



## Archeologia preventiva e indagini non invasive nella progettazione ferroviaria: metodi, limiti e prospettive operative

Analisi scientifica dell'integrazione metodologica e delle esperienze applicative

di Matteo Serpetti

**Nell'ambito delle infrastrutture ferroviarie, la gestione del rischio archeologico richiede metodologie rigorose e innovative. In questo contributo si esamina il ruolo delle indagini non invasive, analizzando l'integrazione di tecniche geofisiche avanzate, i limiti operativi, le criticità metodologiche e i risultati conseguiti attraverso l'esperienza FS Engineering.. Attraverso la valutazione di casi studio e l'adozione di strumenti tecnologici d'avanguardia, si evidenzia la capacità delle indagini non invasive di ottimizzare i processi di progettazione, ridurre l'incidenza di ritardi e costi imprevisti, e promuovere un modello operativo replicabile su scala nazionale. Le conclusioni delineano raccomandazioni per l'implementazione di standard condivisi e per il potenziamento dell'approccio interdisciplinare, individuando le prospettive di sviluppo future nel settore.**

### Introduzione

La realizzazione di infrastrutture ferroviarie comporta l'attraversamento di territori con elevata variabilità ambientale e potenziale archeologico. In questo scenario, l'archeologia preventiva risulta fondamentale per tutelare il patrimonio, favorendo la conciliazione tra necessità di conservazione, tempi e costi della progettazione. La complessità dei territori e delle condizioni specifiche delle zone interessate dai nuovi percorsi richiede l'uso di metodologie innovative, che permettano di individuare rapidamente e con precisione eventuali criticità archeologiche. Questo è essenziale per una gestione efficace dei rischi e per ridurre al minimo gli impatti dei lavori. Le indagini non invasive, soprattutto quelle geofisiche, offrono un metodo scientifico basato sulla raccolta di dati che si sta rivelando sempre più affidabile; queste tecniche si integrano nel processo decisionale e permettono una valutazione più accurata del rischio archeologico.

### Il contributo delle indagini non invasive alla progettazione

L'integrazione di tecniche geofisiche di proximal sensing, quali magnetometria, georadar (GPR),

tomografia elettrica e rilievi aerei mediante UAV equipaggiati con sensori multispettrali, termici e lidar, permette di acquisire dati ad alta risoluzione e profondità, garantendo un'elevata accuratezza nell'analisi dei casi di studio. L'analisi multistrumentale incrementa la robustezza delle interpretazioni, permettendo una mappatura dettagliata delle anomalie archeologiche sepolte e orientando con precisione le successive indagini dirette. L'estensione delle aree indagate e la rapidità delle operazioni costituiscono vantaggi operativi significativi, riducendo le attività preliminari e favorendo la pianificazione strategica di eventuali interventi successivi. La sinergia tra diverse sensoristiche, corroborata dalla collaborazione con enti di ricerca e università, ha contribuito a consolidare la validità scientifica delle metodologie non invasive, superando le iniziali resistenze e promuovendo la diffusione di modelli operativi standardizzati.

#### **Limiti, criticità e condizioni operative**

Il buon esito di indagini non invasive è soggetto a variabili ambientali e tecniche che ne influenzano l'affidabilità: stagionalità, condizioni del suolo, interferenze superficiali, e limiti strumentali possono compromettere la qualità dei dati. La riuscita dell'indagine dipende dall'accuratezza metodologica, dalla disponibilità di software spe-

cialistici e dalla competenza degli operatori. È essenziale adottare procedure codificate e personale qualificato per l'interpretazione dei dati, al fine di garantire risultati confrontabili e integrabili nei processi progettuali. La crescita della tecnologia rende necessario sviluppare software avanzati per gestire ed elaborare quantità sempre maggiori di dati, garantendo così risultati affidabili e verificati scientificamente. Inoltre, l'utilizzo di algoritmi di Intelligenza Artificiale e sistemi HPC (High Performance Computing) apre nuove possibilità operative fondamentali per individuare automaticamente pattern e anomalie di natura archeologica.

#### **L'esperienza FS Engineering e le prospettive future**

L'esperienza maturata da FS Engineering, evidenzia una costante crescita nell'adozione di metodologie non invasive nei progetti ferroviari, attestata da una significativa correlazione tra anomalie rilevate e riscontri archeologici diretti. Su un ampio campione di casi, la frequenza di anomalie individuate supera il 33%, con una quasi totale corrispondenza tra dati geofisici e verifiche archeologiche. Gli studi applicativi hanno consentito di identificare strutture e viabilità connesse al castello Visconteo di Abbiategrasso (MI), di individuare diverse aree caratterizzate da anomalie

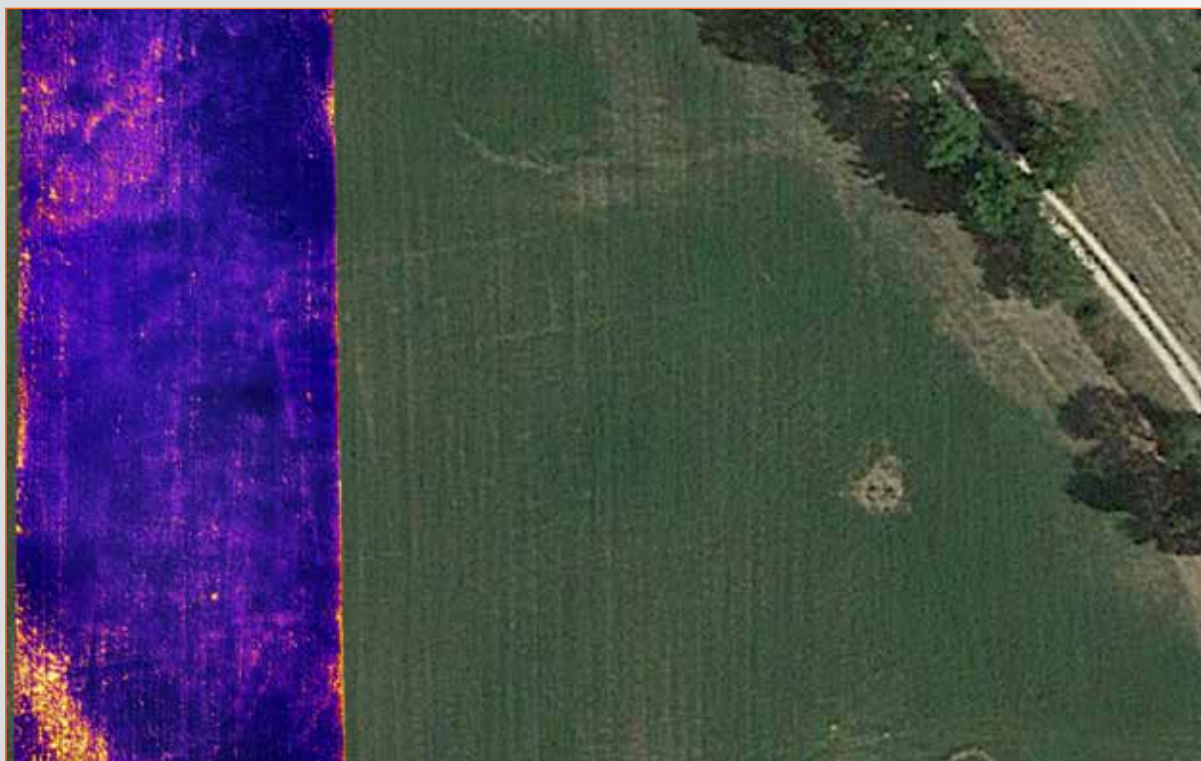


Fig. 1 - operazioni di scavo per un impianto eolico (Loc. Monte Rosè, Porto Torres-SS)- Foto dell'Autore.

archeologiche lungo la tratta prevista della Salerno-Reggio Calabria e di scoprire nuove strutture precedentemente sconosciute presso la villa di Cuticchi (EN). Le attività, sviluppate anche nell'ambito dei progetti PRIN, hanno permesso il perfezionamento delle tecnologie e la definizione di modelli operativi replicabili su scala nazionale. L'integrazione di algoritmi di Intelligenza Artificiale, addestrati su sistemi HPC come Leonardo, ha ulteriormente migliorato l'efficacia delle elaborazioni, consentendo l'identificazione automatica di elementi archeologici oltre ad una significativa riduzione dei tempi di analisi. In prospettiva futura, si prevede un processo di standardizzazione delle procedure operative, un rafforzamento delle collaborazioni tra diverse discipline e l'utilizzo di piattaforme digitali integrate per gestire i dati archeologici.

### Conclusioni

Le indagini non invasive si confermano strumenti indispensabili per la valutazione scientifica del rischio archeologico nelle infrastrutture ferroviarie. La loro integrazione nel processo progettuale consente la riduzione significativa di costi e tempi, la mitigazione dei rischi di interruzione delle attività di cantiere e la tutela efficace del patrimonio archeologico. Pur non sostituendo integralmente le verifiche dirette, le tecniche geofisiche e di sensing avanzato offrono una base dati robusta per la pianificazione degli interventi, favorendo la transizione verso modelli operativi innovativi e interdisciplinari. Tutto ciò nell'ottica dell'adozione di standard condivisi e di un continuo aggiornamento delle competenze professionali, senza dimenticare lo sviluppo di software specialistici, al fine di garantire l'affidabilità sempre più alta dei risultati. La prospettiva di una gestione digitale e integrata del rischio archeologico, supportata da Intelligenza Artificiale e piattaforme HPC, rappresenta la direzione strategica per il settore, promuovendo l'efficienza, la sostenibilità e la valorizzazione del patrimonio culturale in ambito infrastrutturale.

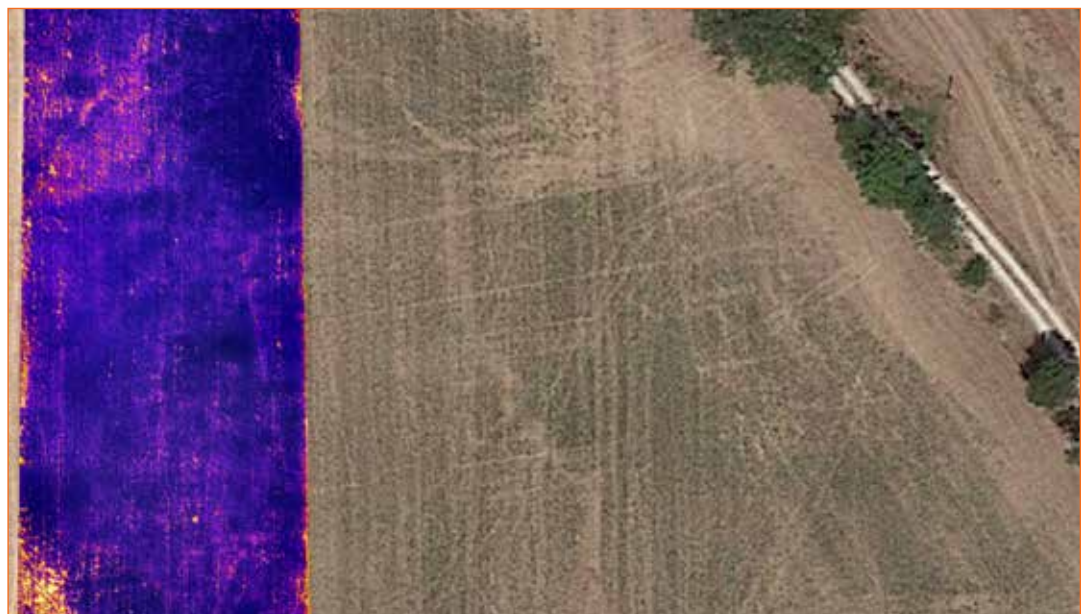


Fig. 1 - Integrazione di metodi di indagine. Immagine da sensore termico e ripresa da satellite (presso Spoleto - PG).

### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

D.Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42, Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio.  
 D.Lgs. 50/2016 e D.Lgs. 36/2023, Codice dei Contratti Pubblici.  
 DPCM 14 febbraio 2022, Linee Guida per l'Archeologia Preventiva.  
 ICA – Istituto Centrale per l'Archeologia, Standard descrittivi e applicativo per il Geoportale Nazionale.  
 FS ENGINEERING, Documentazione tecnica per la progettazione ferroviaria e le indagini archeologiche preventive.  
 PRIN 2020: Progetti di Ricerca di Interesse Nazionale – “Tecnologie avanzate per la gestione del rischio archeologico nelle infrastrutture lineari”.  
 Leonardo HPC, CINECA – Documentazione tecnica e applicazioni in archeologia.

### PAROLE CHIAVE

INFRASTRUTTURE FERROVIARIE; GESTIONE DEL RISCHIO; RISCHIO ARCHEOLOGICO; METODOLOGIE INTEGRATE; INDAGINI NON INVASIVE; TECNICHE GEOFISICHE AVANZATE; FS ENGINEERING; PROGETTAZIONE; IMPLEMENTAZIONE STANDARD CONDIVISI; POTENZIAMENTO APPROCCIO INTERDISCIPLINARE

### ABSTRACT

The archaeological risk management requires rigorous and innovative methodologies in the field of railway infrastructure. This paper examines the role of non-invasive surveys, analyzing the integration of advanced geophysical techniques, operational limitations, methodological criticalities, and the results achieved through the FS ENGINEERING experience. Through the evaluation of case studies and the adoption of cutting-edge technological tools, the paper highlights the ability of non-invasive surveys to optimize design processes, reduce the incidence of delays and unexpected costs, and promote an operational model replicable nationwide. The conclusions outline recommendations for the implementation of shared standards and for strengthening the interdisciplinary approach, identifying future development prospects in the sector.

### AUTORE


MATTEO SERPETTI  
 M.SERPETTI@GRUPPOFSENGINEERING.IT  
 FS ENGINEERING S.P.A

# DAL DATO ALLA PROVA DIGITALE

ATLHAS introduce un nuovo standard: la certificazione spazio-temporale nativa del dato. Integrando i segnali autenticati della costellazione Galileo, ogni contenuto è associato in modo sicuro a posizione e tempo.

 Verificabile

 Non alterabile

 Legalmente valido

ATLHAS

L'infrastruttura della fiducia nei dati.



[atlhas.net](https://atlhas.net)



[info@atlhas.net](mailto:info@atlhas.net)



[/atlhas-certification](https://www.linkedin.com/company/atlhas-certification)

