

Nicoletta Faccitondo, <https://orcid.org/0009-0002-5228-7421>

Dipartimento di Architettura Costruzione e Design, Politecnico di Bari, Italia

nicoletta.faccitondo@poliba.it

Abstract. La diffusa franosità caratterizza i piccoli centri urbani del Subappennino Dauno in Puglia, ponendoli in condizione di fragilità. Un'attività del PRIN TEArch, qui illustrata, è incentrata sullo studio delle cartografie del rischio su tale contesto. L'obiettivo è costruire un archivio di materiali di conoscenza del territorio, per il supporto alla gestione della vulnerabilità nel progetto di architettura. L'osservazione delle carte evidenzia l'acuirsi delle frane in prossimità dei borghi, dimostrando la relazione reciproca tra pressione antropica e ambiente. Per questo l'attività ha prodotto delle mappe integrate del rischio insieme a un abaco delle principali architetture tecniche già usate come strategie di mitigazione in alcuni casi applicativi locali, per fare sintesi sui dati, creando uno strumento di agile consultazione per le fasi successive di pre- e meta-progetto.

Parole chiave: Borghi dauni; Franosità; Modelli conoscitivi; Cartografia; *Nature based solutions*.

La condizione di fragilità di un ambiente costruito è il risultato dell'interrelazione tra molteplici processi; interventi puntuali o emergenziali non risultano sufficienti a governarli, perché inadeguati ad affrontarne le cause profonde. Pertanto, «le criticità relative alla rigenerazione urbana e territoriale [...] segnano la necessità di un'inversione di tendenza negli approcci pianificatori e progettuali. Con riflessioni, ricerche e sperimentazioni per processi di rigenerazione orientati alla e dalla transizione eco-sociale, per far convergere le risorse entro piani di azione e interventi integrati (*site specific e resources based*) in una prospettiva di medio lungo periodo» (Mussinelli *et al.*, 2022).

Tali piani “integrati” richiedono analoghi strumenti, da definire e sperimentare, ed è in questa consapevolezza che si inserisce il lavoro sviluppato nell'ambito del PRIN TEArch (Towards an Earthling Architecture), per la “definizione di strategie di coesistenza e cura per i paesaggi a rischio nell'Italia meridionale”. Ne viene qui illustrata un'attività specifica e introduttiva, incen-

trata su uno degli ambiti di azione individuati dal quadro del PRIN: i borghi dauni, ovvero alcuni dei piccoli centri urbani del territorio del Subappennino Dauno, area interna della Puglia settentrionale – selezionata come oggetto di studio perché interessata dal diffuso e peculiare rischio di frana (Fig. 1). L'attività presentata ha l'obiettivo di comporre un modello conoscitivo della vulnerabilità del territorio e di elaborare uno strumento, derivante da tale modello, per il supporto pratico alla lettura del contesto, e alle attività di progettazione su di esso. È verso il metodo della mappatura che si è orientato il PRIN, per sperimentare sulla rappresentazione integrata di dati qualitativi e quantitativi, ma anche verso la raccolta sistematizzata dei dati in forma di archivio. Di conseguenza, lo strumento sviluppato in questo studio integra due funzioni complementari: da un lato la costruzione di una cartografia multilivello che sovrappone le diverse informazioni, finalizzata alle attività successive di pre- e meta-progetto; dall'altro lo studio di casi applicativi locali di soluzioni tecnologiche già adottate come strategie di mitigazione, per disporre di un abaco di esempi reali da poter valutare nella loro efficacia e replicabilità.

I borghi dauni e la franosità. Interazioni e cause

La ricostruzione dello stato dell'arte sull'oggetto dello studio – primo passo del modello conoscitivo – ha avuto uno sguardo

multidisciplinare, avvalendosi dei contributi interni al PRIN, raccogliendo gli studi di geotecnica sviluppati sui borghi dauni.

I borghi dauni sono 25, censiti dal PPTR (Piano Paesaggistico Territoriale Regionale) della Puglia, che definisce l'ambito territoriale in cui si trovano come “Subappennino Dauno”,

Integrated risk maps and technical architectures for fragile contexts. The Daunia villages

Abstract. Widespread landslides characterise the small urban centres of the Daunia Sub-Apennines in Apulia, placing them in a fragile state. A PRIN TEArch activity, illustrated here, focuses on the study of risk maps in this context. The goal is to build an archive of knowledge materials for the area to support vulnerability management in architectural design. Observation of the maps highlights the increased frequency of landslides near the villages, demonstrating the reciprocal relationship between human pressure and the environment. Hence, the activity produced integrated risk maps along with an abacus of the main technical architectures already used as mitigation strategies in some local applications. This serves to summarise the data and create a user-friendly consultation tool for subsequent pre-project and meta-project phases.

Keywords: Daunia villages; Landslides; Knowledge models; Cartography; Nature-based solutions.

The fragility of a built environment results from the interrelations between multiple processes. One-off or emergency interventions are insufficient to manage them, as they are inadequate to address their root causes.

«The criticalities relating to urban and territorial regeneration [...] mark the need for a trend inversion in planning and design approaches, with reflections, research and experiments for regeneration processes oriented to and from the eco-social transition. The aim is to make resources converge within action plans and integrated interventions (*site-specific and resource-based*) in a medium to long-term perspective» (Mussinelli *et al.*, 2022).

Such “integrated” plans require similar tools to be defined and tested. It is with this awareness that the work developed within the PRIN TEArch (Towards an Earthling Architecture)

project contributes to the “definition of coexistence and care strategies for landscapes at risk in Southern Italy”. A specific and introductory activity is illustrated here, focusing on one of the areas of action identified by the PRIN framework, namely the Daunia villages, or some of the small urban centres in the Daunia Sub-Apennines, an inland area of northern Apulia. This area was selected as a study object because it is affected by a widespread and unique landslide risk (Fig. 1). The objective of the presented activity is to develop a cognitive model of the territory's vulnerability, and to develop a tool, derived from this model, to provide practical support for interpreting the context, and for planning activities based on it. The PRIN has oriented itself towards the mapping method, experimenting with the integrated representation of qualitative



confinato dalla catena appenninica da un lato e dal Tavoliere delle Puglie dall'altro. I borghi e il loro territorio sono di fatto un sistema, con le stesse identitarie "dominanti paesaggistiche" (Regione Puglia, 2015), insediative, fisiche e ambientali; e tra queste vi è la franosità, capillarmente estesa.

Riferimento fondamentale sono le analisi condotte sull'area, anche a supporto del Progetto Strategico 119 della Regione Puglia¹, che spiegano il fenomeno e sviluppano un modello complesso, non solo per l'interpretazione fenomenologica delle frane, ma anche per la loro valutazione, misurazione e monitoraggio, considerandone l'impatto e la possibile evoluzione (Cotecchia *et al.*, 2016). Da tali ricerche si evince che la franosità ha cause sia intrinseche – proprie della geomorfologia del territorio – sia associate a fattori esterni. Prima ragione sono la conformazione idrogeologica e i materiali del suolo: «formazioni flysch ricche di argilla sono diffuse in Daunia e rendono i versanti suscettibili a frane. La presenza di unità geologiche intensamente deformate è un altro fattore predisponente all'instabilità» (Wasowski *et al.*, 2010, tradotto dall'autrice).

and quantitative data, as well as with the systematic collection of data in archive form. Consequently, the tool developed in this study integrates two complementary functions, namely the construction of a multi-level cartography that overlays the various pieces of information, aimed at subsequent pre-project and meta-project activities; and the study of local application cases of technological solutions already adopted as mitigation strategies to have a list of real-world examples, whose effectiveness and replicability can be evaluated.

Daunia villages and landslides. Interactions and causes

Reconstructing the state of the art on the study object – the first step of the cognitive model – had a multidisciplinary perspective, drawing on contributions from within the PRIN, and

gathering together the geotechnical studies developed on the Daunia villages.

There are 25 Daunia villages listed in the PPTR (Regional Territorial Landscape Plan) of Apulia, which defines the territorial area in which they are located as the "Daunia Sub-Apennines", bordered by the Apennine chain on one side, and the Tavoliere delle Puglie on the other. The villages and their territory are effectively a system with the same "dominant landscape" (Regione Puglia, 2015) characteristics, whether settlement-related, physical, or environmental, including the widespread landslide.

A key reference is the analysis conducted in the area, also in support of the Apulia Region's Strategic Project 119¹. They explain the phenomenon and develop a complex model, not only for the phenomenological inter-

E in generale nel territorio appenninico «i pendii a bassa pendenza (ad esempio 10°-12°), formati da argille tettonizzate ad alta plasticità, sono frequentemente interessati da frane profonde (più di 20 m) molto lente (meno di 1,6 m/anno). Questi movimenti lenti possono subire accelerazioni, che rappresentano la fase finale di un'evoluzione di lunga durata in equilibrio. Inoltre, spesso la velocità di questi movimenti segue un andamento stagionale, con valori minimi in estate e massimi tra fine inverno e metà primavera, quando si registrano carichi piezometrici molto elevati fino a grandi profondità» (Cotecchia *et al.*, 2016, tradotto dall'autrice).

L'acqua è fattore cruciale: «le storie dei casi di frana dimostrano che i fattori temporali più significativi sono spesso quelli correlati ai processi indotti dalle precipitazioni e alla loro influenza sull'idrologia, sulle pressioni delle falde acquifere e sulle resistenze effettive dei materiali dei pendii», sebbene non vada tralasciato che «la distribuzione dei cedimenti dei pendii nel tempo e nello spazio rifletta un'interazione di molte variabili» (Wasowski *et al.*, 2010, tradotto dall'autrice).

pretation of landslides, but also for their assessment, measurement, and monitoring, considering their impact and potential evolution (Cotecchia *et al.*, 2016). These studies show that landslides have both intrinsic causes – specific to the geomorphology of the area – and those associated with external factors. The primary causes are the hydrogeological conformation and soil materials: «Clay-rich flysch formations are widespread in Daunia and make slopes susceptible to landsliding. The presence of intensely deformed geological units is another factor predisposing to instability» (Wasowski *et al.*, 2010).

And, in general, in the Apennine region, «low gradient slopes (e.g., 10°-12°), formed of high plasticity tectonised clays, are recurrently found to be affected by very slow (less than 1.6 m/year) deep landslides (more than 20 m

deep). These slow movements can undergo accelerations, which represent the final stage of long-lasting evolution in equilibrium. Moreover, often the rate of these movements is found to follow a seasonal trend, being lowest in summer and maximum in late winter-mid spring, when very high piezometric heads are recorded down to large depths» (Cotecchia *et al.*, 2016). Water is a crucial factor: «landslide case histories demonstrate that the most significant temporal controls are often those related to rainfall-induced processes and their influence on hydrology, groundwater pressures, and effective strength of slope materials», although it should not be overlooked that «the distribution of slope failures in time and space reflects an interaction of many variables» (Wasowski *et al.*, 2010).

Tra queste, e come fattore esterno del rischio di frana, vi è la pressione antropica: dalla seconda metà del Novecento è rilevante l'alterazione dell'uso del suolo, riguardante la deforestazione e l'intensificazione delle colture ad aratura profonda (Wasowski *et al.*, 2010). Altri interventi sono le modifiche apportate al profilo dei pendii; ad esempio nel caso di Lucera – uno dei borghi, collocato sul margine del Subappennino Dauno – il crollo di un corpo di frana vicino al centro abitato risulta inizialmente indotto «dalla lenta dissipazione delle pressioni interstiziali [...] generata da precedenti scavi di cava al piede del versante» (Lollino *et al.*, 2016, tradotto dall'autrice).

E infine, e soprattutto, lo sviluppo urbanistico risulta condizionato dalla franosità: la parte più antica dei borghi dauni si è sempre sviluppata sugli affioramenti rocciosi, anche molto estesi e stabili, che si alternano al terreno fragile. Difatti, l'osservazione delle cartografie del rischio mostra i centri storici dei borghi dauni 'contratti' sulla cima delle alture, costantemente attornati da un "recinto" di corpi di frana distribuiti sui pendii argillosi, barriera topografica all'eventuale espansione cittadina (Cotecchia *et al.*, 2016). Questa 'sapienza' insediativa risulta invece smarrita nelle espansioni urbane più recenti, prevalentemente novecentesche, poiché costruite più a ridosso delle scarpate. Con la conseguenza che molte strutture e infrastrutture interagiscono direttamente con le frane e sono oggi oggetto di danneggiamenti.

Mappe integrate del rischio. Il caso di Rocchetta Sant'Antonio

dauni con l'elaborazione di uno

Completata la ricognizione sullo stato dell'arte, l'attività di ricerca ha proseguito la definizione del modello conoscitivo sui borghi dauni con l'elaborazione di uno strumento che facesse sintesi di

Among these, anthropogenic pressure is an external factor in landslide risk. Land use changes have been significant since the latter half of the twentieth century, involving deforestation and the intensification of deep-ploughing cultivation (Wasowski *et al.*, 2010). Other interventions include modifications to the slope profile. For example, in the case of Lucera – one of the villages located on the edge of the Daunia Sub-Apennines – the collapse of a landslide near the town was initially induced «by the slow dissipation of [...] pore water pressures generated by previous quarry excavations at the slope toe» (Lollino *et al.*, 2016).

Finally, and most importantly, urban development is conditioned by landslide risk. The oldest parts of the Daunia villages have always developed on rocky outcrops, some of which are very large and stable, alternating with

fragile terrain. Indeed, observation of risk maps shows the historic centres of the Daunia villages 'contracted' to the tops of the hills, constantly surrounded by a "fence" of landslides distributed across the clay slopes, a topographical barrier to potential urban expansion (Cotecchia *et al.*, 2016). However, this wisdom has been lost in more recent urban expansions, predominantly from the twentieth century, as settlements were built closer to the slopes. As a result, many structures and infrastructure interact directly with landslides and are now subject to damage.

Integrated Risk Maps. The Case of Rocchetta Sant'Antonio

Once the state-of-the-art survey was completed, the research activity continued to define the cognitive model for the Daunia villages by developing a tool that would summarise what was

quanto appreso, e che potesse essere usato come base per la discussione di piani integrati di progetto: una mappa multilivello, integrante dati qualitativi e quantitativi sulle condizioni di rischio. La prima fase di questa elaborazione è stata l'individuazione dell'area di estensione della mappa, che si è evoluta di pari passo con l'individuazione dell'oggetto di studio.

All'interno del PRIN si è ridotta l'attenzione da tutto il territorio del Subappennino Dauno a un gruppo ristretto di borghi, posti verso il confine tra Puglia e Campania: Rocchetta Sant'Antonio, Candela, Sant'Agata di Puglia; selezionati perché vicini fra loro e disposti nel paesaggio come sistema policentrico, e non gerarchico (Regione Puglia, 2015); suggerendo la possibilità di scenari di progetto integrati, leganti fra loro più centri urbani. Seconda fase è stata la costruzione vera e propria della mappa, sovrapponendo fra loro i livelli individuati e raccolti.

La base cartografica è data dal modello territoriale digitale della banca dati SIT Puglia², disponibile in ambiente GIS. Sono stati selezionati come *layer* da considerare: le curve di livello, come dato quantitativo di misurazione del suolo, e come dato qualitativo paesaggistico; l'edificato, come informazione sull'ambiente costruito; le principali strade e connessioni, come dato infrastrutturale.

Dallo studio preliminare emerge che la comprensione del fenomeno di frana passa attraverso il riconoscimento dei materiali del suolo e delle loro proprietà meccaniche. Pertanto, il secondo livello considerato è stato quello della qualità geologica del suolo, ricavato dalla lettura delle carte dell'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale)³; disponibili in formato cartaceo o *raster*, sono state ridisegnate in CAD per ricreare i contorni degli ambiti geologici che illustrano. Alla scala 100.000 i borghi dauni studiati risultano su suolo compo-

learned and could be used as a basis for discussing integrated project plans, precisely a multi-level map converging qualitative and quantitative data on risk conditions.

The first phase of this development was the identification of the map's extension area, which evolved in parallel with the identification of the study object.

Within the PRIN, the focus was narrowed from the entire Daunia Sub-Apennine territory to a small group of villages located near the border between Apulia and Campania, namely Rocchetta Sant'Antonio, Candela, and Sant'Agata di Puglia. These villages were selected because close to each other and arranged in the landscape as a polycentric, non-hierarchical system (Regione Puglia, 2015). This suggested the possibility of integrated project

scenarios, linking multiple urban centres.

The second phase involved the actual construction of the map, overlaying the identified and collected layers.

The cartographic basis is provided by the digital territorial model of the SIT Puglia² database, available in GIS. The following layers were selected, precisely contour lines, as quantitative measurement data, and as qualitative landscape data; buildings, as information on the built environment; and main roads and connections, as infrastructure data.

The preliminary study revealed that understanding the landslide phenomenon requires recognising the soil materials and their mechanical properties. Therefore, the second level considered was the geological quality of the soil, derived from ISPRA (Higher Institute for Environmental Protec-



sto prevalentemente da arenarie e sabbie del Pilocene, mentre Rocchetta Sant'Antonio si distingue dalle altre, perché si edifica quasi totalmente su un'altura di arenaria quarzosa del Miocene, circondata dal cosiddetto "complesso indifferenziato", fatto di argille stratificate (Fig. 2).

Il terzo livello di mappatura integrata è stato fornito dal progetto "Geo_Puglia", fondamentale piano sui borghi dauni del 2020, risultato della collaborazione tra la Protezione Civile Regionale e l'Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica del CNR, che ha portato a un consistente avanzamento nel processo di disegno georeferenziato dei fenomeni di rischio⁴. La carta Geo_Puglia individua i corpi di frana in maniera puntuale, su tutto il territorio del Subappennino Dauno, ciascuno con proprio perimetro di estensione e direzione di scorrimento, su supporto GeoPackage. È il più importante livello, dal momento che «complete e affidabili mappe di inventario delle frane [...] che mostrino la distribuzione temporale e spaziale dei movimenti di massa sono strumenti essenziali per la comprensione dell'evoluzione geomorfologica del territorio, e la principale fonte di informazione per la valutazione del pericolo e del rischio di frana» (Zumpano *et al.*, 2021, tradotto dall'autrice).

I tre livelli di disegni e informazioni, definiti su supporti di natura diversa, sono stati combinati fra loro in ambiente GIS, mantenendo la georeferenziazione (Fig. 3).

tion and Research) maps. Available in paper or raster format, they were redrawn in CAD to recreate the contours of the geological areas they illustrate. Presented at a scale of 100,000, the Daunia villages studied are on soil composed predominantly of Pilocene sandstones and sands, while Rocchetta Sant'Antonio stands out from the others because it is built almost entirely on a Miocene quartz sandstone hill, surrounded by the so-called "undifferentiated complex", made up of stratified clays (Fig. 2).

The third level of integrated mapping was provided by "Geo_Puglia" project, an essential 2020 plan for the Daunia villages, resulting from the partnership between the Regional Civil Protection and the Research Institute for Hydrogeological Protection of the CNR. It led to significant advances in the process of georeferenced mapping of risk

phenomena. The Geo_Puglia map identifies landslides precisely across the entire Daunia Sub-Apennine territory, each with its own perimeter and direction of flow, using GeoPackage support.

This is the most important level, since «complete and reliable landslide inventory maps [...] showing the spatial and temporal distribution of mass movements are essential tools to understand the geomorphological evolution of the territory, and the main source of information for landslide hazard and risk assessments» (Zumpano *et al.*, 2021).

The three levels of drawings and information, defined on different media, were combined in a GIS environment, maintaining georeferencing (Fig. 3). Reading the map this way helped to identify a specific case study among the four selected villages, precisely

La lettura della mappa così composta ha dato come risultato l'individuazione di un caso di studio specifico tra i quattro borghi già selezionati: Rocchetta Sant'Antonio, per l'immediata correlazione tra conformazione del suolo, sviluppo urbano e diffusione dei corpi di frana (Fig. 4).

La fase successiva è stata quindi il restringimento della mappa sulla sola Rocchetta. Per questa fase i livelli sono stati esportati in ambiente CAD, al fine di rendere la mappa maggiormente pratica, ed essenziale dal punto di vista rappresentativo, facendo emergere relazioni e vincoli fra gli elementi (Fig. 5).

Il risultato principale ottenuto tramite la lettura e discussione della mappa integrata del rischio su Rocchetta è la messa in evidenza del rapporto tra sviluppo urbano e franosità. La mappa conferma infatti che l'urbanizzazione si sia ampliata adattandosi nel tempo alla condizione di rischio, per poi perdere questa connessione in epoche più recenti: la cittadella altomedievale, parte più antica e storica della città, parte da Sud, disponendosi lungo una altura rocciosa lambita dai corpi di frana. Le giaciture delle costruzioni delimitano il perimetro dei gruppi di frane stesse, facendo supporre che si tratti di frane antiche per cui il rischio di scivolamento fosse conosciuto e aggirato. In seguito, a partire dal Seicento, il borgo si è espanso in due rami, lungo i pendii, ma evitando i corpi di frana. L'espansione novecentesca invece sembra ignorare le condizioni di rischio, e va sia a so-

Rocchetta Sant'Antonio for the immediate correlation between landform, urban development, and the spread of landslides (Fig. 4).

The next step was to narrow the map to just Rocchetta. For this step, the layers were exported to a CAD environment to make the map more practical and representative, highlighting relationships and connections between the elements (Fig. 5).

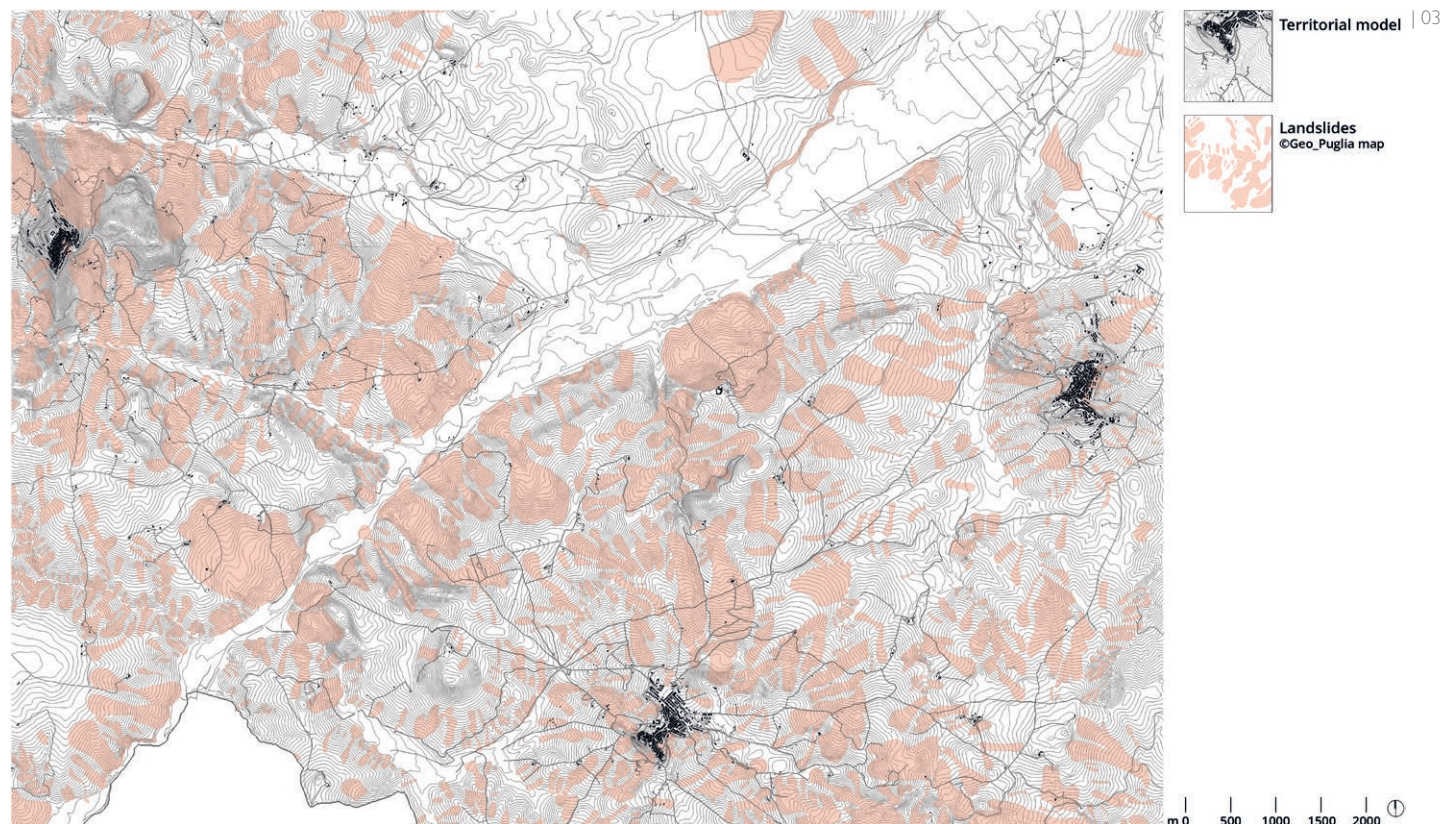
The main outcome of reading and discussing the integrated risk map of Rocchetta was the highlighted relationship between urban development and landslide risk. It confirms that urbanisation expanded, adapting over time to the risk, only to lose this connection in more recent times. Indeed, the early medieval citadel, the oldest and most historic part of the city, extends from the south, along a rocky hillside bordered by landslides. The locations of

the buildings delimit the perimeter of the landslide groups, suggesting that these were ancient landslides for which the risk of slipping was known and avoided. Subsequently, starting in the seventeenth century, the village expanded in two branches, along the slopes, but avoiding landslides. However, twentieth-century expansion seems to ignore risk conditions, sometimes overlapping with landslides or in areas affected by them, or extending over part of the predominantly clayey terrain. In this case, the integrated risk map suggests identifying areas requiring safety measures, or areas of action that could be part of future integrated plans (Fig. 6).

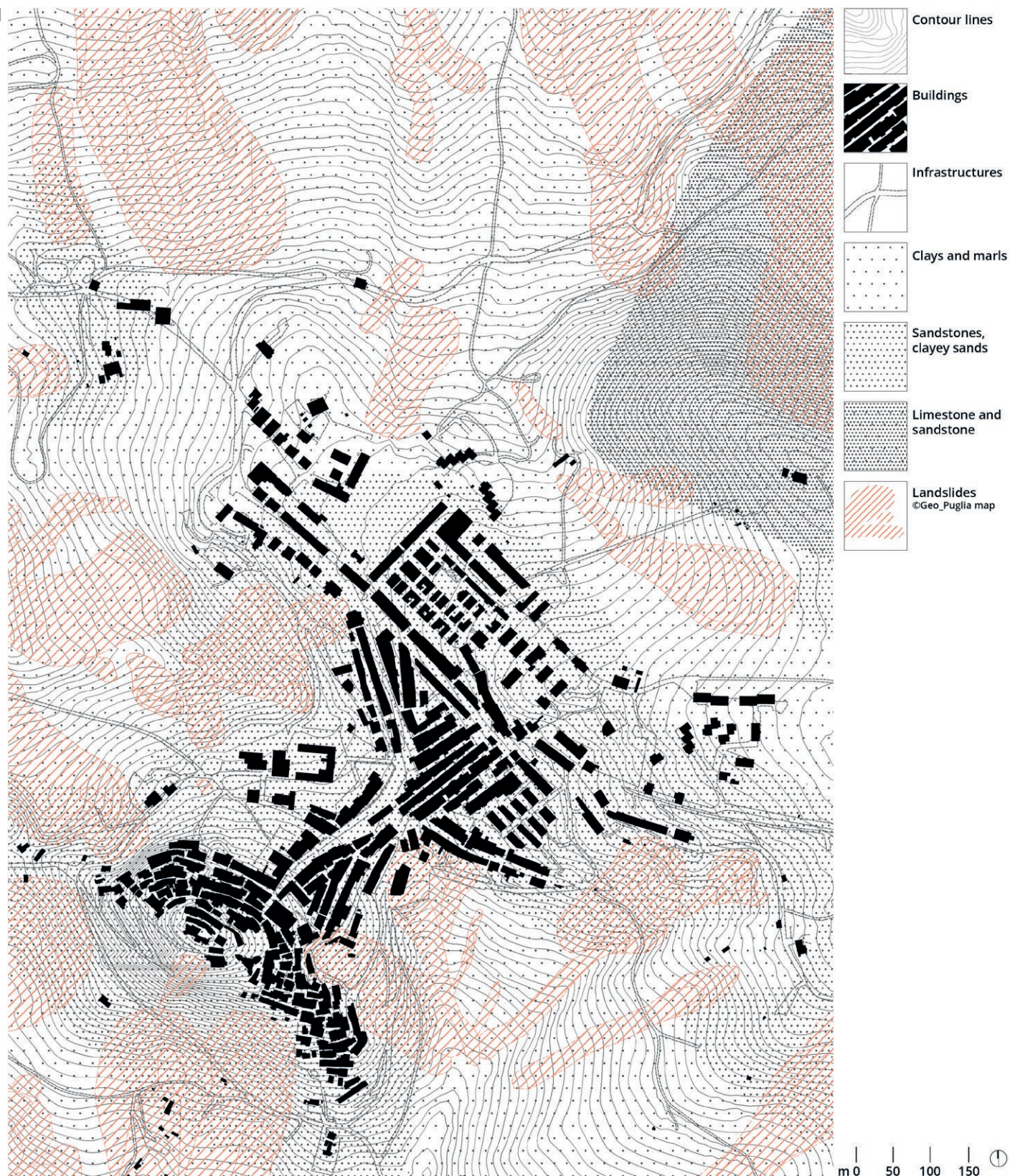
As just demonstrated, integrated maps are not merely a collection of information but an operational tool as they enable to understand the built environment in relation to the topology and

vrapporsi in alcuni casi alle frane, sia a zone di loro influenza, sia si stende su parte del terreno composto a prevalenza argillosa. La mappa integrata del rischio suggerisce qui l'individuazione di aree che necessitano di messa in sicurezza, o ambiti di azione che possano essere parte di futuri piani integrati (Fig. 6).

Come appena dimostrato, le mappe integrate non sono semplicemente collezione di informazioni ma strumento operativo, che consente la comprensione della realtà costruita in rapporto alla topologia e alle sue fragilità; e poiché «la sintesi critica [...] si può esplicitare tramite mappe» delineando «nuove "geografie



05 |



del rischio” che possono diventare costruttivamente traccia di progetto» (Miano, 2024), esse celano, per di più, già spunti progettuali impliciti e azioni prefigurative.

Architetture tecniche per la mitigazione del rischio: abaco operativo

Per completare l'archivio sistematico del modello conoscitivo, oltre alle mappe integrate è stato parallelamente composto un

abaco schematico che rappresenta alcune tipologie note di intervento per la gestione e mitigazione del rischio, realizzati o consigliati per l'area dauna, o per ambiti territoriali limitrofi e franosi. Con l'obiettivo della «necessità di ricomporre il rapporto tra le scale del piano urbanistico e del progetto urbano e architettonico» (Mussinelli, 2022), e quindi consentire alle fasi successive di pianificazione di poter prevedere anche delle architetture tecniche, a partire dalla valutazione dell'efficacia e replicabilità delle soluzioni riassunte nell'abaco.

A titolo di esempio, ritornando al caso già citato di Lucera, il pendio collassato – protagonista di un lungo processo di scivolamento conosciuto dagli anni Ottanta, che si è generato a seguito della dismissione del sito usato precedentemente come cava – è stato trattato per essere messo in sicurezza: l'intervento ha richiesto la riprofilazione della scarpata e la costruzione di un terrapieno alto 30m al piede, così come lo scavo di trincee drenanti longitudinali profonde 12m. Un sistema di drenaggio è consigliato – non attuato – per una frana antica presso il borgo di Volturino, sempre nel Subappennino Dauno ma verso il confine con il Molise. Un esempio esterno alla Daunia, ma limitrofo, in territorio molisano, è il borgo di Petacciato, soggetto a frane a notevole movimentazione, per cui è suggerita la sta-

bilizzazione superficiale, che si suppone possa dare vantaggio indiretto anche ai processi attivi più in profondità (gli esempi qui citati e le loro valutazioni sono da Cotecchia *et al.*, 2012) – la stabilizzazione superficiale si ottiene con l'abbinamento di talee o piantine con inerti di legname, terra o rocce, disposti in maniera puntuale o lineare a formare dei rinforzi e contenimenti dei pendii soggetti a scivolamento; oltre ad avere scarso impatto ambientale, agisce su due fronti: l'arresto del movimento della frana ma anche l'impedimento di infiltrazione da acque (Ligato *et al.*, 2002).

I risultati delle ricerche dimostrano come il beneficio per la messa in sicurezza delle frane si ottenga principalmente operando sulla causa scatenante del movimento o distacco del suolo, ovvero sull'alleggerimento del carico piezometrico, ottenibile tramite *nature based solutions* come opere di regimentazione o drenaggio delle acque, ma anche di ripiantumazione di vegetazione a radicazione profonda; le *nbs* hanno inoltre il vantaggio di poter essere efficaci in breve tempo grazie alla natura sufficientemente permeabile del suolo argilloso che caratterizza in maniera estesa le aree subappenniniche (Cotecchia *et al.*, 2020). Le *nbs*, operando sulla causa e non sulle conseguenze dello scivolamento, hanno pertanto una previsione a lungo termine e risultano avere un minore impatto sull'ambiente rispetto alle più tradizionali opere di mitigazione delle frane, basate sul contenimento del terreno (come palificate, gabbionate e muri tirantati) (Cotecchia *et al.*, 2020).

Conclusioni

Il modello di conoscenza sviluppato dall'attività vede quindi l'elaborazione di mappe integrate che riportino le condizioni

its fragilities. Moreover, since «critical synthesis [...] can be expressed through maps, outlining new “geographies of risk” that can constructively become a blueprint for a project» (Miano, 2024, translated by the author), they also conceal implicit design cues and prefigurative actions.

Technical architectures for risk mitigation: operational abacus

To complete the systematic archive of the knowledge model, in addition to the integrated maps, a schematic abacus was also compiled. It featured some known types of interventions for risk management and mitigation, implemented or recommended for the Daunia area, or for neighbouring and landslide-prone areas. This objective was achieved through the «need to reconstruct the relationship between the scales of the urban plan and the urban

and architectural project» (Mussinelli, 2022), thus enabling subsequent planning phases to also include technical architectures, starting with an assessment of the effectiveness and replicability of the solutions summarised in the abacus.

For example, returning to the case of Lucera, the collapsed slope – the subject of a long-running landslide known since the 1980s, which arose following the decommissioning of the site previously used as a quarry – was treated to make it safe. The intervention required reprofiling the slope and building a 30-metre-high embankment at its base, as well as digging 12-metre-deep longitudinal drainage trenches. A drainage system was recommended, but not implemented, for an ancient landslide near the village of Volturino, also in the Daunia Sub-Apennines but near the border with Molise. An exam-

ple in Molise, adjacent to Daunia, is the village of Petacciato, subject to highly mobile landslides. Surface stabilisation is recommended, which is believed to also indirectly benefit processes active deeper down (the examples cited here and their evaluations are from Cotecchia *et al.*, 2012). Surface stabilisation is achieved by combining cuttings or seedlings with wood, soil, or rock aggregates, arranged in specific or linear patterns to form reinforcements designed to contain slopes subject to sliding. In addition to having scarce environmental impact, it acts on two fronts by both halting the movement of the landslide, and preventing water infiltration (Ligato *et al.*, 2002).

Research results demonstrate that landslide safety benefits are achieved primarily by addressing the underlying cause of ground movement or detachment, thus by reducing the piezomet-

ric load. This can be achieved through nature-based solutions (NBS), such as water management or drainage, but also by replanting deep-rooted vegetation. NBS also have the advantage of being rapidly effective thanks to the sufficiently permeable nature of the clayey soil that characterises the Sub-Apennine areas (Cotecchia *et al.*, 2020). Hence, by addressing the cause and not the consequences of landslides, NBS have a long-term impact, and appear to have a lower environmental impact than more traditional landslide mitigation measures, which rely on soil containment (such as pilings, gabions, and tie walls) (Cotecchia *et al.*, 2020).

Conclusions

The knowledge model developed by the activity involves the development of integrated maps showing both risk

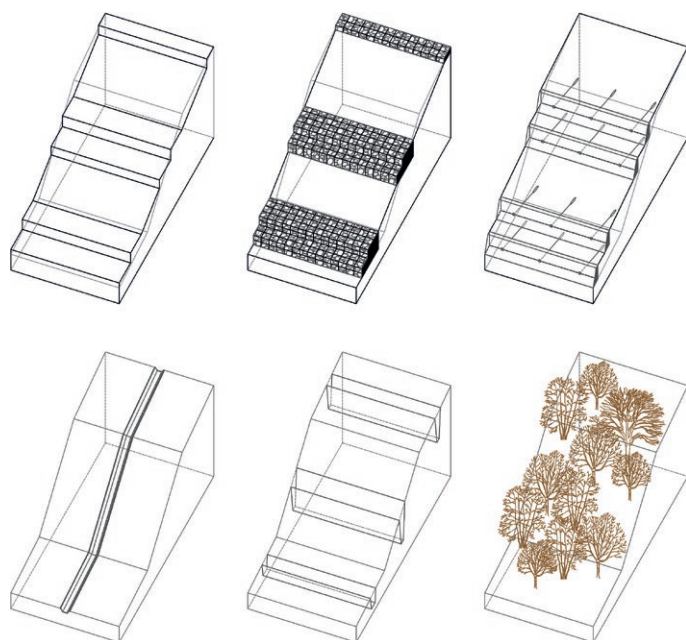
06 |



di rischio da un lato, e una casistica di esempi reali di caratterizzazioni architettoniche della mitigazione del rischio dall'altro. La separazione netta tra questi due componenti costituisce un necessario limite: l'approccio descritto negli esempi di soluzioni mitigative è infatti *site specific*, basato sulla condizione e sul comportamento di ciascuna frana affrontata; pertanto, non è semplicemente trasferibile in altri casi: le attività progettuali dovranno avvalersi anche della diagnostica puntuale sui singoli corpi di frana. L'abaco di esempi è tuttavia un riferimento importante per comprendere e schematicamente confrontare fra loro le strategie di gestione e la loro eventuale combinazione, in modo da renderle base per il progetto integrato, non di meri dispositivi ma di architetture tecniche.

È il metodo sperimentato nelle mappe ad essere trasferibile anche in altri ambiti, rendendo replicabile la sintesi che fanno dei fattori attivi nelle aree studiate, che ha ricaduta pratica nella comunicazione negli accordi di consulenza scientifica previsti con le pubbliche amministrazioni, come nei borghi dauni, diventando uno strumento di agile consultazione per uffici e stakeholders.

Dalle mappe non derivano infatti nuovi dati, ma un nuovo modo di leggerli a seconda dei livelli evidenziati e messi in relazione. I loro limiti attuali aprono la strada agli ulteriori sviluppi futuri: è soprattutto l'interazione tra sviluppo urbano e franosità a dover essere ulteriormente esplorata; mettendo in relazione i danneggiamenti osservati negli edifici con le frane che li causano, e analizzando gli ammagliamenti e le risposte alle sollecitazioni del rischio. Le condizioni di fragilità e dissesto vanno affrontate infatti nella chiave di tutela del patrimonio paesaggistico e architettonico esistente, a cui tendono le mappe integrate per una



lettura incrociata dei dati sulle aree a rischio, per giungere a individuare le più opportune strategie di intervento.

Il superamento della frammentarietà dei singoli ambiti di conoscenza e la connessione tra gli ambiti di scala sono risultati in questa attività fondamentali per una migliore valutazione dell'impatto del rischio sull'ambiente costruito; e le informazioni raccolte dimostrano che «l'entità degli effetti che un potenziale fattore di pericolo può generare sull'ambiente costruito è riferita da un lato alla predisposizione intrinseca del contesto a subire danni di natura antropica o naturale, dall'altro al suo grado di resilienza e alla sua capacità di adattamento» (Losasso, 2018) e pertanto la vulnerabilità può avere una migliore risposta combinando le strategie di mitigazione con la capacità di convivenza con il rischio.

conditions, and a case study of real-world examples of architectural risk mitigation characterisations.

The clear separation between these two components constitutes a necessary limitation. In fact, the approach described in the examples of mitigation solutions is site-specific, based on the condition and behaviour of each landslide encountered; therefore, it cannot simply be transferred to other cases. The design activities must also take advantage of specific diagnostics of individual landslide bodies. However, the abacus of examples is an important reference for understanding and schematically comparing management strategies and their possible combinations, so as to make them the basis for an integrated project, not of mere devices but of technical architectures. The method tested in the maps is transferable to other fields, enabling the

replication of the active factors in the studied areas. This has practical implications for communication in scientific consultancy agreements with public administrations, as in the Daunia villages, becoming a convenient consultation tool for offices and stakeholders.

The maps do not generate new data, but rather a new way of interpreting them based on the levels highlighted and correlated. Their current limitations pave the way for further future developments. Especially the interaction between urban development and landslide risk needs to be further explored, correlating the damage observed in buildings with the landslides that cause them, and analysing the entanglements and responses to risk stresses. Conditions of fragility and instability must be addressed within the framework of protecting the existing landscape and architectural heritage,

which is what integrated maps aim for. This allows for a cross-referencing of data on at-risk areas, enabling the most appropriate intervention strategies to be identified.

Overcoming the fragmentation of individual areas of knowledge and connecting scales has proven crucial in this activity for better assessing the impact of risk on the built environment. The information collected demonstrates that «the extent of the effects a potential danger factor can generate on the built environment refers to the intrinsic predisposition of the context to suffering anthropogenic or natural damage, and to its degree of resilience, as well as to its capacity for adaptation» (Losasso, 2018).

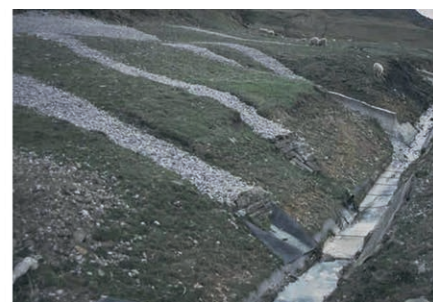
Therefore, vulnerability can be better addressed by combining mitigation strategies with the ability to coexist with risk.

ATTRIBUTION, ACKNOWLEDGMENTS, COPYRIGHT

The activity was conducted within the PRIN-PNRR 2022 "Towards an Earthling Architecture. Strategies of Coexistence and Care for Landscapes at Risk in Southern Italy" (TEArch), University of Naples Federico II (scientific coordinator Pasquale Miano), with University of Catania-Syracuse (Marco Navarra), University of Cagliari (Giorgio Peghin), and Polytechnic University of Bari (Marco Mannino). The mapping of the landslide bodies of the Daunia Sub-Apennines is part of the Geo_Puglia project.

NOTES

¹ Progetto Strategico PS_119 "Valutazione del rischio da frana per la pianificazione di centri urbani minori in zone di catena: il caso della Daunia",



ATTRIBUZIONE, RICONOSCIMENTI, DIRITTI D'AUTORE

L'attività è stata condotta all'interno del PRIN-PNRR 2022 Towards an Earthling Architecture. Strategies of Coexistence and Care for Landscapes at Risk in Southern Italy (TEArch), Università Federico II di Napoli (coordinatore scientifico Pasquale Miano), con Università di Catania-Siracusa (Marco Navarra), Università di Cagliari (Giorgio Peghin), Politecnico di Bari (Marco Mannino). La mappatura dei corpi di frana del Subappennino Dauno appartiene al progetto Geo_Puglia.

NOTE

¹ Progetto Strategico PS_119 "Valutazione del rischio da frana per la pianificazione di centri urbani minori in zone di catena: il caso della Daunia", Regione Puglia, coordinatore scientifico: Federica Cotecchia.

² Available at: <https://pugliacon.regione.puglia.it/web/sit-puglia-sit>.

³ Available at: <https://www.isprambiente.gov.it/it/banche-dati/banche-dati-folder/suolo-e-territorio/cartografia-geologica-e-geotematica>.

⁴ Available at: "Valutazione integrata di dissesti geo-idrologici nel territorio della regione Puglia, modelli interpretativi dei fenomeni e definizione di soglie di pioggia per il possibile innesco di frane superficiali". P.O.R. PUGLIA 2014-2020, Asse V-Azione 5.1 (Geo_Puglia). Referente CNR: Piernicola Lollino. Scheda del progetto: <https://www.irpi.cnr.it/project/geopuglia/>.

REFERENCES

Cotecchia, F., Petti, R., Milella, D., Lollino, P. (2020), "Design of medium depth drainage trench systems for the mitigation of deep landsliding", *Ge-*

osciences, Vol. 10, n.5, pp. 174-198. Available at: <https://doi.org/10.3390/geosciences10050174>

Cotecchia, F., Santaloia, F., Lollino, P. (2012), "Slow landsliding as effect of hydro-mechanical coupled processes: examples of resulting damages and mitigation strategies", Large slow active slope movements and risk management, *Proceedings of the 2nd Italian Workshop on Landslides, Napoli, Italy, September 27-30, 2011*, CUES, Salerno, pp. 71-79. Available at: <http://dx.doi.org/20.500.14243/222532>

Cotecchia, F., Vitone, C., Petti, R., Soriano, I., Santaloia, F., Lollino, P. (2016), "Slow landslides in urbanised clayey slopes: an emblematic case from the south of Italy", Landslides and Engineered Slopes. Experience, Theory and Practice, *Proceedings of the 12th International Symposium on Landslides, Napoli, Italy, June 12-19, 2016*, CRC Press, Leiden, NL, pp. 691-698. Available at: <http://dx.doi.org/10.1201/9781315375007-69>

Ligato, D., Serva, L., Marasciulo, T., Pascarella, F., Guerra, M., Sassanelli, V., Comedini, M., Silvestri, S. (2002), *Atlante delle opere di sistemazione dei versanti*, APAT Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici, Roma. Available at: <https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/manuali-e-linee-guida/atlane-delle-opere-di-sistemazione-dei-versanti-2> (Accessed on 01/09/2025).

Lollino, P., Cotecchia, F., Elia, G., Mitaritonna, G., Santaloia, F. (2016), "Interpretation of landslide mechanisms based on numerical modelling: two case-histories", *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, Vol. 20, n.9, pp. 1032-1053. Available at: <http://dx.doi.org/10.1080/19648189.2014.985851>

Losasso, M. (2018), "Progetto, Ambiente, Resilienza", *Techne*, n. 15, pp. 16-20. Available at: <http://dx.doi.org/10.13128/Techne-23195>

Miano, P. (2024), "Il progetto dei paesaggi a rischio", in Miano, P., Di Palma, B. (Eds.), *Paesaggi a rischio. Fragilità, vulnerabilità e progetto*, LetteraVenti-due, Siracusa, pp. 18-37.

Mussinelli, E., Schiaffonati, F., Torricelli, M.C. (2022), "Per un cambiamento necessario", *Techne*, n. 23, pp. 15-20. Available at: <http://dx.doi.org/10.36253/techne-12915>

Regione Puglia - Assessorato all'Assetto del Territorio (2015), *Elaborato n. 5 del PPTR. Ambito 2/Monti Dauni*, Available at: <https://pugliacon.regione.puglia.it/web/sit-puglia-sit/pptr-piano-paesaggistico-territoriale-regionale> (Accessed on 01/09/2025).

Wasowski, J., Lamanna, C., Casarano, D. (2010), "Influence of land-use change and precipitation patterns on landslide activity in the Daunia Apennine, Italy", *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, Vol. 43, n.4, pp. 387-401. Available at: <http://dx.doi.org/10.1144/1470-9236/08-101>

Zumpano, V., Ardizzone, F., Bucci, F., Cardinali, M., Fiorucci, F., Parise, M., Pisano, L., Reichenbach, P., Santaloia, F., Santangelo, M., Wasowski, J., Lollino, P. (2021), "The relation of spatio-temporal distribution of landslides to urban development (a case study from the Apulia region, Southern Italy)", *Journal of Maps*, Vol. 17, n. 4, pp. 133-140. Available at: <http://dx.doi.org/10.1080/17445647.2020.1746417>

Regione Puglia, scientific coordinator: Federica Cotecchia.

² <https://pugliacon.regione.puglia.it/web/sit-puglia-sit>.

³ <https://www.isprambiente.gov.it/it/banche-dati/banche-dati-folder/suolo-e-territorio/cartografia-geologica-e-geotematica>.

⁴ "Valutazione integrata di dissesti geo-idrologici nel territorio della regione Puglia, modelli interpretativi dei fenomeni e definizione di soglie di pioggia per il possibile innesco di frane superficiali". P.O.R. PUGLIA 2014-2020, Asse V-Azione 5.1 (Geo_Puglia). CNR contact: Piernicola Lollino. Scheda del progetto: <https://www.irpi.cnr.it/project/geopuglia/>.