

PRININSITE

Le sfide di INSITE

PROGETTO PRIN 2022 INSITE

INTEGRATED SHARED KNOWLEDGE: FROM GEO-PALEONTOLOGICAL HERITAGE
TO PRESENT TERRITORIAL CHALLENGES

a cura di
Rosa Anna La Rocca e Filomena Ornella Amore

Federico II University Press



fedOA Press



Università degli Studi di Napoli Federico II

Le sfide di INSITE

PROGETTO PRIN 2022 INSITE

*INtegrated Shared knowledge: from geo-paleontological
herItage to present TErritorial challenges*

a cura di

Rosa Anna La Rocca e Filomena Ornella Amore

Federico II University Press



fedOA Press

Titolo : Le sfide di INSITE_PROGETTO PRIN 2022 INSITE
*INtegrated Shared knowledge: from geo-paleontological heritage
to present TERRitorial challenges*/Rosa Anna La Rocca, Filomena
Ornella Amore – Napoli : FedOAPress, 2025 – 166 p. : ill. ; 21 cm.

Accesso alla versione elettronica: www.fedoabooks.unina.it

ISBN: 978-88-6887-390-5

DOI: 10.6093/978-88-6887-390-5

Editors

Rosa Anna La Rocca, Università degli Studi di Napoli Federico II
Filomena Ornella Amore, Università degli Studi del Sannio di Benevento

Comitato scientifico:

Filomena Ornella Amore, Università degli Studi del Sannio di Benevento
Carmen Argenio, Università degli Studi del Sannio di Benevento
Romano Fistola, Università degli Studi di Napoli Federico II
Rosa Anna La Rocca, Università degli Studi di Napoli Federico II
Ida Zingariello, Università degli Studi di Napoli Federico II

© 2025 FedOAPress - Federico II University Press
Università degli Studi di Napoli Federico II
Centro di Ateneo per le Biblioteche “Roberto Pettorino”
Piazza Bellini 59-60
80138 Napoli, Italy
<http://www.fedoapress.unina.it/>
Published in Italy

Gli E-Book di FedOAPress sono pubblicati con licenza Creative
Commons Attribution 4.0 International

Copertina e progetto grafico: Team INSITE

Indice

Introduzione	7
<i>Patrimonio culturale tra rigenerazione territoriale e tutela</i>	15
Rigenerazione del territorio e patrimonio culturale: esperienze e progetti Simona Tondelli	17
I siti di interesse geopaleontologico e l'attività di tutela della Soprintendenza. Criticità e nuove prospettive di ricerca Simone Foresta e Domenico Oione	27
<i>Unicità e vulnerabilità dei siti di INSITE</i>	35
Il contesto geologico delle “Ciampate del diavolo”, risultati e prospettive Mauro Antonio Di Vito e Adolfo Panarello	37
Leggere le orme umane: il sito di Tora e Piccilli Adolfo Panarello	45
Geologia stratigrafica e sedimentologia: il sito di Pietraroja dal Cretacico al Miocene superiore. Il modello geologico di riferimento Maria Rosaria Senatore e Agostino Meo	57
Pietraroja e il piccolo <i>Ciro</i> . <i>Scipionyx samniticus</i> : storia di un reperto fossile unico al mondo Cristiano Dal Sasso	71

Misurare la rilevanza scientifica e la vulnerabilità: un'applicazione ai siti di INSITE 85

Carmen Argenio e Filomena Ornella Amore

Nuove modalità di fruizione delle risorse territoriali: le proposte di INSITE 93

La fruizione del territorio di INSITE: limiti e potenzialità di sviluppo 95

Rosa Anna La Rocca, Mariacarla De Palma e Caterina Cice

Sistematizzare le informazioni: il database bibliografico ed il Paleodatabase 113

Filomena Ornella Amore e Carmen Argenio

Connettere persone e territori: i Living Lab e la Paleociclovía del progetto INSITE 123

Romano Fistola, Rosa Anna La Rocca e Ida Zingariello

Innovazione tecnologica e fruizione aumentata dei siti di INSITE 137

Ida Zingariello, Rosa Anna La Rocca e Romano Fistola

Materia sonora, tra eco del passato e visione futura: ricerca-creazione musicale e sound art per la valorizzazione e la riscoperta del territorio 151

Filippo Fabbri

Nel presentare i risultati del progetto PRIN 2022 “INSITE” Integrated Shared Knowledge from Geo-Paleontological Heritage to Present Territorial Challenges finanziato dal Ministero dell’Università e della Ricerca (MUR), il termine “sfide” è sembrato il più attuale e adeguato al momento particolare che stiamo vivendo, soprattutto se si considerano le condizioni di contesto territoriali e le “transizioni” che ci vengono proposte come possibilità risolutive. Abbandonato il riferimento cruento, in questo contesto, il concetto di sfida assume un’accezione positiva che rimanda ad un’occasione di confronto e di crescita collettiva, per assumere poi, con riferimento al territorio, anche una “dimensione olistica-sistemica” nella quale aspetti ambientali, sociali, economici, culturali e territoriali si influenzano reciprocamente. Il riferimento alle sfide territoriali – come lo spopolamento delle aree interne, l’invecchiamento della popolazione, la riduzione delle nascite, il degrado paesaggistico, l’adattamento climatico, gli squilibri e le disuguaglianze socio-economiche – è diventato quasi un tormentone nel dibattito accademico e politico italiano degli ultimi anni, un refrain onnipresente, spesso usato come passe-partout, senza profondità analitica specifica, che rischia di diluire il rigore metodologico necessario quando si affrontano tematiche connesse alla complessità del territorio. In tal senso, nella stesura del progetto “INSITE” si è preferito mantenere l’accezione evolutiva da “disfida” medievale a “catalizzatore innovativo”, come processo in grado di accelerare o innescare trasformazioni positive in un sistema complesso, senza consumare le risorse, provando a ricoprire il ruolo di leva per l’innescare di sinergie e impatti diffusi, individuando hub territoriali – come, ad esempio, i siti paleontologici – per attivare meccanismi di rigenerazione economica e culturale.

L’idea alla base del progetto si origina da tali presupposti, proponendo un approccio interdisciplinare tra saperi che, proprio perché apparentemente distanti, si completano vicendevolmente.

Non è scontato e non è neanche semplice, ma è possibile ed è uno dei principali obiettivi della ricerca scientifica e, forse, proprio la prima sfida di questo progetto.

La compagine di ricerca è composta da due unità: il gruppo afferente al Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale (DICEA) dell'Università di Napoli Federico II, capofila del progetto, coordinato da R.A. La Rocca (P.I.), è composto da R. Fistola, I. Zingariello, M.A. Di Vito dell'INGV; il gruppo afferente al Dipartimento di Scienze e Tecnologie dell'Università del Sannio di Benevento coordinato da F.O. Amore (R.S.) è composto da M.R. Senatore e C. Argenio. Questo gruppo di lavoro ha lavorato in costante sinergia nell'affrontare il tema della rigenerazione territoriale, ponendosi l'obiettivo di esplorare strategie e metodologie per valorizzare un patrimonio culturale che sembrava essere ad esclusivo uso di esperti del settore, assegnando alla pianificazione territoriale un ruolo guida per una governance integrata. Il progetto si focalizza su due siti pilota. L'icnosito delle Ciampate del diavolo nel comune di Tora e Piccilli (CE) per un lungo periodo inaccessibile e abbandonato a dispetto della sua rilevanza per gli studiosi, anche grazie all'apporto di questo progetto riconquista l'attenzione anche da parte delle comunità locali. Il giacimento fossilifero di Pietraraja (BN) benché più noto e anche più adeguatamente attrezzato, caduto in disuso, dopo la pandemia da Covid-19, stenta ancora a conquistare il ruolo di "magnete territoriale" in grado di generare effetti positivi (flussi turistici, visitatori, investimenti, attività ancillari, ecc.) anche sul territorio circostante, così come invece meriterebbe. Il riconoscimento del patrimonio geopaleontologico come elemento strutturale del territorio delle aree interne della Campania ha consentito di introdurre nuove dimensioni nel processo di governo del territorio, in cui le trasformazioni, oltre ad essere gestite, sono progettate in modo partecipato e consapevole, rispettando la complessità del sistema territoriale che le contiene.

In tale prospettiva, il gruppo di ricerca con competenze integrate in pianificazione territoriale (DICEA dell'Università Federico II di Napoli), e geo-paleontologia (DST dell'Università del Sannio di Benevento) ha inteso offrire un contributo scientifico e operativo, nell'ottica di stimolare la conoscenza e la tutela del patrimonio culturale, ma soprattutto di prevederne l'inclusione funzionale nelle dinamiche

sociali ed economiche regionali, attraverso prospettive di governo territoriale interdisciplinari, condivise e lungimiranti, assumendo il territorio come risorsa dinamica e aperta al cambiamento.

L'occasione del convegno è parsa opportuna per operare un ulteriore confronto e provare a trarre alcune prime conclusioni sulla possibilità di trasformare il patrimonio geopaleontologico da semplice eredità passiva a risorsa attiva e propulsiva di qualità della vita e attrattività territoriale. In questo volume sono raccolte le sintesi dei contributi presentati secondo un filo logico che rispecchia la struttura del progetto "INSITE". Gli interventi sono articolati in tre sessioni. Nella prima *Patrimonio culturale tra rigenerazione territoriale e tutela*, il focus riguarda la relazione tra strategie di rigenerazione territoriale e conservazione del patrimonio culturale. Il contributo di S. Tondelli presenta esperienze di rigenerazione territoriale che integrano beni culturali in dinamiche urbane sostenibili, enfatizzando approcci place-based. Il contributo di S. Foresta e D. Oione analizza l'attività di tutela della Soprintendenza sui siti geopaleontologici, evidenziando criticità normative e prospettive di ricerca interdisciplinare per una fruizione consapevole.

Nella seconda sessione *Unicità e vulnerabilità dei siti di INSITE*, si approfondiscono gli aspetti relativi all'unicità e alle fragilità del territorio oggetto di studio. I contributi mirano ad evidenziare il potenziale catalizzatore dei siti geopaleontologici per l'innescio di strategie di rigenerazione territoriale. In particolare, l'intervento di M.A. Di Vito illustra il contesto geologico delle Ciampate del diavolo, con riferimento alle dinamiche vulcaniche. A. Panarello approfondisce gli aspetti di unicità dell'icnosito dando rilievo al contributo che lo studio delle orme fossili umane offre alla conoscenza dei comportamenti e dell'uso del territorio. M. R. Senatore e A. Meo descrivono la geologia stratigrafica di Pietraraja dal Cretaceo al Miocene. C. Dal Sasso illustra la storia unica di *Scipionyx samniticus*. Nell'intervento di C. Argenio e F.O. Amore si presenta l'applicazione di indici quantitativi per la misura della rilevanza scientifica e dei rischi dei siti fossili di Pietraraja e Ciampate del diavolo, con l'obiettivo di supportare future strategie di conservazione e gestione di siti unici del patrimonio geologico e

paleontologico. Nella terza sessione *Nuove modalità di fruizione delle risorse territoriali: le proposte di INSITE* si pongono al centro della discussione le possibilità operative del progetto, in termini di fruizione innovativa del territorio, con un forte accento su tecnologie, partecipazione e creatività. I contributi delineano un modello di fruizione del territorio che coniuga rigore scientifico, strumenti digitali e pratiche culturali per rendere i geositi catalizzatori di strategie di rigenerazione e di sviluppo territoriale consapevoli e condivise.

In particolare, il contributo di R.A. La Rocca, M. De Palma e C. Cice suggerisce un metodo per la misura della fruizione territoriale integrata nell'area di studio di INSITE, evidenziando il ruolo della pianificazione territoriale come regia per la realizzazione delle connessioni tra geositi, territorio e modalità d'uso sostenibili. F.O. Amore e C. Argenio illustrano gli strumenti per la fruizione delle informazioni, soffermandosi sul database bibliografico e sul Paleodatabase come infrastruttura per una conoscenza condivisa. R. Fistola presenta l'esperienza dei Living Lab e il progetto della Paleociclovia INSITE, concepiti per connettere persone e luoghi attraverso sperimentazioni di mobilità dolce. I. Zingariello illustra le potenzialità dell'innovazione tecnologica (realtà aumentata, strumenti digitali) per una fruizione "aumentata" del territorio. F. Fabbri, mettendo a sintesi tutti gli input del progetto e dei contributi al dibattito, propone una modalità di fruizione dello spazio attraverso il suono mostrando come esso assuma consistenza materica divenendo dispositivo sensibile per la valorizzazione e la riscoperta del territorio.

Il progetto "INSITE" ha inteso mostrare come il patrimonio geopaleontologico possa evolvere da eredità passiva a catalizzatore attivo per la rigenerazione territoriale, favorendo sinergie interdisciplinari che migliorano la qualità della vita e l'attrattività. Questi atti sintetizzano modelli innovativi di fruizione, integrando pianificazione, tecnologia e partecipazione per una governance sostenibile e condivisa dei territori complessi.

In presenting the results of the PRIN 2022 project “INSITE” Integrated Shared Knowledge from Geo-Paleontological Heritage to Present Territorial Challenges funded by the Ministry of University and Research (MUR), the term “challenges” seemed the most current and appropriate for the particular moment we are living, especially considering the territorial context conditions and the “transitions” proposed to us as potential solutions.

In this context, the concept of “challenge” takes on a positive meaning that refers to an opportunity for confrontation and collective growth, then assuming, with reference to the territory, also a “holistic-systemic dimension” in which environmental, social, economic, cultural, and territorial aspects influence each other reciprocally.

References to territorial challenges – such as the depopulation of inland areas, population aging, declining birth rates, landscape degradation, climate adaptation, and socio-economic imbalances and inequalities – have become almost a cliché in the Italian academic and political debate of recent years, an omnipresent refrain, often used as a catch-all phrase without specific analytical depth, risking to dilute the methodological rigor necessary when addressing issues connected to the complexity of the territory.

In this sense, in drafting the “INSITE” project, preference was given to maintaining the evolutionary connotation from the medieval “duel” to “innovative catalyst,” as a process capable of accelerating or triggering positive transformations in a complex system, without consuming resources, attempting to play the role of a lever for igniting synergies and widespread impacts, by identifying territorial hubs – such as, for example, paleontological sites – to activate mechanisms of economic and cultural regeneration.

The core idea behind the “INSITE” project stems from such assumptions, proposing an interdisciplinary approach among fields of knowledge that, precisely because they appear distant, complement each other reciprocally. It is neither obvious nor simple, but it is possible and represents one of the main objectives of scientific research and, perhaps, the very first challenge of this project.

The research team consists of two units: the group affiliated with the Department of Civil, Constructional and Environmental Engineering (DICEA) at the University of Naples Federico II, the lead institution of the project, coordinated by R.A. La Rocca (P.I.), includes R. Fistola, I. Zingariello, and M.A. Di Vito from INGV; the group affiliated with the Department of Sciences and Technologies at the University of Sannio in Benevento, coordinated by F.O. Amore (R.S.), includes M.R. Senatore and C. Argenio.

This research group has worked in constant synergy to address the theme of territorial regeneration, setting the objective of exploring strategies and methodologies to enhance a cultural heritage that seemed destined exclusively for sector experts, assigning territorial planning a leading role for integrated governance. The project focuses on two primary pilot sites. The ichnosite of Ciampate del diavolo in Tora e Piccilli (CE), has endured prolonged periods of inaccessibility and neglect despite its significant scientific value; however, it is currently experiencing a resurgence of interest from local communities. The second, the fossil site in Pietraraja (BN), although historically more prominent and better equipped with infrastructure, has faced a decline following the COVID-19 pandemic. Despite its potentialities, it continues to struggle in establishing itself as a “territorial magnet”, a strategic driver able of generating positive externalities, such as sustainable tourist flows, private investment, and the growth of ancillary activities, within its surrounding region.

The recognition of geopalaeontological heritage as a foundational structural element of the territory can introduce new perspectives into the territorial governance process. In this approach, transformations transcend mere administration, becoming an integral part of the development design, facilitated by participatory and informed approaches that respect the complexity of the encompassing territorial system. In this perspective, the research group with integrated expertise in territorial planning (DICEA research unit at the University of Naples Federico II) and geo-paleontology (DST at the University of Sannio in Benevento) aimed to provide a scientific and operational contribution,

with the goal of stimulating knowledge and protection of cultural heritage, but above all to foresee its functional inclusion in regional social and economic dynamics, through interdisciplinary, shared, and forward-looking territorial governance perspectives, viewing the territory as a dynamic resource open to change.

The occasion of the conference seemed appropriate for further discussion and to draw some initial conclusions on the possibility of transforming geo-paleontological heritage from a mere passive legacy into an active and driving resource for quality of life and territorial attractiveness.

This volume collects the summaries of the contributions presented, following a logical thread that mirrors the structure of the “INSITE” project.

The contributions are organized into three sessions. In the first, *Cultural Heritage between Territorial Regeneration and Preservation*, the focus is on the relationship between territorial regeneration strategies and cultural heritage conservation. S. Tondelli's contribution presents territorial regeneration experiences integrating cultural assets into sustainable urban dynamics, emphasizing place-based approaches. The contribution by S. Foresta and D. Oione analyzes the Superintendency's protection activities on geopaleontological sites, highlighting regulatory issues and interdisciplinary research perspectives for aware enjoyment. In the second session, *Uniqueness and Vulnerability of INSITE Sites*, aspects related to the uniqueness and fragilities of the study territory are explored in depth. The contributions aim to highlight the catalytic potential of geopaleontological sites for triggering territorial regeneration strategies. Specifically, M.A. Di Vito's intervention illustrates the geological context of the Ciampate del diavolo with reference to volcanic dynamics; A. Panarello delves into the uniqueness aspects of the ichnosite, emphasizing the contribution that studying human fossil footprints offers to knowledge of behaviors and territorial use; M. R. Senatore and A. Meo describe the stratigraphic geology of Pietraraja from the Cretaceous to the Miocene; C. Dal Sasso illustrates the unique history of *Scipionyx samniticus*.

In the intervention by C. Argenio and F.O. Amore, the application of quantitative indices for measuring the scientific relevance and risks of the Pietraraja and Ciampate del diavolo fossil sites is presented, aiming to support future conservation and management strategies for unique geological and paleontological heritage sites.

The third session, *New Ways of Enjoying Territorial Resources: INSITE Proposals*, centers on the project's operational possibilities in terms of innovative territorial enjoyment, with strong emphasis on technologies, participation, and creativity. The contributions outline a model of territorial enjoyment that combines scientific rigor, digital tools, and cultural practices to make geosites as territorial magnets for regeneration strategies and aware, shared territorial development.

R.A. La Rocca, M. De Palma, and C. Cice suggest a method for measuring integrated territorial enjoyment in the INSITE study area, emphasizing territorial planning's role in orchestrating connections between geosites, territory, and sustainable use patterns. F.O. Amore and C. Argenio illustrate tools for accessing information, focusing on the bibliographic database and Paleodatabase as infrastructure for shared knowledge.

R. Fistola presents the Living Lab experience and the INSITE Paleociclovía project, designed to connect people and places through soft mobility experiments. I. Zingariello showcases the potential of technological innovation (augmented reality, digital tools) for an “enhanced” territorial enjoyment. F. Fabbri synthesizes all project inputs and debate contributions, proposing a mode of spatial enjoyment through sound, showing how it gains material consistency as a sensory device for territorial valorization and rediscovery.

The “INSITE” project aimed to show how geo-paleontological heritage can evolve from a passive legacy to an active catalyst for territorial regeneration, fostering interdisciplinary synergies that enhance quality of life and attractiveness. These proceedings synthesize innovative enjoyment models, integrating planning, technology, and participation for sustainable, shared governance of complex territories.

01

**Patrimonio culturale
tra rigenerazione
territoriale e tutela**

01

**Cultural Heritage
between Territorial
Regeneration and
Preservation**

Rigenerazione del territorio e patrimonio culturale: esperienze e progetti

Simona Tondelli

Alma Mater Studiorum-Università di Bologna
DA-Dipartimento di Architettura
simona.tondelli@unibo.it

Le zone rurali costituiscono una parte fondamentale del territorio europeo (COM(2021) 345 final), sia in termini di estensione (se si considerano tutti i comuni con un numero basso di abitanti o una densità demografica scarsa, le zone rurali coprono oltre l'80 % del territorio dell'UE), sia demografici (questi territori ospitano quasi il 30 % della popolazione). Si tratta di aree ampiamente riconosciute e apprezzate per la produzione alimentare, la gestione delle risorse naturali, la protezione dei paesaggi naturali, così come per le attività ricreative, il turismo e la presenza di tradizioni uniche.

Tuttavia, sono anche luoghi affetti da spopolamento, invecchiamento della popolazione, abbandono, rischi ambientali e trasformazioni socioeconomiche. In tale quadro, la valorizzazione del patrimonio culturale, nelle sue declinazioni materiali e immateriali, emerge come un fattore determinante per sostenere processi di rinnovamento territoriale. Il patrimonio può infatti costituire un motore di innovazione sociale, coesione comunitaria e sviluppo sostenibile, configurandosi come la «quarta dimensione» delle politiche di sostenibilità (Egusquiza et al., 2021).

Utilizzare il patrimonio culturale come leva per la rigenerazione territoriale significa configurare un processo multiscalare e multi-attore, in cui gli elementi identitari – pratiche, tradizioni, saperi locali, paesaggi naturali e culturali – diventano leve di trasformazione capaci di attivare nuove economie, rafforzare capitale sociale e riattivare

luoghi marginalizzati. In particolare, il patrimonio culturale agisce come catalizzatore di valorizzazione territoriale, in quanto consente di ricostruire senso di appartenenza e legami tra persone e luoghi e di promuovere innovazioni radicate che emergono dal dialogo tra conoscenze tradizionali e nuove competenze.

Si tratta di attivare opportunità economiche non agricole (es. turismo sostenibile, artigianato, produzioni culturali) che possano sostenere processi di resilienza socio-ecologica attraverso la messa a valore del capitale locale e la generazione di nuove narrazioni identitarie che contrastano lo stigma dell'arretratezza rurale, valorizzando il senso di appartenenza delle comunità ai propri territori.

Il Progetto Horizon *RURITAGE*¹ – *Rural regeneration through systemic heritage-led strategies* costituisce un'esperienza significativa di applicazione di un modello di rigenerazione territoriale guidato dal patrimonio, secondo un paradigma basato sull'identificazione di sei driver di rigenerazione, le cosiddette Aree di Innovazione Sistemica (Systemic Innovation Areas – SIAs): *pilgrimage, local food production, art and festivals, landscape management, resilience, migration*.

Di seguito, si andrà brevemente a declinare il contributo del progetto *RURITAGE* ai quattro aspetti chiave della *Long-Term Vision for Rural Areas* (LTVRA), il cui obiettivo è quello di rendere le zone rurali *stronger, connected, resilient and prosperous*.

Stronger – Rafforzare l'identità rurale, l'immagine e la capacità innovativa

Uno dei principi cardine della LTVRA è il riconoscimento del ruolo vitale delle aree rurali per la società europea. Le narrazioni dominanti, tuttavia, continuano spesso a descriverle come spazi marginali,

¹ Il Progetto *RURITAGE* ha ricevuto finanziamenti dalla Commissione Europea nell'ambito del programma Horizon 2020, GA n. 776465. I contenuti riflettono esclusivamente il punto di vista dell'autrice e l'Unione Europea non è responsabile per l'uso che potrebbe essere fatto delle informazioni qui contenute.

arretrati o privi di opportunità, influenzando negativamente percezioni pubbliche e decisioni politiche.

RURITAGE ha lavorato per decostruire tali stereotipi, mettendo in evidenza la ricchezza culturale, sociale ed ecologica dei territori. Tali attività, oltre a produrre visibilità esterna, hanno consolidato capitale identitario interno, elemento essenziale per avviare processi di innovazione comunitaria.

Connected – Accessibilità multidimensionale per territori inclusivi e competitivi

Nel dibattito sullo sviluppo rurale, l'accessibilità è spesso ridotta alla dimensione infrastrutturale. Tuttavia, è necessario un approccio più ampio per comprendere come la connettività influenzi realmente la vitalità territoriale. In RURITAGE, l'accessibilità è interpretata secondo quattro dimensioni principali: oltre a quella fisica, si considera anche l'accessibilità economica (capacità di sostenere i costi di accesso a servizi e cultura), sociale (inclusione di gruppi vulnerabili, riduzione delle barriere alla partecipazione culturale e civica), culturale/immateriale (accesso ai saperi, alle tradizioni, alle competenze locali). Questa visione olistica mostra come il miglioramento dell'accessibilità possa produrre società più eque e coese, nelle quali la cultura diventa un mezzo per ridurre disuguaglianze e rafforzare legami intergenerazionali e interculturali.

Resilient – Rafforzare la resilienza socio-ecologica attraverso patrimonio culturale e comunità

Le sfide affrontate dai territori rurali – crisi sanitarie, cambiamenti climatici, spopolamento, disuguaglianze di genere – richiedono strategie integrate di resilienza.

RURITAGE ha dimostrato come la rigenerazione del territorio possa essere “challenge driven”, ossia come dalle sfide possano nascere occasioni di valorizzazione delle specificità locali attraverso il rafforzamento del ruolo del patrimonio culturale e naturale,

contemporaneamente stimolando la crescita economica, attraverso la creazione di posti di lavoro e nuove opportunità, rafforzando l'accesso alla salute e all'istruzione e promuovendo il senso di responsabilità condivisa del patrimonio culturale e naturale nelle aree rurali (Santangelo & Tondelli, 2021).

La resilienza viene così interpretata come un processo emergente, costruito sulle caratteristiche specifiche di ogni territorio e rafforzato da pratiche partecipative. Il patrimonio immateriale – tradizioni, memorie, identità – agisce come “collante” della resilienza, perché fornisce continuità, significato e orientamento ai cambiamenti, e i modelli di governance partecipativa diventano il requisito fondamentale per la rigenerazione del territorio.

Prosperous – Sostenere nuove economie, inclusione e competitività rurale

Per garantire l'efficacia di politiche di rigenerazione territoriale e prosperità a lungo termine, le aree rurali devono poter diversificare la propria base economica. RURITAGE, attraverso l'identificazione di sei differenti SIAs, ha dimostrato come attività legate al patrimonio culturale e naturale, differenziando l'offerta, possano costituire nuove traiettorie di sviluppo e rigenerazione territoriale. Ciò è possibile sia attraverso la riscoperta e valorizzazione di antichi mestieri e tradizioni, ma anche creando opportunità per attrarre nuove forme di imprenditorialità locale basate su creatività, sostenibilità e innovazione sociale. Inoltre, la costruzione di un ecosistema dell'innovazione rurale – inteso non solo come spazio fisico, ma come rete dinamica di attori che collaborano con geometrie variabili – è inteso come elemento fondamentale per la rigenerazione del territorio.

Conclusioni

Il progetto RURITAGE ha dimostrato come il patrimonio naturale e culturale possa divenire motore di rigenerazione territoriale e cambiamento sociale. Questo è possibile se si attivano processi di co-

progettazione e co-implementazione delle azioni, identificando non solo gli obiettivi, ma anche il ruolo dei diversi attori. Gli obiettivi, per portare a una effettiva rigenerazione, devono essere radicati nei valori, nelle pratiche e nel patrimonio culturale del luogo, e devono mirare a integrare risorse locali e nuove competenze, anche grazie il superamento dei confini amministrativi attraverso reti di cooperazione multiscale. In questo modo, la valorizzazione del patrimonio culturale e delle comunità può generare benessere, inclusione e nuove traiettorie di sviluppo sostenibile.

Territorial Regeneration and Cultural Heritage: Experiences and Projects

Simona Tondelli

Alma Mater Studiorum-Università di Bologna
DA-Dipartimento di Architettura
simona.tondelli@unibo.it

Rural areas constitute a fundamental part of the European territory (COM (2021) 345 final), both in terms of extent (considering all municipalities with low population numbers or sparse demographic density, rural areas cover over 80% of EU territory) and demographics (these territories host nearly 30% of the population). These are areas widely recognized and appreciated for food production, natural resource management, protection of natural landscapes, as well as recreational activities, tourism, and the presence of unique traditions. However, they are also places affected by depopulation, population aging, abandonment, environmental risks, and socioeconomic transformations. Within this framework, the valorization of cultural heritage, in its material and immaterial dimensions, emerges as a determining factor in supporting territorial renewal processes.

Cultural heritage can indeed serve as a driver of social innovation, community cohesion, and sustainable development, positioning itself as the “fourth dimension” of sustainability policies (Egusquiza et al., 2021). Leveraging cultural heritage for territorial regeneration entails configuring a multiscale, multi-actor process, where identity elements – practices, traditions, local knowledge, natural and cultural landscapes – become transformation levers capable of activating new economies, strengthening social capital, and revitalizing marginalized places.

Cultural heritage acts as a catalyst for territorial valorization, as it enables rebuilding a sense of belonging and bonds between people and places, while promoting rooted innovations emerging from dialogue between traditional knowledge and new skills.

This involves activating non-agricultural economic opportunities (e.g., sustainable tourism, craftsmanship, cultural productions) that support socio-ecological resilience processes through the valorization of local capital and the generation of new identity narratives countering the stigma of rural backwardness, while enhancing community attachment to their territories.

The Horizon RURITAGE¹ Project Rural – Regeneration through Systemic Heritage-Led Strategies represents a significant experience in applying a heritage-led territorial regeneration model, based on a paradigm identifying six regeneration drivers, known as Systemic Innovation Areas (SIAs): pilgrimage, local food production, art and festivals, landscape management, resilience, and migration.

The following briefly outlines the RURITAGE project's contribution to the four key aspects of the Long-Term Vision for Rural Areas (LTVRA), aimed at making rural *areas stronger, connected, resilient, and prosperous*.

Stronger – Strengthening Rural Identity, Image, and Innovation Capacity

One of the cornerstone principles of the LTVRA is the recognition of the vital role of rural areas for European society. Dominant narratives, however, often continue to portray them as marginal, backward, or opportunity-deprived spaces, negatively influencing public perceptions and policy decisions.

¹ The RURITAGE Project has received funding from the European Commission under the Horizon 2020 programme, GA No. 776465. The contents reflect only the author's views, and the European Union is not responsible for any use that may be made of the information contained herein.

RURITAGE worked to deconstruct such stereotypes, highlighting the cultural, social, and ecological richness of the territories. These activities, beyond generating external visibility, consolidated internal identity capital, an essential element for initiating community innovation processes.

Connected – Multidimensional Accessibility for Inclusive and Competitive Territories

In the debate on rural development, accessibility is often reduced to infrastructural dimensions, while a broader approach might help to understand how connectivity truly impacts territorial vitality.

The RURITAGE project, for instance, adopts this broader view by interpreting accessibility according to four dimensions beyond the physical one: it includes economic accessibility (ability to afford access to services and culture), social (inclusion of vulnerable groups, reduction of barriers to cultural and civic participation), and cultural/immaterial (access to knowledge, traditions, local skills).

This holistic view demonstrates how improving accessibility can foster more equitable and cohesive societies, where culture serves as a means to reduce inequalities and strengthen intergenerational and intercultural bonds.

Resilient – Strengthening Socio-Ecological Resilience through Cultural Heritage and Community

Rural territories face challenges – health crises, climate change, depopulation, gender inequalities – that require integrated resilience strategies. RURITAGE demonstrated how territorial regeneration can be “challenge-driven” transforming challenges into opportunities for valorizing local specificities through strengthening the role of cultural and natural heritage, while simultaneously stimulating economic growth via job creation and new opportunities, enhancing access to health and education, and promoting shared responsibility for cultural and natural heritage in rural areas (Santangelo & Tondelli, 2021).

Resilience, thus, is interpreted as an emerging process, built on the specific characteristics of each territory and strengthened by participatory practices.

Immaterial heritage – traditions, memories, identities – acts as the “glue” of resilience, as it provides continuity, meaning, and direction to changes, while participatory governance models become the fundamental requirement for territorial regeneration.

Prosperous – Supporting New Economies, Inclusion, and Rural Competitiveness

Rural areas must diversify their economic base to ensure the effectiveness of territorial regeneration policies and long-term prosperity. RURITAGE, through the identification of six distinct SIAs, demonstrated how heritage-related activities, by differentiating the supply chain, can draw new trajectories for development and territorial regeneration. This is possible both through rediscovering and valorizing ancient crafts and traditions, and by creating opportunities to attract new forms of local entrepreneurship based on creativity, sustainability, and social innovation. Furthermore, the building of a rural innovation ecosystem – understood not only as a physical space but as a dynamic network of actors collaborating in variable geometries – acts as a fundamental element for territorial regeneration.

Conclusions

The example of the RURITAGE project demonstrated how natural and cultural heritage can become a driver of territorial regeneration and social change. This is possible by activating co-design and co-implementation processes for actions, identifying the objectives as well as the roles for the different actors. To activate a real regeneration process, the objectives must be rooted in the local context, in its values, practices, and cultural heritage.

The integration between local resources and new skills must be a target, overcoming administrative boundaries via multiscale cooperation networks.

In this way, the valorization of cultural heritage and communities can generate well-being, inclusion, and new trajectories for sustainable development.

References

- De Luca, C., Tondelli, S., & Åberg, H. E. (2020). The COVID-19 pandemic effects in rural areas: Turning challenges into opportunities for rural regeneration. *TeMA-Journal of Land Use, Mobility and Environment*, 119-132. 10.6092/1970-9870/6844.
- Commissione Europea (2021). *Long-term vision for rural areas: for stronger, connected, resilient, prosperous EU rural areas*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_3162.
- Commissione Europea (2021). *Una visione a lungo termine per le zone rurali dell'UE: verso zone rurali più forti, connesse, resilienti e prospere entro il 2040*. COM(2021) 345 final .
- Egusquiza, A., Zubiaga, M., Gandini, A., de Luca, C., & Tondelli, S. (2021). Systemic innovation areas for heritage-led rural regeneration: A multilevel repository of best practices. *Sustainability*, 13(9), 5069.
- RURITAGE (2021). *Travelling voices: Stories of Rural Regeneration Among RURITAGE Replicators*. <https://www.ruritage.eu/resources/publications/>.
- Santangelo, A., & Tondelli, S. (2021). Aree rurali resilienti. Trasformare il rischio in opportunità. Rigenerare le aree rurali attraverso il patrimonio culturale. *AND*, 40(Research> Resilience), 28-33.

I siti di interesse geopaleontologico e l'attività di tutela della Soprintendenza. Criticità e nuove prospettive di ricerca

Simone Foresta, Domenico Oione

Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio
per le province di Caserta e Benevento
simone.foresta@cultura.gov.it
domenico.oione@cultura.gov.it

1. Il sito di Pietraroja (BN)

Il sito geopaleontologico di Pietraroja è noto alla comunità scientifica dal 1798, anno di pubblicazione del volume *Topografia Fisica della Campania* del geologo e naturalista italiano di origini svedesi Scipione Breislak (1750-1826).

Lo studio sistematico dei vertebrati fossili presenti nel giacimento fossilifero di Pietraroja si deve allo zoologo Oronzo Gabriele Costa (1787-1867), che pubblicò tra il 1850 e il 1854 i volumi *Paleontologia del Regno di Napoli*, e successivamente al professore di Paleontologia dell'Università di Napoli Geremia D'Erasmo, che nel 1908 si laureò in Scienze Naturali proprio con una tesi sull'età e la fauna dei calcari litografici a ittioliti di Pietraroja.

Nella seconda metà del Novecento, le indagini geologiche e paleontologiche compiute sulle successioni carbonatiche affioranti nell'Appennino campano hanno permesso di riconoscere la struttura, i caratteri sedimentologici, la stratigrafia e il paleoambiente del sito, anche grazie alle indagini sul campo condotte dalle Università di Napoli e di Torino e dal Museo Civico di Storia Naturale di Milano.

Il ritrovamento di "Ciro" negli anni '80 del Novecento, rimasto una semplice curiosità paleontologica priva di un riconoscimento

scientifico fino all'inizio degli anni '90, ha rivoluzionato la ricostruzione della paleogeografia dell'Italia meridionale.

Alle attività di indagine, ricerca e studio, si è associata un'azione di tutela e conservazione dei reperti e dei contesti paleontologici da parte dell'attuale Ministero della Cultura, attraverso un percorso che non ha trovato spesso esiti capaci di diffondere pienamente la conoscenza del sito. Nel 1983, il Ministero ha decretato il sito in località Civita a Pietraroja di importante interesse paleontologico, ai sensi del D.L. 1089/1939 art. 4. L'area del Comune di Pietraroja dal 2002 è, inoltre, parte del Parco Naturale Regionale del Matese, che sottopone a specifica protezione l'area di circa 40 ettari di interesse paleontologico. Il giacimento cretacico de "Le Cavere" si trova in corrispondenza del centro abitato di Pietraroja in cima all'altopiano conosciuto per l'appunto come Civita, divenuto nel 2005 un Parco Geopaleontologico con annesso museo-laboratorio, il Paleo-Lab.

Esso ricade inoltre nella porzione di territorio che il Piano Territoriale Regionale della Campania, approvato con la Legge Regionale n. 13 del 2008, identifica come "Complesso Montuoso del Matese": l'area nelle immediate vicinanze dell'abitato è stata riconosciuta come Zona di Valorizzazione di Sito Paleontologico (V.A.G.).

La zona è sottoposta a norme di tutela finalizzate alla creazione di un parco paleontologico del Titerno. Nell'ambito del Piano Urbanistico Comunale (2022), l'area di proprietà demaniale ed assoggettata a vincolo archeologico ("Civita") rientra nella Zona "V1-Area di tutela archeologica e parco geopaleontologico", seguendo le finalità di conservazione e valorizzazione del patrimonio geologico, paleontologico, naturalistico e paesaggistico e di sviluppo socio-economico in termini ecosostenibili, proprie dell'Ente geopaleontologico di Pietraroja istituito con Decreto 28.09.2017 del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare d'intesa con il Ministro dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo. Negli ultimi anni è apparso chiaro come una completa e concreta attuazione di quanto previsto dalla programmazione degli enti locali e dai dispositivi di tutela paleontologica del Ministero della

Cultura può attuarsi solo attraverso la ricezione e finalizzazione delle più avanzate ricerche sui territori, dalla delimitazione dell'aree di interesse paleontologico al coinvolgimento delle comunità locali nei processi di fruizione, secondo il modello che il PRIN "INSITE" ha definito.

2. Il sito delle *Ciampate del diavolo* di Tora e Piccilli (CE)

Il sito di interesse geopaleontologico cd. *Ciampate del diavolo*, situato nel territorio di Tora e Piccilli (CE) in località Foresta, rappresenta uno dei più significativi contesti europei per lo studio di impronte attribuibili a ominini vissuti circa 350.000 anni fa, impresse nelle colate piroclastiche del vulcano di Roccamonfina. Nonostante il suo enorme valore scientifico, storico e paesaggistico, la conservazione del sedime sul quale sono impresse le orme presenta numerose criticità che ne minacciano l'integrità col passare del tempo e che richiederebbero un quadro coordinato di interventi finalizzati alla tutela, alla gestione sostenibile e alla valorizzazione e fruizione responsabile del bene, temi, questi, oggetto di dibattito da anni da parte di studiosi, enti di ricerca, amministrazioni comunali e Soprintendenza. Come poter coniugare, dunque, l'attività di tutela e di valorizzazione di un bene così fragile rispetto all'azione incessante del tempo e della natura e nel rispetto della sempre più frequente domanda di fruizione di un sito di così rilevante interesse nazionale? Le principali criticità riguardano, in primo luogo, la fragilità intrinseca del substrato vulcanico, soggetto a erosione naturale dovuta all'azione combinata delle piogge, del ruscellamento superficiale e delle variazioni termo-igrometriche, che rischia di compromettere progressivamente e irreversibilmente la leggibilità delle impronte. Ulteriori criticità sono riconducibili alla mancanza di un sistema strutturato di monitoraggio, all'inesistenza di segnaletica, all'inadeguatezza del percorso e alla limitata dotazione di risorse economiche e professionali necessarie a un costante processo di manutenzione.

La nuova prospettiva di ricerca rientrando nell'ambito del progetto PRIN "INSITE", che ha dato origine alla stipula di un accordo di collaborazione tra la Soprintendenza competente e i due enti di ricerca universitari coinvolti, ha permesso di implementare sistemi di monitoraggio periodico mediante l'utilizzo di tecnologie avanzate e l'esecuzione di accurati rilievi sul posto, finalizzati a valutare lo stato di conservazione e a prevedere i fenomeni di deterioramento.

Grazie all'accesso a prossimi finanziamenti di cui si farà capo l'ente comunale sarà possibile realizzare infrastrutture leggere e non invasive, come passerelle sopraelevate e coperture protettive mimetiche, che consentano, da un lato, la tutela del sito nei confronti degli agenti atmosferici e, dall'altro, la fruizione dello stesso senza comprometterne le superfici.

Di recente la Soprintendenza territorialmente competente ha proposto al Ministero l'erogazione di fondi per lavori pubblici che prevederanno interventi di regimentazione delle acque e stabilizzazione dei versanti, utili a ridurre i fenomeni erosivi, nonché interventi di messa in sicurezza e manutenzione del geosito e la creazione di idonei percorsi di visita.

La tutela del sito *Ciampate del diavolo* richiede, pertanto, un approccio integrato che combini conservazione scientifica, sostenibilità ambientale e fruizione controllata, al fine di garantire la salvaguardia a lungo termine di questo straordinario patrimonio, affinché quest'ultimo diventi un esempio virtuoso di tutela e valorizzazione di uno dei siti paleontologici italiani più importanti.

Sites of geopalaeontological interest and the conservation activities of the Superintendency. Critical issues and new research perspectives

Simone Foresta, Domenico Oione

Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio
per le province di Caserta e Benevento
simone.foresta@cultura.gov.it
domenico.oione@cultura.gov.it

1. The Pietraroja Site (BN)

The geopalaeontological site of Pietraroja has been known to the scientific community since 1798, the year of publication of the book “Topografia Fisica della Campania” by the Italian geologist and naturalist of Swedish origin Scipione Breislak (1750-1826). The systematic study of the fossil vertebrates present in the Pietraroja fossil deposit is due to the zoologist Oronzo Gabriele Costa (1787-1867), who published the volumes “Paleontologia del Regno di Napoli” between 1850 and 1854, and subsequently to the professor of Paleontology at the University of Naples, Geremia D’Erasmus, who graduated in Natural Sciences in 1908 with a thesis on the age and fauna of the ichthyolitic lithographic limestones of Pietraroja.

In the second half of the twentieth century, geological and paleontological investigations conducted on the carbonate successions outcropping in the Campanian Apennines allowed the site’s structure, sedimentological characteristics, stratigraphy, and paleoenvironment to be identified, thanks in part to fieldwork conducted by the Universities of Naples and Turin and the Civic Museum of Natural History in Milan.

The discovery of “Ciro” in the 1980s, which remained a mere paleontological curiosity lacking scientific recognition until the early 1990s, revolutionized the reconstruction of the paleogeography of southern Italy.

The investigation, research, and study activities were accompanied by efforts to protect and conserve the finds and paleontological contexts by the current Ministry of Culture, through a process that has often failed to fully disseminate knowledge of the site. In 1983, the Ministry declared the site in Civita a Pietraraja to be of significant paleontological interest, pursuant to Legislative Decree no. 1089/1939 art. 4. Since 2002, the area of the Municipality of Pietraraja has also been part of the Matese Regional Natural Park, which specifically protects an area of approximately 40 hectares of paleontological interest. The Cretaceous site of “Le Cavere” is located near the town of Pietraraja, atop the plateau known as Civita. In 2005, the site became a Geopaleontological Park with an adjoining museum-laboratory, the Paleo-Lab. It also falls within the portion of the territory identified by the Campania Regional Territorial Plan, approved by Regional Law no. 13 of 2008, as the “Matese Mountain Complex”: the area in the immediate vicinity of the town has been recognized as a Paleontological Site Enhancement Zone (V.A.G.). The area is subject to protection regulations aimed at creating a Titerno paleontological park.

Within the scope of the Municipal Urban Plan (2022), the area owned by the state and subject to archaeological restrictions (“Civita”) falls within the “V1-Archaeological protection area and geopaleontological park” zone, following the objectives of conservation and enhancement of the geological, paleontological, naturalistic and landscape heritage and of socio-economic development in eco-sustainable terms, specific to the Geopaleontological Institute of Pietraraja established by Decree 09.28.2017 of the Minister of the Environment and Protection of the Territory and the Sea in agreement with the Minister of Cultural Heritage and Activities and Tourism.

In recent years, it has become clear that a complete and concrete implementation of the provisions of local government planning and the Ministry of Culture's paleontological protection measures can only be achieved through the reception and finalization of the most advanced research in the territories, from the delimitation of areas of paleontological interest to the involvement of local communities in the use processes, according to the model defined by the PRIN "INSITE" project.

2. The Ciampate del diavolo site in Tora e Picilli (CE)

The site of geopaleontological interest known as Ciampate del diavolo, located in the Foresta area of Tora e Picilli (CE), represents one of the most significant European contexts for the study of footprints attributable to hominins who lived approximately 350,000 years ago, imprinted in the pyroclastic flows of the Roccamonfina volcano. Despite its enormous scientific, historical, and landscape value, the conservation of the site on which the footprints are imprinted presents numerous critical issues that threaten its integrity over time and would require a coordinated framework of interventions aimed at its protection, sustainable management, and responsible enhancement and use.

These issues have been debated for years by scholars, research institutions, municipal administrations, and Superintendency. How, then, can we combine the protection and enhancement of such a fragile asset with respect to the relentless action of time and nature, while respecting the increasingly frequent demand for use of a site of such significant national interest?

The main critical issues concern -first and foremost- the intrinsic fragility of the volcanic substrate, subject to natural erosion due to the combined action of rainfall, surface runoff, and temperature-hygrometric variations, which risk progressively and irreversibly compromising the legibility of the footprints.

Further critical issues include the lack of a structured monitoring system, the absence of signage, the inadequacy of the route, and the

limited financial and professional resources required for ongoing maintenance. The new research perspective within the scope of the PRIN “INSITE” project, which led to the signing of a collaboration agreement between the competent Superintendency and the two University research institutions involved, has enabled the implementation of periodic monitoring systems through the use of advanced technologies and the execution of accurate on-site surveys, aimed at assessing the state of conservation and predicting deterioration. Thanks to access to upcoming funding managed by the municipality, it will be possible to build lightweight, non-invasive infrastructure, such as elevated walkways and camouflaged protective coverings. These will both protect the site from the elements and allow for its use without compromising its surfaces.

The competent local Superintendency recently proposed to the Ministry the allocation of funds for public works. These will include water management and slope stabilization, which will reduce erosion, as well as safety and maintenance measures for the geosite and the creation of suitable visitor routes.

Protecting the Ciampate del diavolo site therefore requires an integrated approach that combines scientific conservation, environmental sustainability, and controlled use. This will ensure the long-term preservation of this extraordinary heritage, so that it becomes a virtuous example of protection and enhancement of one of Italy’s most important paleontological sites.

References

- Breislak, S. (1798). *Topografia fisica della Campania*. Nella Stamperia di Antonio Brazzini.
- Costa, O. G. (1856). *Paleontologia del regno di Napoli contenente la descrizione e figura di tutti gli avanzi organici fossili, racchiusi nel suolo di questo regno* (Vol. 2). Tramatè.

02

**Unicità e vulnerabilità
dei siti di INSITE**

02

Uniqueness and Vulnerability of INSITE Sites

Il contesto geologico delle “Ciampate del diavolo”, risultati e prospettive

Mauro Antonio Di Vito¹, Adolfo Panarello²

¹ Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Osservatorio Vesuviano
mauro.divito@ingv.it

² Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale
Dipartimento di Scienze Umane, Sociali e della Salute
adolfo.panarello@unicas.it

Il sito delle “Ciampate del diavolo”, sul fianco nordorientale del vulcano Roccamonfina, è un sito unico al mondo grazie alle sue peculiarità geologiche, antropologiche e zoologiche (Mietto et al., 2022 con bibliografia).

Il ritrovamento di impronte di *hominini* (Mietto et al., 2003) (almeno quattro esemplari di *Homo heidelbergensis* s.l.) (Palombo & Panarello, 2025 con bibiografia), al di sopra di un deposito ignimbrico, impresse nel periodo di maggiore attività del vulcano, dà spazio a numerose questioni circa le condizioni paleoambientali esistenti sul vulcano e i complessi processi che hanno permesso la formazione e la conservazione delle impronte umane ed animali.

Le orme fossili note come “Ciampate del diavolo” sono presenti sulla superficie di una delle unità più alte dei Tufi Leucitici Brunì (BLT).

Il Roccamonfina è uno stratovulcano di medie dimensioni di forma troncoconica con un raggio di circa 10 km, ubicato lungo la costa settentrionale della Campania (Italia).

La sua attività ha avuto luogo da 630 a 53 ka (De Rita & Giordano 1996), in tre periodi principali. L'attività più antica (primo periodo) è stata dominata da colate di lava che hanno formato l'edificio vulcanico e da minori eruzioni esplosive.

Il passaggio al successivo secondo periodo, durato tra 385 e 230 ka è marcato da una serie di collassi calderici, connessi con eruzioni a elevata esplosività, che hanno interessato la parte sommitale dell'edificio vulcanico. In questo periodo sono state generate almeno cinque unità piroclastiche principali, dominate da depositi da corrente piroclastica (PDCs). Queste unità compongono le complesse sequenze del BLT e dei Tufi Bianchi Trachitici. Il terzo periodo di attività è durato tra i 155 e i 50 ka ed è stato caratterizzato dalla formazione di piccole cupole e colate laviche da vent localizzati sia all'interno della caldera che lungo i fianchi dell'edificio vulcanico.

La serie BLT è costituita in prevalenza da depositi da PDCs, le cui caratteristiche suggeriscono che le correnti furono generate da una sequenza di eventi esplosivi avvenuti in tempi relativamente brevi, durante i collassi calderici.

Le PDCs scorsero lungo profonde valli radiali, lungo le pendici meridionali e orientali del vulcano e le colmarono parzialmente. I loro depositi si rilevano fino ad una distanza di circa 7 km dal bordo della caldera. Santello (2010) ha riconosciuto almeno 8 unità diverse (LS1-LS8), composte prevalentemente da depositi da PDCs e separate da sottili strati di ceneri e lapilli da caduta o da superfici erosionali che indicano brevi pause nella deposizione, dell'ordine di settimane/mesi. La presenza di strutture da degassazione ("pipes") nei corpi delle PDCs suggerisce la loro alta temperatura e l'elevato contenuto in gas. Le impronte umane e di altri mammiferi sono presenti sulla sommità di LS7, impresse su una superficie articolata e ad alto angolo, con pendenza media di $\sim 30^\circ$ e con massimi fino all'80%. L'area di affioramento è presente in una piccola valle distale, posta ad una distanza di circa 4,5 km dal bordo calderico (Mietto et al., 2022 con bibliografia).

L'unità LS7 è litificata e di colore marrone chiaro-ocraceo per processi di trasformazione del vetro vulcanico, zeolitizzato per l'intensa circolazione di fluidi caldi. Il suo spessore è localmente circa 4 metri, ha giacitura suborizzontale, in paraconcordanza con le unità sottostanti.

Le orme di *hominini* e mammiferi furono lasciate poco dopo la messa in posto dei flussi piroclastici dell'unità LS7, quando il materiale era ancora soffice e abbastanza raffreddato da permettere i passaggi con andatura relativamente “normale”. È importante notare che la superficie imprimevole al tetto di LS7 non è una superficie di strato, ma di erosione, risultato di processi erosivi avvenuti subito dopo la sua deposizione. Infatti, la forte inclinazione verso la valle della superficie impressa suggerisce che il corpo ignimbritico sia stato parzialmente inciso ed eroso e rimobilizzato verso valle. Le orme si sono conservate grazie al successivo processo di litificazione citato, sviluppato in tempi relativamente brevi.

L'unità LS7 è mantellata dall'unità LS8, depositata verosimilmente dopo un lasso di tempo tale che le due unità non costituiscono un'unica unità di raffreddamento. Le datazioni di LS7 e LS8 suggeriscono, comunque, un intervallo molto breve (intorno a 349 ± 3 ka) tra i due eventi (Santello, 2010) che, insieme all'età di 345 ± 6 ka per LS7 ottenuta da Scaillet nel 2008, indicano che le tracce su LS7 siano attribuibili alla fine del MIS 10, in un tempo vicino alla Terminazione Climatica IV.

In conclusione, si ritiene opportuno evidenziare la necessità e l'urgenza di interventi mirati a preservare l'importante icnosito di Tora e Piccilli, sia perché è un “bene culturale” unico al mondo sia per il suo straordinario potenziale scientifico, che non ha ancora rivelato tutte le informazioni che conserva. Tali informazioni sono fondamentali per la conoscenza di una fase cruciale dell'evoluzione umana e ambientale e, per questo, esse appartengono alla Comunità Scientifica mondiale. Di seguito, si indicano alcune delle principali problematiche e prospettive:

- il contesto è incluso in un'area ad intensa dinamica e rischio idrogeologico (vedi carta di rischio idrogeologico che la classifica come R4);
- l'esposizione continua ad agenti naturali della superficie dove sono presenti le impronte la sottopone a un progressivo e inarrestabile degrado. La superficie, già di per sé eterogenea e

fratturata, infatti, è in stato di progressiva alterazione per fenomeni di gelo-disgelo, ruscellamento di acque, proliferazione di muschi, licheni e arbusti spontanei. Poiché il bene culturale da tutelare è la stessa superficie con le impronte, appare evidente che, oltre ai dettagli di minime dimensioni, che sono già andati perduti dal momento della sua riesposizione, molte delle evidenze scientifiche già note e anche quelle ancora nascoste, sono ad altissimo rischio di definitiva cancellazione;

- anche la frequentazione umana incontrollabile e quella inconsapevole sono da considerare fattori di altissimo rischio per la conservazione del bene, poiché il tufo è una roccia tenera e può essere facilmente danneggiato anche dal semplice contatto;
- ai fini della definizione di un corretto progetto di conservazione, tutela e promozione del geosito andrebbe approfondita la conoscenza delle caratteristiche sia del deposito con le icniti sia del suo intorno territoriale, con prospezioni e indagini “ad hoc”; tali conoscenze, se adeguatamente contestualizzate, si rivelerebbero utili anche per una più esaustiva valutazione delle dinamiche insediative umane e animali di epoca preistorica e storica, che appaiono essere sempre state fortemente condizionate dal contesto geomorfologico e paleoambientale.

The geological context of the “Devil's Trails”: results and prospects

Mauro Antonio Di Vito¹, Adolfo Panarello²

¹ Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Osservatorio Vesuviano
mauro.divito@ingv.it

² Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale
Dipartimento di Scienze Umane, Sociali e della Salute
adolfo.panarello@unicas.it

The “Ciampate del diavolo” (“Devil's Trails”) site, located on the north-eastern flank of the Roccamonfina volcano, is unique due to its geological, anthropological, and zoological features (Mietto et al., 2022 and references therein). The discovery of hominin footprints (Mietto et al., 2003) (at least four specimens of *Homo heidelbergensis* s.l.) (Palombo & Panarello, 2025 and references therein) on the top of an ignimbrite deposit, imprinted during the period of greatest volcanic activity, raises many questions about the palaeoenvironmental settings of the volcano and the complex processes that enabled human and animal footprints to be formed and preserved. These fossilised footprints, known as the “Ciampate del diavolo”, are located on the surface of one of the highest units of the Brown Leucitic Tuffs (BLT). Roccamonfina is a medium-sized, stratovolcano located along the northern coast of Campania, Italy, with a radius of approximately 10 km. Its activity occurred in three main periods between 630 and 53 ka (De Rita & Giordano, 1996).

The earliest activity (first period) was characterized by lava flows that formed the volcanic edifice, as well as minor explosive eruptions.

The transition to the second period, which lasted between 385 and 230 thousand years ago (ka), was marked by a series of caldera collapses

associated with highly explosive eruptions which affected the summit of the volcanic edifice. During this period, at least five major pyroclastic units were formed, consisting mainly of pyroclastic current deposits (PDCs).

These units comprise the complex sequences of the BLT and the White Trachytic Tuff. The third period of activity, which lasted between 155 and 50 ka, was characterized by the formation of small lava domes and flows, both within the caldera and along the flanks of the volcanic edifice. The BLT series mainly consists of PDC deposits. Their characteristics suggest that the currents were generated by a sequence of explosive events that occurred during caldera collapses in a relatively short period of time.

The PDCs flowed along deep, radial valleys on the southern and eastern slopes of the volcano, partially filling them. Their deposits can be found up to 7 km from the caldera's edge. Santello (2010) identified at least eight different units (LS1-LS8), which are mainly composed of PDC deposits and are separated by thin layers of ash and lapilli from fall or erosion surfaces. This indicates short pauses in deposition of the order of weeks or months.

The presence of degassing structures ('pipes') in the PDC bodies indicates their high temperature and gas content. Human and other mammalian footprints are present on the surface of LS7, which has an average slope of $\sim 30^\circ$ and maximum slopes of up to 80% . The outcrop area is located in a small distal valley, approximately 4.5 km from the caldera rim (Mietto et al., 2022 and references therein).

The LS7 unit is lithified and light brown-ochre in colour due to the transformation of volcanic glass by intense circulation of hot fluids, which has also caused zeolitisation. It is about 4 metres thick in places and lies in a subhorizontal position in paraconformity with the underlying units. Footprints of hominins and mammals were formed shortly after the pyroclastic flows of the LS7 unit were deposited, while the material was still soft and cool enough to permit passage at a relatively 'normal' pace.

It is important to note that the imprintable surface of the LS7 roof is an erosion surface, not a layer surface, resulting from erosive processes that occurred immediately after deposition. The steep slope of the imprinted surface towards the valley indicates that the ignimbrite body was partially incised, eroded, and remobilised towards the valley. The subsequent lithification process mentioned above preserved the footprints in a relatively short time.

The LS7 unit is covered by the LS8 unit, which was probably deposited at a later time, meaning the two units do not constitute a single cooling unit. However, the dating of the LS7 and LS8 units suggests a very short time interval (around 349 ± 3 ka) between the two events (Santello, 2010). Together with the age of 345 ± 6 ka for the LS7 unit obtained by Scaillet in 2008, this indicates that the traces on the LS7 unit are attributable to the end of MIS 10, close to Climatic Termination IV.

In conclusion, the urgent need for measures to preserve the important ichnological site of Tora and Piccilli must be highlighted. This is because it is a unique cultural asset and has extraordinary scientific potential that has yet to be fully explored. This information is fundamental to our understanding of a crucial phase in human and environmental evolution and therefore belongs to the global scientific community. Below are some of the main issues and prospects:

- The context is included in an area with intense dynamics and hydrogeological risk (see hydrogeological risk map, which classifies it as R4).
- Continued exposure to natural elements on the surface where the footprints are located will result in progressive and irreversible degradation. The surface is already heterogeneous and fractured and is undergoing progressive alteration due to freeze-thaw phenomena, water runoff and the proliferation of mosses, lichens and wild shrubs. As the footprints are part of the cultural asset to be protected, it is clear that much of the scientific evidence, both known and hidden, is at very high risk of irrevocable loss, as are the smallest details, which have already been lost since its re-

- exposure.
- Uncontrolled human contact must also be considered as a high-risk factor for conserving the site, since tuff is a soft rock that can easily be damaged even by simple contact.
 - In order to define an appropriate conservation, protection and promotion project for the geosite, it is necessary to gain a deeper understanding of the characteristics of the ichnofossil deposit and its surrounding area through specific surveys and investigations. This knowledge would also be useful for a more comprehensive assessment of human and animal settlement dynamics in prehistoric and historical times, as these appear to have always been strongly influenced by the geomorphological and palaeoenvironmental constraints.

References

- De Rita D. & Giordano G. (1996). Volcanological and structural evolution of Roccamonfina volcano (Italy): origin of the summit caldera. In: McGuire W.J., Jones A.P., Neuberg J. (Eds.), *Volcano Instability on the Earth and Other Planets*. «Geological Society, London, Special Publications», 110: 209–224.
- Mietto, P., Avanzini, M., Rolandi, G. (2003). Human footprints in Pleistocene volcanic ash. *Nature*, 422, 133. <https://doi.org/10.1038/422133a>.
- Mietto, P., Panarello, A., Di Vito, M.A. (Eds.) (2022). *2001-2021: Vent'anni di ricerche sulle "Ciampate del diavolo". Dalla leggenda alla realtà scientifica*. «Miscellanea INGV», 64. Roma: INGV. <https://doi.org/10.13127/misc/64>.
- Palombo, M.R. & Panarello, A. (2025). What Was the “Devil’s” Body Size? Reflections on the Body Mass and Stature of the Foresta Hominin Trackmakers (Roccamonfina Volcano, Italy). *Quaternary*, 8(1), 5. <https://doi.org/10.3390/quat8010005>.
- Santello, L. (2010). *Analysis of a trampled formation: the Brown Leucitic Tuff (Roccamonfina volcano, Southern Italy)*. Ph.D. Thesis in “Scienze della Terra”, Università degli studi di Padova, Dipartimento di Geoscienze.
- Scaillet S., Scaillet G., Guillou H. (2008). Oldest human footprints dated by Ar/Ar. *Earth and Planetary Science Letters*, 275, 320-325.

Leggere le orme umane: il sito di Tora e Piccilli

Adolfo Panarello

Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale
Dipartimento di Scienze Umane, Sociali e della Salute
adolfo.panarello@unicas.it

Le orme fossili sono reperti rarissimi e preziosissimi per chiunque si dedichi allo studio dell'antichità. Si tratta, infatti, di evidenze che hanno l'enorme potere di restituire, in modo univoco, informazioni su tempi, luoghi, strutture, azioni e, talvolta, anche motivazioni. Il loro potere, dunque, non è solo strutturale e cronologico, ma anche comportamentale e ambientale. È, dunque, intuitivo comprendere quanto possa essere preziosa una pista di impronte (almeno 3 orme in regolare successione) per capire i movimenti e le azioni di agenti sia viventi sia estinti e che hanno vissuto centinaia di migliaia di anni. Com'è ben noto, le orme sono strutture create dall'azione di un agente dinamico su una matrice deformabile che reagisce in modo plastico e assonico registrandone ogni aspetto morfologico. La loro forma, le loro dimensioni e la loro capacità di conservare i dettagli sono legate alla natura e alle caratteristiche del substrato che viene impresso, alle dinamiche tafonomiche che le hanno interessate, ai possibili condizionamenti imposti dall'ambiente al *trackmaker* al momento dell'azione, etc. (Bennett & Morse, 2014).

Gli icnositi che conservano impronte umane sono veramente rarissimi: al momento se ne conoscono circa un centinaio in tutto il mondo, con grande prevalenza di siti di epoca olocenica. Ancor più rari sono gli icnositi di epoca pleistocenica e sono quasi sempre esposti a rischi di conservazione veramente estremi (Bennett e Morse, 2014; Panarello, in progress).

Per queste ragioni, quando il 13 marzo 2003, la rivista NATURE (Mietto et al., 2003) annunciò al mondo la scoperta del sito paleontologico delle “Ciampate del diavolo” di Tora e Piccilli (provincia di Caserta, Italia centro-meridionale) con orme umane fossili del Medio Pleistocene, che sarebbero poi state datate con grande precisione radiometrica a 349 ± 3 ka (Santello, 2010 con bibliografia; Mietto et al., 2022 con bibliografia), la notizia fece il giro del mondo in meno di 24 ore e fu accolta con grande attenzione e curiosità dalla comunità scientifica internazionale.

Oltre alla grande antichità del deposito piroclastico creato da un'eruzione esplosiva del vulcano Roccamonfina – divenuto poi Tufo Leucitico Bruno (BLT) in conseguenza dei fenomeni di neoformazione, zeolitizzazione e litificazione – ciò che colpì maggiormente i ricercatori fu il fatto che le orme umane erano state lasciate e si erano conservate su un substrato estremamente inclinato “ab origine” (circa 30° in media con punti in cui l'inclinazione arriva anche all'80%) e questo aveva fortemente condizionato i movimenti dei *trackmaker* (Mietto et al., 2003; Avanzini et al., 2008; Santello, 2010; Panarello et al., 2020, 2023; Mietto et al., 2022; Palombo e Panarello, 2023, 2025). I successivi lavori sul campo consentirono di sapere che non erano stati solo ominini, ma anche altri mammiferi (orsi, elefanti, cavalli, artiodattili, etc.) (Panarello et al., 2017a; Palombo et al., 2018; Mietto et al., 2022 con bibliografia).

Tali camminatori si mossero e lasciarono le loro tracce su un'area di circa 2000 m² quando il substrato era tiepido e non ancora completamente solidificato.

I materiali del *fallout* riempirono le cavità delle orme, ne consentirono l'essiccazione e le protessero dalla violenza della successiva eruzione esplosiva, che le sigillò definitivamente, consentendone la fossilizzazione e la conservazione fino alla prima metà del secolo XIX quando esse furono riesposte da una serie di alluvioni che accelerarono il dilavamento della coltre di detriti che le aveva protette per centinaia di migliaia di anni.

I danni causati da queste piogge torrenziali furono all'origine della leggenda delle "Ciampate del diavolo", che le aveva caratterizzate fino alla loro comprensione scientifica: esse furono interpretate come punizione divina dalle popolazioni locali del tempo e attribuite al diavolo, l'unico essere soprannaturale considerato capace di camminare sui materiali incandescenti del vulcano senza rimanere incenerito e lasciando impronte dall'aspetto asinine (Mietto et al., 2022). I lavori sul campo, nel corso degli anni, coordinati dal prof. Paolo Mietto (Università degli Studi di Padova) hanno restituito evidenze di straordinario interesse scientifico (Panarello et al., 2023 con bibliografia), ma, soprattutto, hanno evidenziato che il sito delle "Ciampate del diavolo", oltre a essere un giacimento paleontologico e paleoantropologico di enorme ricchezza scientifica, è anche un prezioso laboratorio naturale dove perfezionare le metodologie di lettura e interpretazione delle evidenze icnologiche umane e – alla luce della forte inclinazione del substrato impresso e della sua non omogenea consistenza al tempo in cui fu impresso – tentare anche valutazioni comportamentali che non sono possibili altrove.

Ancora, tutte le piste di orme fossili umane si diramano da una zona pianeggiante che domina il pendio impresso per tutta la sua lunghezza e che è stato dimostrato essere anch'esso una struttura icnologica singolare e unica al mondo: il più antico sentiero fossile creato da esseri umani, con orme umane bi-direzionali e animali nel suo spazio. Infine, il suo tracciato, creato nella preistoria, è segnato in tutte le carte topografiche di epoca storica, comprese quelle attuali e ciò dimostra, di fatto, che esiste una sostanziale omogeneità nelle scelte umane durante le dinamiche insediative fortemente condizionate dalle geomorfologie (Panarello et al., 2017b; Mietto et al., 2022 con bibliografia).

Almeno 81 impronte umane sono state rilevate finora in ambiente subaereo. Esse sono organizzate in quattro piste (A, B, C, E) e due direzioni di passo (D, F), oltre ad alcune impronte isolate presenti nello spazio del sentiero preistorico.

Le icniti della Pista B comprendono anche le impronte di parti anatomiche diverse dai piedi nudi (mani, polpacci, caviglie, un gluteo destro). La prima delle tre impronte di mani è associata a una lunga scivolata e ciò ne testimonia l'uso per fini legati esclusivamente all'andatura (Mietto et al., 2003; Avanzini et al., 2008; Panarello et al., 2018, 2020, 2023; Panarello, 2020; Mietto et al., 2022 con bibliografia). Le impronte finora note sono tutte ubicate al tetto di un livello stratigrafico denominato LS7 e conservano i dettagli strutturali per essere autenticate come vere orme fossili: sono al tetto di un'unità stratigrafica, sono stati ampiamente compresi e descritti i meccanismi della loro messa in posto e conservazione, sono compatibili cronologicamente con la presenza di *trackmaker* umani, mostrano strutture da espulsione coerenti con il loro posizionamento topografico, con la legge di gravità, con la variabilità di consistenza del substrato e con i movimenti compiuti per il mantenimento dell'equilibrio su una superficie a forte condizionamento geomorfologico.

Sono, infatti, evidenti, in più icniti, i bordi di espulsione e gli sprofondamenti in successione che assecondano i movimenti del piede sul fondo cedevole e irregolare. Analogamente, le impronte conservano tutti gli indiscutibili dettagli anatomici che consentono di attribuirle a esemplari del genere "Homo": sono entassoniche, più lunghe che larghe, hanno le concavità mediali regolarmente alternate in lunghe successioni, conservano l'arco longitudinale mediale. Inoltre, i *pattern* dell'andatura ricostruibili dalle piste d'impronte sono perfettamente compatibili con l'andatura umana.

Lo schema a "Z" descritto dall'autore della Pista A (formata da ben 26 impronte in regolare successione per circa 13 metri) mostra perizia e acume dinamico nella scelta dei gradienti più idonei a mantenere l'equilibrio durante la discesa di un pendio fortemente inclinato, malsicuro e ingannevole.

Uno studio del 2019, inoltre, ha dimostrato che il *trackmaker A*, sebbene fosse certamente un ominine pre-*sapiens*, quando lasciò le sue orme, camminò esattamente come avrebbe fatto un uomo attuale,

cioè, regolarizzando consapevolmente o istintivamente la propria andatura per mantenere il miglior equilibrio durante la difficile discesa e ridurre al minimo il dispendio energetico. Sempre nella Pista A, fra le orme A05 e A08, è un incrocio di passo che testimonia inequivocabilmente la struttura “umana” del bacino del *trackmaker* (Mietto et al., 2003, 2022 con bibliografia; Saborit et al., 2019). Recenti studi hanno consentito di precisare che gli esemplari di *Homo heidelbergensis* che lasciarono le loro orme nel sito di Tora e Piccilli furono almeno 4 ed è stata anche stimata la loro struttura corporea: la loro altezza variava fra 151,96 cm e 180,14 cm, mentre la loro massa corporea variava fra 50,82 kg e 69,27 kg (Palombo e Panarello, 2023, 2025). La coesistenza fra ominini (che sono stati preliminarmente attribuiti alla specie *Homo heidelbergensis*) (Palombo e Panarello, 2025) e le specie di mammiferi che lasciarono le loro tracce nel medesimo spazio frequentativo hanno cominciato a offrire i primi spunti per una ricostruzione dell’ambiente datato alla IV Terminazione del MIS10, ma gli studi sono ancora in corso. Analogamente, i primi ritrovamenti di manufatti litici in basalto, sciolti e in stratigrafia, richiedono approfondimenti indispensabili. Molto è stato fatto, ma molto resta da fare – anche in termini di conservazione e valorizzazione – per questo icnosito unico al mondo ricchissimo e preziosissimo per illuminare un momento ancora sostanzialmente buio della storia evolutiva del genere umano.

Reading human footprints: the Tora e Piccilli site

Adolfo Panarello

Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale
Dipartimento di Scienze Umane, Sociali e della Salute
adolfo.panarello@unicas.it

Fossilized footprints are extremely rare and valuable finds for anyone dedicated to studying antiquity. They provide unique information about times, places, structures, actions and, sometimes, motivations. Their significance is therefore not only structural and chronological, but also behavioural and environmental. It is therefore easy to see how valuable a trackway of at least three footprints in regular succession can be in understanding the movements and actions of living and extinct individuals from hundreds of thousands of years ago. Footprints are structures formed when a dynamic agent acts on a deformable matter that reacts in a plastic and axonic manner, recording every morphological detail. The shape, size and detail preservation of footprints are strongly related to the nature and characteristics of the imprinted substrate, the taphonomic dynamics that affected them and the possible environmental influences on the trackmaker at the time (Bennett & Morse, 2014).

Ichnosites that preserve human footprints are extremely rare. Currently, there are around a hundred known sites worldwide, most of which are Holocene. Even rarer are Pleistocene ichnites, which are almost always exposed to extreme conservation risks (Bennett and Morse, 2014; Panarello, in progress). Therefore, when the journal *NATURE* (Mietto et al., 2003) announced the discovery of the paleontological site of the “Ciampate del diavolo” (Devil's Trails) in Tora e Piccilli (central-southern Italy), on 13 March 2003, with

fossilized human footprints from the Middle Pleistocene, the news spread around the world in less than 24 hours. It was received with great attention and curiosity by the international scientific community, as the footprints would later be dated with good radiometric precision to 349 ± 3 ka (Santello, 2010 and references therein; Mietto et al., 2022 and references therein).

In addition to the great antiquity of the pyroclastic deposit, which was created by an explosive eruption of the Roccamonfina volcano and later became Brown Leucitic Tuff (BLT) due to neoformation, zeolitization and lithification, the researchers were most struck by the fact that human footprints had been left and preserved on an extremely steep substrate (approximately 30° on average, with inclinations reaching up to 80%). This greatly influenced the movements of the trackmakers (Mietto et al., 2003; Avanzini et al., 2008; Santello, 2010; Panarello et al., 2020, 2023; Mietto et al., 2022; Palombo and Panarello, 2023, 2025), who were revealed by subsequent fieldwork to be not only hominins, but also other mammals such as bears, elephants, horses and artiodactyls (Panarello et al., 2017a; Palombo et al., 2018; Mietto et al., 2022 and references therein). These walkers moved and left their tracks in an area of around 2,000 m² when the substrate was cool enough to walk on and not yet fully solidified. The cavities of the footprints were filled with the materials of the “fallout”, which allowed them to dry out and protected them from the subsequent violent eruption. This sealed the footprints permanently, enabling them to fossilize and be preserved until the first half of the 19th century, when a series of floods accelerated the erosion of the debris that had protected them for hundreds of thousands of years, exposing them. The damage caused by these torrential rains gave rise to the legend of the 'Devil's Trails', as they were known until they were scientifically understood: they had been firstly interpreted as divine punishment by the local populations of the time and attributed to the devil, the only supernatural being considered capable of walking on the volcano's incandescent materials without being incinerated and leaving donkey-like footprints (Mietto et al., 2022).

Over the years, fieldwork coordinated by Prof. Paolo Mietto (University of Padua) has yielded evidence of extraordinary scientific interest (Panarello et al., 2023 and references therein).

Above all, however, it has highlighted that the site of the “Ciampate del diavolo” (“Devil's Trails”) is not only a paleontological and paleoanthropological site of enormous scientific value, but also a valuable natural laboratory, where methodologies for better understanding and interpreting human fossil ichnological evidence can be developed and/or improved. In fact, given the steep inclination and non-homogeneous consistency of the imprinted substrate at the time of imprinting, behavioural assessments can be conducted that would not be possible elsewhere. Furthermore, all the human fossil footprint trackways branch off from a rather flat area dominating the entire length of the imprinted slope. This area has been proved to be itself a unique ichnological structure, being the oldest fossil pathway created by human beings, with bidirectional human and animal footprints inside its space. Finally, its route, which was created in prehistoric times, is marked on all historical topographical maps, including current ones.

This demonstrates that human choices during settlement dynamics, which are strongly influenced by geomorphology, have remained substantially homogeneous over time (Panarello et al., 2017b; Mietto et al., 2022 and references therein).

So far, at least 81 human footprints have been found in the subaerial environment. These are organized into four trackways (A, B, C and E) and two stride directions (D and F), as well as some isolated footprints found in the prehistoric pathway area. The ichnites in Trackway B also include the impressions of anatomical body parts other than the bare feet, such as hands, calves, ankles and a right buttock. The first of the three handprints is associated with a long slide, indicating that it was used exclusively for balancing the gait (Mietto et al., 2003; Avanzini et al., 2008; Panarello et al., 2018, 2020, 2023; Panarello, 2020; Mietto et al., 2022 and references therein).

All of the known footprints are located at the top of a stratigraphic layer called LS7, and they possess the structural details necessary for their authentication as genuine fossil footprints. In fact, they are located at the top of a stratigraphic unit and the mechanisms of their formation and preservation are well understood and documented. They are also chronologically consistent with the presence of human trackmakers. They show displacement rims which are consistent with their topographical positioning, gravity, the variability of substrate consistency, and the movements required to maintain balance during a strongly geomorphologically conditioned walking. Indeed, the displacement rims and successive depressions resulting from the movements of the foot on yielding, uneven ground are clearly visible in several ichnites. Similarly, the footprints show all the anatomical features that can be attributed to the genus 'Homo': they are entaxonic, longer than they are wide, with regularly alternating medial concavities in long sequences, and they show the medial longitudinal arch. Furthermore, the gait patterns that can be reconstructed from the footprints are perfectly compatible with human gait.

The “Z” pattern created by the hominin who made Trackway A (consisting of 26 footprints in regular succession over approximately 13 metres) demonstrates skill and insight in selecting suitable gradients for maintaining balance while descending a steep, unstable, and treacherous slope. Furthermore, a 2019 study showed that, although trackmaker A was certainly a *pre-sapiens* hominin, he walked exactly as a modern human would, consciously or instinctively regulating his gait to maintain balance and minimise energy expenditure during the difficult descent.

On Trackway A, between footprints A05 and A08, a crossing of the feet within a step unequivocally testifies to the “human” structure of the trackmaker's pelvis (Mietto et al., 2003, 2022 and references therein; Saborit et al., 2019). Recent studies have revealed that at least four *Homo heidelbergensis* specimens left their footprints at the Tora and Piccilli site. Their body structure has also been estimated, with heights ranging from 151.96 cm to 180.14 cm and body masses

ranging from 50.82 kg to 69.27 kg (Palombo and Panarello, 2023, 2025). The coexistence of hominins (preliminarily attributed to the species *Homo heidelbergensis*) (Palombo and Panarello, 2025) and the species of mammals that left their traces in the same frequented area has begun to offer the first clues for a reconstruction of the environment dating back to the fourth termination of MIS10, but studies are still ongoing. Similarly, the first finds of basalt stone artefacts, loose and in stratigraphy, require further investigation. Much has been done, but much remains to be done – also in terms of conservation and promotion – for this unique, rich and precious ichnological site, which sheds light on a still largely obscure moment in the evolutionary history of humankind.

References

- Avanzini, M., Mietto, P., Panarello, A., De Angelis, M., & Rolandi, G. (2008). The Devil's Trails: Middle Pleistocene Human Footprints Preserved in a Volcanoclastic Deposit of Southern Italy. *Ichnos*, 15(3–4), 179–189. <https://doi.org/10.1080/10420940802470458>.
- Bennett, M.R., Morse, S.A. (2014). *Human Footprints: Fossilised Locomotion?* Cham/Heidelberg/New York/Dordrecht/London: Springer.
- Mietto, P., Avanzini, M., Rolandi, G. (2003). Human footprints in Pleistocene volcanic ash. *Nature*, 422, 133. <https://doi.org/10.1038/422133a>.
- Mietto, P., Panarello, A., Di Vito, M.A. (Eds.) (2022). 2001-2021: *Vent'anni di ricerche sulle "Ciampate del diavolo". Dalla leggenda alla realtà scientifica.* «Miscellanea INGV», 64. Roma: INGV. <https://doi.org/10.13127/misc/64>.
- Palombo, M.R. & Panarello, A. (2023). How many hominins walked on the slope of the Foresta ignimbrite deposit (Roccamonfina volcano, central Italy)? *Journal of Mediterranean Earth Sciences*, 15, 229-271. <https://doi.org/10.13133/2280-6148/17999>.
- Palombo, M.R. & Panarello, A. (2025). What Was the “Devil’s” Body Size? Reflections on the Body Mass and Stature of the Foresta Hominin Trackmakers (Roccamonfina Volcano, Italy). *Quaternary*, 8(1), 5. <https://doi.org/10.3390/quat8010005>.
- Palombo, M.R., Panarello, A., Mietto, P. (2018). Did elephants meet humans along the Devil's path? A preliminary report. *Alpine and Mediterranean Quaternary*, 31, 83-87.

- Panarello A., Mazzardo L., Mietto P. (2018). The devil's touch: a first dataset from what could be the oldest human handprint ever found (Central-Southern Italy). *Alpine and Mediterranean Quaternary*, 31, 37-47. <https://doi.org/10.26382/AMQ.2018.03>.
- Panarello, A., Mietto, P., Palombo, M.R. (2023). The Middle Pleistocene footprints of Foresta (Southern-Central Italy): research activities, achievements, and perspectives. *Journal of Mediterranean Earth Sciences*, 15, 207-288. <https://doi.org/10.13133/2280-6148/17823>.
- Panarello, A., Palombo, M.R., Biddittu, I., Di Vito, M.A., Farinaro, G., Mietto, P. (2020). On the devil's tracks: unexpected news from the Foresta ichnosite (Roccamonfina volcano, central Italy). *Journal of Quaternary Science*, 35, 444-456. <https://doi.org/10.1002/jqs.3186>.
- Panarello, A., Palombo, M.R., Biddittu, I., Mietto, P. (2017a). Fifteen Years Along the "Devil's Trails": Achievements and Perspectives. *Alpine and Mediterranean Quaternary*, 30 (2): 137-154. <https://amq.aiqua.it/index.php/amq/article/view/118>.
- Panarello, A., Santello, L., Farinaro, G., Bennett, M.R., Mietto, P. (2017b). Walking along the oldest human fossil pathway (Roccamonfina volcano, Central Italy)? *Journal of Archaeological Science: Reports*, 13: 476-490. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2017.04.020>.
- Panarello, A. (2020). A snapshot on some everyday actions of a Middle Pleistocene hominin: the Trackway B at the Devil's Trails palaeontological site (Tora e Piccilli, Caserta, Central Italy). *Journal of Anthropological Sciences*, 98, 27-47. <https://doi.org/10.4436/JASS.98013>.
- Saborit, G., Mondanaro, A., Melchionna, M., Serio, C., Carotenuto, F., Tabvani, S., Modafferi, M., Panarello, A., Mietto, P., Raia, P., Casinos, A. (2019). A dynamic analysis of Middle Pleistocene human walking gait adjustment and control. *Italian Journal of Geosciences*, 138 (2): 231-238. <https://doi.org/10.3301/IJG.2019.03>.
- Santello, L. (2010). *Analysis of a trampled formation: the Brown Leucitic Tuff (Roccamonfina volcano, Southern Italy)*. Ph.D. Thesis in "Scienze della Terra", Università degli studi di Padova, Dipartimento di Geoscienze.

Geologia stratigrafica e sedimentologia: il sito di Pietraraja dal Cretacico al Miocene superiore. Il Modello geologico di riferimento

Maria Rosaria Senatore, Agostino Meo

Università degli Studi del Sannio, Benevento
Dipartimento di Scienze e Tecnologie
senatore@unisannio.it
ameo@unisannio.it

1. Introduzione

L'area della Civita di Pietraraja è situata su un rilievo strutturale appartenente al Gruppo del Matese, orientato secondo un trend est-ovest, lungo il margine del settore campano della catena appenninica meridionale (fig. 1A, 1B). Il Gruppo del Matese è costituito da successioni carbonatiche mesozoiche depositate in contesti di piattaforma e di margine di piattaforma dell'Unità della Piattaforma Sud-Appenninica (D'Argenio et al., 1973; Mostardini & Merlini, 1986; Pescatore et al., 1996). Durante il Neogene, queste unità carbonatiche furono coinvolte nei sistemi di falde vergenti verso est (Tardo Miocene-inizio Pliocene) che contribuirono alla costruzione della catena dell'Appennino meridionale (Boccaletti et al., 1985). Successivamente, la tettonica estensionale del Tardo Pliocene-Pleistocene determinò l'attivazione di faglie normali e il progressivo sollevamento di questo settore dell'Appennino meridionale.

Il rilievo della Civita di Pietraraja costituisce una monoclinale inclinata verso est, delimitata a sud e a nord da faglie normali orientate est-ovest, e a est e a ovest da faglie normali orientate nord-sud (Catenacci & Manfredini, 1963; Boscaino, 2001).

Questo assetto strutturale riflette gli effetti combinati della deformazione compressiva neogenica e della successiva tettonica estensionale Pliocene-Pleistocenica. La monoclinale è costituita da una successione carbonatica mesozoica, ricoperta in discordanza da depositi miocenici che mostrano, in verticale, facies carbonatiche (Formazioni Cusano e Longano) che passano a facies silico-clastiche (Formazione di Pietraraja, Ogniben, 1958; Selli, 1958; Scandone & Sgroso, 1963; Pescatore et al. 1996; Carannante & Simone, 1996; Sgroso, 1998).

2. La successione del Cretacico

2.1 Calcarei con ciclotemi peritidali (*Aptiano-Albiano inferiore*)

Essi costituiscono la base della successione affiorante nella zona occidentale della Civita di Pietraraja (Boscaino, 2001). Si tratta di calcarei stratificati (spessore ≤ 150 cm), inclinati verso E-ESE, che presentano ciclotemi peritidali di tipo *shallowing upward* con:

- Facies trasgressive; calciruditi grossolane con intraclasti e matrice marnosa.
- Facies subtidali; *packstone-grainstone* con foraminiferi, peloidi, oncoliti, ooliti, lamellibranchi.
- Facies intertidali-sopratidali; *wackstone-mudstone* laminati, talora stromatolitici.

Sono presenti superfici erosive che separano questa successione dai soprastanti calcarei ad ittioliti.

La presenza di rudiste e di una microbiofacies rappresentata da milioliti, cuneoline, orbitoline e *Ovalveolina* sp., nella parte alta della successione, permette di datarla Albiano inferiore.

2.2 Calcarei ad ittioliti

Affiorano estesamente lungo il versante orientale della Civita, nell'area del Parco Geopaleontologico.

Si tratta di calcarei biancastri-grigiastri, sottilmente stratificati, con tessiture di tipo *mudstone-grainstone* e caratterizzati da frequenti laminazioni e noduli di selce (Bravi & Garassino 1998; Boscaino 2001;

Carannante et al., 2001; Graziano et al., 2024). Lo spessore complessivo è tra ~32 e 40 m. Questi livelli poggiano in discordanza erosiva sui sottostanti calcari peritidali.

La superficie di contatto, marcatamente irregolare, è seguita da calcari fini che progradano verso est, con tipiche geometrie di *onlap* e *downlap* (Boscaino, 2001; Graziano et al., 2024). La loro deposizione avvenne all'interno di una depressione locale, alimentati da apporti sedimentari provenienti da W-NNW, condizione che esclude qualsiasi continuità eteropica con le unità carbonatiche sottostanti. Rimane incerta l'origine (subaerea o subacquea) e l'età precisa della superficie erosiva, che rappresenta una lacuna stratigrafica significativa (Boscaino, 2001; Senatore et al., 2019).

Uno studio sull'Albiano inferiore della Piattaforma Carbonatica Appenninica (Graziano et al., 2024) ha analizzato livelli fossiliferi contenenti piante, pesci, crocodilomorfi e il dinosauro *Scipionyx samniticus*. Sono stati riconosciuti tre orizzonti a Plattenkalk (inferiore, medio, superiore). Secondo gli autori i sedimenti si depositarono in una laguna costiera ristretta, senza evidenze di acque profonde. La successione mostra cicli di precessione ed eccentricità, legati a variazioni climatiche e marine. Fluttuazioni di salinità e ossigeno favorirono la conservazione eccezionale dei fossili. Le spugne silicee indicano fasi di fertilizzazione vulcanica. L'evoluzione dei minerali argillosi segnala il passaggio da clima arido a umido. I tre orizzonti corrispondono a episodi di abbassamento del livello marino e raffreddamento globale.

Durante tali fasi, la piattaforma emersa formò ponti terrestri tra Africa ed Eurasia, favorendo migrazioni e diversificazione biologica (Graziano et al., 2024).

3. La successione del Miocene

Sul substrato mesozoico (calcari ad ittioliti o peritidali) poggia, in discordanza stratigrafica, una successione miocenica formata da tre unità (Selli, 1958):

3.1 Formazione di Cusano (Burdigaliano-Serravalliano)

Calcari a rodoliti, briozoi, lamellibranchi, echinidi e foraminiferi bentonici, tipici di piattaforma aperta. Lo spessore è variabile tra 0 e 15 m a Pietraraja. Sono presenti brecce arrossate con croste ferro-manganesifere, che indicano piccole lacune sedimentarie. L'età è burdigaliana per la presenza di *Pecten pseudobeudanti* e *P. hornensis*.

3.2 Formazione di Longano (Serravalliano-Tortoniano)

Calcari marnosi e marne argillose ricchi di foraminiferi planctonici (*Orbulina*, *Globigerina*, *Globorotalia*). Include un livello fosfatico di transizione, indicante aumento di profondità, *upwelling* e scarsa ossigenazione. Depositi emipelagici con strutture di scivolamento e progressivo incremento terrigeno. L'età è serravalliana-tortoniana.

3.3 Formazione di Pietraraja (Tortoniano)

Argille e marne argillose alternate ad arenarie fini micacee, deposte in ambiente torbido di mare profondo. Rappresenta il progressivo annegamento della piattaforma carbonatica.

4. Il modello geologico di riferimento

L'evoluzione sedimentaria registrata nelle successioni cretache e mioceniche affioranti lungo il versante orientale della Civita (area del Parco Geopaleontologico) e lungo la SP89 da Pietraraja a Bocca della Selva, in corrispondenza del punto panoramico n. 2, mostra caratteristiche deposizionali ricorrenti e tratti stratigrafici confrontabili con numerose successioni dell'Appennino meridionale. In particolare, presso le cave di calcare situate al margine orientale della Civita è visibile un contatto paraconforme tra il Cretacico inferiore e i calcari a briozoi e litotamni del Miocene inferiore. Al punto panoramico n. 2 lungo la SP89, invece, si osserva il passaggio dal Cretacico inferiore al Cretacico superiore, con la presenza intermedia di un livello bauxitico (fig. 1C). I calcari del Cretacico superiore sono poi sovrastati, in paraconcordanza, dalle marne a *Orbulina universa*.

L'insieme di questi contatti suggerisce l'applicazione del modello delle "valli incise": il substrato carbonatico cretacico, profondamente inciso durante un prolungato periodo di emersione (continentalità), sarebbe stato successivamente sommerso dal mare miocenico, che avrebbe colmato le valli con geometrie di tipo *onlap* (fig. 1C; Senatore et al 2019; Meo et al., 2024).

La successione miocenica, interpretabile come il pacco sedimentario di *foreland/foredeep* della catena appenninica, rappresenta una tipica successione di "annegamento", caratterizzata da un progressivo approfondimento verso l'alto, con il passaggio da ambienti prossimali di costa (*nearshore*) a condizioni di mare aperto (*open sea environment*; Carannante et al., 1987). Un'evoluzione analoga è documentata nel settore del Monte Camposauro (Gruppo Taburno-Camposauro, Italia meridionale) e nell'area di Vitulano (BN), interpretati da Checconi et al. (2010) come zone di transizione dalla Formazione di Cusano, con abbondanti rodoliti e briozoi, alla Formazione di Longano, costituita da marne a *Orbulina*. Bassi et al. (2010) descrivono le successioni carbonatiche marine temperate del Miocene inferiore-medio affioranti nel settore sud-orientale dei Monti del Matese (Appennino meridionale, Italia), deposti in un sistema di piattaforma aperta (*open-shelf*) con margine irregolare, esteso per circa 10 km in lunghezza e fino a 6 km in larghezza. Tali successioni mostrano forti analogie con quelle del Gruppo Taburno-Camposauro e dell'area di Vitulano (Meo et al., 2024).

Nei diagrammi a blocchi proposti dagli stessi autori per il Miocene inferiore-medio è evidenziata la presenza, nella porzione distale del sistema, di marne emipelagiche associate a carbonati marini temperati, nonché la chiara geometria di *onlap* della successione miocenica sul substrato cretacico. In tutti i casi analizzati, le marne emipelagiche a *Orbulina* evolvono verso l'alto in successioni torbidity silico-clastiche. Una tendenza simile è riconosciuta anche nell'attuale sistema di *foreland/foredeep* del Mar Ionio settentrionale (settore orientale del Golfo di Taranto), dove Senatore et al. (1988) identificano due unità sismiche: una superiore, emipelagica e recente,

con chiara geometria di onlap sul substrato inferiore costituito dai calcari cretacei della Puglia. Nel complesso, questi elementi indicano che l'annegamento progressivo – dal *nearshore* al mare aperto – rappresenta un trend ricorrente nell'evoluzione dell'Appennino meridionale. Le analogie geometriche riscontrate in differenti contesti strutturali dimostrano che la successione qui studiata possiede caratteristiche del tutto confrontabili con quelle di altri settori noti, suggerendo che, a scale temporali e ambientali diverse, le aree di *foreland/foredeep* dell'Appennino meridionale tendono a sviluppare un'architettura geologica e stratigrafica sostanzialmente analoga (Boccaletti et al., 1985).

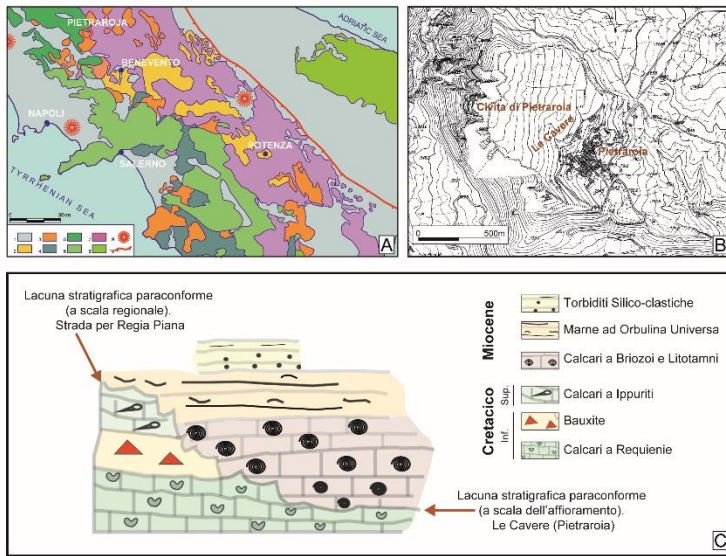


Figura 1: A) Carta Geologica dell'Appennino meridionale (mod. da Di Nocera et al., 2006). 1) Depositi Quaternari; 2) Depositi del Pliocene; 3) Depositi sin-orogenici del Miocene; 4) Unità Sicilidi e Liguridi; 5) Unità della piattaforma carbonatica del Matese; 6) Unità della piattaforma carbonatica Sud-Appenninica; 7) Unità del Bacino lagonegrese-molisano; 8) Unità apule; 9) Vulcani; 10) Fronte della catena appenninica. B) Ubicazione del Sito di Pietraroja e dei siti di osservazione. C) Modello geologico di riferimento.

Stratigraphy and Sedimentology: the site of Pietraroja from the Cretaceous to the Upper Miocene. The reference geological model

Maria Rosaria Senatore, Agostino Meo

Università degli Studi del Sannio, Benevento
Dipartimento di Scienze e Tecnologie
senatore@unisannio.it
ameo@unisannio.it

1. Introduction

The Civita di Pietraroja area is located on a structural high belonging to the Matese Group, an E-W-oriented relief along the Campanian sector of the southern Apennine chain (fig. 1A, 1B). The Matese Group consists of Mesozoic carbonate successions deposited in inner to outer-platform settings of the Southern Apenninic Carbonate Platform Unit (D'Argenio et al., 1973; Mostardini & Merlini, 1986; Pescatore et al., 1996). During the Neogene, these carbonate units were incorporated into east-verging thrust sheets (Late Miocene-Early Pliocene), contributing to the construction of the southern Apennine orogenic system (Boccaletti et al., 1985). Subsequent Late Pliocene-Pleistocene extensional tectonics led to the activation of normal faults and to the progressive uplift of this sector of the chain.

The Civita di Pietraroja ridge forms an east-dipping monocline bounded to the north and south by E-W-trending normal faults, and to the east and west by N-S-trending normal faults (Catenacci & Manfredini, 1963; Boscaino, 2001). This structural architecture reflects the superposition of Neogene compressional deformation and subsequent Pliocene-Pleistocene extension.

The monocline is composed of a Mesozoic carbonate succession overlain unconformably by Miocene deposits that vertically evolve from shallow-water carbonate facies (Cusano and Longano formations) to siliciclastic facies (Pietraraja Formation; Ogniben, 1958; Selli, 1958; Scandone & Sgroso, 1963; Pescatore et al., 1996; Carannante & Simone, 1996; Sgroso, 1998).

2. The Cretaceous succession

2.1 Peritidal cyclic carbonates (Aptian-Early Albian)

These deposits constitute the basal portion of the exposed succession in the western Civita sector (Boscaino, 2001). They consist of stratified limestones (individual beds ≤ 150 cm thick), dipping E-ESE, and arranged in shallowing-upward peritidal cycles characterized by:

- Transgressive facies: coarse intraclast-rich calcirudites with marly matrix.
- Subtidal facies: packstone-grainstone with foraminifers, peloids, oncoids, ooids, and bivalves.
- Intertidal-supratidal facies: laminated wackestone-mudstone, locally stromatolitic.

Erosional surfaces separate these deposits from the overlying ichthyolitic limestones.

The presence of rudists and a microbiofacies including miliolids, cuneolinids, orbitolinids and *Ovalveolina* spp. in the upper portion allows assignment to the Early Albian.

2.2 Ichthyolitic limestones

These limestones crop out extensively along the eastern slope of the Civita, within the Geopalaeontological Park. They are whitish to grey, thinly bedded limestones with mudstone-grainstone textures, frequent lamination, and abundant chert nodules (Bravi & Garassino, 1998; Boscaino, 2001; Carannante et al., 2001; Graziano et al., 2024).

Their total thickness ranges from ~32 to 40 m. They overlie the peritidal limestones along a marked erosional unconformity. The contact surface is highly irregular, followed upward by fine-grained carbonates prograding eastward, with well-defined onlap and downlap geometries (Boscaino, 2001; Graziano et al., 2024). These sediments accumulated within a localized depression fed by sediment input from the W-NNW, thus excluding any lateral facies continuity with the underlying carbonate units. The origin (subaerial vs. subaqueous) and precise age of the erosional surface remain uncertain, although it represents a significant stratigraphic hiatus (Boscaino, 2001; Senatore et al., 2019). A recent study on the Lower Albian of the Apenninic Carbonate Platform (Graziano et al., 2024) identified three Plattenkalk horizons (lower, middle, upper) containing exceptionally preserved plants, fishes, crocodylomorphs and the dinosaur *Scipionyx samniticus*. The authors interpret these deposits as a restricted lagoonal system without evidence of deep-water conditions. The succession records precession- and eccentricity-driven climatic cycles, with fluctuations in salinity and oxygenation favouring exceptional fossil preservation. Siliceous sponges indicate episodic volcanic fertilization, whereas clay-mineral signatures document a transition from arid to humid climate conditions. The three horizons correspond to relative sea-level falls and global cooling phases during which emergent platforms may have formed transient land bridges between Africa and Eurasia (Graziano et al., 2024).

3. The Miocene succession

The Miocene succession unconformably overlies the Mesozoic basement (ichthyolitic or peritidal limestones) and consists of three units (Selli, 1958).

3.1 Cusano Formation (Burdigalian-Serravallian)

Rhodolith-bearing limestones with bryozoans, bivalves, echinoids and benthic foraminifers, typical of an open-platform setting. Thickness ranges from 0 to 15 m in the Pietraraja area.

Locally, reddish breccias with Fe-Mn crusts indicate minor sedimentary hiatuses. The presence of *Pecten pseudobeudanti* and *P. hornensis* constrains the age to the Burdigalian.

3.2 Longano Formation (Serravallian-Tortonian)

Marly limestones and clayey marls rich in planktonic foraminifers (*Orbulina*, *Globigerina*, *Globorotalia*). A phosphatic layer marks a deepening phase associated with upwelling and reduced oxygenation. These hemipelagic deposits locally contain soft-sediment deformation structures and display an upward increase in terrigenous input. The succession is dated to the Serravallian-Tortonian.

3.3 Pietraraja Formation (Tortonian)

Clay and clayey marl alternated with fine micaceous sandstones deposited in a deep-marine turbidite setting, documenting the progressive drowning of the carbonate platform.

4. The reference Geological Model

The sedimentary evolution preserved in the Cretaceous and Miocene successions along the eastern Civita slope (Geopalaeontological Park) and along the SP89 road to Bocca della Selva (panoramic point no. 2) displays recurrent depositional features and stratigraphic patterns comparable to many successions of the southern Apennines.

At the limestone quarries on the eastern margin of the Civita, a paraconformable contact separates the Lower Cretaceous from the Lower Miocene bryozoan-lithothamnion limestones. At panoramic point no. 2 along the SP89, the transition from Lower to Upper Cretaceous is exposed, including an intervening bauxite level (fig. 1C). The Upper Cretaceous limestones are paraconformably overlain by *Orbulina* marls.

These relationships support the application of an incised-valley model: the Cretaceous carbonate basement underwent deep subaerial incision during a prolonged continental phase, and was later flooded by the Miocene transgression, which filled the valleys with deposits

showing onlap geometries (Figure 1C; Senatore et al., 2019; Meo et al., 2024). The Miocene succession, representing the foreland-foredeep system of the Apennine chain, constitutes a typical drowning succession, showing an upward transition from nearshore to open-marine environments (Carannante et al., 1987). A comparable evolution is observed in the Monte Camposauro area (Taburno-Camposauro Group) and near Vitulano (BN), where Checconi et al. (2010) interpreted a transition from the rhodolith-rich Cusano Formation to the *Orbulina* marls of the Longano Formation. Bassi et al. (2010) described similar temperate-water carbonate successions of the Lower-Middle Miocene cropping out in the south-eastern Matese Mountains, formed in an open-shelf system with irregular margins, up to 10 km long and 6 km wide. These successions share strong analogies with those of the Taburno-Camposauro Group and the Vitulano area (Meo et al., 2024).

Block diagrams from these authors illustrate distal hemipelagic marls associated with temperate-water carbonates and clear onlap geometries of the Miocene succession onto the Cretaceous basement. In all examined cases, *Orbulina*-bearing hemipelagic marls pass upward into siliciclastic turbidite successions. A similar trend characterizes the present-day foreland-foredeep system of the northern Ionian Sea (eastern Gulf of Taranto), where Senatore et al. (1988) identified an upper hemipelagic seismic unit onlapping Cretaceous carbonate substrates.

Overall, these elements indicate that progressive drowning – from nearshore to open-marine environments – is a recurrent trend in the evolution of the southern Apennines. The geometric analogies observed across different structural settings demonstrate that the succession studied here exhibits features consistent with other well-documented geological contexts, suggesting that southern Apennine foreland-foredeep domains tend to develop a broadly comparable stratigraphic and structural architecture through time (Boccaletti et al., 1985).

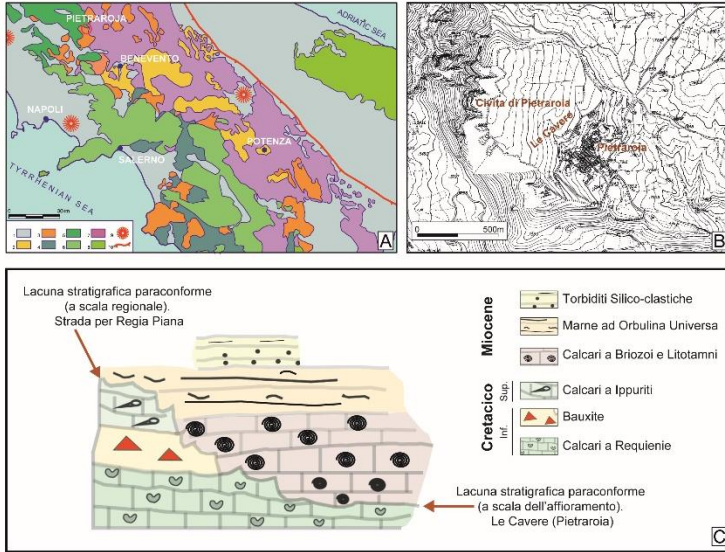


Figure 1: A) Geological sketch-map of the Southern Apennines (mod. after Di Nocera et alii, 2006) with study area location. 1) Quaternary deposits; 2) Pliocene deposits; 3) Sinorogenic Miocene deposits; 4) Sicilide and Liguride units; 5) Matese carbonatic platform units; 6) Southern-Apenninic carbonatic platform units; 7) Lagonegro-Molise Basin units; 8) Apulian units; 9) Volcanoes; 10) Sealed front of the chain. B) Location of the survey point of views. C) The reference Geological Model.

References

- Bassi D., Carannante G., Checconi A., Simone L., & Vigorito, M. (2010). Sedimentological and palaeoecological integrated analysis of a Miocene channelized carbonate margin, Matese Mountains, Southern Apennines, Italy. *Sedimentary Geology*, 230 (3-4), 105-122.
- Boccaletti M., Cosentino D., Deiana G., Gelati R., Lentini F., Massari F., Moratti G., Pescatore T., Porcu A., Ricchetti G., Ricci Lucchi F., Tortorici L. (1985). Neogene Dynamics of the peri-Tyrrhenian area in an ensialic context: paleogeographic reconstruction. *Reg. Comm. Mediterranean Neogene Stratigraphy*, Budapest 15-22 sept. 1985, 307-322.

- Boscaino M. (2001). *Lo scavo in località “Le Cavere” nel Parco Geopaleontologico di Pietraraja*. Comune di Pietraraja e Soprintendenza Archeologica di Salerno, Avellino e Benevento. Rilevamento Geologico e Stratigrafia. *Relazione*.
- Bravi S. & Garassino A. (1998). New biostratigraphic and paleoecologic observations on the “Plattenkalk” of the lower Cretaceous (Albian) of Pietraraja (Benevento, S-Italy) and its decapod crustaceans assemblage. *Atti Soc. It. Sc. Nat. Museo civ. Stor. Nat. Milano*, 138/1997 (I-II), 119-171, Milano.
- Carannante, G., & Simone, L. (1996). Rhodolith facies in the central-southern Apennines mountains, Italy. *Models for Carbonate Stratigraphy from Miocene Reef Complexes of Mediterranean Regions*. Evan K. Franseen, Mateu Esteban, William C. Ward, Jean-Marie Rouchy.
- Carannante G., Pescatore T., Senatore M. R., & Simone L. (1987). L’annegamento delle aree di Avampaese miocenico e la migrazione delle facies a Briozoi e Litotamni (foramoli) nell’Appennino meridionale. (Abs.) Naxos. *Convegno della Società Geologica Italiana*, 22-23.
- Carannante G., Vigorito M. & D’Argenio B. (2001). I calcari ad ittioliti di Pietraraja: laguna o canale sottomarino? Nuove considerazioni sedimentologiche e paleoambientali. *Atti Riun. Ann. del Gr. Inf. di Sed. del C.N.R.* 2-7 ottobre 2001, 17-19, Potenza.
- Catenacci V. & Manfredini M. (1963). Osservazioni stratigrafiche sulla Civita di Pietraraja (Benevento). *Boll. Soc. It.*, 82, fasc. 3, 65-92.
- Checconi A., Bassi D., Carannante G., & Monaco P. (2010). Re-deposited rhodoliths in the Middle Miocene hemipelagic deposits of Vitulano (Southern Apennines, Italy): coralline assemblage characterization and related trace fossils. *Sedimentary Geology*, 225 (1-2), 50-66.
- D’Argenio, B., Pescatore, T. S., & Scandone, P. (1973). Schema geologico dell’Appennino meridionale (Campania e Lucania). *Accademia Nazionale dei Lincei*.
- Di Nocera, S., Matano, F., Pescatore, T., Pinto, F., Quarantiello, R., Senatore, M., & Torre, M. (2006). Schema geologico del transetto Monti Picentini orientali–Monti della Daunia meridionali: unità stratigrafiche ed evoluzione tettonica del settore esterno dell’Appennino meridionale. *Bol. Soc. Geol. It.*, 125, 39-58.
- Graziano, R., Raspini, A., & Bartiromo, A. (2024). New insights into the palaeoenvironmental–palaeoclimatic significance and sedimentary dynamics of carbonate Lagerstätten: The lower Albian of Pietraraja (Southern Italy). *Sedimentology*, 71(2), 619-686.

- Meo, A., Mauro, A. & Senatore MR. (2024). Geological map of the San Giuliano Lake (Southern Italy): new stratigraphic and sedimentological data. *It. J. Geosc.*, 143, f.2, 175-186.
- Mostardini, F., & Merlini, S. (1986). Appennino centro-meridionale: Sessioni geologiche e proposta di modello strutturale. *Geologia dell'Italia centrale. Congresso nazionale*. 73, 147-149.
- Ogniben L. (1958). Melobesie basso-elveziane di Caiazzo (Caserta). *Palaeontografia Italica*, 53 (n. ser. Vol. XXIII), 49-71
- Pescatore, T., Pinto, F., Renda, P., Senatore, M., Tramutoli, M., & Valente, A. (1996). Avolfosse mioceniche dell'Appennino Meridionale (Italia). *Rendiconto dell'Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche*, 68, 85-121.
- Selli R. (1958). Sulla trasgressione del Miocene nell'Italia meridionale. *Giornale di geologia*, s. 2, 26,1-54.
- Scandone, P., & Sgrosso, I. (1963). Il Mesozoico nel gruppo montuoso dell'Accellica (M. Picentini, Salerno). *Mem. Soc. Geol. It.*, 4, Napoli.
- Senatore, M. R., Boscaino, M., Valente, A., & Amore, F. O. (2019). The Geology of Civita di Pietraraja (Southern Italy). Stratigraphic and micropaleontological analysis. *Paleodays 2019-Parte 1: Volume dei riassunti*, 42.
- Senatore M., Normark W. R., Pescatore T., & Rossi S. (1988). Structural framework of the Gulf of Taranto (Ionian Sea). *Mem. Soc. Geol. It.*, 41, 533-539.
- Sgrosso, I. (1998). Possibile evoluzione cinematica miocenica nell'orogene centro-sud-appenninico. *Bol. Soc. Geol. It.*, 117, 679-724.

Pietraroja e il piccolo *Ciro*. *Scipionyx samniticus*: storia di un reperito fossile unico al mondo

Cristiano Dal Sasso

Museo di Storia Naturale di Milano
Sezione di Paleontologia dei Vertebrati
cristiano.dalsasso@comune.milano.it

1. Breve storia di un reperito eccezionale

Scipionyx samniticus è stato il primo scheletro fossile di dinosauro portato alla luce in Italia.

La sua scoperta fu un evento importante per la paleontologia italiana e attirò interesse in tutto il mondo, quando l'esemplare ottenne la copertina di *Nature* (Dal Sasso & Signore, 1998). Infatti, il fossile è un teropode giovanile che mostra tessuti molli superbamente conservati (fig.1). La storia del ritrovamento è di per sé originale (per un resoconto dettagliato, vedere Dal Sasso, 2004). Nel 1981, Giovanni Todesco portò alla luce “uno strano rettile” vicino a Pietraroja (Benevento) e lo conservò in casa fino al 1993, quando i paleontologi del Museo di Storia Naturale di Milano (MSNM) identificarono il piccolo vertebrato come un dinosauro.

In conformità con la legge italiana, l'esemplare venne consegnato alla Sovrintendenza competente e una popolare rivista soprannominò il dinosauro “Ciro” (tipico nome napoletano).

Nel 1994, il Museo di Storia Naturale di Milano ottenne il permesso di studiare e pubblicare il fossile, dandogli un nome scientifico formale (Dal Sasso & Signore, 1998) e, successivamente, di approfondire le sue conoscenze in una monografia dettagliata (Dal Sasso & Maganuco, 2011).



Figura 1. L'olotipo (e unico esemplare conosciuto) di *Scipionyx samniticus*. L'ampia fontanella fronto-parietale (cioè lo spazio a forma di U sulla volta cranica) indica la giovanissima età dell'animale. La maggior parte dei tessuti molli è visibile ad occhio nudo, grazie al caratteristico colore ocre. Scala metrica = 2 cm. (Dal Sasso & Maganuco, 2011. © SABAP-CE-BN, centro operativo di Benevento, concessione MIC. Foto R. Appiani & L. Vitola).

L'olotipo (e unico esemplare conosciuto) di *Scipionyx samniticus* è un individuo molto immaturo, probabilmente di età inferiore alle tre settimane, come dimostrano molti caratteri giovanili (ad esempio, la grande fontanella frontoparietale; la regione antorbitale corta; la sostituzione dei denti non ancora iniziata; lo spostamento in avanti del duodeno dovuto alla presenza del sacco del tuorlo nella regione pelvica (fig.1).

Il confronto con le proporzioni corporee di piccoli teropodi estinti e viventi (gli uccelli) indica per *Ciro* una lunghezza corporea totale di circa 50 cm e un peso stimato in vita non superiore a 0,2 kg. Dal Sasso e Maganuco (2011) hanno identificato *Scipionyx samniticus* come un membro basale dei Compsognathidae, riconoscendo che tale posizione filogenetica potrebbe essere influenzata dalla morfologia immatura dell'olotipo.

2. L' incomparabile conservazione dei tessuti molli

In *Scipionyx* la maggior parte dei tessuti molli è visibile a occhio nudo, emergendo in rilievo e presentando un distinto colore ocre, intermedio tra le ossa marroni e la matrice grigio-giallastra.

Altri resti organici sono conservati come sottili pellicole organiche, che possono essere viste solo in luce UV come aree fluorescenti di diversi colori. La varietà di categorie istologiche conservate in *Scipionyx* non ha precedenti nella documentazione fossile ed è ancora più unica per un singolo esemplare (fig. 2). Inoltre, in questo dinosauro di 110 milioni di anni i tessuti molli non sono semplici impronte ma sono mineralizzati in tre dimensioni e la loro conservazione è eccezionale anche a livello subcellulare.

Di seguito è riportato un elenco dei tessuti molli più sorprendenti, basato su Dal Sasso & Maganuco (2011).

Resti cartilaginei – Sotto la luce UV, le articolazioni degli arti e dei cinti sono marcate da una pellicola dorata che delimita con precisione e continuità la posizione delle cartilagini articolari (fig. 2).

Vasi sanguigni – In una immagine SEM della terza costola dorsale destra, un vaso sanguigno mostra di conservare la propria parete (fig. 3a), in cui è possibile individuare tre strati concentrici (fig. 3b). Dunque, in *Scipionyx* i vasi sanguigni sono conservati come tubi cavi.

Trachea – La trachea di *Scipionyx* appare come una serie di anelli a forma di U, allineati con il piano di simmetria del cinto pettorale e parzialmente immersi nel tessuto connettivo del collo (fig. 2).

Fegato – Dal Sasso & Maganuco (2011) hanno effettuato una microanalisi al SEM della macchia rossa sita nel torace (fig. 1).

La composizione è unica per quell'area: ossido di ferro idrato (limonite). Il ferro rappresenta, dunque, un elemento autigenico derivato dalla degradazione post mortem dell'emoglobina del dinosauro. Questa natura ematica indica che l'alone rossastro è un prodotto del decadimento del fegato.

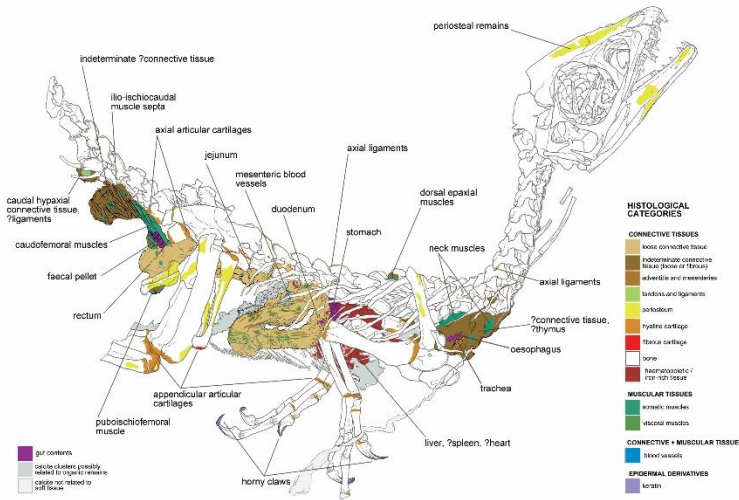


Figura 2. Mappa dei tessuti molli conservati in *Scipionyx samniticus*, ottenuta combinando osservazioni al microscopio ottico, alla luce ultravioletta e alla microscopia elettronica a scansione. (Dal Sasso & Maganuco, 2011. © Museo di Storia Naturale di Milano. Disegno M. Auditore).

Intestino – È l'organo interno più completo: le sue anse possono essere seguite dal duodeno alla cloaca, mentre cambiano diametro e orientazione (figg. 1-2). La porzione più sporgente dell'intestino è l'ansa duodenale, dove si vedono le pieghe della mucosa (fig. 3c).

Muscoli caudofemorali – Qui la perfetta fossilizzazione consente non solo di distinguere le singole miofibre al microscopio ottico (fig. 4a), ma anche i dettagli subcellulari al SEM (fig. 4b), che rivela la spettacolare conservazione delle bande dei sarcomeri all'interno di ogni singola fibra muscolare (fig. 4c).

3. Tafonomia di *Scipionyx*

L'eccezionale conservazione dei tessuti molli indica che, dopo la morte, la carcassa del cucciolo di teropode fu sottoposta a pochissimo decadimento e a una rapida mineralizzazione in presenza di un'elevata

concentrazione di fosfati, all'interno di un ambiente deposizionale lagunare marino (Bravi & Garassino, 1998).

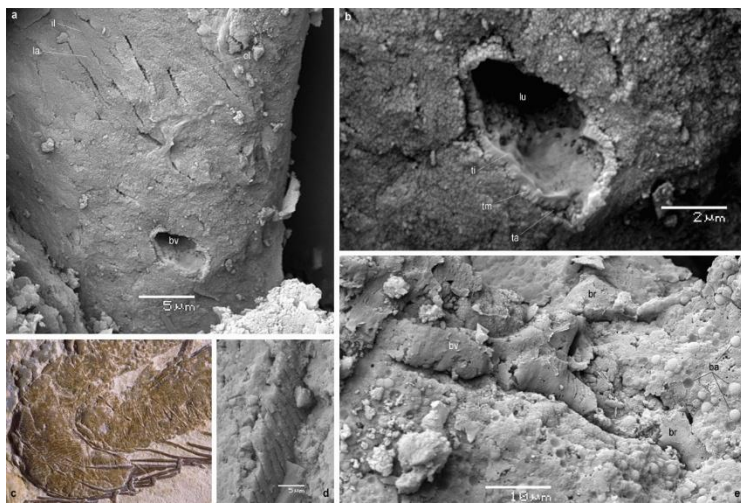


Figura 3. Immagine SEM (a) di una costola dorsale, con un vaso sanguigno che mostra la conservazione della sua parete a tre strati (b); c, pieghe della mucosa intestinale che emergono lungo l'ansa duodenale; batteri fosfatizzati conservati in forma di sfere cave (e); strati cellulari (d) e vasi sanguigni intestinali (e). ba, batteri; br, ramo di vaso sanguigno; bv, vaso sanguigno; il, linea interlamellare; la, lamella; lu, lume; ol, lacuna osteocitaria; ta, tunica avventizia; ti, tunica intima; tm, tunica media. (Dal Sasso & Maganuco, 2011. © SABAP-CE-BN, centro operativo di Benevento, concessione MIC. Foto L. Vitola & M. Zilioli).

La quantità di informazioni fornite da *Scipionyx samniticus* rende Pietraraja una località fossile unica al mondo: contrariamente al Jehol Biota cinese (Zhou et al., 2003), che è un deposito lacustre/vulcanico di acqua dolce che preserva vertebrati fossili con delicate strutture tegumentarie come piume, filamenti e setole, il lagerstätte marino italiano ha consentito una conservazione dei tessuti molli interni che non ha precedenti tra i vertebrati terrestri mesozoici.

4. La fisiologia digestiva di *Scipionyx* e dei dinosauri teropodi

Scipionyx samniticus la posizione dei resti di prede ingerite nell'intestino fossilizzato (fig. 2) consente di ricostruire una cronologia della dieta e fornisce indizi sulla sua fisiologia digestiva: un dato impossibile da conoscere in quasi tutti i fossili.

Il contenuto intestinale comprende scaglie di pesce nella regione dell'esofago, ossa di un lepidosauro nella regione dello stomaco, squame poligonali di una lucertola, nonché scaglie di pesce in diversi punti dell'intestino. Dunque, *Scipionyx* si nutriva sia di lucertole che di pesci.

La fisiologia digestiva di *Scipionyx* sembra leggermente diversa da quella degli arcosauri attuali, in quanto le ossa ingerite più piccole non venivano rigurgitate, bensì guidate attraverso l'intestino.

Ciò fornisce un'importante conferma della presunta origine teropode di alcuni coproliti contenenti ossa (vedasi per esempio Chin & Bishop, 2007).

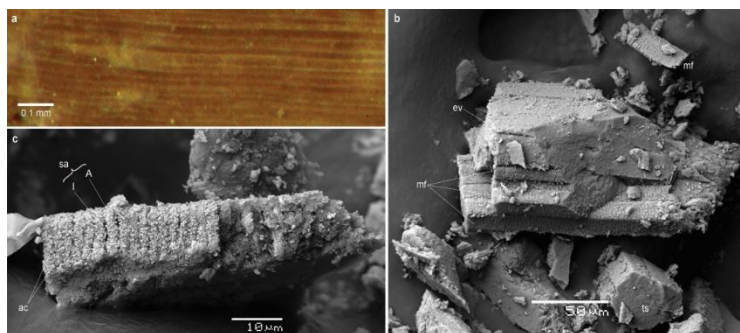


Figura 4. Conservazione dei tessuti molli nei muscoli di *Scipionyx*. a, Foto al microscopio ottico delle miofibre caudofemorali, che formano ancora un fascio compatto. b, Immagine SEM di un fascicolo di miofibre caudofemorali. c, Immagine SEM di una singola miofibra che mostra le striature dei sarcomeri. A, banda A; ac, cristalliti di apatite; ev, spazio intercellulare dell'endomisio; I, banda I; mf, miofibra; sa, sarcomero; ts, sezione trasversa. (Dal Sasso & Maganuco, 2011. © SABAP-CE-BN, centro operativo di Benevento, concessione MIC. Foto L. Vitola & M. Zilioli).

Pietraroja and little *Ciro*. *Scipionyx samniticus*: the story of a unique find in the world

Cristiano Dal Sasso

Museo di Storia Naturale di Milano
Sezione di Paleontologia dei Vertebrati
cristiano.dalsasso@comune.milano.it

1. Brief story of a unique fossil

Scipionyx samniticus was the first dinosaur fossil body unearthed in Italy. Its discovery was a major event for Italian palaeontology and attracted popular imagination worldwide, when the specimen got the cover of *Nature* (Dal Sasso & Signore, 1998). In fact, the fossil is a juvenile theropod showing superbly preserved soft tissues (fig.1).

The story of the finding is original in itself (for a detailed account, see Dal Sasso, 2004). In 1981, Mr. Giovanni Todesco unearthed “a strange reptile” near Pietraroja (Southern Italy, Benevento Province) and stored it in his house until 1993, when palaeontologists identified the tiny vertebrate as a dinosaur.

In accordance with Italian law, the specimen was handed over to the proper Superintendence, and a popular magazine dubbed the dinosaur “Ciro” (a typical Neapolitan name). In 1994, the Museo di Storia Naturale di Milano (MSNM) obtained permission to publish the fossil, giving it a formal scientific name (Dal Sasso & Signore, 1998) and, subsequently, to deepen its knowledge in a detailed monograph (Dal Sasso & Maganuco, 2011).

The holotype (and only known specimen) of *Scipionyx samniticus* is a very immature individual, probably less than three weeks old, as shown by many juvenile characters (e.g., large frontoparietal

fontanelle; short, deep antorbital region; tooth replacement not yet started; cranial displacement of the duodenum due to presence of a bulky yolk sac in the pelvic area).



Figure 1. The holotype (and only known specimen) of *Scipionyx samniticus*. The wide fronto-parietal fontanelle (i.e., the U-shaped gap on the cranial vault) point out to the very young age of the animal. Most of the soft tissues are visible to the naked eye on account of their distinctive ochre colour. Scale bar = 2 cm. (After Dal Sasso & Maganuco, 2011. © SABAP-CE-BN, centro operativo di Benevento, courtesy MIC. Photo R. Appiani & L. Vitola).

Comparison with body proportions of small extinct and extant theropods indicates for “Ciro” a total body length of about 50 cm, and an estimated weight in life of no more than 0.2 kg. Dal Sasso & Maganuco (2011) identified *Scipionyx samniticus* as a basal member of a monophyletic Compsognathidae, recognising that such phylogenetic position might be biased by the immature morphology of the holotype.

2. Incomparable soft tissue preservation

In *Scipionyx*, most of the soft tissues are visible at naked eye, emerging in relief and having a distinct ochre colour, intermediate between the brown bones and the gray-yellowish matrix.

Other organic remains are preserved as thin organic films, which can be seen only under UV light as fluorescent areas of different colours. The variety of histological categories preserved in *Scipionyx* is unprecedented in the fossil record, and even more unique for a single specimen (fig. 2). In addition, in this 110 million-year-old dinosaur the soft tissues are not simply imprints but are mineralized in three dimensions, and their preservation is exceptional even at a subcellular level. Below is a list of the most striking soft-tissue structures, based on Dal Sasso & Maganuco (2011).

Cartilage remains – Under UV light, the limb and girdle joints are marked by a white gold film that delimits with the articular cartilages (fig. 2).

Blood vessels – In a SEM sample of the third right dorsal rib, a blood vessel (fig. 3a). The vessel shows to preserve its wall, in which three concentric layers can be resolved (fig. 3b). In *Scipionyx* the blood vessels are originally preserved as hollow tubes.

Trachea – The trachea of *Scipionyx* appears as a row of U-shaped diaphanous rings, still aligned with the plane of symmetry of the bones of the pectoral girdle and partly embedded in the connective tissue of the neck (fig. 2).

Liver – Dal Sasso & Maganuco (2011) made a SEM element microanalysis of the red matter encrusting the bone and the matrix; it showed the same composition, unique to that area: hydrated iron oxide (limonite). This iron represents an authigenic element derived from post-mortem degradation of the dinosaur haemoglobin. This haematic nature indicates that the reddish halo is a product of the decay of the liver.

Intestine – The intestine is the most complete internal organ of *Scipionyx*: its loops can be followed from the duodenum to the cloaca,

through the pelvic cavity, changing diameter and texture according to their relative position (figs. 1-2). The most protruding portion of the intestine is the duodenal loop (fig. 3c).

Caudofemoral muscles – The fossilisation is as perfect as it allows not only to distinguish the individual myofibers under optic microscope (fig. 4a), but also subcellular details under SEM (fig. 4b). SEM imaging reveals the spectacular preservation of sarcomere-related banded pattern within every single myofiber (fig. 4c).

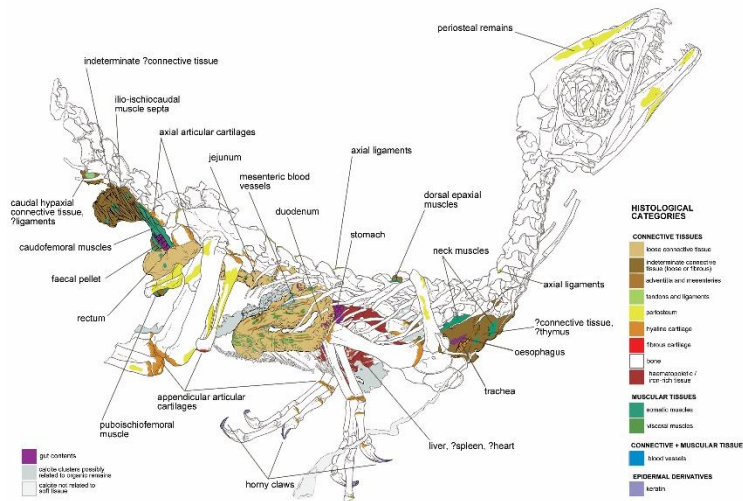


Figure 2. Map of the soft tissues preserved in *Scipionyx samniticus*, obtained by combining observations under optical microscopy, ultraviolet light and scanning electron microscopy. (After Dal Sasso & Maganuco, 2011. © Museo di Storia Naturale di Milano. Drawing M. Auditore).

3. Taphonomy of *Scipionyx*

The exceptional preservation of the caudofemoral muscle tissue of *Scipionyx* indicates that, after the baby theropod died, its carcass was subjected to very little decay and rapid mineralization in presence of high concentration of phosphates, within a marine lagoonal

depositional environment (Bravi & Garassino, 1998). The number and the detail of information provided by *Scipionyx* remark that the Pietraroja plattenkalk is a unique fossil locality: contrary to the Chinese Jehol Group (Zhou et al., 2003), which is a lacustrine/volcanic, freshwater deposit preserving fossil vertebrates with delicate integumentary structures such as feathers, filaments, and bristles, the Italian shallow marine lagerstätte allowed preservation of internal soft tissue unprecedented, and still unique, for a Mesozoic terrestrial vertebrate.

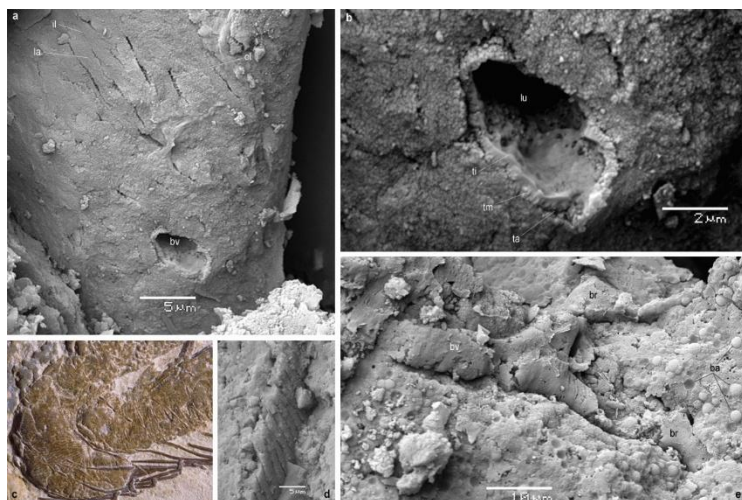


Figure 3. Soft tissue preservation within the bones and the intestine of *Scipionyx*. a, SEM image of a dorsal rib. A blood vessel is exposed and shows preservation of its three-layered wall (b). c, Close-up of the mucosa folds emerging along the duodenal loop; SEM samples show that the visceral muscle tissue has been replaced mostly by pseudomorphed phosphatised bacteria, many of which are preserved as hollow spheres (e), but also reveal that some cell layers (d) and blood vessels (e) are still preserved. ba, bacteria; br, branch of bv; bv, blood vessel; il, interlamellar line; la, lamella; lu, lumen; ol, osteocyte lacuna; ta, tunica adventitia; ti, tunica intima; tm, tunica media. (After Dal Sasso & Maganuco, 2011. © SABAP-CE-BN, centro operativo di Benevento, courtesy MIC. Photos L. Vitola & M. Zilioli).

4. The digestive physiology of *Scipionyx* and theropod dinosaurs

In *Scipionyx*, the relative position of ingested prey remains in the fossilized guts (fig. 2) allows to reconstruct a diet chronology and provides clues on its digestive physiology, a datum impossible to know in almost all fossil. Gut contents include possible fish scales in the oesophagus region, bones from a lepidosaurian reptile in the stomach region, lizard-like polygonal squamation, and tiny fish vertebrae and scales in several points of the intestine. Thus *Scipionyx* fed on both lizards and fish.

The digestive physiology of *Scipionyx* seems slightly different from that of extant archosaurs, telling us that the smaller swallowed bones were mostly guided through the intestine. This gives important confirmation to the supposedly theropod origin of some bone-bearing coprolites (e.g., Chin & Bishop, 2007).

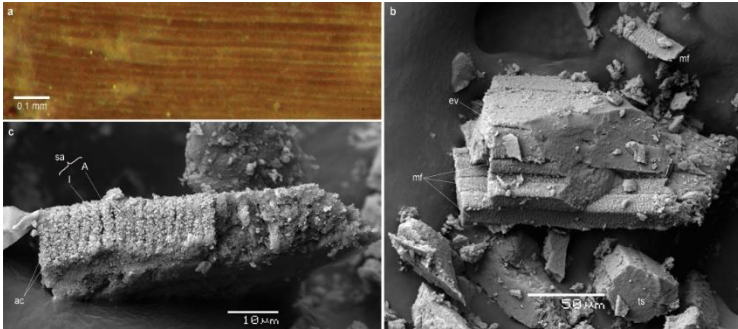


Figure 4. Soft tissue preservation in the muscles of *Scipionyx*. a, Optical microscope photo of the caudofemoral myofibers, still forming a compact bundle. b, SEM image of a fasciculus of caudofemoral myofibers. c, SEM close-up of a single myofiber showing sarcomere-related striations. A, A band; ac, apatite crystallites; ev, endomysium vacuity; I, I band; mf, myofiber; sa, sarcomere; ts, transverse section. (After Dal Sasso & Maganuco, 2011. © SABAP-CE-BN, centro operativo di Benevento, courtesy MIC. Photos L. Vitola & M. Zilioli).

References

- Bravi, S. & Garassino, A. (1998). New biostratigraphic and paleoecological observations on the Plattenkalk of the lower Cretaceous (Albian) of Pietraroja (Benevento, S. Italy), and its decapod crustacean assemblage. *Atti della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale in Milano*, 138, 119-171.
- Chin K. & Bishop J. (2007). Exploited twice: bored bone in a theropod coprolite from the Jurassic Morrison Formation of Utah, USA. In Bromley R. G., Buatois L. A., Mángano M. G., Genise J. F. & Melchor R. N. (eds.). *Sediment-Organism Interactions: A Multifaceted Ichnology*. SEPM Special Publications, 88: 379-387.
- Dal Sasso C. & Signore M. (1998). Exceptional soft-tissue preservation in a theropod dinosaur from Italy. *Nature*, 392: 383-387.
- Dal Sasso C. (2004). *Dinosaurs of Italy*. Indiana University Press, Bloomington.
- Dal Sasso C. & Maganuco S. (2011). *Scipionyx samniticus* (Theropoda: Compsognathidae) from the Lower Cretaceous of Italy. Osteology, ontogenetic assessment, phylogeny, soft tissue anatomy, taphonomy and palaeobiology. *Memorie della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano*. Vol XXXVII, Fascicolo I.
- Zhou, Z., Barrett, P. M. & Hilton, J. (2003). An exceptionally preserved Lower Cretaceous ecosystem. *Nature*, 421, 807-811.

Misurare la rilevanza scientifica e la vulnerabilità: un'applicazione ai siti di INSITE

Carmen Argenio, Filomena Ornella Amore

Università degli Studi del Sannio di Benevento
DST-Dipartimento di Scienze e Tecnologie
argenio@unisannio.it
famore@unisannio.it

Questo studio applica indici quantitativi per valutare sia la rilevanza scientifica che i rischi dei siti fossili di Pietraroja e Ciampate del diavolo, due aree chiave della storia della Terra e tra le più importanti località paleontologiche dell'Italia meridionale. L'analisi evidenzia il loro eccezionale valore scientifico e le minacce che ne compromettono la conservazione. I risultati mirano a supportare future strategie di conservazione e a migliorare la gestione di questi siti unici del patrimonio geologico e paleontologico.

1. Gli indici quantitativi

L'applicazione di indici quantitativi ai siti pilota di “Le Cavere” e le “Ciampate del diavolo” nasce dall'esigenza di fornire uno strumento di natura oggettiva a ricercatori e amministratori per una caratterizzazione rapida dei due siti paleontologici e per una pianificazione della gestione del patrimonio paleontologico nell'ambito più ampio della pianificazione e dello sviluppo territoriale. Diversi autori hanno proposto diversi modelli riguardanti la valutazione del patrimonio geo-paleontologico (Brihla, 2016; Canudo et al., 2021; Fassoulas et al., 2012; Filocamo et al., 2022; García-Ávila et al., 2022; Mampel et al., 2009; Morey & Pons, 2021; Pomponio et al., 2019; Ruggiero et al., 2003).

Tuttavia, la metodologia proposta da Faggi et al. (2023) è stata applicata ai due siti oggetto di studio poiché essa meglio si adatta a siti strettamente paleontologici, fornendo anche parametri differenti per gli icnositi.

La metodologia proposta da Faggi et al. (2023) prevede di calcolare l'*Indice di Valore Scientifico* (S) come il prodotto di due parametri chiave:

$$S = \frac{Pr \times In \times 100}{156}$$

dove:

Probabilità di Recupero (Pr): indica la possibilità di trovare nuovi fossili in un sito, considerando fattori come estensione degli strati fossiliferi, numero di ritrovamenti precedenti e condizioni geologiche favorevoli alla conservazione.

Interesse Scientifico e Culturale (In): misura qualitativamente l'importanza del sito, attribuendo valori più alti a località con fossili rari, ben conservati o cruciali per comprendere importanti eventi evolutivi.

A completamento di questo modello, è stato introdotto anche un *Indice di Vulnerabilità* (V), finalizzato a valutare i rischi e le minacce cui il sito è esposto, sia di origine antropica sia naturale. Tale indice integra variabili come l'uso del suolo (U) e l'erosione naturale (E), fornendo una stima complessiva del potenziale di degrado e della necessità di interventi conservativi.

2. Risultati

I risultati mostrano che gli indici applicati descrivono efficacemente sia il valore scientifico sia il grado di vulnerabilità dei due siti.

In particolare, Pietraraja presenta:

- P1, un alto numero di reperti fossili (valore attribuito: 3);
- P2, un'ampia estensione areale del sito (3);
- una diversità totale (I1) e relativa (I2) molto elevata (4);

- I3, una frequenza di citazione elevata (4,5);
- I4, un livello di conoscenza internazionale (4);
- I5, la presenza di taxa rari (3);
- I6, più di un olotipo per più di un gruppo (3);
- I7, un alto potenziale turistico ed educativo (3);
- U, ubicazione in un territorio protetto (1);
- E, erosione naturale elevata (2);
- p, possibilità di rinvenire nuovi reperti (1);
- a, visitabilità parziale dell'area (0,5).

Questi valori sono stati utilizzati per calcolare i seguenti parametri:

$$Pr = P1+P2= 6$$

$$In = I1+I2+I3+I4+I5+I6+I7= 25.5$$

Con un indice di valore scientifico

$$S = (Pr \times In \times 100) / 156 = 98.07$$

ed un indice di vulnerabilità

$$V = S \times a \times p \times (U+E) / 100 = 98.07 \times 0.5 \times 1(3) / 100 = 1.47$$

Parametri analoghi sono stati applicati all'icnosito delle Ciampate del diavolo che presenta i seguenti indici:

$$S = (4 \times 20,6 \times 100) / 156 = 52.8$$

ed un indice di vulnerabilità

$$V = 52,8 \times 0,5 \times 1 \times (1+2) / 100 = 0.79$$

Gli indici quantitativi che ne derivano ben evidenziano i punti di forza e le criticità del sito.

Measuring scientific relevance and vulnerability: an application to INSITE sites

Carmen Argenio, Filomena Ornella Amore

Università degli Studi del Sannio di Benevento
DST-Dipartimento di Scienze e Tecnologie
argenio@unisannio.it
famore@unisannio.it

This study applies quantitative indices to assess both the scientific significance and the conservation risks of the Pietraraja and Ciampate del diavolo fossil sites — two key windows into Earth’s history and among the most important palaeontological localities in southern Italy. The analysis highlights their exceptional scientific value and the threats that compromise their preservation. The results aim to support future conservation strategies and improve the management of these unique geological and palaeontological heritage sites.

1. Quantitative indices

The application of quantitative indices to the pilot sites “Le Cavere” and le “Ciampate del diavolo” stems from the need to provide researchers and administrators with an objective tool for the rapid characterization of these paleontological sites and to support the management of paleontological heritage within the broader framework of territorial planning and development. Several authors have proposed models for the evaluation of geo-paleontological heritage (Brihla, 2016; Canudo et al., 2021; Fassoulas et al., 2012; Filocamo et al., 2022; García-Ávila et al., 2022; Mampel et al., 2009; Morey & Pons, 2021; Pomponio et al., 2019; Ruggiero et al., 2003). However, the methodology proposed by Faggi et al. (2023) was

applied to these sites, as it is particularly suited to strict paleontological contexts and provides specific parameters for ichnosites.

The method proposed by Faggi et al. (2023) involves the calculation of the Scientific Value Index (S), defined as the product of two key parameters:

$$S = \frac{Pr \times In \times 100}{156}$$

where:

Probability of Recovery (Pr): represents the likelihood of discovering new fossils at each site, considering factors such as the extent of fossil-bearing strata, the density of previous findings, and geological conditions favourable for fossil preservation.

Scientific and Cultural Interest (In): is a qualitative parameter that assesses the global and taxonomic importance of the site. Higher values are assigned to localities with unique fossils, exceptional preservation, or significant contributions to the understanding of key evolutionary events.

To complement this model, a Vulnerability Index (V) has also been introduced to evaluate the risks and threats affecting the site, whether anthropogenic or natural. This index integrates variables such as land use (U) and natural erosion (E), providing an overall estimate of the site's degradation potential and the need for targeted conservation measures.

2. Results

The results show that the applied indices effectively capture both the scientific value and the degree of vulnerability of the two sites.

In particular, Pietraraja exhibits:

- P1, a high number of fossil specimens (numerical value: 3);
- P2, a large site area (3);
- very high total (I1) and relative (I2) diversity (4);

- I3, a high citation frequency (4.5);
- I4, a significant level of international recognition (4);
- I5, the presence of rare taxa (3);
- I6, more than one holotype for multiple groups (3);
- I7, high educational and tourism potential (3);
- U, location within a protected area (1);
- E, elevated natural erosion (2);
- p, potential for the discovery of new specimens (1);
- a, partial site accessibility (0.5).

These values were used to calculate the following parameters:

$$Pr = P1+P2= 6$$

$$In = I1+I2+I3+I4+I5+I6+I7= 25.5$$

With a scientific value index

$$S = (Pr \times In \times 100) / 156 = 98.07$$

And a vulnerability index

$$V = S \times a \times p \times (U+E) / 100 = 98.07 \times 0.5 \times 1(3) / 100 = 1.47$$

Similar parameters were applied to the Ciampate del diavolo ichnosite, which presents the following indices:

$$S = (4 \times 20,6 \times 100) / 156 = 52.8$$

And a vulnerability index

$$V = 52,8 \times 0,5 \times 1 \times (1+2) / 100 = 0.79$$

The resulting quantitative indices clearly highlight the site's strengths and weaknesses.

References

- Brilha, J. (2016). Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: A review. *Geoheritage*, 8, 119–134.
- Canudo, J., Badiola, A., Belmonte, A., Cardiel, J., Cuenca-Bescos, G., Diaz Berenguer, E., et al. (2021). A Window onto the Eocene (Cenozoic): The Palaeontological Record of the Sobrarbe-Pirineos UNESCO Global Geopark (Huesca, Aragon, Spain). *Geoconservation Research* 4. <https://doi.org/10.30486/gcr.2021.1912263.1043>.

- Faggi, A., Bartolini-Lucenti, S., Rook, L. (2023). Assessing the scientific value and vulnerability of paleontological sites: a new analytic operational procedure. *Front. Earth Sci.*, 23 May 2023 *Sec. Geoscience and Society* Volume 11 - 2023 <https://doi.org/10.3389/feart.2023.1163280>.
- Fassoulas, C., Mouriki, D., Dimitriou-Nikolakis, P., Iliopoulos, G. (2012). Quantitative assessment of geotopes as an effective tool for geoheritage management. *Geoheritage*, 4, 177–193.
- Filocamo, F., Roskopf, C.M., Amato, V., Cesarano, M. A. (2022). Step Towards a Sustainable Tourism in Apennine Mountain Areas: A Proposal of Geoitinerary across the Matese Mountains (Central-Southern Italy). *Geosciences*, 12, 100. <https://doi.org/10.3390/geosciences12020100>.
- Garcia-Avila, M., Ballesteros, D., Diez, J.B. (2022). Patrimonio paleontológico paleozoico del Geoparque Mundial de la UNESCO Montañas de Courel. Catalogación y puesta en valor. *Geogaceta* 71, 19–22. <https://doi.org/10.55407/geogaceta99819>.
- ISPRA. Scheda per L'inventario dei Geositi Italiani. Available online: http://sgi.isprambiente.it/geositiweb/public/scheda_geositi.pdf.
- Mampel, L., Cobos, A., Alcalá, L., Luque, L., Royo-Torres, R. (2009). An Integrated System of Heritage Management Applied to Dinosaur Sites in Teruel (Aragon, Spain). *Geoheritage* 1, 53–73. <https://doi.org/10.1007/s12371-009-0005-x>.
- Morey, B. & Pons, G.X. (2021). El patrimoni paleontològic de Mallorca: catalogació, caracterització, valoració i propostes de gestió i de conservació. *Bolletino Societat d'Historia Natural de les Balears* 64, 101–129.
- Pomponio, R., Sisto, M., Di Lisio, A., Russo, F. (2019). Rischi naturali e antropici in relazione al geoturismo: quattro casi di studio in Irpinia (Avellino, Campania). *Geologia dell'Ambiente Supplemento al n. 4/2019*.
- Ruggiero, E., Amore, O., Anzalone, E., Barbera, C., Cavallo, S., Conte, M., et al. (2003). I Geositi del Parco Regionale del Matese: Itinerario da Pesco Rosito a Cerreto Sannita. *Geologia Dell'Ambiente*, 2003, 181–192.

03

**Nuove modalità di
fruizione delle risorse
territoriali: le proposte
di INSITE**

03

**New Ways of Enjoying
Territorial Resources:
INSITE Proposals**

La fruizione del territorio di INSITE: limiti e potenzialità di sviluppo¹

*Rosa Anna La Rocca, Mariacarla De Palma,
Caterina Cice*

Università degli Studi di Napoli Federico II
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale
larocca@unina.it

1. Il territorio di INSITE

Il territorio considerato comprende diciotto comuni appartenenti alle provincie di Caserta (12) e di Benevento (6). La selezione dei comuni è stata effettuata sulla base di specifici criteri coerenti con gli obiettivi del progetto “INSITE” ed in particolare si sono privilegiati quei comuni caratterizzati dalla presenza di siti paleontologici. Obiettivo principale di questo segmento è stata la definizione di un indicatore sintetico in grado di misurare, per ciascun comune il livello di fruizione territoriale e, conseguentemente, individuare le priorità per interventi di miglioramento della fruizione delle risorse presenti.

L'utilizzo di indicatori di sintesi a supporto delle scelte territoriali è ampiamente consolidato in letteratura soprattutto con riferimento alla coerenza con i principi di sostenibilità (economica, sociale e territoriale) e per la valutazione dei livelli di attrattività turistica (Brodny and Tutak, 2023; Costanza et al., 2009; Freudenberg, 2003; Casado-Montilla & Pulido-Fernández, 2021; Carrillo & Jorge, 2017; La Rocca, 2023).

¹ R.A. La Rocca ha elaborato il testo e coordinato l'intero lavoro. M. De Palma ha curato la parte delle elaborazioni statistiche, C. Cice ha raccolto e costruito la base dati ed effettuato le elaborazioni in GIS.

Prima di procedere alla costruzione degli indicatori di sintesi è stata effettuata un'accurata analisi del sistema territoriale attraverso l'individuazione delle componenti principali (fisica, socioantropica, funzionale) e della relazione con gli strumenti di governo del territorio che ne regolano le trasformazioni. Come mostrano i dati (fig. 1), si tratta di un territorio caratterizzato da spopolamento e invecchiamento della popolazione, fenomeni che interessano la gran parte delle aree interne italiane, nelle quali si evidenziano scenari di calo demografico che riguarderanno circa l'82% dei comuni italiani (SNAI, 2025).

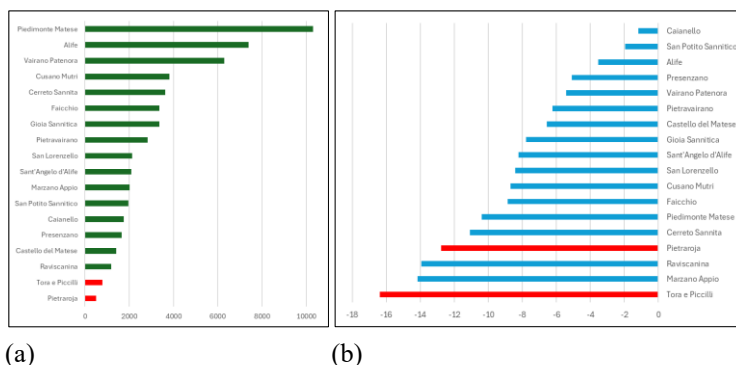


Figura 1. I grafici mostrano i valori della popolazione residente (a) e della variazione della popolazione in percentuale nel decennio 2021-2011 (b).

2. Materiali e metodologia

L'analisi svolta adotta un approccio ispirato al JRC-OECD Handbook on Constructing Composite Indicators (2008). In particolare, per la definizione dell'indicatore composito sono state sviluppate tre fasi principali riferite a:

- selezione e normalizzazione delle variabili su scala [0,1];
- costruzione di indici tematici riferiti ai principali sottosistemi territoriali (socioantropico, fisico e funzionale);
- aggregazione e verifica della robustezza dei risultati.

La selezione delle variabili e la successiva costruzione del data base è stata effettuata sulla base del modello interpretativo olistico sistemico che consente di considerare il sistema territoriale articolato in tre sottosistemi principali: sociantropico, fisico e funzionale (Allen, 2012; Fistola et al. 2020; Ladyman et al. 2013).

Il dataset, quindi, è composto da un set di 80 variabili i cui valori sono stati desunti da fonti ISTAT o calcolati attraverso elaborazioni GIS e, in alcuni casi, desunti dalla consultazione di siti web dei comuni componenti il territorio di analisi.

L'indicatore socioantropico (fig. 2) è composto da tre sottoindici riferiti a struttura demografica (DEM), capitale umano (HUM) e inclusione nel mercato del lavoro (LAB). L'indice socioantropico totale (SAI) integra tali dimensioni con l'obiettivo di fornire una misura sintetica, comparabile e coerente della dotazione socioantropica del territorio di analisi. Valori elevati dell'indice SAI indicano condizioni favorevoli, caratterizzate da una struttura demografica equilibrata, una maggiore dotazione formativa e livelli più elevati di partecipazione occupazionale. Valori più bassi identificano contesti con squilibri demografici più marcati, minore diffusione di istruzione superiore o livelli più ridotti di inclusione economica.

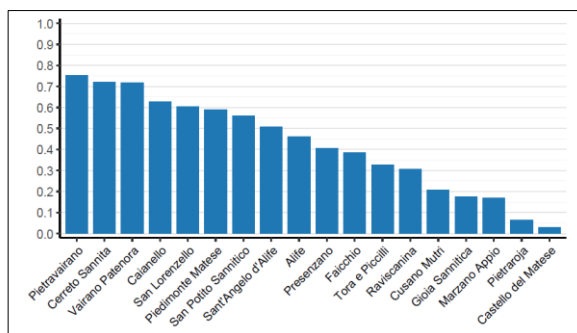


Figura 2. Valori dell'indice sociantropico.

L'indicatore relativo al sottosistema funzionale considera la struttura e la varietà delle attività urbane presenti. L'analisi ha evidenziato da subito che il territorio non risulta caratterizzato da varietà funzionale: le dotazioni relative alle attività di formazione (scuole di base) sono quelle maggiormente presenti (135 in totale) seguite dai luoghi di culto (chiese e cimiteri in totale 82) e da un numero esiguo di strutture per il tempo libero e lo sport (56). Pur nella consapevolezza che sarebbe stato maggiormente significativo fare riferimento all'estensione della superficie in relazione al numero di abitanti, in questo modo assumendo il riferimento al DM 1444/68, si è ritenuto che allo stato delle analisi anche il numero complessivo potesse essere sufficientemente esplicativo della situazione territoriale relativa alle dotazioni presenti. L'analisi restituisce un quadro molto carente, frequente nelle aree interne. Nel complesso, emerge un modello territoriale polarizzato: pochi comuni dispongono di una gamma di servizi differenziati, mentre altri evidenziano carenze strutturali in più ambiti. La presenza di valori nulli in categorie come sanità, sicurezza, cultura e turismo conferma una forte concentrazione funzionale, con dotazioni strategiche distribuite in modo disomogeneo sul territorio (fig. 3).

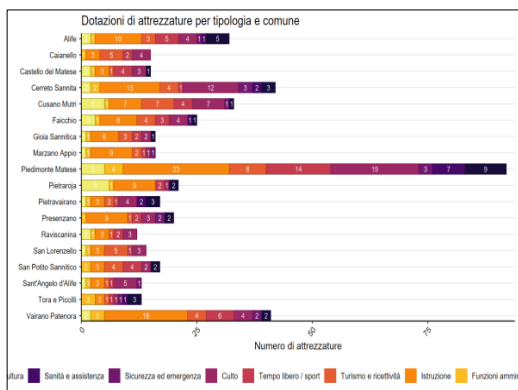


Figura 3. Il grafico mostra, per ogni comune, il numero di attrezzature presenti per classe tipologica.

Si individuano quattro profili territoriali (fig. 4):

- Cluster 1: Comuni “bilanciati” e polifunzionali;
- Cluster 2: Comuni a propensione turistica-ricreativa;
- Cluster 3: Comuni a prevalenza “educativa e culturale”;
- Cluster 4: Comuni con dotazioni base (istruzione, culto).

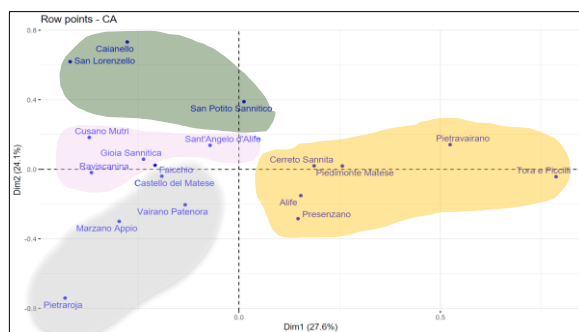


Figura 4. I quattro cluster identificati: la prossimità dei punti indica profili funzionali simili nella composizione e nella specializzazione territoriale.

Al primo gruppo appartengono sia comuni di dimensioni maggiori, con un numero più alto di attrezzature complessive (come Piedimonte Matese e Alife), sia comuni più piccoli (come Pietravairano e Tora e Piccilli) che, pur disponendo di un numero inferiore di strutture, mostrano una distribuzione equilibrata delle funzioni e l'assenza di specializzazioni marcate. Tali comuni possono essere definiti come “polifunzionali” con un sistema di attrezzature vario e distribuito, che si distinguono non tanto per il numero assoluto di strutture, quanto per una ripartizione equilibrata tra le diverse tipologie.

Il secondo gruppo (Caianello, San Lorenzo, San Potito Sannitico) presenta una propensione turistica e ricreativa per la presenza di alcuni servizi di offerta turistica che, tuttavia, risulta molto esigua.

Il terzo cluster (Faicchio, Cusano Mutri, Gioia Sannitica, Raviscanina, Pietraroja) è formato da centri intermedi privi di una rete di servizi sebbene dotati di alcune funzioni in maniera prevalente rispetto ad

altre. Per Pietraraja, ad esempio, si è individuata una elevata presenza di strutture per istruzione e di siti di interesse, con una totale assenza di altri servizi di base. Nell'ultimo cluster (Marzano Appio, Sant'Angelo d'Alife, Presenzano) ricadono quei comuni nei quali vi è la presenza esclusiva di strutture per istruzione e culto (fig. 4).

3. Indice territoriale di fruizione composito.

Il concetto di fruizione fa riferimento sostanzialmente a due significati: il primo racchiude il senso di soddisfazione che deriva dalla possibilità di utilizzare un bene materiale o immateriale; il secondo, più tecnicistico, si associa al riconoscimento di un diritto in qualche modo riconosciuto da una norma per beneficiare di qualcosa che non può essere negata.

Nell'affrontare questa parte del lavoro orientata all'obiettivo di misurare i livelli di fruizione del territorio di INSITE è apparso chiaro che tale concetto fosse articolato e composito e che contenesse diversi aspetti riferiti alla natura sistemica del territorio. In tal senso, nell'ambito di questo lavoro, il concetto di fruibilità del territorio acquisisce una valenza multidimensionale riferito alle seguenti dimensioni:

- struttura socio-antropica (SAI) si riferisce al “sottosistema umano” che coesiste e modella il sottosistema fisico (edifici, strade, infrastrutture) e il sottosistema funzionale (attività e flussi);
- struttura funzionale (FUN) intesa come “armatura del territorio” (il sistema di dotazioni e servizi) a supporto della fruizione per residenti e/o utenti occasionali, come per esempio i turisti;
- dinamicità amministrativa (URB) intesa come capacità delle amministrazioni locali di utilizzare gli strumenti di pianificazione e governo del territorio per adattarsi ai cambiamenti normativi e alle esigenze del territorio;
- accessibilità (MOB) intesa come condizione sia per la raggiungibilità fisica del territorio, sia per gli spostamenti interni (possibili collegamenti);

- sensibilità ambientale (SOST) intesa capacità da parte delle amministrazioni locali all'uso di pratiche di sostenibilità (riduzione del consumo di suolo, aumento della vegetazione, adozione di fonti energetiche rinnovabili).

Alfine di garantire la confrontabilità tra tutte le dimensioni, le variabili sono state normalizzate attraverso l'applicazione di un rank percentile ed introducendo una costante $\varepsilon = 0.03$, introdotta per garantire una maggiore stabilità tra i valori assunti dalle variabili.

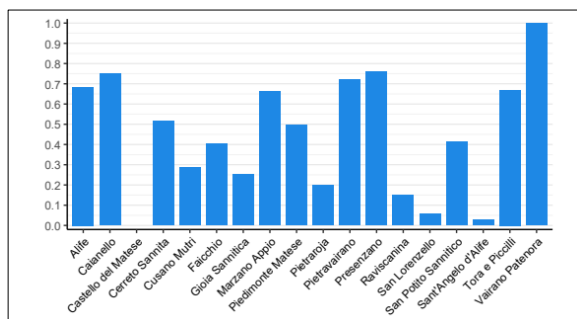


Figura 5. Distribuzione di valori dell'indice di fruizione territoriale.

L'indice complessivo (fig. 5) è ottenuto tramite una media aritmetica pesata. espresso dalla formula:

$$ITF = \frac{\sum_{k=1}^5 w_k x_k}{\sum_{k=1}^5 w_k}$$

con: $w_1 = 0,2$; $w_2 = 0,6$; $w_3 = 0,3$; $w_4 = 0,6$; $w_5 = 0,4$;

e con: $x_1 = \text{SAIp}$ (struttura socio-antropica); $x_2 = \text{FUNp}$ (struttura funzionale); $x_3 = \text{URBp}$ (dinamicità amministrativa); $x_4 = \text{MOBp}$ (accessibilità); $x_5 = \text{SOSTp}$ (sensibilità ambientale),

quindi:

$$ITF = (w_1 \text{SAIp} + w_2 \text{FUNp} + w_3 \text{URBp} + w_4 \text{MOBp} + w_5 \text{SOSTp}) / \sum_{k=1}^5 w_k$$

4. Considerazioni conclusive

Il territorio di studio è caratterizzato da bassi valori dell'indice di fruizione, dovuti essenzialmente alle carenze che accomunano i territori interni (deficienza infrastrutturale, isolamento e scarsa accessibilità, invecchiamento della popolazione, ecc.). Tuttavia, alle carenze strutturali si accomuna la presenza diffusa sul territorio di numerosi “punti di interesse” (POI) che potrebbero costituire una “infrastruttura dal valore aggiunto” se pensata in un’ottica sistemica. I comuni caratterizzati da un basso valore dell'indice territoriale di fruizione sono con una buona presenza di POI, che, se resi fruibili potrebbero incidere sul valore complessivo dell'indice (fig. 6).

I punti di interesse individuati potrebbero essere catalogati attraverso opportune modalità di promozione delle risorse, predisponendo adeguate azioni di collaborazione tra le diverse amministrazioni locali, anche attraverso il coinvolgimento di attori locali. In questo modo potrebbero attivarsi virtuosi meccanismi con esternalità positive sia in termini di creazione di opportunità di lavoro, sia a lungo termine, per contrastare il fenomeno di spopolamento.

Una “visione di sistema” come, ad esempio, la costituzione di un “Comitato inter-comunale” composto da rappresentanti dei diversi comuni potrebbe consentire l'accesso a fonti di finanziamento.

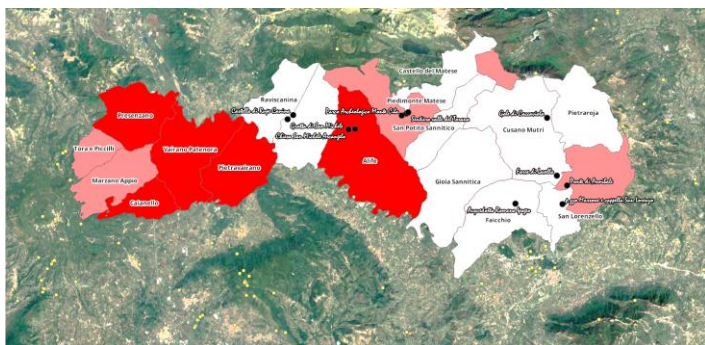


Figura 6. La classificazione territoriale dell'indice di fruizione.

Si potrebbero prevedere incentivi fiscali per attrarre investimenti nel territorio (per esempio la riduzione dell'IMU per immobili attualmente inutilizzati riconvertiti a strutture di ospitalità). Le condizioni per un rinnovato sviluppo territoriale anche in chiave turistica richiedono interazione e coordinamento di almeno tre differenti livelli:

- amministrativo-decisionale;
- ricerca-formazione;
- interazione pubblico-privato.

Come si è tentato di mostrare, la fruizione del territorio è un concetto multidimensionale perseguibile attraverso l'interazione di differenti componenti concorrenti nel perseguimento di obiettivi di sviluppo coerenti con le vocazioni del territorio. Ciò che risulta evidente è la necessità di definire strategie, politiche e azioni integrate, differenziate in ragione della loro fattibilità, ma capaci di coinvolgere tutti gli attori del territorio (pubblici e privati).

Il progetto INSITE si è proposto di stimolare tale integrazione provando a far dialogare tra loro i diversi soggetti, offrendo strumenti di analisi che potrebbero costituire una base, sicuramente migliorabile, per l'attivazione delle sinergie necessarie al progetto di promozione del territorio.

The enjoyment of INSITE's territory: limits and development potentialities¹

*Rosa Anna La Rocca, Mariacarla De Palma,
Caterina Cice*

Università degli Studi di Napoli Federico II
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale
larocca@unina.it

1. The territorial context of INSITE

The main objective of this segment of the research was to define a synthetic indicator capable of measuring the level of use of territorial enjoyability. The territorial context analyzed considers eighteen municipalities in the provinces of Caserta (12) and Benevento (6). It was physically defined on a territorial selection according to specific criteria prioritizing the presence of almost one site of interest, preferably paleontological.

The use of composite indicators to inform territorial planning decisions is consolidated in the scientific literature, especially in relation to sustainability principles (economic, social and territorial) and to the evaluation of tourism attractiveness levels (Brodny and Tutak, 2023; Costanza et al., 2009; Freudenberg, 2003; Casado-Montilla & Pulido-Fernández, 2021; Carrillo & Jorge, 2017; La Rocca, 2023). A detailed analysis of the territorial system was conducted to identify the main components (physical, socio-anthropic, functional) and their relationship with the territorial governance tools that regulate their transformations.

¹ R.A. La Rocca coordinated the entire work and drafted. M. De Palma handled the statistical elaborations, C. Cice collected data and performed the GIS elaborations.

As the data show (fig. 1), this is an area characterized by depopulation which affect most of Italy's internal areas (SNAI, 2025).

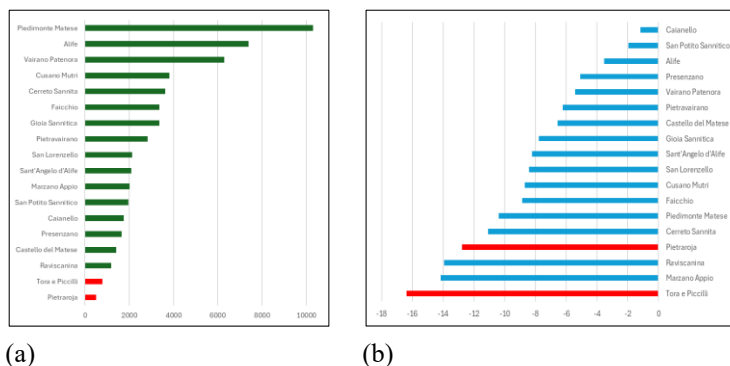


Figure 1. The charts illustrate: (a) resident population values; (b) percentage population variation over the 2011-2021 decade.

2. Method and materials

The analyses adopt an approach inspired by the JRC-OECD Handbook on Constructing Composite Indicators (2008). Three main phases were developed for the definition of the composite indicator, concerning:

- selection and normalization of variables on a scale [0,1];
- construction of thematic indices referring to the main territorial subsystems (socio-anthropic, physical, and functional);
- aggregation and verification of the result robustness.

The selection of variables and the subsequent construction of the database were carried out based on the holistic systemic interpretive model, which allows considering the territorial system as articulated into three main subsystems: socio-anthropic, physical, and functional (Allen, 2012; Fistola et al., 2020; Ladyman et al., 2013).

The dataset is composed of a set of eighty variables (sourced from ISTAT, GIS processing and websites) at the municipal scale.

The socio-anthropic indicator consists of three sub-indices referring to demographic structure (DEM), human capital (HUM), and inclusion in the labor market (LAB). The total socio-anthropic index (SAI) integrates these dimensions. High values of the SAI index reveal favorable conditions, characterized by a balanced demographic structure, greater educational endowment, and higher levels of occupational participation. Lower values identify contexts with more pronounced demographic imbalances, lower prevalence of higher education, or reduced levels of economic inclusion.

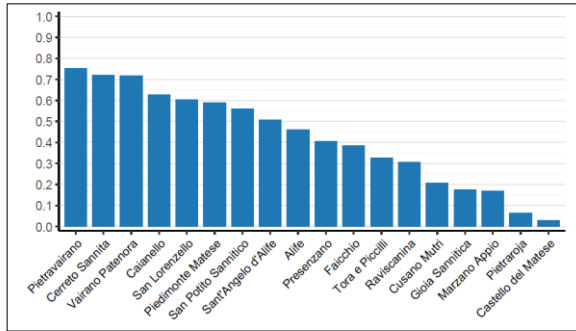


Figure 2. Socio-anthropic Index values.

The functional subsystem indicator considers the structure and variety of urban activities in the territorial context. The analyses highlighted modest functional variety. Overall, a polarized territorial model emerges: few municipalities have a range of differentiated services, while others show structural deficiencies across multiple areas. The presence of null values in categories such as health, security, culture, and tourism confirms a strong functional concentration, with strategic facilities distributed unevenly across the territory (fig. 3).

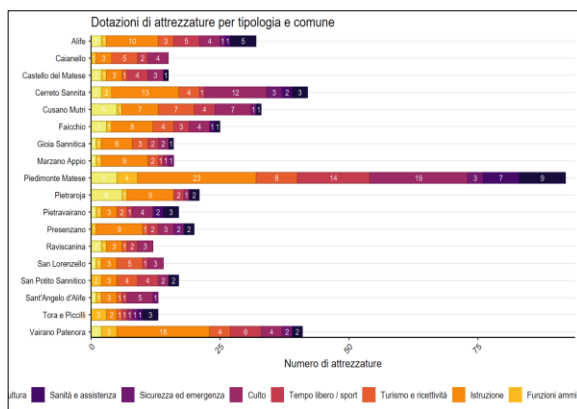


Figure 3. The graph illustrates the number of facilities per municipality.

The cluster analysis (War's method) carried out to identify possible homogeneous territorial profiles allowed identifying four groups:

- Cluster 1: *Balanced and polyfunctional* municipalities;
- Cluster 2: *tourist-recreational* propensity;
- Cluster 3: *educational and cultural* prevailing functions;
- Cluster 4: *basic facilities* (education, worship).

The first group includes both larger municipalities with a higher total number of facilities (such as Piedimonte Matese and Alife) and smaller ones (such as Pietravairano and Tora e Piccoli) that, exhibit a balanced distribution of functions and absence of marked specializations. These municipalities can be defined as “polyfunctional” due to an equitable allocation across different service types.

The second cluster (Caianello, San Lorenzo, San Potito Sannitico) can be characterized by a tourist-recreational propensity. This is due to the presence of some elements attributable to tourism supply services, even though, these structures are very few and are not at all supported by an adequate system of services.

The third cluster (Faicchio, Cusano Mutri, Gioia Sannitica, Raviscanina, Pietraroja) comprises intermediate centers equipped with some functions (schools, cultural assets) but lacking a complete service network. Pietraroja shows near-exclusive specialization in education and sites of interest, with marked absences in other areas. The final cluster (Marzano Appio, Sant'Angelo d'Alife, Presenzano) displays a well-defined profile centered on education and worship, with other functions weak or absent (fig. 4).

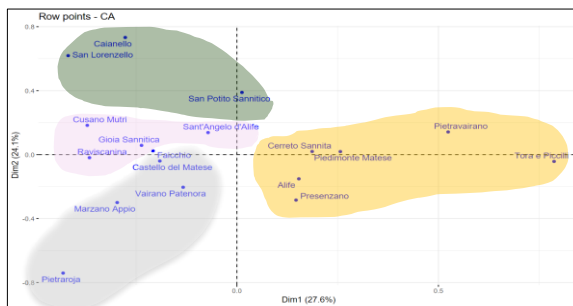


Figure 4. The four clusters identified: closer points represent similar functional profiles in the composition and specialization of facilities.

3. The Composite Territorial Enjoyment Index

The concept of territorial enjoyment encompasses diverse dimensions also acquires a multidimensional value, it refers to several aspects:

- Socio-anthropic Structure (SAI) referred to the “social subsystem” that coexists with and shapes the physical subsystem (buildings, roads, infrastructure) and the functional subsystem (activities and flows).
- Functional Structure (FUN), understood as the territorial framework supporting its enjoyment potential, both for residents and occasional users such as tourists.
- Administrative Dynamism (URB), understood as the ability of local administrations in using territorial planning and governance tools to adapt to regulatory changes and territorial needs.

- Internal and External Accessibility (MOB), understood as the capacity to reach territory and move within it.
- Environmental Sensitivity (SOST), understood as a composite concept referred to the ability of local administrations to use sustainability practices (reduction of land consumption, increase of vegetation, adoption of renewable energy sources).

To ensure direct comparability between dimensions, the variables were normalized through the application of a percentile rank and by introducing a constant $\varepsilon = 0.03$, introduced to ensure greater stability of the measures. The final Composite Territorial Enjoyment Index derives from a weighted arithmetic average per formula:

$$TEI = \frac{\sum_{k=1}^5 wk xk}{\sum_{k=1}^5 wk}$$

With : $w_1 = 0,2$; $w_2 = 0,6$; $w_3 = 0,3$; $w_4 = 0,6$; $w_5 = 0,4$;

and $x_1 = \text{SAIp}$ (Socio-anthropic structure); $x_2 = \text{FUNp}$ (functional structure); $x_3 = \text{URBp}$ (administrative dynamism); $x_4 = \text{MOBp}$ (internal and external accessibility); $x_5 = \text{SOSTp}$ (environmental sensitivity),

that is:

$$TEI = (w_1 \text{SAIp} + w_2 \text{FUNp} + w_3 \text{URBp} + w_4 \text{MOBp} + w_5 \text{SOSTp}) / \sum_{k=1}^5 wk$$

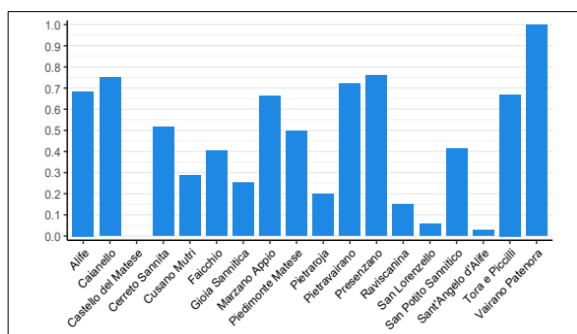


Figure 5. TEI values across the INSITE territory.

Tax incentives could be provided to attract investment in the area (for example, a reduction in the property tax (IMU) for currently unused properties converted into hospitality facilities). The conditions for renewed territorial development, including for tourism, require interaction and coordination at least three different levels:

- Administrative-decisional;
- Research-training;
- Public-private interaction.

As this part of the research tried to demonstrate, territorial enjoyment is a multidimensional concept, achievable through the interaction of various components that contribute to the pursuit of development objectives consistent with the territory's vocation. The clear need is to define integrated strategies, policies, and actions, differentiated by feasibility but capable of involving all territorial stakeholders (public and private). INSITE's contribution promotes this integration, fostering dialogue between stakeholders and providing analytical tools that can serve as a basis (to be improved and implemented) for activating the synergies essential for territorial promotion projects.

References

- Allen, P.M. (2012). Cities and regions as self-organizing systems: models of complexity. In *Cities and Regions as Self-Organizing Systems: Models of Complexity*, pp. 1–309. <https://doi.org/10.4324/9780203990018>.
- Brodny, J., Tutak, M. (2023). Assessing the energy and climate sustainability of European union member states: an MCDM-based approach. *Smart Cities* 6 (1), 339–367.
- Casado-Montilla, J., & Pulido-Fernández, J. I. (2021). How to measure the tourism vocation of a territory? Proposal for a composite index. *International Journal of Tourism Research*, 23(3), 253-267.
- Carrillo, M., & Jorge, J. M. (2017). Multidimensional analysis of regional tourism sustainability in Spain. *Ecological Economics*, 140, 89-98.
- Costanza, R., Hart, M., Posner, S., Talberth, J. (2009). *Beyond GDP: The Need for New Measures of Progress*. Boston University, the Frederick S. Pardee Center for the Study of the Longer- Range Future.

- Fistola, R., Gargiulo, C., & La Rocca, R. A. (2020). Rethinking vulnerability in city-systems: A methodological proposal to assess “urban entropy”. *Environmental impact assessment review*, 85, 106464.
- Freudenberg, M. (2003). *Composite Indicators of Country Performance: A Critical Assessment*. OECD Science, Technology And Industry Working Papers, 2003/16. OECD.
- La Rocca, R. A. (2023). *Smart city tra competitività urbana e vocazione turistica: il governo della dimensione turistica delle città* (Vol. 10). FedOA-Federico II University Press.
<http://www.fedoabooks.unina.it/index.php/fedoapress/catalog/book/390>
- Ladyman, J., Lambert, J., & Wiesner, K. (2013). What is a complex system?. *European Journal for Philosophy of Science*, 3(1), 33-67.
- OECD/European Union/EC-JRC (2008), *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264043466-en>.
- Presidenza del Consiglio dei Ministri Dipartimento per le politiche di coesione e per il sud (2025). *Piano Strategico Nazionale delle Aree Interne*. https://politichecoesione.governo.it/media/jhld12qn/psnai_finale_30072025_clean_ministro.pdf
https://politichecoesione.governo.it/media/jhld12qn/psnai_finale_30072025_clean_ministro.pdf

Sistematizzare le informazioni: il database bibliografico ed il Paleodatabase

Filomena Ornella Amore, Carmen Argenio

Università degli Studi del Sannio di Benevento
DST-Dipartimento di Scienze e Tecnologie
famore@unisannio.it
argenio@unisannio.it

I siti geopaleontologici “*Le Caverne*” (Pietraroja, Benevento) e le “*Ciampate del diavolo*” (Tora e Piccilli, Caserta) rivestono un’elevata valenza scientifica e sono stati pertanto oggetto di approfonditi studi che hanno prodotto una vasta letteratura e, nel caso di Pietraroja, la raccolta di numerosi reperti paleontologici.

Uno degli obiettivi del progetto di ricerca INSITE è la realizzazione di due database dedicati: uno bibliografico ed uno paleontologico, finalizzati rispettivamente alla sistematizzazione delle fonti scientifiche ed alla catalogazione dei reperti rinvenuti. Entrambi gli strumenti sono concepiti per garantire l’accessibilità, la consultabilità e l’aggiornamento continuo delle informazioni.

La costruzione dei database ha seguito diverse fasi operative:

- definizione degli obiettivi del database;
- ricerca e selezione dei dati;
- scelta del software per la gestione e l’organizzare delle informazioni;
- strutturazione dei dati in formato tabellare e definizione delle chiavi primarie per catalogare le informazioni;
- impostazione delle relazioni tra le informazioni all’interno del database;
- ottimizzazione e validazione dei contenuti.

La costruzione dei database non si limita ad un lavoro di semplice catalogazione, che, data la moltitudine di dati, risulta essere un compito articolato e complesso, ma ha l'ambizione di produrre uno strumento che renda le informazioni accessibili, facilmente consultabili e costantemente implementabili nel tempo.

1. Il database bibliografico

Il database bibliografico nasce dall'esigenza di sistematizzare una vasta bibliografia per facilitarne l'accesso e la consultazione da parte di ricercatori, studenti ed utenti in generale che, in base alle esigenze, possono necessitare di diversi livelli di approfondimento.

Grazie al database bibliografico gli utenti potranno disporre di uno strumento agile di consultazione delle numerose fonti bibliografiche a valenza scientifica (pubblicazioni scientifiche, tesi di laurea e dottorato, relazioni tecnico-scientifiche, monografie, atti di convegni, ecc.) relative ai due siti pilota.

Le informazioni sono state raccolte tramite ricerche mirate su banche dati bibliografiche (es. Scopus, WOS) e attraverso l'analisi delle fonti citate negli articoli individuati, con l'obiettivo di recuperare anche i contributi meno recenti o non reperibili online.

La scelta del software per la costruzione del database è stata determinata dalla facilità di accesso che si voleva garantire alla consultazione del database. Data la grande diffusione dell'utilizzo della suite Microsoft Office, si è scelto di utilizzare Excel.

Questo software, come noto, consente di organizzare, analizzare e presentare dati attraverso fogli elettronici organizzati in celle alle quali corrispondono righe e colonne.

Le informazioni sono state organizzate in forma tabellare attraverso tre distinti fogli elettronici: uno per Pietraraja, uno per Tora e Piccilli ed uno per la sitografia di entrambi i siti. In ciascun foglio, in corrispondenza delle colonne sono stati definiti i criteri (campi chiave) per catalogare le fonti bibliografiche: identificativo (codice numerico o alfanumerico univoco per ogni documento), autori (cognomi e

iniziali dei nomi degli autori del contributo scientifico), anno di pubblicazione, titolo della pubblicazione, numero di volume e pagine in cui si trova il riferimento, nome della rivista/casa editrice/titolo conferenza e link/doi che identifica univocamente ogni singolo riferimento bibliografico.

L'intera bibliografia è stata organizzata secondo una formattazione standard ed ordinata alfabeticamente per autore.

2. Il Paleodatabase

La costruzione del Paleodatabase, ovvero del database dei reperti paleontologici, analogamente, risponde all'esigenza di ottenere una visione complessiva e sistematica dei reperti paleontologici rinvenuti nei siti di studio. In particolare, il sito di Pietraroja è stato oggetto di diverse campagne di scavo che hanno restituito nel tempo numerosi fossili oggi distribuiti in diverse collezioni pubbliche e private, in Italia e all'estero.

Il Paleodatabase è stato specificamente concepito per la descrizione, la catalogazione e la fruizione dei reperti e dunque raccoglie e organizza in modo sistematico le informazioni relative alle diverse collezioni costituite nel corso del tempo.

La ricerca delle informazioni ha permesso di individuare per il sito di Pietraroja ben otto diverse collezioni. Tre collezioni sono attualmente custodite presso il Museo di Paleontologia dell'Università Federico II di Napoli; la prima risale al 1700 e colleziona reperti provenienti da diverse donazioni, segue la collezione Costa, frutto di campagne di scavo condotte nel 1800 (Costa 1847, 1850, 1851a,b, 1854-56, 1857, 1861, 1864a,b,c, 1865, 1866) e la terza, più recente, riguarda i reperti della campagna di scavo condotta nel 1982 dalle Università di Napoli Federico II e di Torino (Barattolo & Del Re, 1999).

Gli autori ringraziano la Dott.ssa Maria Carmela Del Re che, in qualità di direttore tecnico del museo, ha notevolmente contribuito alla realizzazione del database fornendo informazioni circa le collezioni custodite presso il museo.

Altri reperti appartengono alle collezioni custodite presso la Soprintendenza archeologia, belle arti e paesaggio per le province di Caserta e Benevento, il Museo Civico di Montefalcone (Benevento), la Fondazione Discepolo Museo Mineralogico Campano di Vico Equense (Napoli), il Museo Regionale di Scienze Naturali di Torino, il Museo Nazionale di Storia Naturale di Parigi. Si ringraziano i direttori di tutti i musei sopra citati per aver contribuito alla realizzazione del Paleodatabase.

Infine, vi è la collezione paleontologica privata del Dott. Prof. Luigi Lorenzo Capasso (Capasso, 2007) che ringraziamo per la disponibilità nel condividere testi ed informazioni sui reperti personalmente raccolti.

Per il sito delle Ciampate del diavolo, trattandosi di un icnosito, l'unica collezione di reperti è rappresentata dalle piste di orme che si trovano in situ. Pertanto, in questo caso è stato definito un database dimensionale che cataloga i parametri morfometrici delle singole orme rilevate da Panarello et al. (2022).

Anche per la costruzione del Paleodatabase è stato utilizzato Excel e le informazioni sono state organizzate in forma tabellare attraverso fogli elettronici distinti per ciascuna collezione.

I campi chiave comprendono: numero di catalogo e di inventario, collocazione, collezione di appartenenza, classificazione tassonomica (phylum, classe, ordine, famiglia, genere, specie), autore, descrizione, numero di esemplari, località, formazione geologica, cronologia (era, periodo, epoca, età), dati di acquisizione e bibliografia di riferimento. Il database consente la consultazione interattiva dei reperti tramite filtri personalizzabili, facilitando così la ricerca e la comparazione dei dati in base alle esigenze dell'utente.

I fogli Excel costruiti per catalogare la bibliografia ed i reperti sono stati il punto di partenza per costruire i veri e propri database accessibili e consultabili online (www.insiteprin2022.org).

Systematizing the information: the bibliographic database and the Paleodatabase

Filomena Ornella Amore, Carmen Argenio

Università degli Studi del Sannio di Benevento
DST-Dipartimento di Scienze e Tecnologie
famore@unisannio.it
argenio@unisannio.it

The geopaleontological sites “*Le Caverne*” (Pietraroja, Benevento) and the “Devil’s footprints” (Tora e Piccilli, Caserta) are of exceptional scientific importance. Over the years, they have been the focus of extensive research, which has produced a substantial body of literature and, in the case of Pietraroja, a collection of numerous paleontological finds.

One of the primary objectives of the INSITE research project is to create two dedicated databases: one bibliographic and one paleontological.

These databases are designed to systematize scientific sources and catalogue the recovered specimens, respectively. Both databases have been conceived to ensure accessibility, ease of consultation, and the possibility of continuous updates.

The development process involved several operational stages:

- defining the database objectives;
- researching and selecting the data;
- choosing the most suitable software for data management and organization;
- structuring the data in tabular form and defining primary keys for cataloguing;

- establishing relationships among the different information sets within the database;
- optimizing and validating the contents.

The creation of these databases extends far beyond simple cataloguing a complex and demanding task in itself, given the vast quantity of available data. The ultimate goal is to develop a dynamic and user-friendly tool that makes scientific information accessible, easily searchable, and continuously enriched over time.

1. The Bibliographic Database

The bibliographic database was developed to address the need to systematize a vast body of literature, facilitating access and consultation for researchers, students, and users in general who, depending on their needs, may require different levels of detail.

Thanks to the bibliographic database, users can rely on a practical tool for consulting the numerous scientific sources (scientific publications, master's and doctoral theses, technical and scientific reports, monographs, conference proceedings, etc.) related to the two pilot sites. The information was collected through targeted searches in bibliographic databases (e.g., Scopus, WOS) and by analysing the sources cited in the various articles, with the aim of retrieving even older or otherwise unavailable contributions that were not accessible online. The choice of software for building the database was determined by the level of accessibility desired for consultation.

Given the widespread use of the Microsoft Office suite, Excel was selected. This software, as is well known, allows for the organization, analysis, and presentation of data through spreadsheets structured in cells arranged in rows and columns.

The information was organized in tabular form through three separate spreadsheets: one for Pietraraja, one for Tora e Piccilli, and one for the sitography of both sites.

In each sheet, the columns define the criteria (key fields) used to catalogue the bibliographic sources: identifier (a unique numeric or

alphanumeric code for each document), authors (surnames and initials of authors' names), year of publication, title of the publication, volume number and page range, name of the journal/publisher/conference title, and link/doi uniquely identifying each bibliographic reference. The entire bibliography was organized according to a standardized format and arranged in alphabetical order by author.

2. The Paleodatabase

The construction of the Paleodatabase, that is, the database of paleontological findings, similarly responds to the need to obtain a comprehensive and systematic overview of the fossils recovered from the study sites. In particular, the Pietraroja site has been the subject of several excavation campaigns that, over time, have yielded numerous fossils now distributed across various public and private collections in Italy and abroad.

The Paleodatabase was specifically designed for the description, cataloguing, and accessibility of specimens; therefore, it systematically collects and organizes information related to the various collections formed over time.

The information research allowed the identification of eight different collections for the Pietraroja site. Three collections are currently housed at the Museum of Paleontology of the University of Naples Federico II: the first dates back to the 1700s and collects findings from various donations, followed by the Costa collection, resulting from excavation campaigns conducted in the 1800s (Costa 1847, 1850, 1851a,b, 1854-56, 1857, 1861, 1864a,b,c, 1865, 1866), and the third, more recent, includes the specimens from the 1982 excavation campaign carried out by the Universities of Naples Federico II and Turin (Barattolo & Del Re, 1999). The authors wish to thank Dr. Maria Carmela Del Re, who, as the museum's technical director, significantly contributed to the creation of the database by providing information on the collections held at the museum.

Other specimens belong to collections held at the Superintendency of Archaeology, Fine Arts and Landscape for the provinces of Caserta and Benevento, the Civic Museum of Montefalcone (Benevento), the Discepolo Campanian Mineralogical Museum Foundation of Vico Equense (Naples), the Regional Museum of Natural Sciences of Turin, and the National Museum of Natural History in Paris. We thank the directors of all the aforementioned museums for their contributions to the creation of the Paleodatabase.

Finally, there is the private paleontological collection of Dr. Prof. Luigi Lorenzo Capasso (Capasso, 2007), to whom we extend our gratitude for providing texts and information about the fossils he personally collected.

For the Devil's footprints site, being an ichnosite, the only collection of specimens consists of the trackways found in situ. Therefore, in this case, a dimensional database was defined, cataloguing the morphometric parameters of the individual footprints recorded by Panarello et al. (2022).

Excel was also used to construct the Paleodatabase, and the information was organized in tabular form through separate spreadsheets for each collection.

The key fields include catalogue and inventory number, location, belonging collection, taxonomic classification (phylum, class, order, family, genus, species), author, description, number of specimens, locality, geological formation, chronology (era, period, epoch, age), acquisition data, and reference bibliography.

The database enables interactive consultation of specimens through customizable filters, facilitating data search and comparison according to the user's needs. The Excel sheets created to catalogue the bibliography and fossil findings served as the starting point for building fully functional, accessible, and consultable online databases (www.insiteprin2022.org).

References

- Barattolo, F., Del Re M.C. (1999). Il Museo di Paleontologia. In: Fratta A. (a cura), *I Musei scientifici dell'Università di Napoli Federico II, Fridericiana Editrice Universitaria*, Napoli.
- Capasso, L.L. (2007). Pietraroja pietre e memorie. *Paper's World S.r.l.*, Teramo.
- Costa, O.G. (1847). Su di una roccia calcarea di Pietraroja. *Annali dell'Accademia degli Aspiranti Naturalisti in Napoli*, serie 2, 1:16-17.
- Costa, O.G. (1850). Paleontologia del Regno di Napoli, Parte I. *Stabilimento tipografico del Tramater*, Napoli.
- Costa, O.G. (1851a). Scopo e risultati di una gita a Pietraroja. *Il Filiatre Sebezio*, 21: 40–46.
- Costa, O.G. (1851b). Depositi ad ittioliti nel Regno di Napoli. *Nuovi Annali di Scienze Naturali*, 3: 469-478.
- Costa, O.G. (1854-56). Paleontologia del Regno di Napoli, parte II. *Stabilimento tipografico di G. Cataneo*, Napoli.
- Costa, O.G. (1857). Su di un nuovo genere di pesce fossile scavato a Pietraroja. *Memorie della Reale Accademia delle Scienze in Napoli*. 2, 234-238.
- Costa, O.G. (1861). Su di un fossile di equivoca natura tratto dalla calcarea stratosia di Pietraroja. *Rendiconti dell'Accademia Pontaniana*, 9:193-198.
- Costa, O.G. (1864a). Paleontologia del Regno di Napoli, parte III. *Atti dell'Accademia Pontaniana*, 8: 1–119.
- Costa, O.G. (1864b). Appendice alla Paleontologia del Regno di Napoli. *Atti dell'Accademia Pontaniana*, 8.
- Costa, O.G. (1864c). Notizie intorno agli scavi recentemente condotti nella roccia di ittioliti di Pietraroja. *Rendiconti della Reale Accademia di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali*, 2, 3: 230-233.
- Costa, O.G. (1865). Studi sopra i terreni ad ittioliti delle Provincie Napolitane diretti a stabilire l'età geologica de' medesimi. *Atti della Reale Accademia delle Scienze in Napoli*, Memorie, vol.2, 16.
- Costa, O.G. (1866). Nuove osservazioni e scoperte intorno ai fossili della calcarea ad illioliti di Pietraroja. *Atti della Reale Accademia di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali*, 1, 2(22): 1–12.
- Panarello, A., Farinaro, G. & Mietto, P. (2022). Il dataset dimensionale completo delle “Ciampate del diavolo”, SUPPLEMENTO 1 a “20012021: Vent'anni di ricerche sulle “Ciampate del diavolo”. *Dalla leggenda alla realtà scientifica*”, Mietto, P., Panarello, A., Di Vito, M.A. (Eds.). Miscellanea INGV, 64S1: 138, <https://doi.org/10.13127/misc/64/S1>.

Connettere persone e territori: i Living Lab e la Paleociclovía del progetto INSITE

*Romano Fistola, Rosa Anna La Rocca,
Ida Zingariello*

Università degli Studi di Napoli Federico II
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale
romano.fistola@unina.it
larocca@unina.it
ida.zingariello@unina.it

La ricerca sui sistemi urbani e territoriali, relativamente ad altre discipline e campi della scienza, si connota per una specifica caratteristica. Tale caratteristica è riconducibile alla necessità di dover svolgere le attività di conoscenza, pianificazione e gestione del territorio, non all'interno di laboratori frequentabili esclusivamente da ricercatori e da tecnici, ma come pratica diffusa e partecipata da condividere con le collettività.

Nella messa a punto di politiche ed azioni di pianificazione, rigenerazione e valorizzazione del territorio è indispensabile coinvolgere le popolazioni, i contesti spaziali e una rete di attori pubblico-privati che partecipano alla decisione di trasformazione.

Il territorio va considerato come bene comune e risorsa non rinnovabile la cui trasformazione sostenibile va effettuata attraverso processi di co-creazione e partecipazione diffusa al progetto dei luoghi. La ricerca territoriale acquista la connotazione di processo iterativo, di apprendimento collettivo, in cui le azioni progettuali emergono dalla contaminazione continua tra esigenze della comunità, definizione delle nuove economie urbane, prefigurazione degli scenari di sviluppo sostenibile e compatibile con le risorse a disposizione.

Nel contesto attuale di rapidi cambiamenti ambientali, sociali ed economici, questa impostazione non è una semplice alternativa metodologica, ma una condizione necessaria per uno sviluppo coeso, inclusivo e sostenibile di insediamenti urbani, periurbani e intercomunali. È questo uno dei riferimenti sottesi al perseguimento degli obiettivi e conseguente messa a punto delle azioni del progetto INSITE. Nel progetto ci si è posto l'ambizioso obiettivo di attivare il recupero e la rigenerazione dei territori attraverso la valorizzazione integrata dei giacimenti culturali presenti.

In INSITE gli elementi di innesco delle azioni di rigenerazione e promozione territoriale non vengono riferite alla disponibilità di finanziamenti o risorse economiche, ma si fondano sulla individuazione, valorizzazione e messa a sistema di valori storici, ambientali, artistici, etc..

È possibile individuare tre termini che esprimono sinteticamente quanto esposto: condivisione, connessione, cooperazione. Tali termini appaiono antitetici ad altri che oggi caratterizzano l'attuale momento storico: conflitto, contrapposizione, competizione. Anche il termine "consapevolezza" caratterizza le attività di INSITE che ha inteso applicare tali concetti in due azioni principali: la creazione di Living Lab e la meta-progettazione della Paleociclovía. Anche in questo caso è possibile richiamare un'immagine concettuale: I Living Lab consentono una connessione di individui in uno spazio fisico, la ciclovía consente una connessione di territori attraverso lo spazio. In altre parole, è possibile affermare che tali attività hanno avuto la finalità di creare una connessione fra gli abitanti e, nel caso del tracciato ciclabile, una connessione fra i territori.

L'obiettivo di fondo è la messa a sistema di tutte le componenti coinvolte.

1. I Living Lab

I Living Lab nascono come ambienti concreti di co-sviluppo tra cittadini e altri soggetti presenti sul territorio per testare innovazioni in contesti reali.

Le prime esperienze sono state sviluppate nei paesi nordici (Finlandia, Svezia, Danimarca) e in alcune città europee interessate a innovazione partecipata e sviluppo urbano sostenibile (ENoLL). La letteratura internazionale sull'argomento ci offre riferimenti utili per orientare questa pratica. Jane Jacobs fornisce un quadro di riferimento cruciale sull'importanza della partecipazione cittadina e della complessità dei quartieri come sistemi viventi: le dinamiche urbane emergono dall'interazione quotidiana delle persone con il luogo, e la pianificazione deve facilitare questa "vita" piuttosto che spegnerla in regole astratte (Jacobs, 1961).

In altre parole, Jacobs richiama l'urgenza di considerare la città come un ecosistema in continua evoluzione, dove la partecipazione diffusa è condizione necessaria per una città resistente e vivibile. L'autrice ha sviluppato una filosofia di design urbano centrata sulla persona: spazi pubblici e infrastrutture per la mobilità pedonale e ciclabile non sono componenti opzionali, ma elementi fondanti per una città attraente, sana e inclusiva. La sua prospettiva aiuta a comprendere come i percorsi ciclabili non siano solo tracciati, ma scenari di incontro, di relazioni sociali e di riappropriazione del tempo urbano da parte dei cittadini. I Living Lab, sono luoghi fisici di incontro e di scambio fra gli abitanti di un determinato insediamento urbano e con il progetto INSITE hanno consentito di mettere in essere attività orientate allo sviluppo della consapevolezza del valore e della rilevanza socio-scientifica dei due giacimenti geo-paleontologici di Pietraroja e Tora e Piccilli (fig. 1).

Nei due comuni sono stati svolti incontri con la comunità e sono stati somministrati questionari in grado di valutare i livelli di consapevolezza degli abitanti relativamente al sito di rinvenimento dello *Scipionyx samniticus* e delle orme dell'uomo di Heidelberg.

Ad una sintetica analisi degli esiti dei questionari emerge che, per quanto attiene a Pietraroja vi è una conoscenza elevata del sito, probabilmente in riferimento alla notorietà di Ciro, anche se fisicamente visitato da circa la metà del campione.



Figura 1. I Living Lab di Tora e Piccilli (a sinistra) e di Pietraraja (a destra).

Ulteriore dato di interesse è che la cittadinanza ritiene importante prendere parte ad iniziative di diffusione e valorizzazione della rilevanza socio-scientifica. Nel caso delle Ciampate del diavolo la rilevanza del sito è ugualmente riconosciuta anche se emerge che solo un terzo del campione lo ha visitato fisicamente, anche a causa del pluriennale abbandono. Per entrambi i siti vi è una diffusa consapevolezza dell'importanza che deve essere supportata attraverso nuove azioni di valorizzazione.

2. La paleociclovìa

È oramai acclarato che la creazione di percorsi ciclabili intercomunali e patti territoriali possano favorire inclusione, valorizzazione del patrimonio culturale e sviluppo locale (Tira & Zazzi, 2018). Seguendo tale assunzione il progetto INSITE prevede la realizzazione di una ciclovìa che colleghi i due giacimenti geopaleontologici: la Paleociclovìa.

Il tracciato della Paleociclovìa si snoda per circa 80 km. lungo il territorio del basso Matese e fra i due poli di Tora e Piccilli e Pietraraja (fig. 2). È fondamentale sottolineare come ogni sezione del percorso sia stata pianificata per favorire una comprensione profonda del territorio, svelandone le caratteristiche peculiari e le unicità attraverso la filosofia della mobilità lenta.

Il tragitto che collega Pietraraja a Tora e Piccilli si inserisce strategicamente in quello più ampio della Ciclovìa dell'Appennino e

nella rete delle aree interne italiane. In questo modo, la ciclovía beneficia dell'infrastruttura di quel monumentale corridoio ciclabile di circa 3.100 Km. che attraversa l'Italia da nord a sud, correndo lungo la dorsale appenninica.

Lungo il tracciato è prevista l'implementazione di ciclogrill e aree di sosta attrezzate; punti di ristoro e ciclofficine dotate di strumenti per la manutenzione delle bici, punti per la ricarica delle batterie, hotspot Wi-Fi e ogni altro comfort. Nel suo complesso, il viaggio tra i due poli culturali è concepito per regalare un'immersione totale nel paesaggio, permettendo di apprezzarne l'unicità dei luoghi e di scoprire il profondo legame tra le testimonianze storico-culturali dell'uomo e il contesto naturale circostante.

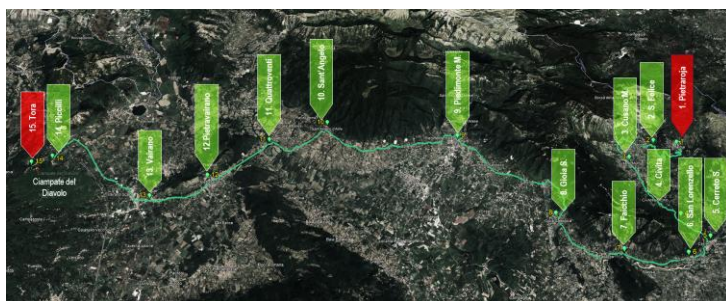


Figura 2. Il tracciato della Paleociclovía visualizzato su Google Maps: una panoramica dell'intero percorso, con i comuni attraversati, che si estende ai piedi del Parco Nazionale del Matese.

Data l'estensione del tracciato e la diversa acclività dei tratti, l'uso delle e-bike è la chiave ideale per affrontare con serenità e senza sforzi eccessivi l'esperienza. Il progetto esecutivo deve prevedere un ecosistema completo di servizi: installazione di segnaletica dedicata, stazioni di assistenza tecnica, aree relax, punti di ristoro e pernottamento presso agriturismi o piccole strutture ricettive, oltre a visite guidate ai punti di interesse. La Paleociclovía si pone come attrattore di un turismo lento, rispettoso dei luoghi e consapevole dei valori culturali del territorio (Fistola & La Rocca, 2018).

Per la realizzazione concreta dell'iniziativa è possibile immaginare una Federazione dei comuni attraversati. La federazione dei comuni opera in questo senso come comunità interagente per la previsione di interventi e la messa a sistema di azioni strategiche condivise. Per dare un'identità forte al progetto, è stato creato un logo destinato ai materiali informativi, all'audioguida da realizzarsi e alla segnaletica verticale. Il concept vede protagonisti i due personaggi simbolo dei siti geo-paleontologici, ritratti mentre pedalano insieme su un tandem (fig. 3).



Figura 3. Il logo della Paleociclovía. l'Uomo di Heidelberg e lo *Scipionyx samniticus* in sella a un tandem.

La paleociclovía, proposta nella sua forma meta-progettuale, che dovrà trovare una successiva progettazione esecutiva nella collaborazione fra i comuni coinvolti, si pone come strumento di governance intercomunale con particolare attenzione all'intersezione tra mobilità sostenibile, ambiente urbano, sviluppo economico locale e coesione sociale. Tutti gli stakeholder dei territori interessati e limitrofi sono chiamati a dare il loro contributo nella creazione del tracciato e della fruibilità dei punti di interesse individuati. Peraltro, il

numero di appassionati di cicloturismo è in aumento e sarebbe in linea con la cultura ciclistica molto diffusa in questi territori.

3. Conclusioni

Il progetto INSITE si è posto l'obiettivo di ritrovare coesione e connessione nelle comunità e fra le comunità di territori contigui, indicando una diversa strada di cooperazione positiva in grado di generare un capitale sociale solido e diffuso.

La federazione dei comuni rappresenta una proposta per un patto orientato ad un nuovo governo sostenibile del territorio che si realizza nella capacità di coinvolgere attori e istituzioni in azioni di rigenerazione e valorizzazione degli insediamenti, congiunta e integrata.

In tale processo il supporto degli studiosi dei fenomeni urbani e dei territorialisti, per esempio attraverso le tecniche del Geodesign (Steintz, 2012), risulta fondamentale per costruire scenari e prefigurare nuove dimensioni dei contesti antropici.

Connecting People and Territories: Living Labs and the Paleociclovia of the INSITE Project

*Romano Fistola, Rosa Anna La Rocca,
Ida Zingariello*

Università degli Studi di Napoli Federico II
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale
romano.fistola@unina.it
larocca@unina.it
ida.zingariello@unina.it

The research on urban and territorial systems, in relation to other disciplines and fields of science, is characterized by a specific feature. This feature can be traced to the necessity of carrying out knowledge, planning, and territorial management activities not within laboratories frequented exclusively by researchers and technicians, but as a widespread and participatory practice to be shared with communities. In the development of policies and actions for planning, regeneration, and valorization of the territory, it is essential to involve populations, spatial contexts, and a network of public-private actors who participate in the decision-making of transformation.

The territory must be considered as a common good and a non-renewable resource whose sustainable transformation must be carried out through co-creation processes and broad participation in the project of places. Territorial research takes on the connotation of an iterative process, of collective learning, in which project actions emerge from the continuous contamination between community needs, the definition of new urban economies, the prefiguration of sustainable development scenarios, and compatibility with the resources available.

In the current context of rapid environmental, social, and economic changes, this approach is not a mere methodological alternative, but a necessary condition for a cohesive, inclusive, and sustainable development of urban, peri-urban, and inter-municipal settlements. This is one of the underlying references for pursuing the INSITE project objectives and the consequent development of its actions.

The project set itself the ambitious goal of activating the recovery and regeneration of territories through the integrated valorization of the cultural reserves present.

In INSITE, the triggering elements of territorial regeneration and promotion actions are not linked to the availability of funding or financial resources, but are based on the identification, valorization, and systematization of historical, environmental, artistic values, etc. It is possible to identify three terms that succinctly express what has been exposed: sharing, connection, cooperation.

These terms appear antithetical to others that today characterize the current historical moment: conflict, confrontation, and competition.

The term “awareness” also characterizes the activities of INSITE, which aimed to apply these concepts in two main actions: the creation of Living Lab and the meta-design of the Paleociclovia. Also in this case, it is possible to evoke a conceptual image: Living Labs allow for a connection of individuals in physical space, while the cycle route allows a connection of territories through space.

In other words, it can be stated that these activities aimed to create a connection between inhabitants and, in the case of the cycling route, a connection between territories.

The underlying objective is to systematize all involved components.

1. The Living Labs

Living Labs were born as concrete environments for co-development between citizens and other actors present in the territory to test innovations in real contexts.

The first experiences were developed in Nordic countries (Finland, Sweden, Denmark) and in some European cities interested in participatory innovation and sustainable urban development (ENoLL). The international literature on the subject offers useful references to guide this practice. Jane Jacobs provides a crucial frame of reference on the importance of citizen participation and the complexity of neighborhoods as living systems: urban dynamics emerge from the daily interaction of people with place, and planning must facilitate this “life” rather than suppress it with abstract rules (Jacobs, 1961).

In other words, Jacobs calls for considering the city as a continually evolving ecosystem, where widespread participation is a necessary condition for a resilient and livable city. She developed a philosophy of urban design centered on the person: public spaces and infrastructures for pedestrian and cycling mobility are not optional components, but foundational elements for an attractive, healthy, and inclusive city. Her perspective helps us understand that cycling paths are not merely routes, but settings for encounters, social-relational interactions, and the reclaiming of urban time by citizens.

The Living Labs are physical places of encounter and exchange among residents of a given urban settlement and, with the INSITE project, have enabled activities oriented toward developing awareness of the socio-scientific value and relevance of the two geopaleontological deposits of Pietraroja and Tora e Piccilli (fig. 1).



Figure 1. The Living Labs in Tore e Piccilli (left) and in Pietraroja (right).

In the two municipalities, community meetings were held and questionnaires were administered to assess residents' awareness levels regarding the discovery site of *Scipionyx samniticus* and the footprints of the Heidelberg man. A succinct analysis of the questionnaire outcomes shows that, with regard to Pietraroja, there is high knowledge of the site, probably related to Ciro's notoriety, even though physically visited by about half of the sample. Another point of interest is that citizens consider it important to participate in initiatives for the diffusion and valorization of socio-scientific relevance. Regarding the Ciampate del diavolo site, its relevance is equally recognized, even if only about one third of the sample has visited it physically, also due to long-term abandonment. For both sites there is widespread awareness of the importance that must be supported by new valorization actions.

2. The Paleociclovía

It is now established that the creation of inter-municipal cycling routes and territorial pacts can foster inclusion, valorization of cultural heritage, and local development (Tira & Zazzi, 2018). Following this assumption, the INSITE project foresees the realization of a cycle path that connects the two geopaleontological deposits: the Paleociclovía. The Paleociclovía route runs for about 80 km through the territory of the lower Matese Park, between the two poles Tore e Picilli and Pietraroja (fig. 2). It is essential to underline that each section of the route has been planned to foster a deep understanding of the territory, unveiling its peculiar characteristics and uniqueness through the philosophy of slow mobility. The path connecting Pietraroja to Tora e Picilli is strategically embedded in the broader Appennine Cycle Route and in the network of Italian inland areas. In this way, the cycle path benefits from the infrastructure of that monumental cycling corridor of about 3,100 km that runs across Italy from north to south along the Apennine ridge.

Along the route, the implementation of ciclogrills and equipped rest areas is planned; refreshment points and cycle workshops equipped with tools for bicycle maintenance, charging points for batteries, Wi-Fi hotspots, and every other comfort. Overall, the journey between the two cultural poles is conceived to offer a total immersion in the landscape, allowing visitors to appreciate the places' uniqueness and to discover the deep connection between the historical-cultural testimonies of humans and the surrounding natural context.

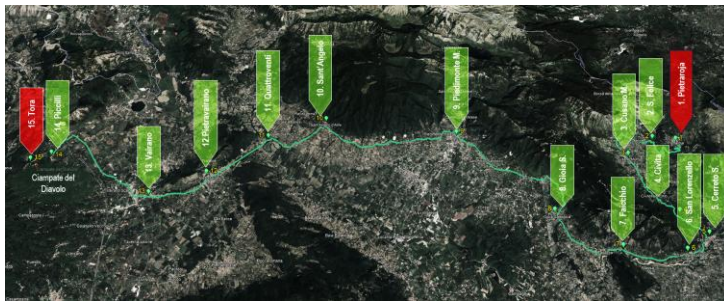


Figure 2. The Paleociclovía route displayed on Google Maps: an overview of the entire path, with the municipalities traversed, extending at the foot of the Matese National Park.

Given the route's extension and the varying gradients of the sections, the use of e-bikes is the ideal key to approach the experience with serenity and without excessive effort. The executive project must provide a complete ecosystem of services: installation of dedicated signage, technical assistance stations, relaxation areas, rest stops, and overnight accommodation in agritourism or small hospitality facilities, in addition to guided visits to points of interest.

The Paleociclovía positions itself as an attractor of slow tourism, respectful of places and aware of the territory's cultural values (Fistola & La Rocca, 2018). For the concrete realization of the initiative, it is possible to imagine a Federation of the traversed municipalities.

The federation operates in this sense as an interactive community for planning interventions and coordinating shared strategic actions.

To give a strong identity to the project, a logo has been created for informative materials, for the forthcoming audio guide, and for the vertical signage. The concept features the two symbolic characters of the geo-paleontological sites, depicted riding together on a tandem (fig. 3).



Figure 3. The Paleociclovía logo: the Heidelberg Man and *Scipionyx samniticus* in the saddle of a tandem.

The Paleociclovía, proposed in its meta-design form, which will require subsequent executive design in collaboration among the involved municipalities, is intended as a tool of inter-municipal governance with particular attention to the intersection of sustainable mobility, urban environment, local economic development, and social cohesion. All stakeholders of the interested territories and neighboring areas are called to contribute to the creation of the route and the accessibility of identified points of interest. Cycle tourism shows increasing levels of enthusiasm, and cycling practice is a widely shared passion in these territories.

3. Conclusions

The INSITE project aims to rediscover community, cohesion, and connectivity within communities and among neighboring territories, outlining a different path of positive cooperation capable of generating a solid and widespread social capital. The federation of municipalities represents a pact for a new sustainable governance of the territory, realized in the capacity to involve actors and institutions in joint and integrated regeneration and valorization actions of settlements. In this process, the support of scholars of urban phenomena and territorial scientists, by using the Geodesign methods (Steintz, 2012), is fundamental to construct scenarios and prefigure new dimensions of anthropic contexts.

References

- ENoLL: European Network of Living Labs, <https://enoll.org/>
- Fistola R. & La Rocca R. A. (2018). Slow mobility and cultural tourism. Walking on historical paths. In: Papa R. Fistola R. & Gargiulo C. (eds.). *Smart Planning: Sustainability and Mobility in the Age of Change, Green Energy and Technology*. Springer International Publishing, Cham, Switzerland.
- Gehl, J. (2011). “Three Types of Outdoor Activities,” “Life Between Buildings,” and “Outdoor Activities and the Quality of Outdoor Space”: from *Life Between Buildings: Using Public Space* (1987). In *The city reader* (pp. 586-608). Routledge.
- Jacobs, J. (1961). *The Death and Life of Great American Cities*. Knopf Doubleday Publishing Group.
- Steintz, C. (2012). *A Framework for Geodesign: Changing Geography by Design*. ESRI Press.
- Tira M. & Zazzi. M. (2008). *Pianificare le reti ciclabili territoriali*. Gangemi, Roma.

Innovazione tecnologica e fruizione aumentata dei siti di INSITE

*Ida Zingariello, Rosa Anna La Rocca,
Romano Fistola*

Università degli Studi di Napoli Federico II
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale
ida.zingariello@unina.it
larocca@unina.it
romano.fistola@unina.it

Nel contesto degli attuali processi di valorizzazione del patrimonio culturale, ambientale e territoriale, le tecnologie emergenti, in particolare quelle riconducibili all'*eXtended Reality* (XR), stanno inaugurando un nuovo paradigma di fruizione capace di superare i limiti dei modelli tradizionali e di proporre forme di conoscenza più immersive, situate e partecipative.

In questo senso, le realtà estese non si configurano come meri apparati di visualizzazione, ma come dispositivi cognitivi in grado di estendere, appunto, l'esperienza percettiva dell'utente, attivando nuove modalità interpretative dello spazio e della memoria territoriale. Le XR introducono una fruizione stratificata, in cui il livello fisico dei siti si integra con contenuti digitali che ne potenziano la leggibilità.

Le tecnologie di *Augmented Reality* (AR), *Mixed Reality* (MR) e *Virtual Reality* (VR), infatti, permettono di esplorare forme di rappresentazione complementari alla dimensione fisica, attraverso una percezione aumentata sia sul piano informativo che su quello esperienziale. In questa prospettiva, le XR diventano uno strumento abilitante per una fruizione aumentata a supporto di nuove strategie di promozione territoriale orientate a rendere i territori più accessibili, comprensibili e integrati in dinamiche di valorizzazione sostenibile.

La costruzione di piattaforme digitali, come strumento di fruizione aumentata dei territori dall'elevato valore ambientale, apre scenari particolarmente significativi per la definizione di nuovi modelli di promozione. Ricostruzioni digitali e contenuti immersivi consentono infatti, di valorizzare siti minori, aree meno note o luoghi fragili.

La dimensione digitale agisce come un moltiplicatore della fruizione territoriale attraverso quattro principali meccanismi.

- Catalizzare interesse e amplificare la visibilità territoriale: le tecnologie digitali favoriscono la scoperta e la valorizzazione di siti minori o meno noti. Piattaforme AR e VR, catturano l'attenzione dei fruitori e stimolano la curiosità verso luoghi spesso esclusi dai circuiti principali, contribuendo alla riscoperta di patrimoni marginalizzati ridefinendone l'attrattività culturale e territoriale.
- Aumentare l'accessibilità attraverso la fruizione a distanza: le ricostruzioni digitali e le esperienze VR immersive rendono fruibili luoghi difficilmente accessibili, perché lontani o impervi, abilitando una fruizione alternativa a distanza. La visita virtuale non sostituisce necessariamente quella fisica: può anticiparla, prepararla o integrarla, offrendo un primo livello di familiarizzazione che arricchisce l'esperienza in situ.
- Fruire in modo non impattante i siti vulnerabili: i contenuti XR consentono di mostrare contesti vulnerabili, fragili e inadatti a sopportare un'elevata pressione antropica. La fruizione digitale diventa così un mezzo per proteggere il patrimonio materiale; uno strumento di tutela, in grado di ridurre l'impatto sui luoghi sensibili e contribuire alla conservazione del patrimonio materiale.
- Ricostruire e fruire virtualmente contesti del passato: le tecnologie VR permettono di restituire paesaggi e insediamenti del passato, oggi documentabili solo attraverso tracce frammentarie. Attraverso ricostruzioni e simulazioni tridimensionali, diventa possibile contestualizzare il patrimonio materiale esistente, favorendo una lettura più completa dei processi evolutivi che hanno modificato il territorio, rendendo fruibile una conoscenza altrimenti inaccessibile.

Tali riflessioni risultano particolarmente pertinenti per i siti di alto valore paleontologico e ambientale coinvolti nel progetto PRIN INSITE, quali il parco fossilifero di Pietraroja (BN) e l'icnosito delle "Ciampate del diavolo" (CE). Entrambi i siti, con le loro peculiari caratteristiche, fanno parte di un sistema territoriale più ampio e di straordinario valore, la cui promozione può generare importanti occasioni di sviluppo; in quest'ottica, l'impiego di strumenti digitali avanzati ha rappresentato un'opportunità strategica per aumentarne la comprensione e l'accessibilità.

Attraverso ricostruzioni 3D, contenuti geolocalizzati e narrazioni audio situate, le applicazioni realizzate attivano processi di fruizione aumentata grazie ai quali, non solo, si osserva ciò che è visibile, ma si recupera ciò che non lo è più, instaurando un dialogo tra contesto fisico e contenuti digitali.

Con riferimento al sito delle "Ciampate del diavolo" a Tora e Picilli (CE), sulla base di informazioni scientificamente validate (Aidonis et al., 2023) è stato elaborato un modello 3D dell'*Homo heidelbergensis* quanto più possibile attendibile. Il modello è stato successivamente animato per riprodurre il comportamento presunto testimoniato dalle orme presenti nel sito (Mietto et al., 2021; Panarello, 2020) (fig. 1).



Figura 1. Animazione del modello dell'*Homo heidelbergensis*. Fonte: Gruppo di ricerca INSITE.

Il risultato è un'applicazione *marker-based* di realtà aumentata, fruibile da smartphone e tablet, che consente di osservare in situ il modello dell' *Homo heidelbergensis* mentre ripercorre le piste A e B, come avvenuto circa 350.000 anni fa (fig. 2).



Figura 2. Il modello dell' *Homo heidelbergensis* in realtà aumentata in situ.
Fonte: Gruppo di ricerca INSITE.

Parallelamente, è stato sviluppato un *virtual tour* con foto sferiche che permette un accesso remoto e interattivo all'area tramite modalità immersiva con *cardboard* e smartphone. La navigazione consente di esplorare il sito da diversi punti di osservazione, con particolare attenzione alle piste A e B, attivando contenuti multimediali tramite hotspot (fig. 3).



Figura 3. Visualizzazione in modalità *cardboard* del *virtual tour* del sito “Ciampate del diavolo”. Fonte: Gruppo di ricerca INSITE.

Un approccio differente è stato adottato per il parco fossilifero di Pietraroja noto per il ritrovamento del fossile di CIRO per il quale si è deciso di ricostruire interamente il paesaggio cretacico in cui visse il cucciolo di *Scipionyx samniticus*. In questo caso, trattandosi di un sito la cui morfologia attuale risulta estremamente distante rispetto alla sua configurazione passata, si è deciso di modellare l’ambiente preistorico e lo stesso CIRO, progettando un tour virtuale in grado di mostrare il contesto di Pietraroja in epoca cretacica fruibile in modalità *cardboard* o desktop (Amore et al., 2025) (fig. 4).



Figura 4. Ricostruzione e visualizzazione in modalità *cardboard* del *virtual tour* del parco fossilifero di Pietraroja. Fonte: Gruppo di ricerca INSITE.

Le applicazioni (in fase di perfezionamento) sono state concepite come strumenti interattivi, attraverso i quali l'utente diventa parte attiva dell'esperienza. La fruizione è aumentata non solo perché la tecnologia arricchisce l'ambiente fisico con contenuti digitali, ma anche perché, essa stessa si configura come una scoperta attiva che si sviluppa attraverso un dialogo continuo tra movimento dell'utente e contenuto digitale. In questo senso, le nuove tecnologie riconducibili alle realtà estese si manifestano come innovative forme di accesso al sapere (Maniello, 2023).

Un ulteriore esito del processo di digitalizzazione del territorio è la capacità delle nuove tecnologie di delineare una nuova categoria di spazio: lo spazio ibrido digitale (Fistola & Zingariello, 2022). In questo spazio, reale e digitale non sono dimensioni alternative, ma si compenetrano all'interno di un unico ambiente esperienziale, simultaneamente fisico e digitale e dunque ibrido.

Attraverso nuovi *layer* informativi e narrativi che potenziano la leggibilità e l'accessibilità dei siti, le applicazioni sviluppate nell'ambito del PRIN INSITE dimostrano come la convergenza tra innovazione tecnologica e valorizzazione territoriale, mediata dalle realtà estese, possa alimentare un approccio innovativo alla conoscenza e allo sviluppo del territorio, particolarmente rilevante nei contesti ad alto valore geologico, paleontologico e ambientale.

Technological innovation and augmented enjoyment of INSITE sites

*Ida Zingariello, Rosa Anna La Rocca,
Romano Fistola*

Università degli Studi di Napoli Federico II
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale
ida.zingariello@unina.it
larocca@unina.it
romano.fistola@unina.it

In the context of current processes aimed at enhancing cultural, environmental and territorial heritage, emerging technologies – particularly those related to eXtended Reality (XR) – are ushering in a new paradigm of enjoyment, capable of overcoming the limitations of traditional models and offering more immersive, situated and participatory forms of knowledge. In this sense, extended realities are not merely viewing devices, but cognitive tools capable of extending the user's perceptual experience, activating new ways of interpreting space and territorial memory.

XR introduces a layered enjoyment, in which the physical level of sites is integrated with digital content that enhances their readability. Augmented Reality (AR), Mixed Reality (MR) and Virtual Reality (VR) technologies allow us to explore forms of representation that are complementary to the physical dimension, through an augmented perception both in terms of information and experience.

From this perspective, XR becomes an enabling tool for augmented enjoyment, a paradigm of a new territorial promotion strategy aimed at making territories more accessible, understandable and integrated into sustainable development dynamics.

The construction of digital platforms, as a tool for increased enjoyment of areas of high environmental value, opens up particularly significant scenarios for the definition of new promotion models. Digital reconstructions and immersive content enable the valorization of smaller sites, lesser-known areas or fragile locations.

In this sense, the digital dimension acts as a multiplier of territorial enjoyment through four main mechanisms.

- Catalyze interest and amplify territorial visibility. Digital technologies promote the discovery and enhancement of minor or lesser-known sites. AR and VR platforms capture users' attention and stimulate curiosity about places often excluded from the mainstream, contributing to the rediscovery of marginalized heritage by redefining its cultural and territorial appeal.
- Increase accessibility through remote viewing. Digital reconstructions and immersive VR experiences make remote or inaccessible places accessible, enabling alternative remote viewing. Virtual visits do not necessarily replace physical visits: they can anticipate, prepare for, or complement them, offering an initial level of familiarity that enriches the on-site experience.
- Access vulnerable sites in a low-impact manner. XR content allows us to showcase vulnerable, fragile, and unsuitable contexts to withstand significant human pressure. Digital access thus becomes a means of protecting material heritage; a conservation tool capable of reducing the impact on sensitive sites and contributing to the preservation of tangible heritage.
- Reconstructing and virtually experiencing contexts from the past. VR technologies allow us to recreate landscapes and settlements that no longer exist or that can only be understood today through fragmentary traces. Through three-dimensional reconstructions and simulations, it becomes possible to contextualize existing material heritage, promoting a more complete understanding of the evolutionary processes that have changed the territory and making otherwise inaccessible knowledge accessible.

These considerations are particularly relevant for the sites of high paleoenvironmental value involved in the PRIN INSITE project, such as the Pietraroja fossil park (BN) and the “Ciampate del diavolo” ichnosite (CE).

Both sites, with their unique geo-paleontological characteristics, are part of a larger territorial system of extraordinary value, the promotion of which can generate significant development opportunities for the region; from this perspective, the use of advanced digital tools has represented a strategic opportunity to increase their understanding and accessibility. Through 3D reconstructions, geolocalized content, and situated audio narrations, the developed applications activate processes of augmented enjoyment through which we not only observe what is visible, but also recover what is no longer visible, establishing a dialogue between the physical context and digital content.

With reference to the site of the “Ciampate del diavolo” in Tora e Piccilli (CE), based on scientifically validated information (Aidonis et al., 2023), a 3D model of *Homo heidelbergensis* was developed that is as reliable as possible. The model was then animated to reproduce the presumed behaviour evidenced by the footprints found at the site (Mietto et al., 2021; Panarello, 2020) (fig. 1).



Figure 1. Animation of the *Homo heidelbergensis* model. Source: INSITE Research Group.

The result is a marker-based augmented reality application, accessible on smartphones and tablets, which allows in-situ observation of the *Homo heidelbergensis* model as it retraces tracks A and B, as it did approximately 350,000 years ago (fig. 2).



Figure 2. The model of *Homo heidelbergensis* in augmented reality in situ. Source: INSITE research group.

At the same time, a virtual tour with spherical photos has been developed, allowing remote and interactive access to the area through an immersive mode using cardboard and smartphones. Navigation allows exploration of the site from different observation points, with particular attention to tracks A and B, by activating multimedia content using hotspots (fig. 3).



Figure 3. Cardboard mode view of the virtual tour of the “Ciampate del diavolo” site. Source: INSITE research group.

A different approach was adopted for the Pietraroja fossil park, known for the discovery of the CIRO fossil, for which it was decided to entirely reconstruct the Cretaceous landscape in which the young *Scipionyx samniticus* lived.

In this case, given that the site's current morphology is extremely distant from its past configuration, it was decided to model the prehistoric environment and CIRO himself, designing a virtual tour capable of showing the context of Pietraroja in the Cretaceous period, accessible in cardboard or desktop mode (Amore et al., 2025) (fig. 4).

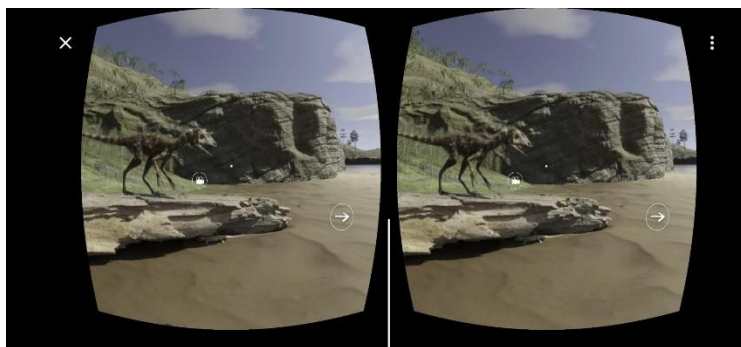


Figure 4. Reconstruction and cardboard visualization of the virtual tour of the Pietraroja fossil park. Source: INSITE research group.

The applications (currently being finalised) have been designed as interactive tools, through which users become an active part of the experience. Territorial enjoyment has increased not only because technology adds to the physical environment with digital content, but also because it is an active discovery that develops through a continuous dialogue between the user's movement and digital content. In this sense, new technologies related to extended realities are innovative ways to access knowledge (Maniello, 2023).

Another outcome of the process of digitization of the territory is the ability of new technologies to delineate a new category of space: an hybrid digital space (Fistola & Zingariello, 2022). In this space, the real and the digital are not alternative dimensions, but co-penetrate within a single experiential environment, at the same time physical and digital, and therefore hybrid.

Through new informative and narrative layers that enhance the readability and accessibility of sites, the applications developed within the PRIN INSITE project show how the convergence between technological innovation and territorial enhancement, mediated by extended realities, can fuel an innovative and polyphonic approach to knowledge and territorial development. This is particularly relevant in contexts of high geological, palaeontological and environmental value.

References

- Aidonis, A., Achillas, C., Tzetzis, D., Athanassiou, A., Karkazi, E., Darlas, A., & Papageorgopoulou, C. (2023). Digital 3D facial approximation of the Petralona skull. Methodological issues and applications. *Journal of Archaeological Science Reports*, 51, 104206. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2023.104206>.
- Amore, F. O., Argenio, C., Fistola, R., Messina, M. Y., Rastelli, A., Zingariello, I., & La Rocca, R. A. (2025b). The Paleontological Heritage as a mean for Territorial revitalization: Innovative Communication Modalities for Pietraroja Site (Southern Italy). *Geoheritage*, 17(1). <https://doi.org/10.1007/s12371-025-01081-w>.

- Fistola, R., & Zingariello, I. (2022). Dalla percezione all'enazione urbana: gli spazi ibridi digitali. In C. Zoppi & F. Muso (Eds.), *Conoscenza materiale e immateriale e gestione delle informazioni* (Vol. 2). Planum Publisher; Società Italiana degli Urbanisti.
- Maniello, D. (2023). *Augmented Heritage. Dall'oggetto esposto all'oggetto narrato*. Le Penseur.
- Mietto, P., Panarello, A., & M, D. V. (2021). 2001 - 2021: Vent'anni di ricerche sulle "Ciampate del diavolo". Dalla leggenda alla realtà scientifica. *Miscellanea INGV*, 64. <https://doi.org/10.13127/misc/64>
- Panarello, A. (2020). A snapshot on some everyday actions of a Middle Pleistocene hominin: the Trackway B at the Devil's Trails palaeontological site (Tora e Piccilli, Caserta, Central Italy). *PubMed*, 98. <https://doi.org/10.4436/jass.98013>.

Materia sonora, tra eco del passato e visione futura: ricerca-creazione musicale e sound art per la valorizzazione e la riscoperta del territorio

Filippo Fabbri

Université Paris-Saclay
Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies
Institut Universitaire de Technologies de Cachan
filippo.fabbri@universonite-paris-saclay.fr

1. Introduzione

Il suono non è solo fenomeno fisico, ma anche portatore di memoria culturale, traccia intangibile di identità e storia del territorio.

La tutela del patrimonio acustico e sonoro assume oggi un ruolo sempre più centrale: non viene più considerato soltanto come una testimonianza da conservare in modo passivo, ma come una risorsa viva, capace di alimentare nuove pratiche artistiche e processi di valorizzazione territoriale. Esso diviene, così, un elemento da preservare, studiare e reinterpretare, contribuendo alla costruzione di nuove forme di esperienza culturale (Murphy, 2023).

L'ambiente sonoro (soundscape) è parte integrante dell'esperienza culturale dei luoghi e la sua perdita rappresenta una dissolvenza della memoria collettiva (Mu, Wang & Zhang, 2022).

In questo contesto la “materia sonora” si configura come l'insieme delle caratteristiche fisiche, spaziali, storiche, estetico-percettive e culturali del suono, un materiale da studiare, preservare e in cui immergersi.

Il presente articolo esplora come la ricerca-creazione musicale e la sound art possano manipolare la materia sonora per valorizzare e riscoprire il territorio, costruendo un ponte che attraversa e ricongiunge epoche storiche e culture in continua evoluzione.

La letteratura recente sull'*ambiente acustico* degli edifici e luoghi storici mostra un forte incremento dell'interesse per la conservazione del suono come aspetto del patrimonio culturale. In questo ambito, è possibile identificare quattro aree chiave: misurazione acustica, influenza dei materiali, digitalizzazione del patrimonio sonoro e percezione soggettiva degli spazi storici (Mu, Wang & Zhang, 2022). Con la trasformazione digitale e la crescente deteriorabilità dei siti storici, la digitalizzazione del patrimonio acustico assume un'importanza cruciale.

Tecniche di fotogrammetria, modellazione 3D e simulazione acustica consentono di catturare impulsi sonori e renderli fruibili in ambienti virtuali, preservando la “firma sonora” dei luoghi.

Queste metodologie pongono le basi per un patrimonio sonoro digitale fruibile non solo da ricercatori o specialisti, ma anche dal pubblico, attraverso strumenti come realtà virtuale, soundwalks, audio-mappe interattive, e sound art.

2. Soundscape, territorio e identità culturale

Il concetto di *soundscape* (paesaggio sonoro) risale a R. Murray Schafer e al World Soundscape Project: suoni naturali, umani e antropici diventano “toniche”, “signal sound”, “soundmarks” che definiscono l'identità acustica di un luogo (Schafer, 1977). Più recentemente, la geografia del suono ha integrato pratiche di ricerca sulle identità territoriali, valorizzando la dimensione sonora come strumento di rigenerazione culturale e territoriale.

In un caso italiano, lo studio sui luoghi pucciniani nella provincia di Lucca evidenzia come la musica e il paesaggio sonoro possano essere strumenti efficaci per costruire piani di valorizzazione territoriale, identificazione di luoghi-genius loci e promozione di turismo culturale basato sull'identità sonora.

In modo analogo, un esempio contemporaneo viene dal progetto “*The sound heritage of Kotagede: the evolving soundscape of a living museum*” che documenta il soundscape in evoluzione di una città storica indonesiana, dimostrando come la “memoria sonora” sia viva e plasmabile, parte di processi di resilienza e reinterpretazione del territorio contemporaneo (Mediastika et al., 2024).

Il soundscape non è solo oggetto misurabile, ma anche esperienza percepita; esso permette di analizzare come la voce, la musica, i suoni ambientali influenzino la percezione del territorio, l'identità e l'appartenenza culturale (Cortesi et al., 2019).

In contesti urbani o residenziali, ad esempio, Tan, Lau & Hasegawa (2023) mostrano che l'appropriatezza percepita di un soundscape dipende da interazioni tra stimoli sonori e visivi: la qualità sonora non è valutata solo in termini tecnici, ma anche emotivi e contestuali.

3. Ricerca-creazione, sound art e composizione musicale

Quando consideriamo la materia sonora come patrimonio culturale, essa diventa un “materiale” da manipolare, reinterpretare, usare per nuove narrazioni. La sound art e la ricerca-creazione musicale sono strumenti ideali: possono agire come ponte tra passato e presente, tra memoria e innovazione. In questo contesto, le tecnologie immersive (realtà virtuale ed aumentata, suono spazializzato, interazioni) offrono nuove opportunità per restituire esperienze sonore credibili e coinvolgenti, ricostruendo sonorità antiche o immaginando future reinterpretazioni sensoriali di luoghi storici. Queste pratiche non sono semplici “ricostruzioni”: diventano atti creativi, eventi performativi site-specific, installazioni artistiche che rendono percepibile l'invisibile stratificazione del territorio e delle sue memorie sonore.

La definizione di patrimonio sonoro include non solo lo studio e la conservazione passiva, ma anche “la possibilità di interpretare e far rivivere lo spazio sonoro come atto creativo contemporaneo” (Murphy, 2023). Ad esempio, restituzioni acustiche di cattedrali, basiliche, teatri storici o spazi sacri permettono performance in realtà virtuale, concerti “auralizzati”, soundwalks guidati.

Queste esperienze potenziano il rapporto tra pubblico e patrimonio e possono dare nuova visibilità a territori spesso marginalizzati.

La modellazione acustica parametrizzabile tramite fotogrammetria (Ukolov, 2023) consente di fare tutto ciò anche in contesti in cui gli spazi reali sono compromessi, modificati o non più accessibili.

Così lo spazio architettonico, qualsiasi siano le condizioni di maggiore o minore degrado, si trasforma in “partitura” sonora, in materia prima per compositori, sound artist, performer, ricercatori.

4. L’esperienza del progetto RIMEMBRA (2025)

RIMEMBRA è un progetto di ricerca-creazione in corso dell’artista francese Shana Rouaix, con la partecipazione di Filippo Fabbri per la creazione sonora. Il lavoro si colloca all’intersezione tra sound studies, patrimonio acustico e pratiche artistiche site-specific.

L’opera nasce dall’analisi e dalla traduzione plastico-sonora dei dati medici storici conservati nei *Magasins* nella Chapelle Saint-Louis de l’Hopital de la Pitié Salpêtrière, un sito parigino di rilevanza patrimoniale. Tali archivi, oltre a documentare conoscenze e pratiche medico-sanitarie del passato, assumono valore di testimonianze culturali stratificate: essi diventano dispositivi attraverso cui interrogare la memoria del luogo e riattivare forme di intelligibilità storico-territoriale. In questo senso, *RIMEMBRA* riconfigura i dati come materiali sensoriali, trasformandoli in agenti estetici capaci di rendere percepibili dimensioni altrimenti invisibili del patrimonio.

Da un punto di vista teorico, il progetto si inserisce nel quadro degli studi sul patrimonio acustico e sulla “materia sonora” come dimensione costitutiva del territorio e propone un modello operativo che coniuga ricerca scientifica e creazione artistica come strumenti di riscoperta e reinterpretazione del territorio.

Il progetto non si limita a rendere udibile un patrimonio latente, ma costruisce un processo di riattualizzazione culturale che colloca la Chapelle Saint-Louis entro una prospettiva dinamica: un luogo in cui la memoria non è mero residuo, bensì materia viva che continua a generare forme di significazione.

Il progetto si articola in cinque fasi integrate. La prima prevede l'analisi del sito della Chapelle attraverso lo studio architettonico, acustico e storico, con particolare attenzione alle trasformazioni d'uso. La seconda comprende la raccolta di materiali sonori, visivi e materici tramite registrazioni, campionamenti e osservazioni situate. La terza fase consiste in pratiche immersive di ascolto e presenza, utili a cogliere le qualità percettive e atmosferiche del luogo. Nella quarta fase i materiali vengono trasformati in composizioni sonore ed elementi plastici site-responsive. Infine, una restituzione pubblica sotto forma di installazione immersiva riattiva la relazione tra comunità, spazio e memoria.

5. Conclusioni

La materia sonora può essere compresa come una risorsa complessa e stratificata, capace di restituire a un territorio storia, memoria e identità, e al tempo stesso di attivarne le potenzialità future: quando la ricerca scientifica (dalla ricerca sul patrimonio sonoro all'archeoacustica, fino all'analisi dei paesaggi sonori) si integra con le pratiche artistiche della sound art, delle installazioni e delle performance, diventa possibile preservare e rendere nuovamente fruibile l'identità acustica dei luoghi, reinterpretarla in chiave contemporanea come strumento di rigenerazione culturale e territoriale e promuovere una più consapevole considerazione del suono quale componente del patrimonio immateriale.

In questa prospettiva, la materia sonora assume il ruolo di ponte concettuale tra l'eco del passato e le proiezioni del futuro, trasformandosi da traccia storica a dispositivo generativo di creatività, memoria e trasformazione. La sfida dei prossimi anni sarà, dunque, quella di sviluppare metodologie solide, eticamente fondate e aperte all'innovazione, capaci di integrare misurazione, percezione, coinvolgimento delle comunità e pratiche artistiche, così da restituire al territorio una dimensione sonora viva, condivisa e riconoscibile.

Sound matter, between echoes of the past and visions of the future: musical research-creation and sound art for the development and rediscovery of the territory

Filippo Fabbri

Université Paris-Saclay
Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies
Institut Universitaire de Technologies de Cachan
filippo.fabbri@universite-paris-saclay.fr

1. Introduction

Sound is not only a physical phenomenon, but also a bearer of cultural memory, an intangible trace of the identity and history of the territory. The protection of the acoustic and sound heritage today takes on an increasingly central role: it is no longer considered only as a testimony to be preserved passively, but as a living resource, capable of nourishing new artistic practices and processes of territorial enhancement. It thus becomes an element to be preserved, studied and reinterpreted, contributing to the construction of new forms of cultural experience (Murphy, 2023). The soundscape is an integral part of the cultural experience of places and its loss represents a fading of collective memory (Mu, Wang & Zhang, 2022). In this context, “sound matter” is configured as the set of physical, spatial, historical, aesthetic-perceptive and cultural characteristics of sound, a material to be studied, preserved and immersed in. This article explores how musical research-creation and sound art can manipulate the sound material to enhance and rediscover the territory, building a bridge that crosses and reunites historical eras and cultures in continuous evolution.

Recent literature on the *acoustic environment* of historic buildings and places shows a strong increase in interest in the preservation of sound as an aspect of cultural heritage. In this context, four key areas can be identified: acoustic measurement, material influence, digitization of sound heritage, and subjective perception of historical spaces (Mu, Wang & Zhang, 2022). With the digital transformation and increasing perishability of historic sites, the digitization of acoustic heritage is becoming crucial. Photogrammetry, 3D modeling and acoustic simulation techniques make it possible to capture sound pulses and make them usable in virtual environments, preserving the “sound signature” of places. These methodologies lay the foundations for a digital sound heritage that can be used not only by researchers or specialists, but also by the public, through tools such as virtual reality, soundwalks, interactive audio maps, and sound art.

2. Soundscape, territory and cultural identity

The concept of *soundscape* (soundscape) dates back to R. Murray Schafer and the World Soundscape Project: natural, human and anthropic sounds become “tonic”, “signal sounds”, “soundmarks” that define the acoustic identity of a place (Schafer, 1977).

More recently, the geography of sound has integrated research practices on territorial identities, enhancing the sound dimension as a tool for cultural and territorial regeneration.

In an Italian case, the study of Puccini's places in the province of Lucca highlights how music and the soundscape can be effective tools for building plans for territorial enhancement, identification of genius-loci places and promotion of cultural tourism based on sound identity. Similarly, a contemporary example comes from the project “The sound heritage of Kotagede: the evolving soundscape of a living museum” which documents the evolving soundscape of a historic Indonesian city, demonstrating how the “sound memory” is alive and malleable, part of processes of resilience and reinterpretation of the contemporary territory (Mediastika et al., 2024).

The soundscape is not only a measurable object, but also a perceived experience; it allows us to analyze how voice, music, environmental sounds influence the perception of the territory, identity and cultural belonging (Cortesi et al., 2019). In urban or residential contexts, for example, Tan, Lau & Hasegawa (2023) show that the perceived appropriateness of a soundscape depends on interactions between sound and visual stimuli: sound quality is not only evaluated in technical terms, but also in emotional and contextual terms.

3. Research-creation, sound art and musical composition

When we consider sound matter as cultural heritage, it becomes a “material” to be manipulated, reinterpreted, used for new narratives. Sound art and musical research-creation are ideal tools: they can act as a bridge between past and present, between memory and innovation. In this context, immersive technologies (virtual and augmented reality, spatialized sound, interactions) offer new opportunities to return credible and engaging sound experiences, reconstructing ancient sounds or imagining future sensory reinterpretations of historical places. These practices are not simple “reconstructions”: they become creative acts, site-specific performative events, artistic installations that make the invisible stratification of the territory and its sound memories perceptible.

The definition of sound heritage includes not only the study and passive conservation, but also “the possibility of interpreting and reviving sound space as a contemporary creative act” (Murphy, 2023). For example, acoustic restitutions of cathedrals, basilicas, historic theaters or sacred spaces allow virtual reality performances, “auralized” concerts, guided soundwalks. These experiences strengthen the relationship between the public and heritage and can give new visibility to territories that are often marginalized. Parameterizable acoustic modeling through photogrammetry (Ukolov, 2023) makes it possible to do all this even in contexts where real spaces are compromised, modified or no longer accessible.

Thus, the architectural space, whether fresh or degraded, is transformed into a sound “score”, into raw material for composers, sound artists, performers, researchers.

4. The *RIMEMBRA* Project (2025)

RIMEMBRA is an ongoing research-creation project by the French artist Shana Rouaix, with the participation of Filippo Fabbri for sound creation. The work is located at the intersection of sound studies, acoustic heritage and site-specific artistic practices. The work is the result of the analysis and plastic-sound translation of historical medical data preserved in the *Magasins* in the Chapelle Saint-Louis de l'Hopital de la Pitié Salpêtrière, a Parisian site of heritage importance. These archives, in addition to documenting medical and health knowledge and practices of the past, take on the value of stratified cultural testimonies: they become devices through which to interrogate the memory of the place and reactivate forms of historical-territorial intelligibility. In this sense, *RIMEMBRA* reconfigures data as sensory materials, transforming them into aesthetic agents capable of making otherwise invisible dimensions of heritage perceptible.

From a theoretical point of view, the project is part of the framework of studies on the acoustic heritage and on the “sound matter” as a constitutive dimension of the territory. *RIMEMBRA* proposes an operational model that combines scientific research and artistic creation as tools for the rediscovery and reinterpretation of the territory. The work does not limit itself to making a latent heritage audible, but builds a process of cultural re-actualization that places the Chapelle Saint-Louis within a dynamic perspective: a place where memory is not mere residue, but living matter that continues to generate forms of signification. The project is divided into five integrated phases. The first involves the analysis of the Chapelle through architectural, acoustic and historical studies, with particular attention to the transformations of use.

The second includes the collection of sound, visual and material materials through recordings, sampling and situated observations.

The third phase consists of immersive practices of listening and presence, useful for grasping the perceptive and atmospheric qualities of the place. In the fourth phase, the materials are transformed into sound compositions and site-responsive plastic elements. Finally, a public restitution in the form of an immersive installation reactivates the relationship between community, space and memory.

5. Conclusion

Sound material can be understood as a complex and stratified resource, capable of restoring history, memory and identity to a territory, and at the same time of activating its future potential: when scientific research, from research on sound heritage to archaeoacoustics, up to the analysis of soundscapes, is integrated with the artistic practices of sound art, installations and performances, it becomes possible to preserve and make the acoustic identity of places usable again, reinterpret it in a contemporary key as a tool for cultural and territorial regeneration and promote a more conscious consideration of sound as a component of the intangible heritage.

In this perspective, the sound material assumes the role of a conceptual bridge between the echo of the past and the projections of the future, transforming itself from a historical trace to a generative device of creativity, memory and transformation.

The challenge of the coming years will therefore be to develop solid methodologies, ethically founded and open to innovation, capable of integrating measurement, perception, community involvement and artistic practices, so as to restore a living, shared and recognizable sound dimension to the territory.

References

- Alary, B., & Välimäki, V. (2021). Directional artificial reverberation for six degrees of freedom virtual reality. *Journal of the Audio Engineering Society*, 69(7/8), 506–518. <https://doi.org/10.17743/jaes.2021.0024>
- Alvarez-Morales, L., Moreno-Garrido, A., Jiménez-Castellanos, J., & Díaz-Balteiro, L. (2022). Acoustic field measurements and analysis of prehistoric rock shelters: The case of Bacinete (Spain). *Applied Acoustics*, 196, 108897. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2022.108897>
- Cortesi, G., Izis, F., Lazzeroni, M., & Bellini, N. (2019). Cultural soundscapes and territorial identity: A framework for landscape valorization. *Journal of Cultural Heritage*, 37, 185–196.
- Klein, N., & Mediastika, C. E., et al. (2024). The sound heritage of Kotagede: Documenting the evolving soundscape of a living museum. *International Journal of Heritage Studies*, 30(1), 45–62.
- Mu, B., Wang, X., & Zhang, M. (2022). Acoustic environment of historic buildings: A systematic review. *Building and Environment*, 216, 109032. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109032>.
- Murphy, D. (2023). *Acoustic heritage: Preserving and interpreting the sounds of the past*. Routledge.
- Schafer, R. M. (1977). *The soundscape: Our sonic environment and the tuning of the world*. Destiny Books.
- Tan, S., Lau, S. K., & Hasegawa, K. (2023). Cross-modal perception of soundscape quality: Interactions between auditory and visual stimuli in residential environments. *Applied Acoustics*, 204, 109312.
- Till, R. (2019). Sound archaeology: A study of the acoustics of three ancient heritage sites. *Acoustics*, 1(3), 661–692. <https://doi.org/10.3390/acoustics1030039>
- Ukolov, S. (2023). Parametric workflows for acoustic simulation of heritage sites using photogrammetric data. *Journal of Cultural Heritage*, 61, 12–24. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2023.01.008>

Contents

Introductory remark	11
<i>Cultural Heritage between Territorial Regeneration and Preservation</i>	16
Territorial Regeneration and Cultural Heritage: Experiences and Projects Simona Tondelli	22
Sites of geopalæontological interest and the conservation activities of the Superintendency. Critical issues and new research perspectives Simone Foresta e Domenico Oione	31
<i>Uniqueness and Vulnerability of INSITE Sites</i>	36
The geological context of the “Devil's Trails”: results and prospects Mauro Antonio Di Vito e Adolfo Panarello	41
Reading human footprints: the Tora e Piccilli site Adolfo Panarello	50
Stratigraphy and Sedimentology: the site of Pietraroja from the Cretaceous to the Upper Miocene. The reference geological model Maria Rosaria Senatore e Agostino Meo	63
Pietraroja and little Ciro. <i>Scipionyx samniticus</i> : the story of a unique find in the world Cristiano Dal Sasso	77

Measuring scientific relevance and vulnerability: an application to INSITE sites	88
Carmen Argenio e Filomena Ornella Amore	
<i>New Ways of Enjoying Territorial Resources: INSITE Proposals</i>	94
The enjoyment of INSITE's territory: limits and development potentialities	104
Rosa Anna La Rocca, Mariacarla De Palma e Caterina Cice	
Systematizing the information: the bibliographic database and the Paleodatabase	117
Filomena Ornella Amore e Carmen Argenio	
Connecting People and Territories: Living Labs and the Paleociclovia of the INSITE Project	130
Romano Fistola, Rosa Anna La Rocca e Ida Zingariello	
Technological innovation and augmented enjoyment of INSITE sites	143
Ida Zingariello, Rosa Anna La Rocca e Romano Fistola	
Sound matter, between echoes of the past and visions of the future: musical research–creation and sound art for the development and rediscovery of the territory	156
Filippo Fabbri	

Volume stampato ad esclusivo scopo divulgativo nell'ambito del
PRIN 2022 INSITE “*INtegrated Shared knowledge: from
geo-paleontological heritage to present Territorial challenges*”

CUP E53D23014230006

CUP F53D23008020006

Gennaio 2026

Centro Stampa Edicom – Roma

"INSITE" Integrated Shared Knowledge from Geo-Paleontological Heritage to Present Territorial Challenges è un progetto di ricerca di rilevante interesse nazionale (PRIN) finanziato nel 2022 dal Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR). Il progetto è stato sviluppato dall'unità di ricerca del DICEA (capofila) dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, coordinata da R.A. La Rocca e dall'unità di ricerca del DST dell'Università degli Studi del Sannio di Benevento, coordinata da F.O. Amore. Questo gruppo di lavoro ha lavorato in costante sinergia nell'affrontare il tema della rigenerazione territoriale, ponendosi l'obiettivo di esplorare strategie e metodologie per valorizzare un patrimonio culturale che sembrava essere ad esclusivo uso di esperti del settore, assegnando alla pianificazione territoriale un ruolo guida per una governance integrata.

Il riconoscimento del patrimonio geopaleontologico come elemento strutturale del territorio delle aree interne della Campania ha consentito di introdurre nuove dimensioni nel processo di governo del territorio, in cui le trasformazioni, oltre ad essere gestite, sono progettate in modo partecipato e consapevole, rispettando la complessità del sistema territoriale che le contiene.

In tale prospettiva, il gruppo di ricerca con competenze integrate ha inteso offrire un contributo scientifico e operativo, nell'ottica di stimolare la conoscenza e la tutela del patrimonio culturale, prevedendone l'inclusione funzionale nelle dinamiche sociali ed economiche regionali, attraverso prospettive di governo territoriale interdisciplinari, condivise e lungimiranti, assumendo il territorio come risorsa dinamica e aperta al cambiamento.

Il volume raccoglie i contributi presentati in occasione del convegno "Le sfide di INSITE" tenutosi presso La Scuola Politecnica e delle Scienze di Base dell'Università di Napoli Federico II. L'occasione del convegno è parsa opportuna per operare un ulteriore confronto e provare a trarre alcune prime conclusioni sulla possibilità di trasformare il patrimonio geopaleontologico da semplice eredità passiva a risorsa attiva e propulsiva di qualità della vita e attrattività territoriale.

Rosa Anna La Rocca, PhD in Pianificazione e Scienza del Territorio, è professoressa associata di Tecnica Urbanistica e Governo delle Trasformazioni Urbane e Territoriali presso il DICEA dell'Università degli Studi di Napoli Federico II. Le sue tematiche di ricerca riguardano tre filoni di studio: la relazione tra innovazione tecnologica e trasformazioni urbane e territoriali; l'integrazione tra territorio, mobilità e ambiente; lo studio del fenomeno turistico in relazione all'organizzazione della città. È autrice di oltre 100 pubblicazioni scientifiche. Dal 1992 attiva in gruppi di ricerca nazionali, è componente del TeMALab (laboratorio di Territorio, Mobilità e Ambiente). Attualmente è Principal Investigator del progetto PRIN 2022 INSITE.

Filomena Ornella Amore, PhD in Geologia del Sedimentario, è professoressa associata di Paleontologia e Valorizzazione del Patrimonio Paleontologico presso il DST dell'Università degli Studi del Sannio di Benevento. Esperta in paleoceanografia e biostratigrafia, da oltre vent'anni si occupa di cambiamenti paleoclimatici mediante l'analisi delle associazioni a coccoliti. È autrice di numerose pubblicazioni scientifiche. Attiva in progetti di ricerca nazionali e internazionali, è membro di organizzazioni scientifiche tra le quali American Geophysical Union (AGU), International Nannoplankton Association (INA), Società Paleontologica Italiana, Società Geologica Italiana. Attualmente coordina l'unità di ricerca di Unisannio nel progetto PRIN 2022 INSITE.

ISBN: 978-88-6887-390-5

DOI: 10.6093/978-88-6887-390-5

ISBN: 978-88-6887-390-5

