

# Il contributo dell'IRPI Bari nell'ambito dei rischi naturali

La ricerca promuove soluzioni innovative per la mitigazione rischio frane, alluvioni e sismi, e per la gestione sostenibile delle risorse idriche e del territorio.

Rischi geo-idrologici • Frane • Risorse idriche

## Una breve storia

L'Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica afferente al Dipartimento Scienze del Sistema Terra e Tecnologie per l'Ambiente è stato costituito il 22 gennaio 2001 dalla fusione di sei fra Istituti e Centri preesistenti del Consiglio Nazionale delle Ricerche. Oggi è costituito dalla sede principale, a Perugia, e quattro sedi secondarie distribuite sul territorio nazionale, a Bari, Rende (CS), Padova e Torino.

L'Istituto ha come missione principale l'avanzamento della conoscenza e dello sviluppo tecnologico nell'ambito dei rischi naturali. Le attività di ricerca riguardano principalmente:

- Lo studio dei processi alla base della formazione dei rischi geo-idrologici, mediante il monitoraggio, l'analisi e la modellazione delle loro interazioni con gli ambienti naturali e antropici.
- Lo sviluppo di metodologie, tecnologie e servizi innovativi per la definizione, la previsione e la mitigazione dei rischi geo-idrologici, per una corretta pianificazione territoriale e per una gestione del territorio e dell'ambiente che sia efficace e sostenibile.
- Il trasferimento tecnologico e della conoscenza per aumentare la capacità di contrastare i rischi e aumentare la resilienza della società civile, anche

**Istituto di Ricerca  
per la Protezione  
Idrogeologica**  
Dipartimento di Scienze  
del Sistema Terra e Tecnologie  
per l'Ambiente

mediante la diffusione di informazioni e conoscenze sui rischi.

Nel seguito si presenteranno brevemente alcune delle principali linee di ricerca sviluppate dai ricercatori della sede di Bari del CNR-IRPI, evidenziando il contesto scientifico e applicativo di riferimento.

## Ricostruzione fenomenologica delle frane

L'Italia è notoriamente uno tra i Paesi a più elevata suscettività da frana nel mondo e quello a più alta suscettività da frana in Europa [1], data la sua configurazione geologico-strutturale. Sono infatti imponenti – e balzano spesso agli onori delle cronache – gli effetti dannosi della franosità nel nostro Paese, motivo di ingenti investimenti economici, sia per il costo delle emergenze sia per gli interventi di mitigazione del rischio da frana [2]. Sul dissesto si colloca una parte rilevante dell'attività di ricerca condotta dai ricercatori della sede di Bari del CNR-IRPI, focalizzata sulla diagnosi dei processi franosi a cinematica lenta, in cui i movimenti hanno velocità inferiori a 0,005 millimetri al secondo, che interessano le aree collinari e montuose del territorio italiano.

Queste zone, ancora oggi in gran parte inaccessibili, hanno visto lo sviluppo socio-economico fortemente limitato dalla persistente franosità [3], e non risultano pienamente integrate con il resto del Paese a causa della ricorrenza di danni alle strutture abitative e alle infrastrutture di trasporto.

La diagnosi di questi processi franosi scaturisce dall'attuale caratterizzazione geo-idro-meccanica dei pendii, dall'analisi delle cause che li predispongono e quelle che li innescano, e dallo studio della loro evoluzione temporale e spaziale. Tutto questo avviene sulla base di numerose indagini:

- studi di documenti storici presenti negli archivi;
- analisi geologico-strutturali di superficie dei terreni in profondità come rilievi in sito, analisi di immagini, analisi litologico-mesostrutturali di carotaggi, datazioni radiometriche, analisi palinologiche;
- analisi geomorfologiche come rilievi *in situ*, analisi multi-temporali di immagini, DEM;
- elaborazioni di dati di monitoraggi topografici, geotecnici e idrogeologici, ad esempio GPS, stazioni totali robotizzate, inclinometri, fibre ottiche, celle piezometriche, parametri chimico-fisici e caratteri geochimico-isotopici delle acque di falda e di pioggia.

Il tutto è condotto con la consapevolezza dei processi idraulici e meccanici che controllano la progressione della rottura nei pendii. Le tipologie di immagini di cui si avvale l'analisi geomorfologica sono molteplici. Vanno dai rilievi aerofotogrammetrici, che in molti casi sono disponibili a partire dagli anni '50 e permettono di ricostruire l'evoluzione dell'area di studio su un lungo intervallo temporale, fino ai rilievi ad alta risoluzione ottenuti dai satelliti che hanno operato e accumulato dati negli ultimi 25 anni. In tempi più recenti si sono aggiunti l'aerofotogrammetria da drone e l'utilizzo di *Laser Scanner*, da terra o aviotrasportati, per la ricostruzione tridimensionale della scena e delle sue modificazioni, ad esempio a



Chieuti, 2020-2021.



Petacciato, 2015.



Faeto, 2007.



Volturino, 2005.

Esempi di danni da frana in pendii di aree collinari e montuose esaminate durante i progetti di ricerca svolti dai ricercatori della sede di Bari del CNR-IRPI.

seguito di un evento franoso. La ricostruzione tridimensionale viene ottenuta anche per via fotogrammetrica con la tecnica *Structure from Motion* (SfM) che fa uso di sequenze di immagini, anch'esse da drone, acquisite da punti diversi.

In tale contesto, i risultati della raccolta e dell'analisi di tali dati contribuiscono alla creazione di database territoriali in cui sono integrate diverse informazioni. Tra questi si segnalano in particolare i Sistemi di Informazione Geografica (*Geographic Information Systems*, GIS), utilizzati non solo per l'archiviazione e la rappresentazione dei dati geografici, ma anche per attività di analisi e modellizzazione basate sui dati raccolti.

I risultati della ricostruzione fenomenologica delle frane svolta dai ricercatori della sede di Bari del CNR-IRPI sono quindi validati tramite modellazioni numeriche, eseguite da ricercatori geotecnici appartenenti a università, politecnici e centri di ricerca, con la cognizione dell'influenza dei fattori geologici sull'evoluzione del processo deformativo. I risultati delle diverse analisi e modellazioni

dei processi franosi sono finalizzati alla valutazione della pericolosità da frana, a scale che spaziano da quella locale a quella regionale, attraverso un approccio geo-idro-meccanico, con l'obiettivo ultimo di supportare una gestione sostenibile del rischio idrogeologico.

### Microzonazione sismica e delle frane sismo-indotte

L'elevata sismicità del territorio italiano, combinata con la sua complessità geologica e geomorfologica, rende essenziale la caratterizzazione degli effetti di sito per la valutazione della pericolosità sismica locale. In questo contesto, la microzonazione sismica (MS) rappresenta uno strumento fondamentale per individuare le aree suscettibili ad amplificazione del moto sismico e instabilità dei pendii. L'adozione di studi di MS consente di integrare le informazioni geologiche, geotecniche e sismologiche in carte tematiche utili alla pianificazione territoriale, alla progettazione di nuove opere e alla mitigazione

del rischio sismico. La rilevanza di queste attività è ulteriormente sottolineata dal fatto che gran parte dei centri abitati italiani sorge in aree collinari o vallive, dove gli effetti locali possono amplificare significativamente l'impatto di un terremoto, aumentando la vulnerabilità del patrimonio edilizio e infrastrutturale, così come favorire l'innescare delle frane sismo-indotte. L'integrazione delle analisi di

**I ricercatori della sede di Bari del CNR-IRPI partecipano alla definizione del modello geologico e geofisico locale attraverso rilievi geologici e geofisici di campo.**

microzonazione con la valutazione della suscettibilità dei versanti consente quindi di individuare scenari di rischio combinato e di supportare strategie di gestione sostenibile del territorio.

In tale contesto si inseriscono le attività condotte dai ricercatori della sede di Bari del CNR-IRPI, in collaborazione con la Protezione Civile della Regione Puglia e l'Università degli Studi di Bari, mirate allo svolgimento di studi di Microzonazione Sismica di primo, secondo e terzo livello (MS1, MS2, MS3) e all'analisi delle Condizioni Limite per l'Emergenza (CLE) in numerosi comuni della Puglia. I diversi

livelli di analisi di MS sono volti a suddividere un territorio in zone caratterizzate da comportamento sismico omogeneo, con l'obiettivo di valutare gli effetti locali del moto sismico (come l'amplificazione, l'instabilità dei pendii e la liquefazione). L'integrazione dei dati geologici, geomorfologici e geotecnici con le analisi di risposta sismica locale, condotte mediante modellazioni 1D e 2D, consente di suddividere il territorio in microzone a diversa pericolosità sismica. I prodotti cartografici derivanti da tali studi rappresentano strumenti fondamentali per la pianificazione territoriale in chiave sismica, l'aggiornamento dei piani di emergenza e il rafforzamento della resilienza delle comunità esposte al rischio. Per la parte sismica, i ricercatori della sede di Bari del CNR-IRPI partecipano alla definizione del modello geologico e geofisico locale attraverso rilievi geologici e geofisici di campo. Contribuiscono inoltre all'analisi geomorfologica del territorio, con particolare attenzione ai fenomeni franosi, utilizzando dati satellitari, fotogrammetrici e rilievi specifici *in situ*. A supporto di tali attività vengono sviluppati modelli monodimensionali e bidimensionali di aree rappresentative, finalizzati alla stima del Fattore di Amplificazione, parametro che quantifica la capacità del sottosuolo di amplificare o attenuare gli effetti del moto sismico.

Infine, i ricercatori della sede di Bari del CNR-IRPI contribuiscono alla valutazione delle Condizioni Limite per l'Emergenza di numerosi centri urbani della Puglia. Le CLE definiscono le soglie di danneggiamento fisico e funzionale oltre le quali un centro abitato non è più in grado di garantire i servizi essenziali; condizione che può verificarsi quando, a seguito di un evento sismico, edifici, infrastrutture e reti subiscono compromissioni tali da ostacolare o interrompere le normali attività della vita quotidiana.

### Idrologia sotterranea e gestione delle risorse idriche

L'attività di ricerca nel campo delle acque sotterranee è focalizzata sulla concettualizzazione degli acquiferi, la stima qualitativa e quantitativa delle risorse e sull'ottimizzazione della loro gestione. Il gruppo di ricerca capitalizza la ultradecennale esperienza della sede nello studio degli acquiferi costieri e dei problemi di salinizzazione.

Tali tematiche sono affrontate a diverse scale, con un approccio multidisciplinare. Si spazia dalla



Carotaggio multiparametrico in piezometro in condizioni artesiane (Piana di Metaponto, Basilicata).

caratterizzazione di sito, geolitologico-strutturale, al monitoraggio idrogeologico e idrogeochimico [4], con attenzione alle acque superficiali e sotterranee, anche grazie alle notevoli potenzialità del Laboratorio di Idrologia superficiale e sotterranea, attrezzato per ogni tipo di campionamento e rilievo *in situ* come le determinazioni chimico-isotopiche. Il ricorso a complessi metodi di idrologia statistica permette di valutare le tendenze climatiche in atto e il diverso ruolo dei processi che interessano le acque sotterranee. Il ricorso alla modellazione numerica, infine, è particolarmente curato per validare le migliori metodologie in funzione degli scenari futuri dettati dal cambiamento globale.

Tra i progetti e le ricerche in corso, si ricorda la gestione ottimale e la mitigazione dei rischi di salinizzazione e subsidenza nelle piane costiere, con

casi di studio nella Piana di Metaponto e di Gioia Tauro, attività svolte in collaborazione con ENI, UNIBAS, UNIBA, UNICAL e Università Zagazig (Egitto). In particolare, nel caso della Piana di Gioia Tauro si sta sperimentando il ricorso alla modellazione numerica idrogeologica per quantificare per la prima volta, in termini di flusso e di caratteri termosalinometrici, l'apporto alla falda superficiale di fluidi geotermici profondi.

L'attività sulle aree costiere caratterizzate da rilevanti efflussi sorgivi, fenomeno tipico del territorio pugliese, include sia applicazioni di caratterizzazione e tutela, relativi a primarie aree umide dipendenti dall'efflusso di acque sotterranee (*in primis* Le Cesine e Fiume Morelli sulla costa adriatica), sia di studio delle modalità di efflusso per esaminare le migliori opportunità di captazione, come nel sito di San Isidoro sulla costa ionica [5]. Queste attività sono svolte nell'ambito di progetti PRIN o di accordi di collaborazione, coinvolgendo primariamente l'Università della Corsica, UNIBA, e altri istituti CNR.

Infine, la ricerca per il riutilizzo degli acquiferi salinizzati per la ricarica controllata ovvero lo stoccaggio e il riutilizzo ritardato di risorse idriche dolci è svolta in stretta collaborazione con l'Indian Institute of Technology di Roorkee in India.

In termini di integrazione nella comunità scientifica di riferimento, il personale di sede dirige il Coastal Groundwater Network (<https://cgn.iah.org/>) della più importante associazione mondiale degli idrogeologi (IAH) e della Sezione di Idrogeologia della Società Geologica Italiana.



#### Riferimenti bibliografici

- [1] M. WILDE, A. GÜNTHER, P. REICHENBACH, J. MALET, J. HERVÁS, "Pan-European landslide susceptibility mapping: ELSUS Version 2", *Journal of Maps*, 14, 2, 2018, pp. 97-104.
- [2] M.J. FROUDE, D.N. PETLEY, "Global fatal landslide occurrence from 2004 to 2016", *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 18, 8, 2018, pp. 2161-2181.
- [3] N. LOSACCO, F. COTECCHIA, F. SANTALOAIA, C. VITONE, G. PALADINO, "Multi-source data analysis for conceptual modelling of slow landslide mechanisms: Application to the Pianello hillslope in the Daunia Apennines", *Engineering Geology*, 355, 2025.
- [4] E. CRAYOL *et al.*, "Investigating pollution input to coastal groundwater-dependent ecosystems in dry Mediterranean agricultural regions", *Science of The Total Environment*, 954, 2024.
- [5] M. POLEMIO, L.E. ZUFFIANÒ, "Review of Utilization Management of Groundwater at Risk of Salinization", *Journal of Water Resources Planning and Management*, 146, 2020.