

# Mitigo MITIGO

Stato dei lavori del progetto Mitigazione dei Rischi Naturali per la  
Sicurezza e la Mobilità nelle Aree montane del Mezzogiorno

## *Workshop*

### **Il contributo dell'Università della Basilicata all'avanzamento della ricerca**

*14 Novembre 2022*

Università della Basilicata – Scuola di Ingegneria

via dell'Ateneo Lucano, Potenza

Aula Gropius - ore 15.00

## **SOMMARI DELLE PRESENTAZIONI**

## INDICE

### Introduzione

C. Di Maio <i>Il contributo di UNIBAS al progetto MITIGO: Stato dei lavori .....</i>	2
V. Azzilonna, L. Contillo, G. Corrado, G. Dimola, P. Giannandrea, M. Schiattarella <i>Contributi geologici e geomorfologici alla conoscenza dell'area di studio del progetto MITIGO in Basilicata.....</i>	3
V. Satriano, T. Lacava, V. Tramutoli <i>Sviluppo di tecniche satellitari avanzate in banda ottica per il riconoscimento e la mappatura dei corpi di frana</i>	
T. Lacava, V. Satriano, V. Tramutoli <i>Tecniche satellitari avanzate nelle microonde per la mitigazione del rischio idrogeologico: l'esperienza del progetto MITIGO sul territorio lucano.....</i>	4
R. Vassallo, J. De Rosa, V. Caputo, C. Di Maio <i>Riduzione del rischio da frana nella valle del Basento: analisi della dinamica dei movimenti e dell'efficacia degli interventi.....</i>	6
V. Telesca, G. Castronuovo, D. Mazzilli <i>Sviluppo di modelli di downscaling statistico e machine learning per la stima degli estremi di precipitazione.....</i>	7
G. Oliveto, D. Mirauda <i>Interazione fra il fiume Basento e il piede delle frane di Costa della Gaveta e Varco d'Izzo: simulazioni numeriche del campo cinematico delle correnti, della turbolenza e dei fenomeni di trasporto solido.....</i>	8
D. Cardone, A. Flora <i>Sviluppo e calibrazione di modelli numerici per analisi sismiche di viadotti degradati attraverso l'impiego di tecniche di rilievo avanzate ed indagini in sito sui materiali.....</i>	9
M. Vona, A. Flora, P. Harabaglia, B. Manganelli <i>Analisi tipologica, valutazione delle prestazioni e strategie di intervento per la mitigazione del rischio sismico di ponti e viadotti stradali.....</i>	10
G. Santarsiero, A. Masi, V. Manfredi, A. Mecca <i>Scenari di danno sismico e risposta del sistema ospedaliero nell'area MITIGO.....</i>	11
D. Ciampa, M. Diomedì, F.P.R. Marino, S. Olita <i>Infrastrutture per la mobilità sostenibile e adeguamento geometrico-funzionale della viabilità montana nelle Dolomiti Lucane.....</i>	12
U. Petruccelli, D. Fabrizio <i>Collegamenti funiviari per i Comuni di Castelmezzano e Pietrapertosa.....</i>	13
B. Murgante, F. Scorza, R. Piro, V. Santarsiero, A. Annunziata, L. Santopietro, P. Dastoli, P. Pontrandolfi <i>Analisi del sistema insediativo e degli indicatori socio-economici della Basilicata.....</i>	14

## INTRODUZIONE

Nel progetto MITIGO si analizzano soluzioni di mitigazione dei rischi idrogeologico e sismico per i collegamenti viari e per le strutture strategiche di aree montuose e collinari interessate da calamità naturali, carenza di servizi, difficoltà di mobilità e fenomeni di spopolamento.

Il caso di studio è costituito da un'area compresa fra le città di Potenza e Matera, e fra le valli dei fiumi Basento e Bradano. Partendo da questo "laboratorio naturale", vengono studiati sistemi integrati di interventi di messa in sicurezza che minimizzino rischi e costi, e si formulano modelli di analisi, gestione e prevenzione dei rischi. Per il rilievo e il monitoraggio, sistemi terrestri vengono integrati con sistemi di telerilevamento a scale e risoluzioni diverse. Per le analisi e le proposte di riduzione dei rischi si adottano modelli avanzati e si propongono soluzioni innovative, rispettose dell'ambiente. I dati confluiscono in piattaforme informatiche.

La mitigazione dei rischi viene perseguita anche mediante la formulazione di modelli di partecipazione sociale e di incentivazione a comportamenti di auto-protezione dei cittadini. Per la diffusione delle pratiche di riduzione dei rischi idrogeologici e sismici, particolare attenzione è rivolta alla condivisione con le pubbliche amministrazioni.

I diversi gruppi di ricerca dell'Università della Basilicata che partecipano al progetto MITIGO si incontreranno il 14 novembre 2022 per illustrare i risultati aggiornati della loro attività di studio. Dopo aver presentato brevemente il lavoro che stanno eseguendo e i principali risultati conseguiti, analizzeranno le possibili interazioni fra i diversi fenomeni che danno origine ai rischi naturali per l'ambiente costruito, al fine di creare le basi per un approccio olistico alla mitigazione dei rischi idrogeologico e sismico nella nostra Regione e per proporre modelli di analisi e di mitigazione anche per altri contesti territoriali.

Altre informazioni sul progetto e sui risultati che man mano vengono ottenuti sono disponibili sul sito [www.mitigoinbasilicata.it](http://www.mitigoinbasilicata.it).

## **CONTRIBUTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI ALLA CONOSCENZA DELL'AREA DI STUDIO DEL PROGETTO MITIGO IN BASILICATA**

V. Azzilonna, L. Contillo, G. Corrado, G. Dimola, P. Giannandrea, M. Schiattarella

Il territorio compreso tra i comuni di Potenza e Matera ed i fiumi Bradano e Basento rappresenta l'area di indagine del progetto MITIGO, uno studio rivolto alla mitigazione del rischio geomorfologico riguardante gli *asset* infrastrutturali della Basilicata. L'area di studio si estende dal versante orientale della catena appenninica al lembo sud-occidentale dell'avampaese apulo ("Alto morfostrutturale di Matera-Laterza), attraversando un intero transetto di bacino di avanfossa ("Fossa bradanica"). Il tratto di catena orogenica è costituito da terreni di età meso-cenozoica, in gran parte a dominante argillosa. L'avanfossa bradanica è riempita da sedimenti clastici plio-pleistocenici, in prevalenza argillosi. Il paesaggio di frana è dunque ampiamente diffuso in entrambi i settori, comunque principalmente modellati dagli agenti fluviali.

Nell'ambito dei lavori del progetto è stata prodotta una cartografia geotematica multiscala che ha permesso di ottenere un quadro completo dell'assetto geologico e dei caratteri del paesaggio fisico dell'area investigata. In particolare, sono state realizzate una carta delle unità geologiche del transetto d'interesse alla scala del sistema catena-avanfossa, la carta geolitologica dell'intera area di studio, la carta geomorfologica per lo stesso territorio, la carta geologica dell'area di Pomarico in Fossa Bradanica in scala 1:10.000, la carta geologica della valle del Fiume Basento tra Brindisi di Montagna e Campomaggiore in scala 1:10.000 e la carta geologico-geomorfologica della frana di Brindisi di Montagna in scala 1:1000, basata anche su rilievi da UAV. I nuovi dati geologici e geomorfologici mostrano la complessità dell'intera area investigata, caratterizzata dalla sovrapposizione di processi fluviali, gravitativi e di erosione accelerata, localmente guidati da strutture tettoniche.

## **SVILUPPO DI TECNICHE SATELLITARI AVANZATE IN BANDA OTTICA PER IL RICONOSCIMENTO E LA MAPPATURA DEI CORPI DI FRANA**

V. Satriano, T. Lacava, V. Tramutoli

Tra i rischi naturali il rischio idrogeologico è quello divenuto più diffuso sull'intero territorio italiano a causa dell'intensificarsi di eventi meteorologici estremi unitamente a uno sfruttamento incondizionato di territori già fragili dal punto di vista geomorfologico. La Basilicata, per sua conformazione, risulta particolarmente predisposta al rischio di frana e numerosi sono gli eventi di piccola, media e grande intensità che l'hanno interessata nel corso dei decenni con ripercussioni sulle infrastrutture, l'economia e sulla popolazione in generale.

Nell'ambito del monitoraggio del territorio al fine di implementare azioni di prevenzione e mitigazione dei danni legati al rischio di frana, l'utilizzo di sistemi satellitari può essere un valido supporto grazie alle possibilità di vista globale e di ripetizione del campionamento da essi offerte. Tali possibilità sono oggi ulteriormente migliorate dalla messa in orbita di sensori di nuova generazione, come quelli sviluppati nell'ambito del programma Copernicus, che forniscono dati in banda ottica con risoluzioni spaziali di 5-10m e temporali minori di una settimana.

In questo lavoro ci si è occupati di sviluppare una tecnica satellitare multi temporale avanzata per la identificazione e mappatura automatiche delle aree interessate da eventi di frana. Nell'ambito del progetto MITIGO l'approccio RST (Robust Satellite Techniques, Tramutoli 2005) è stato applicato per la prima volta a misure di NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ottenute a partire da dati iSentinel-2/MSI (Multi Spectral Instrument) per riconoscere quelle variazioni di copertura del suolo legate al verificarsi di eventi di frana. I risultati preliminari ottenuti sul territorio lucano mostrano come la tecnica proposta (RST-Cover) sia in grado di riconoscere le aree interessate da frana in maniera affidabile e sensibile. La tecnica è automatica e, essendo basata solo sul dato storico satellitare, completamente esportabile su aree geografiche e sensori satellitari differenti.

## **TECNICHE SATELLITARI AVANZATE NELLE MICROONDE PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO: L'ESPERIENZA DEL PROGETTO MITIGO SUL TERRITORIO LUCANO**

T. Lacava, V. Satriano, V. Tramutoli

Il contenuto d'acqua dei suoli (*soil moisture* - SM) è uno dei parametri fondamentali del ciclo dell'acqua, perché influenza numerosi processi che avvengono a differenti scale spaziali e temporali all'interno dell'intero sistema climatico della terra. Tra i diversi contributi della SM, uno dei principali è quello fornito alle dinamiche di ruscellamento e/o infiltrazione delle acque meteoriche, che può avere un ruolo determinante nell'innescare alcuni fenomeni naturali, come inondazioni, frane e siccità. Le ricerche scientifiche condotte negli ultimi anni hanno mostrato come sensori, sia attivi che passivi, operanti nelle microonde possano fornire informazioni accurate, a differenti risoluzioni spaziali e temporali, circa il contenuto d'acqua dei suoli, almeno degli strati più superficiali (fino a 10 cm). E' chiaro che uno stesso quantitativo di SM possa avere un peso differente nell'innescare i fenomeni di cui sopra, in relazione alla stagione considerata nonché alle caratteristiche topografiche e geologiche dei suoli interessati. Per questo motivo, piuttosto che analizzare i valori assoluti dei prodotti di SM attualmente disponibili, sarebbe meglio essere in grado di valutare le variazioni relative rispetto alla storia di sito, per comprendere se ci si trova di fronte ad una situazione normale o meno e perciò meglio definire i possibili scenari di rischio.

In questo lavoro ci si è occupati proprio dell'implementazione di una metodologia avanzata di analisi di prodotti satellitari di ultima generazione, per verificare l'eventuale insorgenza di valori anomali in corrispondenza di eventi di frana. In via preliminare è stato utilizzato il prodotto "*Surface Soil Moisture*" (SSM) generato dal *Copernicus Global Land System* (CGLS) a partire dalle acquisizioni del radar a bordo dei satelliti della serie *Sentinel 1*. Tali dati, ad una risoluzione spaziale di 1km e temporale sub-settimanale, sono stati analizzati attraverso l'approccio multi-temporale *Robust Satellite Techniques* (RST, Tramutoli 2005) per studiare la frana che ha interessato l'abitato di Pomarico nel gennaio 2019. I risultati preliminari ottenuti saranno mostrati e discussi in questo lavoro, con l'obiettivo di estendere l'analisi all'intero territorio regionale lucano e confrontare gli output ottenuti con serie storiche di misure in situ. Il confronto con i dati in situ sarà svolto sia in termini assoluti (al fine di verificare in che misura il dato satellitare è in grado di fornire una informazione utile anche laddove le misure in situ non sono disponibili) sia in termini di anomalie spazio-temporali al fine di verificare la corrispondenza (almeno) tra patterns anomali presenti in entrambe le serie temporali di misure. A tal fine l'approccio RST verrà implementato su entrambe le serie temporali a partire dalle aree interessate da importanti eventi di frana ricadenti all'interno dell'area test del progetto.

## **RIDUZIONE DEL RISCHIO DA FRANA NELLA VALLE DEL BASENTO: ANALISI DELLA DINAMICA DEI MOVIMENTI E DELL'EFFICACIA DEGLI INTERVENTI**

R. Vassallo, J. De Rosa, V. Caputo, C. Di Maio

L'attività del gruppo geotecnico all'interno del progetto Mitigo è consistita, in una prima fase, nello studio della cinematica di tre grandi sistemi franosi e nell'analisi dell'efficienza dei sistemi di riduzione di pericolosità da realizzare o già realizzati. Sono state eseguite: misure e prove geotecniche di laboratorio e di sito, elaborazione dei dati del monitoraggio, modellazione 3D degli aspetti ritenuti più importanti. Essendo la tipologia di dissesto analizzata molto diffusa in Basilicata e in tutto l'Appennino, con gli studi nella valle del Basento si persegue l'obiettivo di definire strategie di analisi e di riduzione di pericolosità di validità generale per aree geologicamente simili.

In seguito alla consegna dei nuovi DTM elaborati da parte di Geocart e dei dati di spostamento satellitari CSK e Sentinel-1 elaborati da E-GEOS, è stato possibile integrare i dati del monitoraggio da terra con quelli da satellite per numerosi siti interessati da instabilità. È stato quindi affrontato lo studio del grande sistema franoso che si sviluppa in formazioni strutturalmente complesse del Miocene in destra idraulica del fiume Basento, nel Comune di Calciano. La frana interessa la S.S. Basentana e la linea ferroviaria Potenza-Metaponto. L'analisi dei dati geomorfologici, inclinometrici e DInSAR disponibili per l'area ha consentito di valutare l'attuale attività del sistema franoso e l'efficacia di sistemi drenanti realizzati nel passato in diverse fasi. Mediante analisi dei dati piezometrici, delle proprietà meccaniche e idrauliche valutate con prove di sito e di laboratorio e mediante modellazione numerica 3D, si sta cercando di comprendere come modificare ulteriormente la distribuzione di pressioni interstiziali per ridurre la velocità di spostamento.

Con i nuovi dati da satellite, è stato possibile migliorare l'indagine già in corso a Costa della Gaveta, Potenza est, ed estenderla all'intero versante. Si stanno confrontando i modelli digitali del terreno elaborati da Geocart all'interno di MITIGO con quelli di risoluzione confrontabile ottenuti a partire dal 2009. Si stanno analizzando le nuove serie di dati satellitari e si sta continuando il monitoraggio delle grandezze significative con i numerosi sensori di spostamento, di pressioni dell'acqua interstiziale e di pressioni totali ancora funzionanti. È stato progettato un campo prova da realizzare in parte nel corpo di frana e in parte nella zona di alimentazione che servirà a verificare la possibilità di intervenire in modo efficace sulla riduzione delle pressioni interstiziali lungo la superficie di scorrimento e di limitare gli apporti dalla zona di alimentazione. Ovviamente si affronta anche il problema della possibile retrogressione del fenomeno di instabilità.

Si stanno inoltre analizzando i campi di velocità - elaborati a partire dai dati satellitari e dai dati da terra - dei versanti instabili sui quali si sviluppano i collegamenti viari con la S.S. Basentana dei paesi di Grassano, Tricarico, Albano di Lucania, Pietrapertosa, Campomaggiore, Castelmezzano.

È stata avviata la collaborazione con un gruppo del partner PoliBA e con un gruppo dello stakeholder ANAS per lo studio di una galleria vicina a Ferrandina Scalo - nelle argille plio-pleistoceniche della fossa Bradanica - soggetta a deformazioni notevoli e continue, le cui cause non sono ancora chiare.

# **SVILUPPO DI MODELLI DI DOWNSCALING STATISTICO E MACHINE LEARNING PER LA STIMA DEGLI ESTREMI DI PRECIPITAZIONE**

V. Telesca, G. Castronuovo, D. Mazzilli

La simulazione della distribuzione spaziale della quantità di precipitazioni a diverse scale è fondamentale per valutare l'impatto dei cambiamenti climatici sulle attività agricole, la gestione del rischio di alluvioni, i processi di deflusso superficiale e la gestione delle acque di superficie e sotterranee.

I metodi di downscaling, come i modelli markoviani non omogenei a stati nascosti (NHMM), collegano le caratteristiche statistiche delle precipitazioni ai predittori atmosferici per simulare le loro dinamiche alla scala locale in modo più robusto rispetto ai Modelli Generali di Circolazione (GCM).

Tuttavia, nonostante i risultati positivi ottenuti dai modelli NHMM in diversi tipi di applicazioni, tali modelli tendono a: (i) sottovalutare le intensità di pioggia nella stagione autunnale e sovrastimare quelle della stagione primaverile; (ii) hanno difficoltà a rappresentare gli estremi delle precipitazioni; e (iii) necessitano di procedure euristiche per l'identificazione del set ottimale dei predittori atmosferici da adottare.

In questo lavoro di ricerca è stata introdotta una tecnica di pre-elaborazione dei dati di geopotenziale (GPH) e di trasporto integrato di vapor d'acqua (IVT) utilizzando un modello di intelligenza artificiale di tipo Stacking per superare le criticità del modello NHMM presente nella letteratura internazionale. Le componenti principali (PCA) dei dati GPH e IVT sono state trasformate direttamente in probabilità di pioggia sulla base di sei percentili e quindi adottati come predittori intermedi nel modello NHMM.

Il suddetto approccio è stato qui sviluppato per il territorio lucano, molto vulnerabile ai cambiamenti del ciclo idrologico. I campi atmosferici di IVT e di GPH 850 hPa estratti dal database di rianalisi NCEP/NCAR, sono stati assunti come predittori atmosferici ed è stato utilizzato un record di 60 anni di misurazioni giornaliere delle precipitazioni da circa 90 stazioni divise in cluster per il training e la successiva validazione del modello.

## INTERAZIONE FRA IL FIUME BASENTO E IL PIEDE DELLE FRANE DI COSTA DELLA GAVETA E VARCO D'IZZO: SIMULAZIONI NUMERICHE DEL CAMPO CINEMATICO DELLE CORRENTI, DELLA TURBOLENZA E DEI FENOMENI DI TRASPORTO SOLIDO

G. Oliveto, D. Mirauda

L'attività di ricerca del gruppo di Idraulica e Costruzioni Idrauliche dell'Università degli Studi della Basilicata, nell'ambito del progetto MITIGO, ha lo scopo di approfondire le intrinseche e mutue dinamiche fra il cinematismo dei sistemi di frana (soprattutto quelli a cinematismo lento) e gli andamenti plano-altimetrici dei corsi d'acqua al piede di tali sistemi. In questa relazione viene dedicata particolare attenzione al caso di studio riguardante l'interazione tra il fiume Basento e le colate di Costa della Gaveta e Varco d'Izzo, poco ad est della città di Potenza. Ciò al fine di individuare e studiare possibili interventi (a basso impatto ambientale) di mitigazione del rischio idrologico, idraulico e dei conseguenti processi di trasporto solido locale e generale. Le colate in questione insistono sul versante in sinistra idraulica attraversato dalla Strada Statale S.S.407 Basentana, collegante l'Appennino alla litoranea ionica, e dalla linea ferroviaria Potenza - Taranto gestita da RFI - Rete Ferroviaria Italiana. Al fine di comprendere se l'attuale assetto morfologico del tronco del fiume Basento radente le due colate risulti conseguente ad un modellamento vincolato, si è proceduto alla simulazione numerica bidimensionale del campo cinematico (e delle altre caratteristiche idrauliche peculiari) soprattutto in occasione delle correnti di piena ordinaria (i.e. piena indice), a cui spesso si devono i processi di modellamento dei corsi d'acqua. Le simulazioni sono state eseguite con il codice di calcolo, di ampia e consolidata diffusione internazionale, HEC-RAS2D sviluppato dall'U.S. Army Corps of Engineers - Hydrologic Engineering Center. Quale supporto topografico sono stati utilizzati due Modelli Digitali del Terreno (DTM): il primo, con risoluzione di 5 m x 5 m, reso disponibile dalla Regione Basilicata ed il secondo, con un dettaglio maggiore di 1 m x 1 m, realizzato nell'ambito del progetto MITIGO. Le modellazioni numeriche sono state poi eseguite - sebbene si sia ancora in una fase provvisoria - utilizzando anche il codice di calcolo Nays2D dell'IRIC in grado di fornire interessanti informazioni sulle caratteristiche di turbolenza delle correnti e sul trasporto solido sia in termini di evoluzione morfologica del fondo alveo (*bed evolution*) che in termini di possibili erosioni spondali (*bank erosion*). I risultati ottenuti simulando il passaggio di onde di piena e che, in questo stadio della ricerca beneficiano di un supporto cartografico di elevata risoluzione, rafforzano in maniera ancora più nitida, rispetto alle precedenti simulazioni numeriche, le evidenze: **(i)** sull'incassamento forzato dell'alveo principale e la conseguente limitata estensione delle aree di esondazione anche per periodi di ritorno superiori a quelli tipici della piena indice; **(ii)** sulla tendenza alla natura pluricursale del corso d'acqua nelle aree appena esterne al tratto su cui insistono le due colate; **(iii)** sulla distribuzione planimetrica degli sforzi tangenziali e della potenza del flusso (*stream power*) che confermerebbe la sussistenza di criticità localizzate nel caso della colata di Costa della Gaveta e di criticità diffuse nel caso della colata di Varco d'Izzo.

## **SVILUPPO E CALIBRAZIONE DI MODELLI NUMERICI PER ANALISI SISMICHE DI VIADOTTI DEGRADATI ATTRAVERSO L'IMPIEGO DI TECNICHE DI RILIEVO AVANZATE ED INDAGINI IN SITO SUI MATERIALI**

D. Cardone, A. Flora

Al fine di sviluppare ulteriormente e calibrare i modelli numerici per analisi strutturali del viadotto Moliano, sono state condotte delle campagne di rilievo in-situ mediante metodologie estremamente avanzate basate su: (i) tecnologia GEORADAR e (ii) tecnologia SAPR.

I rilievi mediante tecnologia Geo-radar sono stati effettuati dal CNR e sono consistiti essenzialmente nella scansione della base del fusto di due pile del viadotto Moliano, per una altezza di circa 2m dallo spiccatto delle fondazioni. Tale zona, infatti, è quella in cui è prevista la formazione della cerniera plastica. L'elaborazione dei risultati ha consentito di evidenziare zone di copriferro inefficaci in quanto distaccate dal nucleo interno.

I rilievi mediante tecnologia SAPR hanno consentito una valutazione oggettiva, rapida ed efficace dello scenario di degrado e del livello di danneggiamento dei componenti strutturali principali delle sottostrutture (in particolare pile ed apparecchi di appoggio, nonché delle travi di impalcato) delle opere in questione, difficilmente raggiungibili (o addirittura irraggiungibili) per via diretta. I dati raccolti sono in corso di elaborazione e consentiranno di ricostruire il modello tridimensionale georeferito del viadotto corredato di video o ortofoto, per la completa catalogazione ed identificazione delle difettosità riscontrate durante l'ispezione.

Nel corso della presentazione verranno mostrati i primi risultati delle elaborazioni dei dati acquisiti in SAPR e Geo-Radar.

A completamento della campagna di indagini in corso, si procederà alla esecuzione di prove di laboratorio su campioni di calcestruzzo ed acciaio prelevati in sito dai viadotti oggetto di studio.

# **ANALISI TIPOLOGICA, VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI E STRATEGIE DI INTERVENTO PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO SISMICO DI PONTI E VIADOTTI STRADALI**

M. Vona, A. Flora, P. Harabaglia, B. Manganelli

Lo studio è finalizzato alla definizione delle migliori strategie di incremento della resilienza delle comunità, mediante la mitigazione del rischio sismico delle infrastrutture viarie. Per tale motivo, la messa a punto di specifici modelli di analisi, intervento, mitigazione e gestione dei rischi rappresenta un elemento di grande interesse dal punto di vista scientifico e, soprattutto, di trasferimento sul territorio dei risultati della ricerca scientifica.

Il problema va affrontato pensando alla scelta dell'intervento come risultato di procedure di analisi e di valutazioni per la quantificazione degli effetti economici, diretti ed indiretti. In particolare, va portato in conto il costo del ciclo di vita ed i benefici economici. Tra questi vanno considerate le mancate e probabili perdite economiche conseguenti al non intervento derivanti dalla lettura delle interrelazioni esistenti tra eventi che porterebbero alla chiusura di un ponte e gli effetti sul sistema dei flussi di traffico, considerando le possibili ricadute sull'occupazione e sull'economia locale: analisi dei percorsi alternativi, incremento costi e tempi di viaggio.

Sono sintetizzate le attività per la valutazione delle prestazioni sismiche delle opere d'arte (ponti e viadotti) ricadenti nel tracciato della Basentana investigato, riferendosi alle tipologie rilevate e verificate mediante rilievo a campione.

Lo studio è relativo alle pile di ponti e viadotti la cui vulnerabilità è in generale caratterizzata dalla scarsa resistenza a taglio, bassa duttilità e assenza di dettagli costruttivi sismici. Le analisi sono state condotte mediante software agli elementi finiti *OpenSees*, adottando una modellazione a fibre, ovvero a plasticità diffusa, indagando anche rispetto all'interazione terreno – struttura.

Sono infine state analizzate le prestazioni nelle condizioni post intervento.

## SCENARI DI DANNO SISMICO E RISPOSTA DEL SISTEMA OSPEDALIERO NELL'AREA MITIGO

G. Santarsiero, A. Masi, V. Manfredi, A. Mecca

L'attività di ricerca è stata focalizzata sulla mitigazione del rischio sismico delle strutture strategiche, ossia quelle strutture la cui operatività nelle fasi post-emergenziali risulta di fondamentale importanza per la gestione dell'emergenza stessa e per una risposta resiliente agli eventi calamitosi da parte delle popolazioni coinvolte. Tra le strutture strategiche più importanti ci sono gli ospedali che, per via delle diverse specialità e peculiarità di ogni plesso, devono lavorare in rete ed essere valutate complessivamente.

Proprio al fine di valutare la capacità di risposta del sistema ospedaliero nell'area MITIGO, viene descritta una metodologia (in fase di applicazione) per la generazione di scenari di danno sismico riguardanti l'area di studio del progetto, che consente di stimare le conseguenze attese sulla popolazione. Un'analisi di scenario fornisce, infatti, una stima degli effetti sul territorio causati da un evento sismico di riferimento, in base al quale è possibile individuare in tempo di pace, ossia prima del verificarsi di una emergenza sismica, le misure idonee ad affrontare una eventuale emergenza, in termini di collocazione e di dimensionamento delle aree di ricovero e di attuazione degli interventi di primo soccorso. La costruzione di uno scenario richiede la selezione di uno o più eventi sismici di riferimento, la stima del danneggiamento atteso sul patrimonio edilizio e, conseguentemente, del numero di vittime e di feriti, che costituiscono la domanda di cura che il sistema ospedaliero dovrà affrontare.

In questo lavoro, per la valutazione degli effetti sulla popolazione, si è fatto riferimento a terremoti di intensità medio-elevata realmente avvenuti nella regione Basilicata che hanno interessato, tra gli altri, alcuni comuni dell'area MITIGO. La scelta tra gli eventi sismici passati è stata fatta sulla base delle intensità macrosismiche registrate, considerando quindi alcuni terremoti che hanno fatto registrare elevate intensità nei comuni lucani dell'area epicentrale e che hanno coinvolto differenti zone della stessa regione. Tra questi terremoti troviamo il terremoto della Val d'Agri del 1857 di intensità massima registrata pari all'XI grado della scala macrosismica MCS; il terremoto del Vulture del 1930 di intensità massima pari al X grado MCS ed il sisma del 23 novembre 1980 che colpì l'Irpinia e la Basilicata di intensità massima (in Basilicata) IX grado MCS.

Una volta scelti gli eventi sismici di riferimento, la metodologia utilizza i dati relativi alle caratteristiche tipologiche e strutturali degli edifici fornite dal censimento ISTAT per poter effettuare assegnazioni di vulnerabilità tramite il confronto con i dati ottenuti da rilievi sul campo che includono informazioni dettagliate sulle caratteristiche tipologiche e strutturali del patrimonio edilizio privato. Infine, ottenute le classi di vulnerabilità degli edifici nei comuni interessati sulla base delle DPM (Matrici di Probabilità di Danno), si possono valutare le conseguenze attese sulla popolazione colpita così da arrivare ad una stima del numero di vittime e feriti, il quale rappresenta la domanda di cura che gli ospedali devono soddisfare con i posti letto disponibili. Questo permette di individuare eventuali criticità nella gestione sanitaria dell'emergenza sismica atteso che la capacità di cura nelle prime ore dopo un evento sismico assume grande rilevanza per la possibilità di salvare vite umane.

## **INFRASTRUTTURE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE E ADEGUAMENTO GEOMETRICO-FUNZIONALE DELLA VIABILITÀ MONTANA NELLE DOLOMITI LUCANE**

D. Ciampa, M. Diomedì, F.P.R. Marino, S. Olita

La ricerca condotta dall'Area "Strade" nell'ambito del Progetto Mitigo ha consentito sinora di ottenere risultati avanzati su due tematiche principali, ossia, nello studio di materiali ecosostenibili, per la realizzazione di sovrastrutture ciclo-pedonali e nell'adeguamento geometrico-funzionale dei tracciati di viabilità montana che caratterizzano il contesto territoriale delle Dolomiti Lucane.

Il materiale studiato con specifiche sperimentazioni di mix-design e di caratterizzazione prestazionale, condotte nei laboratori di Costruzioni Stradali e di Tecnologia delle Costruzioni dell'Università della Basilicata, riguarda un conglomerato bituminoso da impiegare, in strato unico in ambito extraurbano, per la costruzione di sovrastrutture ciclo-pedonali che al contempo risulti sostenibile in termini ambientali ed economici. Tale sostenibilità è garantita dall'impiego esclusivo di aggregati lapidei di riciclo (CDW-Construction and Demolition Waste) e da tecniche di produzione a freddo con uso di emulsione bituminosa. Il conglomerato riciclato è stato candidato per la costruzione di percorsi ciclo-pedonali ecosostenibili all'interno del comprensorio del Parco Regionale Gallipoli Cognato e Piccole Dolomiti Lucane.

La seconda tematica affrontata riguarda l'adeguamento geometrico-funzionale dei tracciati di viabilità montana che collegano la Basentana ai centri abitati delle Dolomiti Lucane (Castelmezzano, Pietrapertosa, Campomaggiore, ecc.) ed ha consentito di sviluppare una originale metodologia di adeguamento geometrico, basata su tecniche di simulazione di "swept path analysis" che si rivolge, in particolare, ai tornanti stradali e che risulta applicabile anche a livello internazionale. La metodologia proposta è stata applicata e validata, con uno specifico caso di studio relativo alla SP13 nel tratto Basentana-Campomaggiore.

## **COLLEGAMENTI FUNIVIARI PER I COMUNI DI CASTELMEZZANO E PIETRAPEROSA**

U. Petruccelli, D. Fabrizio

La presentazione ha per oggetto i risultati dello studio svolto dall'area ICAR-05 per l'individuazione di alcuni possibili percorsi per i collegamenti funiviari dei comuni di Castelmezzano e Pietrapertosa, fra loro e con la SS.407 Basentana. Detti percorsi tengono conto di molteplici aspetti, quali la stabilità delle aree interessate, l'accessibilità degli attestamenti dal centro degli abitati serviti e dagli svincoli della SS.407, la tipologia e l'entità dell'utenza da servire, i tempi di percorrenza, la tecnologia implementabile, i costi di realizzazione e di esercizio, l'impatto sull'ambiente e sull'ecosistema locale, ecc.) e quindi permettono un raffronto fra le alternative basate su un approccio multi-criteriale.

Le alternative selezionate vengono proposte corredate di schede di valutazione che ne evidenziano gli aspetti caratteristici (quali il tipo di tecnologia più vantaggiosa implementabile, i relativi costi, le prestazioni in termini di tempo di percorrenza e di capacità, gli impatti sul paesaggio) e che ne raffrontano vantaggi e svantaggi da più punti di vista (residenti, turisti, amministrazione comunale e stakeholders vari).

## **ANALISI DEL SISTEMA INSEDIATIVO E DEGLI INDICATORI SOCIO-ECONOMICI DELLA BASILICATA**

B. Murgante, F. Scorza, R. Piro, V. Santarsiero, A. Annunziata, L. Santopietro, P. Dastoli, P. Pontrandolfi

La ricerca ha riguardato la definizione di un quadro metodologico, basato sulle tecniche di analisi geospaziale, per indagare le condizioni di ordine demografico, socio-economico, di accesso delle aree interne; Questo quadro metodologico servirà come strumento per la comprensione delle situazioni esistenti e per la valutazione delle ricadute dei processi decisionali basati sui luoghi, nel quadro della predisposizione di laboratori di partecipazione sociale e di definizione e implementazione di strategie e azioni di pianificazione.

In particolare sono state sviluppate alcune variabili di ordine demografico e socio-economico basate su dati coerenti, puntuali, completi e costantemente integrati. Sono stati inoltre definiti degli indicatori su base comunale, al fine di descrivere le principali tendenze che investono i Comuni della Regione Basilicata.

Tali indicatori includono: i) variazione di Popolazione residente, calcolata per i periodi 1971-1981, 1981-1991, 1991-2001, 2001-2011, 2011-2021; ii) il grado di istruzione della popolazione residente di età superiore a 9 anni nel periodo 2019-2020; iii) il saldo migratorio interno, estero ed il saldo naturale, computati per il periodo 2002-2022; iv) la percentuale di popolazione di età superiore a 65 anni, e la variazione di questa nei periodi 1971-1981, 1981-1991, 1991-2001, 2001-2011, 2011-2021; v) percentuale di disoccupati e di inattivi. I dati relativi alla popolazione residente ed al bilancio demografico sono derivati dal Database Istat; vi) la distribuzione dei contribuenti, su base comunale, per fascia di reddito, il rapporto tra la base imponibile stimata per comune ed il numero di contribuenti, e la variazione di questa nel periodo 2012-2021. Questi dati sono derivati dal Database di Istat e dal Database del Ministero dell'Economia e delle Finanze (MEF); vii) le quotazioni medie, rilevate per l'anno 2021 e per comune, degli edifici ad uso residenziale e terziario, calcolate considerando zone territoriali omogenee (OMI) relative alla zona centrale, sub-centrale e periferica, e gli edifici in condizioni normali; viii) la copertura minima e media della rete 4G, e la velocità media di download, derivata dal database dell'Autorità per le Garanzie nelle Comunicazioni (AGCOM).

La pertinenza di tali indicatori è stata valutata, tramite metodi di learning supervisionato, in termini di precisione e copertura delle regole derivate dagli indicatori nel descrivere le condizioni di perifericità dei comuni della Basilicata, indicate dalla variabile categoriale definita dalla Strategia Nazionale per le Aree Interne.