportati nell'Agenda 2030 ed il bilancio di suolo 0 da raggiungere in Europa entro il 2050. Dopo una attenta analisi delle normative vigenti sul tema nei principali Paesi europei (Francia, Germania, Spagna) e di quelle vigenti nelle regioni italiane che ha permesso di realizzare un quadro aggiornato circa le definizioni, le azioni, le misure adottate e le deroghe concesse, la ricerca sta attualmente esplorando due principali metodologie finalizzate all'individuazione di soglie di contenimento/arresto che tengano conto di aspetti demografici, di qualità della vita, del trend di consumo di suolo unitamente alle valenze ecosistemiche e ambientali presenti. In sintesi, le due metodologie che si stanno esplorando sono le seguenti: analisi differenziali delle variabili e curve di simulazione evolutiva; comparazioni e studi di clustering con altri indici consolidati di qualità socio-economica. Tale linea di ricerca rientra nel progetto finanziato su fondi PNRR denominato GeoSciencesIR.

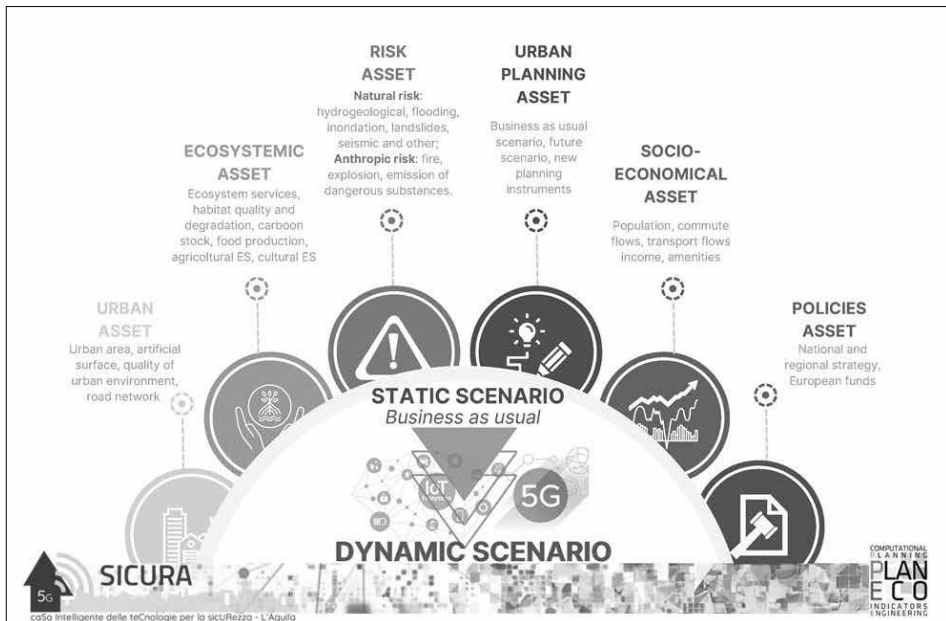


1. Scheda sintetica dell'analisi dei trend di sviluppo urbano, progetto GeosciencesIR

### >>> Implementazione di quadri strategici per la pianificazione territoriale

La linea di ricerca è finalizzata all'esplorazione di metodologie innovative d'indagine per l'allestimento di quadri conoscitivi, analitici e diagnostici per la pianificazione territoriale. Tale campo si avvale delle tecniche dell'ingegneria degli indicatori già sperimentate da diversi anni dal gruppo di ricerca unitamente ai moderni concetti dei servizi ecosistemici e delle Nature Based Solutions che già da qualche anno iniziano a permeare il campo della pianificazione territoriale.

La ricerca esplora anche la possibilità di costruire Sistemi Informativi Territoriali efficaci ed efficienti che siano poi di supporto alle amministrazioni locali. A tal fine,



## 2. Schema metodologico per la costruzione di scenari di rischio. Progetto SICURA

vengono sperimentate nuove procedure di indagine attraverso lo studio di algoritmi e nuove tecniche GIS-based per l'analisi e la diagnosi ambientale.

In tal senso si inquadra il lavoro che il gruppo di ricerca sta portando avanti con l'USRC (Ufficio Speciale Ricostruzione Comuni del Cratere) dove sono stati studiati e implementati nuovi indicatori per il monitoraggio dello stato di avanzamento del processo di ricostruzione ed è stata elaborata una piattaforma WEB per la condivisione e la diffusione dei dati e delle pratiche relative al sisma, unitamente ad una serie di cammini culturali e turistici che riguardano i comuni del cratere.

### >>> Modelli sostenibili di crescita urbana

Già da diverso tempo il gruppo di ricerca si sta occupando dello studio delle modalità di crescita urbana ed in particolare delle forme disperse e del loro impatto sull'ambiente. La definizione dello sprinkling urbano, la parametrizzazione di questo tipo di insediamento e lo studio delle diverse forme urbane rinvenibili oggi sul panorama nazionale ne sono un esempio. La ricerca oggi si sta orientando sullo studio di modalità sostenibili di ridisegno di queste parti insediate, con l'obiettivo di salvaguardare/ripristinare le potenzialità ecosistemiche del territorio nel quale esse sono inserite. A tal fine si stanno studiando nuove tecniche che si avvalgo-

no delle potenzialità del Machine Learning e dell'Intelligenza Artificiale sia per il riconoscimento delle differenti dinamiche di sviluppo insediativo in aree urbane e periurbane sia per la creazione di modelli di riduzione della dispersione urbana per l'aumento della resilienza delle città esistenti tramite l'ausilio dei servizi ecosistemici. Nell'ambito di questa linea di ricerca, si inserisce anche l'attività scientifica del progetto SICURA che mira al superamento del concetto di smart city per affermare quello di smart land, un contesto territoriale a densità insediativa variabile, determinato da una complessità di relazioni tra gli spazi artificiali e quelli ecosistemicamente attivi dove il bilanciamento di tali equilibri è funzionale alla protezione dai rischi naturali e antropici.

### **>> Gender dis-equality e dispersione insediativa**

Nell'ambito della linea di ricerca dei modelli sostenibili di crescita urbana, il gruppo di ricerca sta sviluppando un nuovo tema legato alle differenze di genere e alla qualità della vita. L'ipotesi di partenza è che la forma dell'insediamento urbano, inevitabilmente si rispecchia sulla qualità della vita degli uomini e delle donne e considerando che, in Italia, sussistono ad oggi ancora importanti differenze in termini di parità di genere, è fondamentale indagare come la dispersione urbana e le scelte strategiche di piano condizionino la qualità della vita delle donne.

### **>>> Reti ecologiche, servizi ecosistemici e pianificazione territoriale (Modelli di valutazione e diagnosi della frammentazione ecosistemica provocata dall'insediamento)**

Il tema delle reti ecologiche, della biopermeabilità e della continuità ambientale sono da anni affrontati dal gruppo di ricerca. Le esperienze condotte in Veneto, in Umbria e in Abruzzo ne sono un concreto esempio. Infatti, le esperienze del progetto Sunlife hanno portato alla formulazione di indicatori per la valutazione della frammentazione ambientale e dell'interferenza ecosistemica causata dagli insediamenti urbani e all'implementazione di nuovi strumenti come il Profilo d'occlusività stradale e il Planning Tool Mosaic (Based and Advanced) - bPtM e aPTM. In questa linea di ricerca che si inserisce oggi nel progetto LIFE IMAGINE confluiscono inoltre: analisi della pianificazione locale e valutazione del grado di insularizzazione dei Siti di interesse comunitario; lo studio delle interferenze infrastrutturali sulla rete Natura 2000 con la caratterizzazione e la prioritizzazione dei varchi.

## >>> Pubblicazioni 2022-2023

### Articoli su rivista

- ROMANO B., ZULLO F., FIORINI L., MONTALDI C., 2022, *Micromunicipality (MM) and Inner Areas in Italy: A Challenge for National Land Policy*, Sustainability 2022, 14, 15169. [HTTPS://DOI.ORG/10.3390/SU142215169](https://doi.org/10.3390/su142215169)
- ROMANO B., LUDOVICI A.A., ZULLO F., MARUCCI A., FIORINI L., 2022, *Italian landscape macrosystem (ILM) from urban pressure to a National Wildway*[J], AIMS Environmental Science, 2020, 7 (6): 505-525. DOI: 10.3934/environsci.2020032
- ROMANO B., ZULLO F., MONTALDI C., 2022 *Trent'anni di Natura 2000 in Italia tra tutela, trasformazione e inesorabile pressione urbana*, Reticula, ISPRA. ISSN: 2283-9232
- ZULLO F., MONTALDI C., DI PIETRO G., ROMANO B., 2022, *Urban Growth and Habitat Connectivity: A Study on European Countries*, Sustainability 2022, 14, 14689. <https://doi.org/10.3390/su142214689>
- FIORINI L., FALASCA F., MARUCCI A., SAGANEITI L., 2022, *Discretization of the Urban and Non-Urban Shape: Unsupervised Machine Learning Techniques for Territorial Planning*, Appl. Sci. 2022, 12, 10439. <https://doi.org/10.3390/app122010439>
- ZULLO F., MONTALDI C., DI PIETRO G., CATTANI C., 2022, *Land Use Changes and Ecosystem Services: The Case Study of the Abruzzo Region Coastal Strip*. ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2022, 11, 588. <https://doi.org/10.3390/ijgi11120588>
- ZULLO F., SPECCHIOLI E., MONTALDI C., MURGANTE B., ROMANO B., 2022, *Spatial autocorrelation analysis for new FUA inner strategic asset. Metropolitan city of Milan as a case study*, Journal of Urban Planning and Development Volume 148, Issue 3 [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000860](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000860)
- GARDA E., MARUCCI A., (2022), *Il contributo dei progetti di rigenerazione urbana nella (ri) attivazione dei Servizi ecosistemici e la riduzione dei rischi*, Urbanistica Informazioni, 50 (306 si), 104-106
- FIORINI L., MARUCCI A., (2022), *I varchi infrastrutturali prioritari nel Progetto LIFE IMAGINE UMBRIA*, Reticula Vol. 31, pp. 51-63, ISSN: 2283-9232
- TONDELLI S., FARHADI E., AKBARI MONFARED B., ATAEIAN M., TAHMASEBI MOGHADDAM H., DETTORI M., SAGANEITI L. MURGANTE B., *Air Quality and Environmental Effects Due to COVID-19 in Tehran, Iran: Lessons for Sustainability*, Sustainability 2022, 14, 15038. <https://doi.org/10.3390/su142215038>
- MARUCCI A., ZULLO F., FALASCA F., 2023, *Approcci modellistici e computazionali a favore di una pianificazione dinamica e innovativa per la biodiversità urbana: evoluzione della ricerca*, Urbanistica Informazioni. ISSN: 0392-5005
- ZULLO F., DI PIETRO G., CATTANI C., MONTALDI C., 2023, *Urban planning vs agricultural production: a study on the Po Valley*, Land 2023, 12, 902. <https://doi.org/10.3390/land12040902>
- CATTANI C., MONTALDI C., DI PIETRO G., ZULLO F., 2023, *Effects of urban planning on ecosystem services: the Umbria region seismic crater*, Sustainability 2023, 15, 7674. <https://doi.org/10.3390/su15097674>
- ROMANO B., SETTE C., ZULLO F., MONTALDI C., 2023, *Landscape profiles, urbanization and environmental protection in europe. is western the future scenario for eastern?*, Current Urban Studies, 11, 301-318. <https://doi.org/10.4236/cus.2023.112016>

- ROMANO B., SETTE C., ZULLO F., MONTALDI C., 2023, *Patterns of urban compactness: indicators of balance between built-up area and voids*, Current Urban Studies, 11, 179-193. DOI: 10.4236/cus.2023.111009
- ROMANO B., ZULLO F., SAGANEITI L., MONTALDI C., 2023, *Evaluation of cut-off in the control of land take in Italy towards the SDGs 2030*. Volume 130, 2023, 106669, ISSN 0264-8377, <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106669>
- SAGANEITI L., FIORINI L., ZULLO F., MURGANTE B., 2023, *Urban dispersion indicator to assess the Italian settlement pattern*, Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 0 (0). <https://doi.org/10.1177/23998083231218779>

### Articoli in atti di convegno

- ZULLO F., CATTANI C., MONTALDI C., DI PIETRO G., 2022, *ARMENTIS: Abruzzo Region's Management of an Enhanced Tratturi Information System*, in BORGOGNO-MONDINO E., ZAMPERLIN P. (eds), *Geomatics for Green and Digital Transition. ASITA 2022. Communications in Computer and Information Science*, vol 1651. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-17439-1\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-031-17439-1_25)
- MONTALDI C., SETTE C., ZULLO F., 2022, *L'emergenza nell'emergenza: il progetto C.A.S.E. di Sassa NSI*, Urbanistica Informazioni. ISSN: 0392-5005
- PILOGALLO A., SAGANEITI L., FIORINI L., MARUCCI A., 2022, *Ecosystem Services for Planning Impacts Assessment on Urban Settlement Development*, in GERVASI O., MURGANTE B., MISRA S., ROCHA A.M.A.C., GARAU C. (eds), *Computational Science and Its Applications — ICCSA 2022 Workshops*, ICCSA 2022. Lecture Notes in Computer Science, vol 13380. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-10542-5\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-031-10542-5_17)
- SAGANEITI L., FIORINI L., 2022, *Gender Dis-equality and Urban Settlement Dispersion: Which Relationship?*, in GERVASI O., MURGANTE B., HENDRIX E.M.T., TANIAR D., APDUHAN B.O. (eds), *Computational Science and Its Applications — ICCSA 2022*. ICCSA 2022. Lecture Notes in Computer Science, vol 13376. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-10450-3\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-031-10450-3_23)
- LOPATRIELLO B., SAGANEITI L., MURGANTE B., 2022, *Differences and Incongruences in Land Take Monitoring Techniques*, in GERVASI O., MURGANTE B., HENDRIX E.M.T., TANIAR D., APDUHAN B.O. (eds), *Computational Science and Its Applications — ICCSA 2022*. ICCSA 2022. Lecture Notes in Computer Science, vol 13376. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-10450-3\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-031-10450-3_22)
- FIORINI L., SAGANEITI L., 2022, *Coherence analysis for Abruzzo Regional Planning: selection of indicators for performance evaluation*, UPLanD - Journal of Urban Planning, Landscape & Environmental Design, 6 (1), 35-44. <https://doi.org/10.6093/2531-9906/9358>
- DI DATO C., MARUCCI A., 2022, *Fragile Territories Around Cities: Analysis on Small Municipalities Within Functional Urban Areas*, in GERVASI O., MURGANTE B., MISRA S., ROCHA A.M.A.C., GARAU C. (eds), *Computational Science and Its Applications — ICCSA 2022 Workshops*. ICCSA 2022. Lecture Notes in Computer Science, vol 13378. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-10562-3\\_30](https://doi.org/10.1007/978-3-031-10562-3_30)
- MONTALDI C., CATTANI C., ZULLO F., ROMANO B., 2023, *Analisi integrate delle dinamiche insediative: il caso Abruzzese*, in *Conoscenza materiale e immateriale e gestione delle informazioni*, Atti della XXIV Conferenza Nazionale SIU Dare valore ai valori in urbanistica - ISBN: 978-88-99237-44-8

- MONTALDI C., FISCHIONE P., PASQUALI D., ZULLO F., 2023, *Land use analysis and coastal structures: Adriatic coast as a case study*, in BONORA L., CARBONI D., DE VINCENZI M., MATTEUCCI G. (a cura di), *Ninth International Symposium "Monitoring of Mediterranean Coastal Areas: Problems and Measurement Techniques"*. DOI: 10.36253/979-12-215-0030-1.25
- ZULLO F., MONTALDI C., FIORINI L., MARUCCI A., ROMANO B., 2023, *Indicators Engineering for land use changes analysis. A study on the Mediterranean coastal strip*, in *Computational Science and Its Applications — ICCSA 2023 Workshops*. ICCSA 2023. Lecture Notes in Computer Science Vol. 14107. DOI: 10.1007/978-3-031-37114-1\_27. pp. 398-410
- SAGANEITI L., FIORINI L., 2023, *Gender Dis-Equality and Urban Settlement Dispersion: Indices Comparison*, in GERVASI O. ET AL., *Computational Science and Its Applications — ICCSA 2023 Workshops*. ICCSA 2023. Lecture Notes in Computer Science, vol 14112. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-37129-5\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-031-37129-5_24)
- DI DATO C., FALASCA F., MARUCCI A., 2023, *Machine Learning Techniques for the Semiautomated Recognition of Urban and Peri-Urban Configurations*, in GERVASI O. ET AL. *Computational Science and Its Applications — ICCSA 2023 Workshops*. ICCSA 2023. Lecture Notes in Computer Science, vol 14109. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-37120-2\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-031-37120-2_2)
- PILOGALLO A., SAGANEITI L., 2023, *Energy Transition and Spatial Transformation: Looking for a Suitable Trade-Off*, in GERVASI O., ET AL., *Computational Science and Its Applications — ICCSA 2023 Workshops*. ICCSA 2023, Lecture Notes in Computer Science, vol 14109. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-37120-2\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-031-37120-2_1)
- GARDA E., MARUCCI A., 2023, *Gli interventi per la de-impermeabilizzazione dei suoli nel recente quadro normativo regionale: ragioni, strumenti e prospettive*, In *Atti della XXIV Conferenza Nazionale SIU-Società italiana degli Urbanisti. Dare valore ai valori in urbanistica*. Brescia 23-24 Giugno 2022. Volume 03. *La declinazione della sostenibilità ambientale nella disciplina urbanistica* (pp. 214-218). Planum Publisher

## Monografie e capitoli di libri

- ROMANO B., MARUCCI A., ZULLO F., FIORINI L., SAGANEITI L., CATTANI C., DI DATO C., DI PIETRO G., DONOLO R.M., FALASCA F., MONTALDI C., SETTE C., 2022, *SOSTENERE - Sostenibilità, resilienza, adattamento per la tutela degli ecosistemi e la ricostruzione fisica in Italia Centrale 2020-2022*. Isbn: 978-88-946095-1-6
- ROMANO B., ZULLO F., SETTE C., MONTALDI C., 2022, *Modelli di ricompattazione urbana: indicatori di equilibrio tra edificato e vuoti*, in *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici* (Ed. 2022). ISPRA. ISBN: 978-88-448-1124-2
- FIORINI L., 2022, *Progetto Life Imagine Umbria-Life19 IPE/IT/000015-Integrated Management and Grant Investments for the N2000 Network in Umbria* del Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura e Ambientale dell'Università degli studi dell'Aquila, 36
- TELESCA A.M., SAGANEITI L., MURGANTE B., 2022, *L'impatto delle energie rinnovabili sul consumo di suolo*, in *Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici*. Edizione 2022. Report SNPA (Vol. 32, pp. 348-351). Report SNPA
- ROMANO B., ZULLO F., SAGANEITI L., MONTALDI C., 2022, *Controllo integrato delle dinamiche urbane e demografiche un complesso problema di cut-off*, in ARCIDIACONO A., DI SIMINE D., RONCHI S., SALATA S. (a cura di), *Consumo di suolo, servizi ecosistemici e green infrastrutture*. ISBN: 978-88-7603-233-2



- MARUCCI A., FIORINI L., SAGANEITI L., DI DATO C., DONOLO R.M., 2022, *Agenda 2030: ricognizione degli indicatori e analisi di coerenza per la SRSvS della regione Abruzzo*, in ARCIDIACONO A., DI SIMINE D., RONCHI S., SALATA S. (a cura di), *Consumo di suolo, servizi ecosistemici e green infrastructure*. ISBN: 978-88-7603-233-2
- LOPATRIELLO B., SAGANEITI L., SCORZA F., MURGANTE B., 2022, *Differenze e incongruenze nelle tecniche di monitoraggio del consumo di suolo*, in *Consumo di suolo, servizi ecosistemici e green infrastructure-Rapporto 2022* (pp. 49-56). INU Edizioni srl
- ZULLO F., 2022, *Patrimonio armentizio-tratturale regionale, analisi dello stato di conservazione ed informatizzazione geografica dei parametri caratterizzanti*. In MONTUORI P., ROTILIO M., DE DOMINICIS F., CHIARADONNA A., ALICANDRO M., CASALOTTI A., FIORINI L. (a cura di), *Atti della giornata della ricerca*, Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura e Ambientale dell'Università degli studi dell'Aquila. ISBN: 978-88-946294-5-3
- MURGANTE B., PILOGALLO A., SCORZA F., BALLETO G., BORRUSO G., SAGANEITI L., ... & DETTORI M., 2022. *Governare la salute nella città post-pandemica. Una proposta metodologica*, In *Città e piani del rischio pandemico* (pp. 507-519). Edizioni Scientifiche Italiane
- ZULLO F., 2023. *La pervasiva diffusione urbana nelle reti della transumanza. Un approccio metodologico per la gestione e la pianificazione integrata della rete dei tratturi abruzzesi*. Aracne Editore. ISBN: 979-12-218-0576-5
- ZULLO F., STAFFA A.R., MONTALDI C., CATTANI C., SAGANEITI L., 2023. *Dall'interesse archeologico ai Piani Quadro Tratturo. La pianificazione territorial nel contest ad alto pregio culturale ed ambientale del Tratturo Magno*, in MARUCCI A., ROTILIO M. (a cura di), *Tractus. TRAtturi: Connessioni Territoriali per Usi Sostenibili* - ISBN: 978-88-945937-6-1



## 11.18 >>>

# Rischi e dotazioni per il progetto delle forme post-urbane

ICAR-21 Urbanistica

### >>> Introduzione

Il gruppo di ricerca “Rischi e dotazioni per il progetto delle forme post-urbane” conduce principalmente attività sulla sicurezza urbana e territoriale. In particolare, realizza studi (i) sui modelli di analisi urbana e territoriale dei rischi, (ii) sulle tecniche di progettazione urbanistica per la città e il territorio sicuri, (iii) su nuove forme e strumenti di pianificazione flessibili e dinamici rivolti alla riduzione dei rischi, (iv) sul ruolo dei sistemi delle conoscenze per la pianificazione e la progettazione urbanistica, e (v) sulla rigenerazione territoriale.

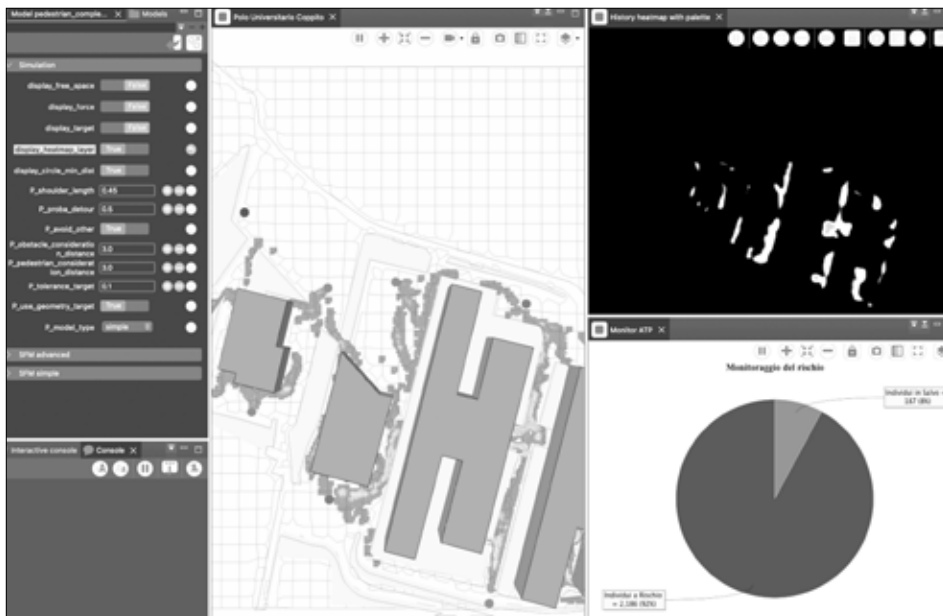
Tali tematiche richiamano le esplorazioni scientifiche nel campo del Climate Change e dei Disastri naturali, della pianificazione e della gestione dei rischi e della evacuazione, delle dotazioni di spazi pubblici, e dei Digital Twin. Inoltre si inseriscono nei filoni di ricerca sulle marginalità e sulle fragilità urbana e territoriali, e in quelli sul pre-disaster and recovery planning.

### >>> Città sicura: progettazione urbana e tecnologie per la sicurezza urbana

La prima linea di ricerca riguarda la sicurezza urbana in relazione ad eventi calamitosi. In tale linea sono attivi due programmi tra loro interrelati e che stanno producendo studi sul tema generale della Città Sicura:

- >> Il Progetto SICURA - “Casa intelligente delle tecnologie per la sicurezza - L’Aquila” - Programma di sostegno alle tecnologie emergenti (FSC 2014-2020) - Asse I “Casa delle tecnologie emergenti” (<https://www.ctesicuralaquila.it/>).
- >> Centro Nazionale per HPC, Big Data e Quantum Computing - Progetto PNRR, finanziato dall’Unione Europea - Next Generation EU (<https://www.supercomputing-icsc.it/>).

Queste due ricerche, che essenzialmente si differenziano in ordine alle caratteristiche dell’insediamento considerato (il progetto SICURA riguarda la periferia urbana, il CN-HPC riguarda i centri storici), sono finalizzate alla definizione di tecniche innovative di



## 1. Ambiente di simulazione algoritmica in GAMA Platform

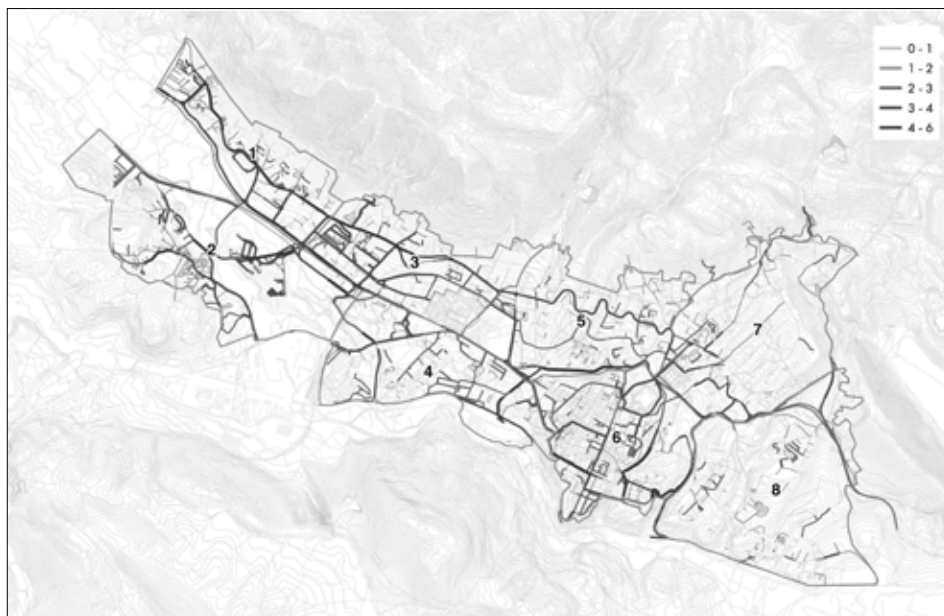
progettazione urbana per la riduzione del rischio e per l'ottimizzazione dell'evacuazione. Si collocano nell'ambito generale del tema della smart city, e in particolare nel contesto delle modalità e criteri innovativi di progettazione urbana orientate alla sicurezza della città con riferimento ai centri storici e alle periferie, nel contesto delle tecnologie che stanno caratterizzando nuove modalità di organizzazione e fruizione delle stesse (nuove tipologie di urbanizzazione, sensoristica, big data, AI, realtà aumentata, etc.) e infine nel contesto dei sistemi delle conoscenze e piattaforme informatiche, come ad esempio il Digital Twin o il City Information Modeling.

### >>> Fragilità territoriali e Pianificazione regionale della gestione dei rischi

Questa linea di ricerca è legata al progetto "Territori Aperti", un centro interdisciplinare di documentazione, formazione e ricerca, che si pone come nodo promotore di una rete internazionale di competenze su tutti gli aspetti della prevenzione e della gestione dei disastri naturali, nonché dei processi di ricostruzione e sviluppo delle aree colpite (<https://territoriaperti.univaq.it/>).

Nell'ambito del progetto "Territori Aperti" sono state sviluppate tre sotto-linee di ricerca:

- >> Analisi della Fragilità territoriale: la ricerca persegue due obiettivi, uno analitico rivolto allo studio dell'interazione tra i fattori della fragilità e gli effetti degli



## 2. Indice di camminabilità associato al grafo stradale

eventi calamitosi, compresi quelli pandemici, e uno progettuale rivolto alla definizione di strategie di recupero territoriale basati sul concetto di integrazione tra territori.

- » Pianificazione Regionale della Gestione del Rischio (PRGR): obiettivo della ricerca è costruire una metodologia e sperimentare un innovativo PRGR basato su un approccio spaziale/strutturale e su un ampio Sistema di Conoscenza che descrive Multi-Pericolosità, Multi-Vulnerabilità, Multi-Esposizioni e quindi Multi-Rischi. L'interazione tra queste componenti è interpretata con l'obiettivo di ottenere scenari di rischio multipli, che diventano la base di progetti di prevenzione e recupero spaziale all'interno di hotspot definiti come aree di intervento ad alta priorità.
- » Toolkit Disaster Preparedness (TDP): la ricerca è rivolta all'utilizzo di un Toolkit di preparazione ai disastri per la pianificazione pre-disastro. Lo studio struttura il TDP come un supporto per la costruzione di strategie e azioni di recupero, e riguarda la raccolta e l'analisi di buone pratiche sulla gestione della ricostruzione post-catastrofe, la loro elaborazione in Schede di Raccomandazione per la Preparazione ai Disastri e la trasposizione di queste in un Piano di Recupero.

### **>>> Walkability: analisi e progettazione tattica**

La terza linea di ricerca, connessa alla sicurezza urbana e sviluppata nell'ambito del Centro Interdipartimentale di Trasporti e Mobilità Sostenibile (CITRAMS), riguarda l'analisi della walkability urbana e delle tecniche di progettazione urbana finalizzate a migliorarla.

È in fase di studio una metodologia orientata alla ridefinizione del sistema di mobilità e sul riequilibrio insediativo della città, identificando la capacità di percorribilità della rete viaria urbana. La metodologia adottata suddivide lo studio in tre gruppi di analisi sulla pedonabilità: geometria/morfologia, prossimità e socialità. Si basa sull'analisi di un grafo della rete infrastrutturale della città, composto da archi a cui sono associati i parametri di percorribilità delle strade esaminate. Sono state analizzate diverse caratteristiche intrinseche delle strade, anche con il supporto di sopralluoghi, alle quali sono stati associati indici di valutazione rielaborati in un indice di sintesi. L'obiettivo di queste informazioni è quello di conoscere le criticità urbane sulla mobilità attiva e definire strumenti a supporto delle strategie di progettazione urbana. Allo stato attuale la ricerca ha sviluppato il primo set di indicatori connessi alla geometria/morfologia. Nello sviluppo futuro dello studio, si prevede di condurre un'analisi delle componenti di prossimità e sociali, gli altri due gruppi di analisi considerati per la pedonabilità, che completerà la sperimentazione della metodologia generale. Un ulteriore sviluppo riguarderà l'analisi della ciclo-pedonalità e delle relative reti urbane ed extraurbane.

### **>>> Rigenerazione dei borghi e territoriale**

Una quarta linea di ricerca, attualmente nella sua prima fase di sviluppo, è connessa al tema della rigenerazione dei borghi ma soprattutto a quello della rigenerazione territoriale.

La rigenerazione dei borghi è una speciale categoria della rigenerazione urbana, e si focalizza sulla ripresa dei borghi appartenenti ai settori territoriali più fragili, combinandosi così con la ricerca del progetto "Territori Aperti". In particolare la ricerca da un lato ha lo scopo di definire e applicare metodologie di analisi finalizzate ad individuare i sistemi di borghi più fragili, dall'altro di definire strategie e strumenti urbanistici più adatti ed efficaci per attivare la fase di rigenerazione e del recupero del costruito, con particolare riferimento ai partenariati pubblico/privati. Il tema di ricerca della rigenerazione dei borghi richiama quello più generale della rigenerazione territoriale. Lo studio in questo campo è finalizzato ad estendere al territorio il concetto di rigenerazione urbana, definendo un metodo innovativo di analisi del territorio rurale e naturale e del relativo abbandono e degrado, definendo le strategie e gli strumenti urbanistici capaci di implementare nuove forme di

pianificazione territoriale, più flessibili rispetto a quelle tradizionali e basate sulla coesione e sulla cooperazione territoriale, su accordi fra territori, orientate al recupero delle funzioni dei settori extraurbani (laddove possibile) e al miglioramento della qualità paesaggistica ed ecologica del territorio.

## »»» Pubblicazioni 2022-2023

### Articolo in rivista

- DI LUDOVICO D., CAPANNOLO C., D'ALOISIO G., (2023), *The toolkit disaster preparedness for pre-disaster planning*, International Journal of Disaster Risk Reduction, Vol. 96, ISSN: 2212-4209, DOI: 10.1016/j.ijdr.2023.103889
- PROPERZI P., OMBUEN S., DI LUDOVICO D., (2022) *Il Rapporto dal Territorio e il dibattito congressuale*, Urbanistica Informazioni, Vol. 305 s.i., pp. 33-34, ISSN: 0392-5005
- PROPERZI P., DI LUDOVICO D., (2022), *Il Rapporto dal Territorio nel programma politico-culturale dell'INU*, Urbanistica, Vol. 165-166, pp. 147-153, ISSN: 0042-1022
- DI LUDOVICO D., CAPANNOLO C., EUGENI F., (2022), *Il sistema dei servizi per la sanità territoriale in aree fragili e marginalizzate*, Urbanistica Informazioni, Vol. 306 s.i., pp. 784-786, ISSN: 0392-5005
- CAPANNOLO C., DI LUDOVICO D., (2022), *Il toolkit per la preparazione ai disastri del Progetto territori aperti*, Urbanistica Informazioni, Vol. 306 s.i., pp. 527-530, ISSN: 0392-5005
- EUGENI F., DI LUDOVICO D., PROPERZI P., (2022), *Le piattaforme territoriali informatiche per lo sviluppo di città e territori smart*, Urbanistica Informazioni, Vol. 306 s.i., pp. 679-681, ISSN: 0392-5005
- FISCHIONE P., GIANFORTE V., CELLI D., DI LUDOVICO D., DI TRIA I., ANTONACCI A., MALI M., DI RISIO M., (2022), *Mapping and classification of ports and marinas for the definition of long-term development strategy*. Coastal and offshore Science and Engineering, ISSN: 2785-7972, DOI: 10.53256/COSE\_220206
- DOMINICI D., ALICANDRO M., DI LUDOVICO D., PASCUCCI N., ZOLLINI S., (2022), *Multispectral satellite images to support the CIM (City Information Modeling) implementation*. Geomedica, Vol. 26, ISSN: 1128-8132
- DI LUDOVICO D., MASCARUCCI R., DE BONIS L., OTTAVIANO G., NATARELLI E., (2022), *Tentativi incerti di legislazione e assenza di pianificazione in Abruzzo e Molise*, Urbanistica Informazioni, Vol. 305 s.i., pp. 79-81, ISSN: 0392-5005

### Contributo in volume (Capitolo o Saggio)

- DI LUDOVICO D., MAZZEO G., (2023), *Ricostruzioni post-catastrofe: pianificazioni integrate, nuove tecniche e tecnologie, riequilibrio sociale*, in MOCCIA F.D., SEPE M., *Oltre il futuro. Pianificare nell'incertezza per progettare l'imprevedibilità*, pp. 169-177, ROMA: INU Edizioni, ISBN: 978-88-7603-246-2
- DI LUDOVICO D., PATRIZIO GUNNING L., (2022), *Invisible recovery: physical reconstruction vs social reconstruction: The case of central Italy*, in PATRIZIO GUNNING L., RIZZI P., *Invisible Reconstruction. Cross-disciplinary responses to natural, biological and man-made disasters*, pp. 29-44, London: UCLPRESS, ISBN: 9781800083516, DOI: 10.2307/j.ctv2kg15nv.11

DI LUDOVICO D., SACCO S., (2022), *Rischio pandemico e sicurezza degli spazi pubblici aperti*, in Roberto Gerundo. *Città e piani del rischio pandemico*. Tecnica urbanistica. Studi e Ricerche, pp. 437-457, Napoli: Edizioni Scientifiche Italiane, ISBN: 978-88-495-5054-2

### **Contributo in Atti di convegno**

DI LUDOVICO D., (2023), *Coerenza tra i livelli di pianificazione e i processi di Valutazione Ambientale Strategica*, in CERRETA M., RUSSO M. (a cura di), *La valutazione come parte del processo pianificatorio e progettuale*, Vol. 9, pp. 179-184, Roma-Milano: Planum Publisher, ISBN: 978-88-99237-51-6, Brescia, 23-24 giugno 2022

DI LUDOVICO D., EUGENI F., PROPERZI P., GRAZIOSI F., (2023), *La nuova pianificazione urbanistica e il ruolo delle Piattaforme Territoriali Informatiche*, in MUSCO F., ZOPPI C. (a cura di), *Conoscenza materiale e immateriale e gestione delle informazioni*, Vol. 2, pp. 217-223, Roma-Milano: Planum Publisher, ISBN: 978-88-99237-44-8, Brescia, 23-24 giugno 2022

BELLICOSO A., MANNA S., DI LUDOVICO D., GUNNELLA R., (2022), *Architettura parassitaria e resilienza: rigenerazione urbana e riuso edilizio per l'Ex Zuccherificio di Rieti*, in CURRÀ E., DOCCI M., MENICHELLI C., RUSSO M., SEVERI L. (a cura di), *Stati Generali del Patrimonio Industriale 2022*, pp. 1-18, Venezia: Marsilio Editori, ISBN: 9788829716661, Roma-Tivoli, 9-11 giugno 2022



## 11.19 >>>

# Geologia applicata

**GEO-05** Geologia applicata

### >>> Introduzione

Il gruppo di ricerca di Geologia applicata del DICEAA, si occupa di Microzonazione sismica e dello studio degli effetti dei terremoti sull'Idrogeologia. I temi di ricerca sono stati attivati in seguito al terremoto aquilano del 2009 e alla sequenza sismica dell'Italia centrale del 2016-17, all'interno di progetti finanziati dalla Comunità Europea, dall'INGV, dalla Regione Abruzzo e dal Comune dell'Aquila ed in collaborazione con enti universitari e di ricerca nazionali ed esteri.

### >>> Microzonazione sismica

La Microzonazione sismica (MS) è nata e si è via via consolidata in base all'osservazione che i danni alle infrastrutture indotti dai terremoti spesso evidenziano differenze sostanziali anche a piccole distanze, oppure crolli e danni notevoli anche a grandi distanze dall'epicentro. È chiaro che la qualità delle costruzioni influisce sulle differenze del danno, ma in alcuni casi le concause possono essere determinate da effetti di amplificazione del moto sismico o da instabilità del terreno. In un più ampio contesto di mitigazione del Rischio sismico, la MS si occupa di studiare le zone stabili suscettibili di amplificazione locale e quelle soggette ad instabilità cosismiche permanenti (per es. la fagliazione superficiale e la liquefazione del terreno).

Ciò premesso, le attività del progetto di MS che stiamo portando avanti nell'area aquilana riguardano l'archiviazione delle indagini e dei sondaggi; lo studio della Geologia del Quaternario e delle faglie ritenute attive e capaci; la definizione del modello sismo-stratigrafico del sottosuolo; la selezione dell'input sismico; le simulazioni numeriche. Queste attività hanno come obiettivo l'elaborazione di carte di MS alla scala 1:5000 (per es. carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica) e di stimare i fattori di amplificazione delle microzone utili per la pianificazione del territorio alla scala comunale.



## »» Lo studio degli effetti dei terremoti sull'Idrogeologia

Gli effetti indotti dai terremoti sulle variabili idrogeologiche sono alcuni dei fenomeni cosmici comunemente osservati. Ne sono esempio la variazione delle portate delle sorgenti, dei livelli delle falde e delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque. Nonostante le rilevanti osservazioni riportate in letteratura, l'origine di tali fenomeni è ad oggi oggetto di dibattito scientifico. Tuttavia, negli ultimi decenni, le anomalie delle variabili idrogeologiche osservate in occasione di grandi terremoti sono state spesso associate alla sismogenesi. Lo studio di tali variazioni durante gli eventi sismici può fornire quindi utili informazioni per una migliore comprensione dell'origine e degli effetti dei fenomeni sismici e per l'identificazione di potenziali parametri precursori statisticamente significativi.

In questo ambito rientra il progetto europeo artEmis (Awareness and resilience through European multi sensor system <https://www.artemisproject.eu/>) a cui partecipiamo e che riguarda la gestione di una rete di sensori che misurano il contenuto in Radon e di alcuni parametri idrochimici nelle acque sotterranee di siti ubicati in Abruzzo, Grecia e Svizzera. I dati acquisiti verranno elaborati con tecniche statistiche standard ed innovative e saranno analizzati per lo studio dei processi sismogenici ed utilizzati eventualmente come potenziali precursori sismici.

## »» Pubblicazioni 2022-2023

### Articoli su rivista

COMPAGNONI M., PERGALANI F., BASI M., BONCIO P., CATENACCI G., DURANTE F., FRANCESCONI M., PACE B., PIPPONZI G., PIZZI A., TALLINI M., URBANI A., VALENTINI A., *Construction of a level 2 Microzonation abacus for the evaluation of local amplifications for the peri-adriatic area in the Abruzzo Region (Italy)*, Bulletin of Geophysics and Oceanography, 2022, DOI: 10.4430/bgo00399

GUERRIERO V., *One Century since Formulation of the Effective Stress Principle, the Consolidation Theory and Fluid—Porous-Solid Interaction Models*, Geotechnics, MDPI, 2, 961-988, 2022, <https://doi.org/10.3390/geotechnics2040045>

SPADI M., TALLINI M., ALBANO M., COSENTINO D., NOCENTINI M., SAROLI M., *New insights on bedrock morphology and local seismic amplification of the Castelnuovo village (L'Aquila Basin, Central Italy)*, Engineering Geology 297 106506, 2022, <https://doi.org/10.1016/j.eng-geo.2021.106506>

ALTUCCI C., BAJARDI F., BARCHIESI E., BASTI A., BEVERINI N., BRAUN T., CARELLI G., CAPOZZIELLO S., CASTELLANO S., CIAMPINI D., DAVI F., DE LUCA G., DEVOTI R., DI GIOVAMBATTISTA R., DI SOMMA G., DI STEFANO G., DI VIRGILIO A.D.V., FAMIANI D., FREPOLI A., FUSO F., GIORGIO I., GOVONI A., LAMBIASE G., MACCIONI E., MARSILI P., MERCURI A., MORSANI F., ORTOLAN A., PORZIO A., RUGGIERO M.L., TALLINI M., TASSON J., TURCO E., VELOTTA R., *Ginger. Mathematics and Mechanics of Complex Systems*, 11 (2), 203-234, 2023, DOI: 10.2140/memocs.2023.11.203

GUERRIERO V., *Maximum Likelihood instead of Least Squares in fracture analysis by means of a simple Excel sheet with VBA macro*, Geosciences, MDPI, 2023, <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3042967/v1>

GUERRIERO V., SCORZINI A.R., DI LENA B., IULIANELLA S., DI BACCO M., TALLINI M., *Impact of Climate Change on Crop Yields: Insights from the Abruzzo Region, Central Italy*, Sustainability, 15 (19), 14235, 2023, DOI: 10.3390/su151914235

SCORZINI A.R., DI BACCO M., DE LUCA G., TALLINI M., *Deep learning for earthquake hydrology? Insights from the karst Gran Sasso aquifer in central Italy*, Journal of Hydrology, 617, 129002, 2023, DOI: 10.1016/j.jhydrol.2022.129002

GUERRIERO V., *Analysis of aperture values of stratabound fractures in bedded rock: use of the Maximum Likelihood Method in studying a truncated data set*, Journal of Structural Geology, 2023 (in stampa)

### **Articoli in atti di convegno**

COLAGRANDE S., RANALLI D., TALLINI M., SCOZZAFAVA M., *GPR investigation on damaged road pavements built in cut and fill sections with retaining wall*, in *6th International Conference on Road and Rail Infrastructure*, 2023, <https://doi.org/10.5592/CO/cetra.2020.1013>

TALLINI M., SPADI M., MORANA E., CHIARADONNA A., MONACO P., COMPAGNONI M., PERGALANI F., DI GIULIO G., MILANA G., VASSALLO M., CATTANI C., MONTALDI C., ZULLO F., SCIORTINO A., BASI M., *In-depth third level Seismic Microzonation studies in pilot areas of L'Aquila Municipality (Central Italy)*, Atti del Convegno del Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida, Bologna, 7-9 febbraio 2023, 659-665, 2023, <https://gngts.ogs.it/atti/GNGTS2023/HTML/658/>





## II.20 >>>

# Fisica Tecnica Ambientale e Impianti

ING-IND/11 Fisica Tecnica Ambientale

### >>> Introduzione

Le attività del gruppo di ricerca in Fisica Tecnica Ambientale e Impianti sono principalmente incentrate sullo studio del comportamento energetico degli edifici. In particolare, le attività sono rivolte alla valutazione delle proprietà termofisiche dell'involucro, opaco e trasparente, all'analisi di materiali isolanti innovativi e delle prestazioni dei sistemi HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning), a servizio degli edifici. Le tematiche di ricerca includono anche indagini relative al microclima indoor, per la massimizzazione del comfort degli occupanti, la minimizzazione dei consumi energetici e, laddove presente, la valorizzazione del patrimonio culturale.

Vengono, inoltre, trattate tematiche relative alle prestazioni degli impianti di illuminazione degli ambienti interni, in luce artificiale e naturale.

Le ricerche sono condotte per via numerica (con approccio physics-based) e sperimentale, sia in ambiente laboratoriale che in-situ.

### >>> Analisi energetica del sistema edificio/impianto

Dal punto di vista energetico, un edificio può essere visto come un sistema termodinamico aperto che scambia massa ed energia con l'ambiente esterno. In termini quantitativi, i bilanci energetici dimostrano che l'efficienza energetica di un edificio è ottenuta massimizzando la prestazione dell'involucro (opaco e trasparente), responsabile delle perdite energetiche per trasmissione di calore, e, contestualmente, ottimizzando i rendimenti globali degli impianti meccanici.

Una delle principali attività del gruppo di ricerca è, dunque, incentrata sull'ottimizzazione delle prestazioni del sistema edificio/impianto.

L'approccio modellistico viene affrontato tramite simulazione energetica dinamica avvalendosi di software specialistici, come ad esempio EnergyPlus ed interfaccia grafica DesignBuilder.

La simulazione dinamica consente di creare modelli calibrati, tramite i quali svolgere analisi di scenario e multi-obiettivo. Alcune tematiche affrontate in questo ambito hanno riguardato lo studio degli effetti dei cambiamenti climatici sul comportamento energetico degli edifici e applicazioni di Urban Building Energy Modelling (UBEM), con approccio bottom-up ingegneristico, per la creazione di una mappatura energetica su scala urbana.

### **>>> Trasmissione del calore in componenti multistrato**

Lo studio delle proprietà termofisiche di elementi multistrato costituenti l'involucro edilizio mira, generalmente, alla determinazione di una proprietà molto nota: la trasmittanza termica. Per la sua determinazione è necessario definire gli scambi termici conduttivi, attraverso i materiali che compongono l'elemento multistrato, e gli scambi termici convettivi e radiativi alle interfacce solido/fluido.

Lo studio delle proprietà termofisiche di elementi multistrato e la valutazione prestazionale di materiali isolanti innovativi sono condotti in ambiente laboratoriale, tramite l'impiego di camere climatiche. In particolare, si effettuano analisi con Guarded Hot Box (GHB) e Simple Hot Box (SHB), grazie alle quali è possibile ottenere forzanti termiche note, controllate e ripetibili.

Le fasi sperimentali in-situ sono generalmente effettuate tramite applicazioni di tecniche non distruttive, termoflussimetriche (HFM - Heat Flux Meter Method), termometriche (THM — Thermometric Method) e termografiche (IRT — Infrared Thermography).

### **>>> La luce naturale e artificiale negli ambienti interni**

In campo illuminotecnico, le attività di ricerca condotte sono incentrate sullo studio quantitativo della luce artificiale e sulle tecniche di massimizzazione dell'apporto di luce naturale (daylight) in ambienti interni. L'approccio numerico è svolto tramite strumenti di modellazione semi-stazionaria (e.g., ReluxPro), per l'illuminazione artificiale, e software di modellazione dinamica (e.g., DIVA-for-Rhino), per il daylight harvesting. Lo studio quantitativo è basato su metriche statiche (e.g., Fattore di Luce Diurna o Daylight Factor) e metriche dinamiche (e.g., Daylight Autonomy).

Le valutazioni sperimentali sono svolte in ambiente laboratoriale e tramite l'utilizzo di specifica strumentazione di misura (luxmetri, piranometri, etc.).

Particolare attenzione è rivolta alla ricerca di sistemi di controllo del daylight (DLCS — Daylight Control System) innovativi, in grado di massimizzare l'apporto di luce naturale in ambienti interni, minimizzando i consumi energetici e garantendo comfort visivo per gli occupanti.

## **>>> Il monitoraggio del microclima indoor**

Una percentuale elevata dello stock edilizio italiano costituisce un patrimonio culturale da tutelare. Gli edifici storici, oltre a rappresentare essi stessi un elemento da conservare e valorizzare, hanno al loro interno una ingente quantità di opere d'arte. Pertanto, le condizioni microclimatiche interne devono garantire, contestualmente, la corretta conservazione del patrimonio culturale, la massimizzazione del comfort degli occupanti e, se possibile, la minimizzazione dei consumi energetici. Il Laboratorio di Fisica Tecnica Ambientale svolge attività relative allo studio del microclima indoor, delle condizioni termoigrometriche, di illuminamento e radiazione ultravioletta. Le ricerche hanno l'obiettivo di definire metriche innovative e nuove metodologie utili a condurre analisi multi-obiettivo.





## II.21 >>>

# Chimica e Tecnologia dei Materiali per i Sistemi Edilizi

ING-IND 22    Scienza e Tecnologia dei Materiali

### >>> Introduzione

Le ricerche affrontano, con un approccio inter e multidisciplinare, attraverso metodi di caratterizzazione chimica e fisica, tematiche legate al costruito storico nonché a materiali di interesse ingegneristico.

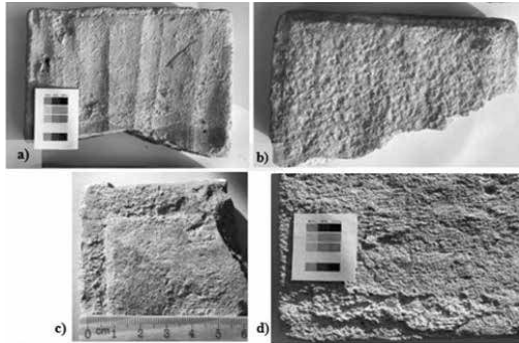
In particolare, le tematiche hanno riguardato la conoscenza e la identificazione dei materiali costitutivi e del loro stato di conservazione, la provenienza ed il reperimento delle materie prime in ambito locale, la produzione ed l'impiego, eventuali interventi finalizzati alla conservazione e restauro (meccanismi di degrado, scelte progettuali, materiali tecniche per la conservazione ed il restauro). Gli ambiti di competenza relativi a diversi manufatti ed edifici hanno riguardato, nell'ordine, murature, mattoni e litotipi, malte, intonaci e conglomerati cementizi.

Tra i vari materiali di interesse ingegneristico la ricerca sul titanio e le sue leghe, grazie alle sue caratteristiche e proprietà di resistenza meccanica ed alla corrosione, di elevato rapporto resistenza peso, di biocompatibilità, di fotocatalisi ed autopulizia, presenta notevoli potenzialità in vari settori con particolare riferimento all'area biomedica.

### >>> Edilizia storica: nuovi elementi conoscitivi sui materiali costitutivi e sviluppi futuri

Se da un lato, sulla base di studi passati, è pressoché completo il quadro in ambito Aquilano della provenienza e delle caratteristiche dei principali litotipi impiegati come materiale ornamentale o da costruzione in murature e facciate, studi ed attività recenti hanno evidenziato l'esigenza di avviare uno studio sulle caratteristiche e l'impiego dei laterizi in ambito locale. Questo studio presenta complessità maggiori rispetto a quello della pietra legate ad un esauriente quadro conoscitivo relativo ai mattoni dovuto alla definizione della disponibilità, della qualità e della composizione delle materie prime nonché, della comprensione della padronanza





**1.** Aspetti legati alla produzione dei mattoni con caratteristiche della superficie superiore a) con finitura ondulata prodotta dalla lisciatura con le mani, b) aspetto butterato causato da pioggia battente in fase di essiccazione, c) bordo perimetrale (dimensione 10 mm) dovuto ad un controstampo di sformatura) e della superficie inferiore (d) di aspetto sabbiato legato alla movimentazione in fase di produzione

del tempo di competenze tecniche ben precise. Dal punto di vista produttivo particolarmente importante risulta la conoscenza di dettagli quali la purificazione delle argille, i tipi di impasto, le componenti e le aggiunte, la formatura, l'essiccazione e la cottura, nonché la sequenza temporale e stagionale delle varie fasi, la classificazione delle caratteristiche geometriche e dimensionali degli elementi, le tipologie di degrado, le tecniche di messa in opera.

Misurazione dimensionali (mensiocronologia), in situ ed a piè d'opera, hanno permesso l'aggregazione in raggruppamenti omogenei (medie, dispersione, deviazione standard) di mattoni differenti di diversi manufatti ed aree archeologiche.

La caratterizzazione chimico-fisica degli elementi ha permesso di comprendere rilevanti particolari produttivi dei mattoni basati su logiche e scelte ben precise correlate ad impianti e cicli produttivi specifici o integrati con quelli della calce nonché ad uno sfruttamento regolare e/o pianificato, legato a ragioni climatiche, sia delle risorse territoriali che degli impianti (Figura 1 a-d).

La manualistica è confermata dalle testimonianze locali che riportano una produzione consigliata in primavera o inizio estate per evitare essiccazioni troppo rapide. Trascorso il periodo di essiccazione i mattoni erano cotti in fornaci alimentate a legna. Le dimensioni dei mattoni analizzati non corrispondono a nessun modulo italiano; si osserva che i mattoni venivano realizzati per avere un peso di 2 kg circa ed una lunghezza pari a quella del palmo teramano abusivo (26,3 cm prima 1840) e non (26,4 cm dopo 1840). Gli elementi, realizzati a mano, senza mattoniere o presse, se si escludono le problematiche di ritiro imputabili alla essiccazione, sono da considerarsi di ottima fattura e testimoniano una buona prassi e capacità tecnologica. Il comparto produttivo Aquilano dei laterizi e mattoni doveva avere una sua rilevanza economica ed industriale se si pensa che nel 1890 alla voce fornaci gli Annali di statistica, (1895) relativi alle province abruzzesi, riportano, anche se per l'intera provincia aquilana, 149 impianti di cui ben 118 per laterizi (mattoni, quadrelli, tegoli ed embrici, pezzi vari) e 2 per "terre cotte" ("tubi ed altri lavori"). Tutte le fornaci

erano a fuoco discontinuo se si escludevano quella di Sulmona (di Francesco De Martini e figli) e quella, temporanea, di Roccaraso (di Donato Nardone realizzata per la fornitura di mattoni alla Società Ferrovie Meridionali per la costruzione della tratta "Sulmona-Isernia").

Particolarmente rilevante si ritiene la precisazione che "in 23 fornaci di laterizi si cuoce anche calce".

### **>> Sviluppi futuri**

Sebbene non siano state reperite norme statuarie in ambito aquilano sul controllo delle dimensioni dei mattoni e del forte riuso di laterizi in ricostruzioni post sisma sembra possibile determinare la curva mensiocronologica dei laterizi locali poiché:

- a) il loro l'impiego non è saltuario;
- b) vi è disponibilità di edifici con precisa cronologia costruttiva;
- c) si assiste ad un progressivo impiego del mattone nel tempo.

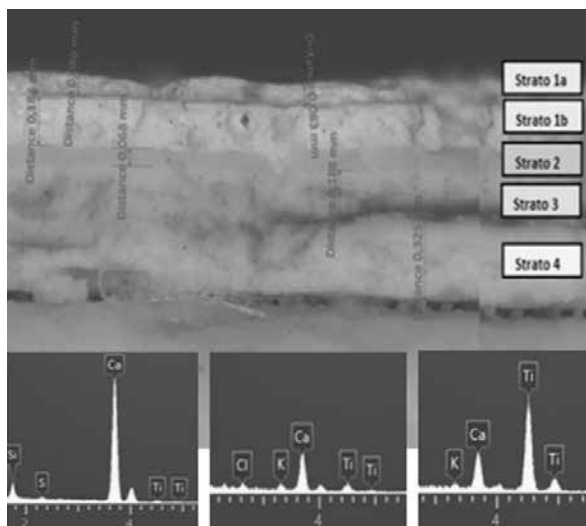
Al fine di costruire la curva dimensionale è necessario valutare la cronologia assoluta di produzione, le dimensioni del mattone, le caratteristiche mineralogico-petrografiche, chimiche e fisiche degli impasti. Una ricerca complessa, dunque, ma possibile ai fini della realizzazione di un abaco aquilano "edifici-mattoni-impasti" utile per considerazioni progettuali e conservative.

### **>>> Metodologie di datazione: indicazioni utili e prime risultanze in ambito aquilano**

Emerge spesso una forte esigenza e richiesta di datazione dei materiali impiegati nel costruito storico sia fini sia della comprensione delle vicende e fasi costruttive che della definizione di interventi conservativi e di restauro. A datazioni assolute, possibili solo in alcuni casi e particolarmente lunghe, complesse e costose (metodi radiometrici o chimici), possono sostituirsi, sulla base di risultanze analitiche di laboratorio e di ricerche storiche verosimili rapporti di anteriorità, di posteriorità o di possibile o probabile contemporaneità tra le superfici o i materiali sulla base delle loro caratteristiche macroscopiche, della composizione elementale qualitativa, della stratigrafia, della relativa natura costitutiva e di eventuali fenomeni di degrado.

In ambito aquilano sembrano emergere, spesso ben documentati in relazioni o progetti, elementi comuni e ricorrenti caratterizzanti precise fase costruttive:

- >>** malte a base di terra ("cretoni") più o meno stabilizzate con calce (post 1703); ricorsi orizzontali in mattoni (post 1703);
- >>** aggiunte di pozzolana in malte impiegate in interventi di consolidamento o restauro di monumenti e strutture a partire dal 1824;
- >>** mattoni di precise dimensioni (3x16x26 cm circa) a partire dal 1814;



**2.** Stratigrafia di un intonaco e spettri ad energia dispersa a raggi X di strati pittorici contenenti  $\text{TiO}_2$  di diversa composizione

- » utilizzo di prodotti a base cementizia a partire dal 1930;
- » presenza in intonaci contenenti biossido di titanio ( $\text{TiO}_2$ ) e zolfo (a partire dal 1900)  $\text{TiO}_2$  e cloro (a partire dal 1950) e solo  $\text{TiO}_2$  a partire dal 1980 (Figura 2).

Per quanto riguarda malte a base di calce mista a pozzolana, riscontrate in diversi edifici e strutture aquilane (Fontana delle 99 cannelle, basilica di Collemaggio, chiesa di San Marco, ponte Romano di Campana) a partire dal 1800, erano prescritte da progettisti laziali o campani.

Ricette di malte in uso a Roma per murature in pietrame prevedevano 1 parte di calce e 5-6 parti di pozzolana, mentre per muri in mattoni ad 1 parte di calce corrispondevano 3 parti di pozzolana. Ricette in ambito aquilano di “fabbrica in pietrame” prevedevano 1 parte di calce, 1 parte di pozzolana ed 1 parte di arena. In entrambi i casi, la pozzolana era aggiunta alle malte per aumentarne la resistenza meccanica e la durabilità attraverso la nota reazione pozzolanica in grado di formare silicati di calcio idratati.

La colorazione grigia della pozzolana è tipica delle pozzolane flegree assieme a colorazioni grigio-verdastre o giallastre; la colorazione può cambiare e tendere al marrone-brunastro quando la pozzolana è alterata da fenomeni di umidificazione. Alla pozzolana è associata la presenza di grumi bianchi, frammenti e noduli di ossido di calcio non idratato (bottaccioli o calcinelli). Le differenze fondamentali tra le ricette ottocentesche e le indicazioni antiche per il confezionamento di malte e pozzolana sembrano riguardare soprattutto la qualità della calce.

Nelle ricette ottocentesche, infatti, si consigliava di utilizzare calce aerea viva o da poco tempo estinta oppure calce idraulica entrambe abbinate all'uso di altri materiali

a comportamento idraulico in sostituzione della pozzolana o mescolati con essa. Tali indicazioni e prassi sembrano giustificare la presenza di un significativo contenuto di grumi di bianchi derivanti da una calce viva spenta da poco tempo rilevata nelle malte. Indicazione relativa allo spegnimento della calce viva direttamente nell'impasto sembra essere confermato da ricerche contemporanee effettuate da diversi Autori.

## »»» Pubblicazioni 2022-2023

### Articoli su rivista

- MASTRANGELO F., BOTTICELLI D., BENGAZI F., SCARANO A., PIATTELLI A., IEZZI G., QUARESIMA R., *Histological and Histomorphometric Comparison of Innovative Dental Titanium Implants Laser Obtained: Animal Pilot Study*, *Materials*, 14, 8: 1830. 2022
- MASTRANGELO F., BATTAGLIA R., NATALE D., QUARESIMA R., *Three-Dimensional (3D) Stereolithographic Tooth Replicas Accuracy Evaluation: In Vitro Pilot Study for Dental Auto-Transplant Surgical Procedures*, *Materials* 2022, 15, 2378
- VENTURA L., ARRIZZA L., QUARESIMA R., CAPULLI M., *Multidisciplinary investigation of an ancient renal stone in a mummy from Popoli, Central Italy*, *Phatologica*, September 2022, 114 (4), pp. 339-341, 2022
- ALICANDRO M., CANDIGLIOTA E., DOMINICI D., IMMORDINO F., MASIN N., PASCUCCI N., QUARESIMA R., ZOLLINI S., *First analysis and evaluation by PRISMA hyperspectral sensor and HR spectral data comparison in the Alba Fucens and Sinuessa archeological sites*, *Land*, Special issue "Landscape Archeology using Remote Sensing Data" 2022
- MASTRANGELO F., PARMA-BENFENATI S., QUARESIMA R., *Biologic Bone Behavior During the Osseointegration Process: Histologic, Histomorphometric, and SEM-EDX Evaluations*, *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2023 Jan-Feb; 43 (1), pp. 65-72
- COLAGRANDE S., QUARESIMA R., *Natural cube stone road pavements: design approach and analysis*, *Transportation Research Procedia*, 2023, 69, pp. 37-44
- QUARESIMA R., *Lo studio dei materiali e della tecnica costruttiva del Torrione: nuovi elementi conoscitivi e sviluppi futuri. Il Torrione "Storia, piani e progetti di una infrastruttura idraulica e di un quartiere a L'Aquila"*, a cura di ANDREASSI F., Franco Angeli, Milano, 2023, pp. 171-211
- ZARA S., FIORAVANTI G., CIUFFREDA A., ANNICCHIARICO C., QUARESIMA R., MASTRANGELO F., *Evaluation of Human Gingival Fibroblasts (HGFs) Behavior on Innovative Laser Colored Titanium Surfaces*. *Materials*. 2023, 22:16 (13): 4530, pp. 1-17
- ALICANDRO M., DOMINICI D., PASCUCCI N., QUARESIMA R., ZOLLINI S., *Enhanced algorithms to extract decay forms of concrete infrastructures from UAV photogrammetric data*. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLVIII-1/W1-2023 12th International Symposium on Mobile Mapping Technology (MMT 2023), 24–26 May 2023, Padua, Italy





Finito di stampare in Italia  
nel mese di aprile 2024  
per conto di Edifir-Edizioni Firenze







