# UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTÀ DI INGEGNERIA






Corso di laurea in Ingegneria Edile-Architettura


## Strategie digitali integrate per la conservazione e gestione dei Parchi Archeologici

Il caso del Parco Archeologico della città romana di Suasa

## Integrated digital strategies for the conservation and management of Archaeological Parks

The Case of the Archaeological Park of the Roman City of Suasa


Relatrice: Prof.ssa Chiara Mariotti

Correlatori: Prof.ssa Romina Nespeca
Dott. Matteo Tadolti

Tesi di laurea di:

Sofia Sbura



Anno accademico 2025-2026

*Ai miei genitori.*

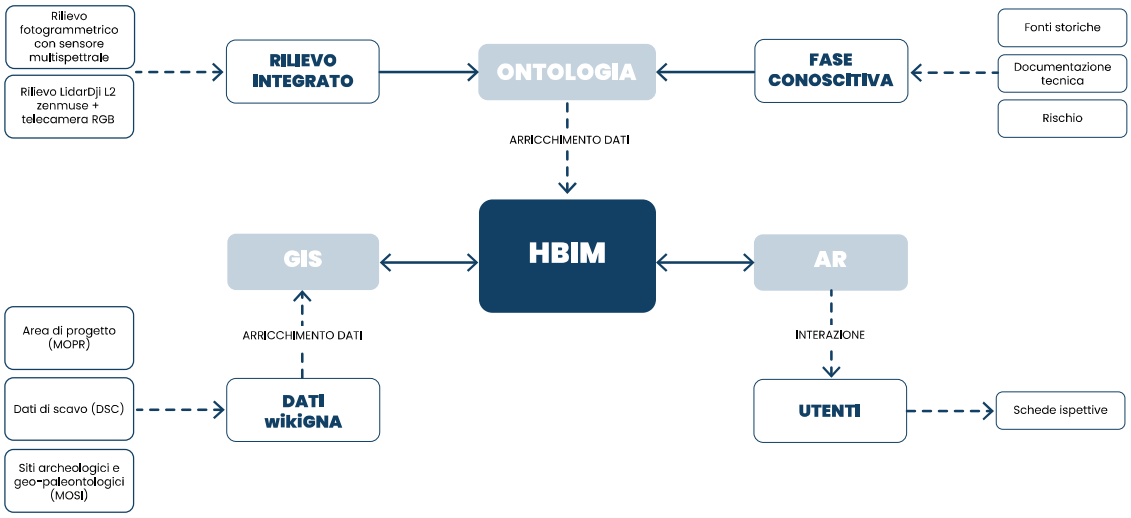
*«La memoria è il futuro del passato»*
*Paul Valéry.*

# ABSTRACT

Il presente lavoro propone lo sviluppo di un sistema digitale integrato che sia di supporto alla sistematizzazione delle conoscenze, conservazione preventiva, manutenzione programmata e della gestione dei luoghi assumendo come caso di studio il Parco Archeologico della città romana di Suasa. La ricerca prende avvio da una condizione comune a molti siti archeologici: esposizione all'aperto, interazione tra struttura architettonica dei resti e vegetale, frammentazione della documentazione, attori coinvolti nel processo dallo scavo al restauro alla cura e alla gestione e fruizione (archeologo, architetto conservatore, ingegnere, ente gestore, custode, volontari...). L'obiettivo è definire un ambiente informativo aggiornabile e interoperabile, capace di collegare dati storici, geometrici, territoriali, conservativi e manutentivi e di renderli accessibili secondo le competenze dei diversi utenti. Il sistema mira a ottimizzare i processi ispettivi *onsite* attraverso strumenti AR, favorendo il trasferimento diretto e in tempo reale delle segnalazioni al modello HBIM, fruibile anche da remoto e integrato con il GIS, per strutturare un patrimonio informativo continuamente aggiornato a supporto della programmazione e della conservazione nel lungo periodo. Un ulteriore obiettivo è mettere in relazione le strategie digitali con le pratiche tradizionali della documentazione archeologica, attraverso l'integrazione degli strumenti e degli standard GNA e WikiGNA, promuovendo al contempo l'impiego di sistemi *open access*. La metodologia integra l'analisi normativa e dello stato dell'arte di strategie e strumenti già in essere, per soddisfare questi obiettivi, con la ricostruzione storica e conservativa del sito, la valutazione del rischio e il rilievo mediante acquisizioni multispettrali e LiDAR. Il rapporto tra vegetazione e costruito è analizzato ricorrendo all'indice multifattoriale RHV per il quale si è proposta anche una possibile messa a sistema dei risultati, mentre i dati di rilievo sono organizzati attraverso un'ontologia articolata in macrosettori, livelli, macroelementi ed elementi. La nuvola di punti segmentata è impiegata come base geometrica di un modello HBIM sviluppato in ambiente BlenderBIM e arricchito mediante *Property Set* secondo la struttura del modello ontologico, informazioni relative a consistenza materiale, stato di conservazione (degradi e alterazioni), livelli di rischio, rispettando gli standard del Geoportale Nazionale per l'Archeologia. Il modello è collegato a QGIS attraverso una struttura dati condivisa, una Web App e servizi *cloud*. Un'applicazione in realtà aumentata sviluppata con il software Unity consente inoltre, a utenti tecnici e non tecnici, di localizzare e trasmettere segnalazioni, mentre le Schede Ispettive traducono le osservazioni sul campo in informazioni strutturate. La sperimentazione, concentrata principalmente sull'Anfiteatro, verifica a scala prototipale la possibilità di mantenere una continuità informativa tra HBIM, GIS e realtà aumentata. Il risultato è un sistema digitale integrato che

# ABSTRACT

ottimizza le attività di ispezione e controllo periodiche necessarie alla corretta conservazione e gestione di contesti archeologici, mette in relazione e dialogo attori del processo di conservazione rendendolo dinamico, georeferenziato e continuamente aggiornato. Il sistema definisce così un flusso di lavoro orientato alla ispezione e al monitoraggio favorendo la conservazione di lungo periodo e la gestione informata dei luoghi archeologici, applicabile in prospettiva anche ad altri contesti di dimensioni e condizioni gestionali comparabili.



# INDICE

INTRODUZIONE 14

01 CONSERVARE E GESTIRE UN PARCO ARCHEOLOGICO

1.1. Che cos'è un Parco Archeologico? Per un glossario essenziale 18
1.2. Stato dell'arte: sfide e buone pratiche 29
1.3. Strumenti di classificazione, tutela e gestione 37
1.4. Un'occasione di sperimentazione: Il Parco Archeologico di Suasa 42

02 LA FASE CONOSCITIVA

2.1. Leggere e sistematizzare la storia 48
2.2. Le componenti del piano di manutenzione/conservazione: schede anagrafiche, abaco degli elementi e del degrado, analisi del rischio 79
2.3. Rilevare e digitalizzare 122

03 DALLA CONOSCENZA AL MODELLO DIGITALE

3.1. BIM e HBIM 124
3.2. Il modello ontologico 130
3.3. Il modello HBIM 134

04 SISTEMI DIGITALI INTEGRATI PER IL MONITORAGGIO E LA CONSERVAZIONE PROGRAMMATA

4.1. Il GIS e la sua integrazione con il BIM 138
4.2. La realtà aumentata come strumento operativo 146
4.3. Il sistema di segnalazione e le schede ispettive 150

# INDICE

05 CONCLUSIONI

5.1. Verso un piano di conservazione/manutenzione programmata 156

BIBLIOGRAFIA 160

FONTI D'ARCHIVIO 168

SITOGRAFIA 170

# INTRODUZIONE

La conservazione di un luogo richiede di considerare in modo unitario beni materiali, paesaggio, vegetazione, attività di ricerca, fruizione e gestione. A differenza di un singolo manufatto, il parco archeologico comprende infatti evidenze visibili e sepolte, aree aperte, componenti ambientali e funzioni diverse, sulle quali intervengono soggetti con competenze e responsabilità differenti. In questo contesto, la valorizzazione (intesa da codice come conoscenza-conservazione-fruizione, art. 6) e la tutela non può essere affidata soltanto a interventi successivi alla comparsa del danno, ma deve fondarsi su un processo continuo di conoscenza, prevenzione, controllo e manutenzione programmata che ambisca ad essere anche il più possibile "preventivo". La qualità e l'accessibilità delle informazioni diventano quindi condizioni essenziali per riconoscere tempestivamente le criticità e orientare le decisioni. Gli strumenti digitali disponibili offrono molteplici possibilità di documentazione e analisi, ma la loro efficacia dipende dalla capacità di mettere in relazione dati prodotti in tempi, formati e ambienti differenti. La documentazione archeologica, i rilievi, le informazioni territoriali, le analisi conservative e le attività manutentive sono spesso distribuiti tra archivi e piattaforme non direttamente connessi. Ne deriva una conoscenza frammentata, difficile da aggiornare e da utilizzare in modo condiviso. La lettura dello stato dell'arte sul tema, attraverso alcuni dei più recenti progetti per aree archeologiche di indubbio interesse e rilievo (es. Colosseo, Pompei..) mostrano il valore del monitoraggio multiparametrico, dell'integrazione tra HBIM e GIS, delle Schede Ispettive e dei sistemi WebGIS; mostrano anche, tuttavia, come soluzioni sviluppate per contesti dotati di risorse rilevanti non siano automaticamente trasferibili a siti archeologici di dimensioni più contenute.

Il Parco Archeologico della città romana di Suasa rappresenta un caso di studio significativo per affrontare questi temi. Il sito conserva emergenze di particolare rilievo, tra cui la *Domus dei Coiedii*, il Foro e l'Anfiteatro, insieme a strutture sepolte e a una componente paesaggistica e vegetazionale che partecipa alla definizione del bene. La lunga storia delle ricerche ha prodotto una documentazione ampia ed eterogenea, mentre l'estensione dell'area, la separazione fisica tra alcuni settori, la continua evoluzione delle conoscenze archeologiche e la presenza di differenti modalità di fruizione rendono complessa la gestione. A tali aspetti si aggiunge il rapporto tra vegetazione e costruito: il verde costituisce un valore ecologico e paesaggistico, ma può anche determinare condizioni di pericolosità per le strutture archeologiche. La ricerca nasce quindi dalla necessità di organizzare le informazioni disponibili in un sistema capace di accompagnare le attività di gestione, valorizzazione e manutenzione del Parco. L'obiettivo non è produrre una rappresentazione

tridimensionale fine a sé stessa, né sostituire gli strumenti di tutela e gli strumenti esistenti (come il piano di conservazione/manutenzione) ma ottimizzarne fasi e processi, favorire dialogo e condivisione tra attori esistenti. Si intende invece definire una struttura informativa comune, nella quale geometria, posizione, documentazione archeologica, stato di conservazione, rischio e segnalazioni possano essere collegati e aggiornati nel tempo. La domanda alla quale il lavoro tenta di rispondere riguarda la possibilità di adattare a Suasa un flusso digitale interoperabile, sostenibile e prevalentemente basato su strumenti aperti, che possa essere utilizzato da figure professionali e utenti con livelli di competenza diversi per la conservazione e gestione dei luoghi archeologici.

Il percorso metodologico prende avvio dalla definizione del quadro teorico e normativo relativo ai parchi archeologici, alla conservazione, alla tutela, alla valorizzazione e alla manutenzione. A questa fase si affiancano l'analisi di quattro esperienze di riferimento e lo studio degli strumenti comunemente impiegati per la documentazione e la gestione dei dati archeologici, con particolare attenzione al Geoportale Nazionale per l'Archeologia e al WikiGNA. Il tirocinio svolto presso Abaco Società Cooperativa, soggetto gestore del Parco, ha permesso di confrontare tali riferimenti con le esigenze operative del sito e di riconoscere nell'aggiornamento e nella condivisione dei dati uno dei principali problemi da affrontare.
La fase conoscitiva ricostruisce la storia e le trasformazioni della città romana, analizza lo stato di conservazione dei principali complessi e descrive le differenti condizioni della vegetazione. Le informazioni sono organizzate mediante schede anagrafiche, abachi degli elementi e dei fenomeni di degrado, strumenti coerenti con il manuale di manutenzione. Una parte specifica è dedicata alla valutazione del rischio derivante dall'interazione tra vegetazione e costruito. A tale scopo viene assunto come riferimento l'indice RHV, che mette in relazione la pericolosità ambientale e vegetazionale con la vulnerabilità del manufatto e consente di restituire una classe di rischio sulla base di parametri espliciti.
La conoscenza geometrica e territoriale è costruita attraverso un rilievo integrato che combina acquisizioni fotogrammetriche mediante drone RTK, dati multispettrali, LiDAR e laser scanning terrestre, dal quale derivano ortofoto e nuvole di punti georeferenziate.
I dati raccolti confluiscono in un modello HBIM concepito come ambiente informativo dinamico. La nuvola di punti viene segmentata secondo un'ontologia che distingue costruito e vegetazione e organizza gli elementi per macrosettore, livello, macroelemento ed elemento. Le proprietà informative sono associate agli oggetti *IFC* mediante specifici *Property Set*, comprendenti i dati relativi alla

classificazione, al degrado e al rischio, oltre ai campi MOPR, DSC e MOSI derivati dagli standard GNA. Il modello è successivamente integrato con QGIS attraverso una struttura dati condivisa basata su Google Sheets, una Web App e servizi cloud, così da consentire lo scambio e l'allineamento delle informazioni tra ambiente BIM e ambiente geografico.
La continuità tra modello digitale e attività sul campo è affrontata mediante un'applicazione in realtà aumentata sviluppata in Unity. L'applicazione distingue tra utenti tecnici e non tecnici: i primi possono delimitare l'area interessata, compilare una scheda ispettiva ed esportare la segnalazione; i secondi possono localizzare un problema e trasmettere una descrizione o un contenuto multimediale. Le Schede Ispettive organizzano le osservazioni secondo la stessa ontologia utilizzata nel modello e collegano gli elementi del sito ai fenomeni di degrado, alla gravità, alla diffusione, all'urgenza e alle competenze necessarie. La sperimentazione è concentrata sull'Anfiteatro e, per l'applicazione in realtà aumentata, sulla *Porta Triumphalis*, così da verificare il funzionamento del flusso su un ambito circoscritto ma rappresentativo dell'interazione tra strutture archeologiche e vegetazione.

La tesi si articola in quattro capitoli. Il primo definisce il quadro teorico, normativo e gestionale, esamina lo stato dell'arte e motiva la scelta di Suasa come campo di sperimentazione. Il secondo sviluppa la fase conoscitiva attraverso la ricostruzione storica, l'analisi dello stato attuale, la valutazione del rischio e il rilievo integrato e ne restituisce i risultati sotto nella forma idonea alla strategia che si propone (schede anagrafiche, abaco…). Il terzo descrive la costruzione dell'ontologia e del modello HBIM. Il quarto illustra l'integrazione tra BIM e GIS, l'applicazione in realtà aumentata, il sistema di segnalazione e le schede ispettive, ricomponendo tali strumenti nella prospettiva utile al piano di manutenzione/ conservazione.

Il contributo della ricerca risiede pertanto nella definizione di un processo unitario e aggiornabile, pensato per sostenere la collaborazione tra competenze diverse e per trasformare la documentazione del sito in uno strumento operativo di prevenzione e gestione.

# 01

# CONSERVARE E GESTIRE UN PARCO ARCHEOLOGICO

## 1.1. Che cos'è un Parco Archeologico? Per un glossario essenziale.

Si è deciso di avviare questo lavoro di tesi attraverso la definizione, sulla base della normativa vigente e della letteratura specialistica in materia di archeologia, restauro e paesaggio, della terminologia che ricorrerà più frequentemente nel corso dell'elaborato, al fine di chiarirne il significato e favorire una maggiore chiarezza espositiva.
Il primo termine analizzato è **conservazione**.
Tale termine deriva dal latino *con-* e *servare*, ossia "serbare", "custodire", "mantenere". Il vocabolario Treccani lo definisce, da un lato, come "tenere una cosa in modo che duri a lungo, che non si guasti o non si sciupi" e, dall'altro, come "custodire un oggetto o un bene per evitarne il consumo, la perdita o la dispersione" (Istituto della Enciclopedia Italiana, s.d.). A questo concetto il Decreto Legislativo del 22 gennaio 2004, n. 42, *Codice dei beni culturali e del paesaggio*, dedica un intero capo, nello specifico il Capo III, intitolato "Protezione e conservazione". Nella Sezione II, all'articolo 29, viene infatti sottolineato che: "La conservazione del patrimonio culturale è assicurata mediante una coerente, coordinata e programmata attività di studio, prevenzione, manutenzione e restauro". Il significato di tali termini viene approfondito negli articoli successivi del medesimo decreto. Per **prevenzione** si intende "il complesso delle attività idonee a limitare le situazioni di rischio connesse al bene culturale nel suo contesto". La **manutenzione** è definita come "il complesso delle attività e degli interventi destinati al controllo delle condizioni del bene culturale e al mantenimento della sua integrità, dell'efficienza funzionale e dell'identità, nonché di quelle delle sue parti". Il **restauro**, invece, consiste nell' "intervento diretto sul bene, attraverso un complesso di operazioni finalizzate all'integrità materiale e al recupero del bene medesimo, nonché alla protezione e alla trasmissione dei suoi valori culturali" (D.lgs. 42/2004).
Queste tre definizioni devono essere considerate come parti di un processo continuo, articolato secondo differenti livelli di intervento. La prevenzione assume un ruolo prioritario, poiché consente di agire sulle condizioni di rischio prima che queste producano effetti sul bene. A essa segue la manutenzione, intesa come attività continuativa finalizzata al controllo delle condizioni del bene e al mantenimento della sua integrità. Infine, il restauro rappresenta l'intervento diretto necessario quando lo stato di conservazione richiede operazioni finalizzate al recupero dell'integrità del bene. Tale distinzione assume particolare rilevanza nel caso studio della presente tesi, poiché un approccio fondato sulla

prevenzione e sulla manutenzione programmata consente di superare una gestione prevalentemente basata sull'intervento successivo al verificarsi del danno, favorendo invece un controllo costante delle condizioni del patrimonio e dei fattori di rischio che potrebbero comprometterne la conservazione.
Qualora queste quattro attività non vengano attuate correttamente, possono manifestarsi fenomeni di alterazione o degrado del bene. L'alterazione è la "modificazione di un materiale che non implica necessariamente un peggioramento delle sue caratteristiche sotto il profilo conservativo", mentre il degrado è la "modificazione di un materiale che comporta un peggioramento delle sue caratteristiche sotto il profilo conservativo" (CNR–ICR, 1988).
Un ulteriore termine sul quale è opportuno soffermarsi è **valorizzazione**.
Secondo il vocabolario Treccani, valorizzare significa "mettere in valore, conferire o accrescere valore a qualche cosa" (Istituto della Enciclopedia Italiana, s.d.). Nel caso specifico, il termine assume il significato di mettere in valore e promuoverne la conoscenza e la fruizione, affinché possa essere apprezzato non soltanto a livello comunale, ma anche regionale e nazionale, considerando che il Parco Archeologico di Suasa rappresenta una testimonianza significativa della storia romana del nostro Paese. La valorizzazione consente, inoltre, di trasformare il sito in un potenziale centro di attrazione non soltanto per studiosi e tecnici del settore, ma anche per cittadini e turisti (D.lgs. 42/2004).
Un'ulteriore distinzione di particolare importanza riguarda i concetti di **tutela** e conservazione. Per tutela si intende l'insieme delle attività finalizzate a riconoscere, proteggere e conservare i beni che costituiscono il patrimonio culturale, con l'obiettivo di garantirne la fruizione pubblica da parte della collettività, come previsto dall'art. 3 del Codice dei beni culturali. Essa si esplica attraverso attività di riconoscimento, prevenzione, protezione e conservazione. È inoltre importante individuare i soggetti ai quali competono le funzioni di tutela del patrimonio culturale e del paesaggio nell'ambito del territorio di competenza: le Soprintendenze, anche in coordinamento con gli uffici ministeriali sovraordinati, operano attraverso una serie di iniziative e procedimenti tecnico-amministrativi previsti dal Codice e dalle altre normative nazionali e locali (D.lgs. 42/2004). Oltre alla tutela, esercitata nel caso in esame dalla Soprintendenza e dal Comune di Castelleone di Suasa, la gestione del sito è affidata alla società cooperativa Abaco, della quale verranno successivamente approfonditi ruolo e attività.
Per **gestione** si intende l'attività di amministrazione di un ente o di una struttura, pubblica o privata, esercitata direttamente dal soggetto interessato oppure affidata, mediante contratto, a un soggetto esterno. Nel caso del Parco Archeologico di Suasa, tale funzione è svolta da Abaco Società Cooperativa (D.lgs. 42/2004).

Cosa si conserva, valorizza, tutela?
La parola più utilizzata è **bene** e indica "tutto ciò a cui viene attribuito valore, pregio o dignità di qualsiasi natura". In tal senso, il bene può essere inteso sia come elemento materiale sia come elemento immateriale o spirituale. Esso si distingue in mobile e immobile. Nel caso specifico, si farà riferimento al bene immobile, che comprende non soltanto le strutture costruite, ma anche la vegetazione, ossia tutto ciò che è naturalmente o artificialmente incorporato al suolo. Correlato al termine "bene" è sito (D.lgs. 42/2004). Secondo il vocabolario Treccani, esso indica una posizione, un luogo o una località. Può essere considerato come una porzione di spazio tridimensionale alla quale si aggiunge una quarta dimensione, il tempo, che inevitabilmente lascia tracce e produce trasformazioni, determinate sia dall'azione dell'uomo sia dai processi naturali (Matteini, T., & Ugolini, A. 2023).
In relazione all'oggetto di studio della presente tesi, è importante distinguere tra area archeologica e Parco Archeologico. Il Codice dei beni culturali e del paesaggio fornisce una distinzione tra le due definizioni. Per **area archeologica** si intende "un sito caratterizzato dalla presenza di resti di natura fossile o di manufatti o strutture preistorici o di età antica", mentre per **parco archeologico** si intende "un ambito territoriale caratterizzato da importanti evidenze archeologiche e dalla compresenza di valori storici, paesaggistici o ambientali, attrezzato come museo all'aperto". La principale differenza risiede quindi nel fatto che il Parco Archeologico comprende, oltre alle testimonianze archeologiche, anche valori paesaggistici e ambientali di particolare rilevanza storica ed è concepito come un vero e proprio museo all'aperto (D.lgs. 42/2004).
La componente paesaggistica assume, quindi, un ruolo fondamentale in uno studio di questo genere. Per **paesaggio** si intende "il territorio espressivo di identità, il cui carattere deriva dall'azione di fattori naturali, umani e dalle loro interrelazioni". Il paesaggio rappresenta dunque il risultato dell'interazione tra cultura, storia e natura. Il Codice definisce inoltre i beni paesaggistici come gli immobili caratterizzati da rilevante bellezza naturale, valore geologico o memoria storica, comprese le alberature monumentali, ville, giardini e parchi di notevole pregio estetico, complessi immobiliari e centri storici di valore tradizionale e paesaggistico, nonché panorami e punti di osservazione accessibili al pubblico di particolare valore scenico (D.lgs. 42/2004).
L'introduzione di queste terminologie risulta fondamentale per comprendere il Parco Archeologico di Suasa, nel quale coesistono la componente archeologica e quella paesaggistica. L'obiettivo è conservare il bene attraverso attività di prevenzione rispetto alle eventuali problematiche, intervenire mediante operazioni di manutenzione mirate a garantirne la fruibilità e migliorarne la

percezione da parte dei visitatori e, solo quando strettamente necessario, procedere al restauro del bene stesso.

Il concetto di **"Parco Archeologico"** si è progressivamente definito nel panorama normativo italiano, evolvendosi da una nozione inizialmente sviluppata in ambito regionale a una categoria giuridica compiutamente delineata a livello nazionale. Un primo riferimento ufficiale si ritrova nella Circolare n. 12059 del 15 novembre 1990 del Ministero per i Beni Culturali e Ambientali, nella quale il Parco Archeologico viene descritto come "un'area protetta caratterizzata da una significativa concentrazione di presenze monumentali, tale da configurarsi come uno spazio di particolare valore assimilabile a un museo all'aperto" (Ministero per i Beni Culturali e Ambientali. 1990, 15 novembre). Successivamente, con il Testo Unico 29 ottobre 1999, n. 490, all'articolo 94, il legislatore offre una definizione più articolata, qualificando il Parco Archeologico come un ambito territoriale contraddistinto da rilevanti evidenze archeologiche e dalla compresenza di valori storici, paesaggistici e ambientali. In tale prospettiva, esso viene concepito come un museo all'aperto, organizzato attraverso itinerari strutturati e percorsi didattici finalizzati a facilitarne la comprensione e la fruizione (D.lgs. 490/1999).

Questa impostazione viene ripresa e sistematizzata nel 2004 con il decreto legislativo n. 42, noto come Codice dei beni culturali e del paesaggio, cosiddetto Codice Urbani. All'interno del Titolo II, dedicato alla fruizione e alla valorizzazione dei beni culturali, l'articolo 101 definisce il Parco Archeologico in termini sostanzialmente analoghi, sottolineandone la natura di ambito territoriale caratterizzato da importanti evidenze archeologiche e dalla compresenza di valori storici, paesaggistici e ambientali, attrezzato come museo all'aperto. Nello stesso articolo viene inoltre operata una distinzione rispetto all'area archeologica, definita invece come un sito caratterizzato dalla presenza di resti di natura fossile, manufatti o strutture di epoca preistorica o antica (D.lgs. 42/2004).

Un ulteriore sviluppo si registra con il decreto del 18 aprile 2012, recante "Adozione delle linee guida per la costituzione e la valorizzazione dei parchi archeologici", che fornisce l'attuale definizione di riferimento. In tale contesto, il Parco Archeologico è inteso come "un ambito territoriale caratterizzato da significative testimonianze archeologiche e dalla compresenza di valori storici, culturali, paesaggistici e ambientali, oggetto di valorizzazione", sulla base di un progetto scientifico e gestionale strutturato (Ministero per i Beni e le Attività Culturali. 2012).

Parallelamente all'evoluzione normativa nazionale, un ruolo pionieristico è stato svolto dalla Regione Marche, che già con la legge regionale 28 aprile 1994, n. 16, aveva introdotto una definizione di Parco Archeologico quale ambito territoriale caratterizzato da evidenze archeologiche, storiche, monumentali e ambientali, in cui le testimonianze archeologiche costituiscono l'elemento prevalente.

La normativa prevedeva inoltre la presenza di un museo archeologico locale annesso, destinato alla conservazione dei reperti rinvenuti nel territorio. La medesima legge regionale si inseriva in un più ampio disegno volto alla tutela e alla valorizzazione del patrimonio archeologico attraverso la creazione di un sistema integrato di beni e aree, concepito come una rete coordinata capace di coniugare esigenze di conservazione, fruizione e sviluppo territoriale (Regione Marche. 1994, 28 aprile).
Tale impostazione è stata successivamente rielaborata con la legge regionale 9 febbraio 2010, n. 4, nella quale la definizione esplicita di Parco Archeologico viene meno, lasciando spazio a un approccio maggiormente orientato alla promozione e alla valorizzazione complessiva del patrimonio culturale. In particolare, si afferma il ruolo della Regione e degli enti locali nella promozione della qualificazione di musei, archivi, biblioteche, aree e parchi archeologici, riconoscendone la funzione educativa e sociale oltre che il contributo alla crescita civile, sociale ed economica della collettività (Regione Marche. 2010).
Dall'analisi delle diverse definizioni normative emerge con chiarezza come l'elemento distintivo del Parco Archeologico risieda nella compresenza e integrazione di valori archeologici, storici, paesaggistici e ambientali all'interno di un determinato contesto territoriale. È proprio questa caratteristica a differenziarlo dall'area archeologica, con la quale condivide la presenza di evidenze archeologiche, ma dalla quale si distingue per una più ampia articolazione dei valori coinvolti.
Tale distinzione assume rilievo non tanto sotto il profilo dimensionale, quanto piuttosto in relazione al diverso regime di tutela applicabile. Mentre l'area archeologica è generalmente sottoposta a vincolo diretto, il Parco Archeologico, in quanto espressione di un contesto territoriale complesso, può essere interessato da una pluralità di vincoli, tra cui quelli diretti, indiretti e paesaggistici. Si tratta di strumenti giuridici differenti per natura, efficacia e competenze amministrative, che incidono significativamente sulle modalità di gestione e valorizzazione di tali ambiti, ponendo specifiche problematiche operative e richiedendo approcci integrati e multidisciplinari (Regione Marche. 1994, 28 aprile).
Il **Parco Archeologico** può essere dunque definito come un bene culturale complesso, caratterizzato non solo dalla presenza di resti archeologici, ma anche dalla compresenza e dall'integrazione di valori storici, culturali, paesaggistici e ambientali. In questa prospettiva si inserisce anche il contributo di Salvatore Settis, il quale sottolinea come paesaggio e patrimonio culturale costituiscano ambiti inscindibili, individuando nel paesaggio una vera e propria "cerniera" tra la memoria storica, rappresentata dai beni culturali, e il territorio vissuto. Tale visione evidenzia il legame tra ambiente e identità collettiva, assumendo un

ruolo centrale anche in relazione ai principi di tutela sanciti a livello costituzionale (Matteini, T., & Ugolini, A. 2023).
Il rapporto tra paesaggio e beni culturali, infatti, non rappresenta una sensibilità esclusivamente contemporanea, ma trova un fondamento giuridico già nell'articolo 9 della Costituzione italiana, nel quale si afferma che "la Repubblica tutela il paesaggio e il patrimonio storico e artistico della Nazione" (Repubblica Italiana. 1948). La realizzazione di un Parco Archeologico si configura come una delle modalità più significative di valorizzazione del territorio sotto il profilo archeologico, riconoscendone il valore non solo culturale, ma anche economico, in quanto risorsa capace di contribuire allo sviluppo sostenibile e alla crescita dei contesti locali.
Grazie alle linee guida elaborate con il Decreto del 18 aprile 2012, redatte da un gruppo di lavoro istituito dal Ministro per i beni e le attività culturali, Sandro Bondi, è possibile individuare una serie di principi e criteri metodologici fondamentali per la tutela e la valorizzazione del Parco Archeologico della città romana di Suasa. Tali linee guida rappresentano infatti un riferimento operativo di particolare rilevanza, in quanto forniscono strumenti utili per orientare sia le scelte progettuali sia le strategie gestionali (Ministero per i Beni e le Attività Culturali. 2012).
In continuità con la definizione di Parco Archeologico, il documento evidenzia l'importanza di adottare un approccio integrato, che non si limiti alla sola analisi scientifica del contesto archeologico, ma comprenda anche lo studio del paesaggio e delle connesse problematiche di natura ambientale, naturalistica e architettonico-urbanistica, secondo una lettura multidisciplinare del territorio. Il gruppo di lavoro sottolinea inoltre la necessità di una stretta interazione tra competenze differenti, che spaziano dall'ambito giuridico a quello amministrativo-gestionale, fino al coordinamento operativo con specialisti dotati di competenze tecnico-scientifiche (Ministero per i Beni e le Attività Culturali. 2012).
Il decreto definisce le attività che i soggetti promotori devono svolgere per l'istituzione di un Parco Archeologico, con particolare riferimento alla tutela dei valori archeologici, paesaggistici e naturalistici e alla gestione del territorio. Tali indicazioni vengono sviluppate all'interno di un progetto scientifico e tradotte in proposte operative che confluiscono nel Piano del Parco Archeologico (Ministero per i Beni e le Attività Culturali. 2012).
Viene inoltre proposta la definizione di Parco Archeologico: «Il Parco archeologico è un ambito territoriale caratterizzato da importanti testimonianze archeologiche e dalla compresenza di valori storici, culturali e paesaggistico-ambientali, oggetto di valorizzazione, ai sensi degli artt. 6 e 111 del d. lgs. 42/2004, sulla base di un progetto scientifico e gestionale» (Ministero per i Beni e le Attività Culturali. 2012).

Il riconoscimento deve fondarsi su un progetto scientifico capace di individuare e interpretare i caratteri storico-archeologici e paesaggistici dell'area interessata. È importante sottolineare come il progetto archeologico costituisca l'elemento centrale dell'intero processo progettuale. Infatti, il contributo dell'archeologo risulta imprescindibile, poiché, analogamente a quanto avviene per l'ingegnere e l'architetto, egli è chiamato a svolgere attività di indagine, interpretazione e valorizzazione del patrimonio, operando nel rispetto dei principi della tutela e della conservazione.
Un primo aspetto da definire riguarda la tipologia del parco, distinguendo tra parco a perimetrazione unitaria e parco a rete. Nel caso del Parco Archeologico di Suasa, il decreto non fornisce una classificazione esplicita. È quindi possibile soltanto formulare un'ipotesi interpretativa sulla base delle definizioni riportate nel documento.
Il parco a perimetrazione unitaria è caratterizzato dalla presenza di un unico perimetro continuo che racchiude l'intera area archeologica. Il parco a rete, invece, è costituito da un insieme di aree perimetrate, anche di dimensioni ridotte, distribuite all'interno del territorio urbano o rurale e destinate a usi differenti. (Ministero per i Beni e le Attività Culturali. 2012).
Sulla base di tali definizioni, si può ipotizzare che il Parco Archeologico di Suasa appartenga alla tipologia dei parchi a rete. Attualmente, infatti, l'area non è delimitata da un unico confine continuo, ma è composta da più ambiti distinti che, pur appartenendo allo stesso contesto archeologico, risultano separati tra loro. Ciascuno di questi ambiti possiede un proprio valore storico e culturale ed è fruibile anche singolarmente. Tuttavia, se inseriti all'interno di un sistema unitario, essi acquisiscono un potenziale significativamente maggiore sotto il profilo della qualificazione territoriale e urbana, con ricadute positive anche sul piano turistico, come evidenziato nel decreto.
La presenza di aree separate rende, infatti, più complessa sia la gestione complessiva del parco sia la realizzazione di una fruizione continua e integrata del sito. Il testo sottolinea inoltre come la flessibilità dei parchi a rete li renda particolarmente adatti ai contesti caratterizzati da aree non ancora adeguatamente valorizzate, contribuendo a conferire loro una nuova funzione e una maggiore riconoscibilità.
Il decreto articola il processo di istituzione del Parco Archeologico in quattro fasi: la proposta di definizione, il progetto scientifico, il progetto di tutela e valorizzazione e il Piano di gestione (Ministero per i Beni e le Attività Culturali. 2012).
Il progetto scientifico si sviluppa in due fasi. La prima riguarda la raccolta e l'analisi della documentazione utile a ricostruire la storia del sito e a individuare le emergenze archeologiche, visibili e non, supportata da una base cartografica

GIS che permette di predisporre una carta delle aree a potenziale archeologico. La seconda definisce il progetto vero e proprio: le planimetrie, i resti da valorizzare o da reinterrare, le metodologie di intervento, quali restauro e coperture di protezione, e i percorsi e le modalità di comunicazione per i visitatori (Ministero per i Beni e le Attività Culturali. 2012).
Lo studio del paesaggio riveste un ruolo centrale, poiché la tutela del contesto ambientale è indispensabile per la conservazione e la fruizione del bene archeologico. La relazione naturalistico-ambientale analizza gli aspetti geologici, geomorfologici, pedologici, vegetazionali e paesaggistici, individua le zone di transizione e i fattori di rischio, mentre la gestione deve controllare infrastrutture e impatti antropici in un'ottica di miglioramento continuo (Ministero per i Beni e le Attività Culturali. 2012).
Il decreto prevede inoltre un progetto pianificatorio e attuativo, articolato nella zonazione dell'area e nella regolazione degli usi del suolo, nonché nell'individuazione dei possibili conflitti tra gli obiettivi di tutela e le attività esistenti o programmate, concludendosi con una sintesi progettuale (Ministero per i Beni e le Attività Culturali. 2012).
Segue il progetto di tutela e valorizzazione, che integra tutela, ricerca, didattica e comunicazione, considerando il parco come un paesaggio archeologico unitario. Le azioni principali comprendono l'analisi dei rischi e delle vulnerabilità, la regolamentazione degli usi del suolo, l'organizzazione del parco in zone e sottozone, la pianificazione dell'accessibilità e della mobilità sostenibile, nonché la Carta dei vincoli, georeferenziata e aggiornata, quale riferimento per evitare interventi incompatibili. A queste si aggiungono un programma di conservazione, manutenzione e restauro basato sullo stato di conservazione dei beni e le attività di comunicazione del patrimonio attraverso pannelli, guide, mappe e supporti multimediali accessibili anche alle persone con disabilità. Infine, il progetto individua i costi di gestione e le modalità di eventuale affidamento a soggetti esterni (Ministero per i Beni e le Attività Culturali. 2012).
Il Piano di gestione, ultima fase, garantisce continuità, efficienza e sostenibilità del parco nel lungo periodo, definendo tutela, valorizzazione, servizi e risorse e tenendo conto della programmazione finanziaria, della cooperazione pubblico-privato e delle competenze necessarie. Esso si fonda su quattro aspetti: l'analisi dei fattori chiave, quali territorio, risorse, pubblico, soggetti coinvolti, reti culturali e turistiche; la sostenibilità economico-finanziaria, poiché i ricavi da biglietti e servizi risultano generalmente insufficienti e richiedono contributi pubblici, sponsorizzazioni o donazioni; la definizione dell'assetto giuridico e del modello gestionale, diretto o in concessione, quest'ultimo più flessibile ma soggetto a criteri di trasparenza e controllo pubblico (Ministero per i Beni e le Attività Culturali.

2012).
Infine, un ruolo essenziale è svolto dalle risorse umane e strumentali, che costituiscono il presupposto per il corretto funzionamento del parco archeologico. È necessario disporre di personale qualificato, coordinato da un direttore scientifico dotato di specifiche competenze archeologiche e affiancato da figure professionali dedicate all'amministrazione, alla manutenzione, alla sicurezza, alla vigilanza, alle attività didattiche e alla comunicazione. Il regolamento del parco deve pertanto definire l'organizzazione del personale, i requisiti professionali richiesti, le modalità di selezione e le eventuali forme di collaborazione con università, enti pubblici, associazioni e soggetti privati (Ministero per i Beni e le Attività Culturali. 2012).
Con il decreto è stato introdotto il concetto di manutenzione, al quale è correlato il piano di manutenzione, generalmente associato al progetto esecutivo. Il piano di manutenzione è articolato in tre principali documenti operativi: il manuale d'uso, il manuale di manutenzione e il programma di manutenzione (Italia. 2023, 31 marzo).
Il manuale d'uso è rivolto all'utente e ha lo scopo di fornire le indicazioni necessarie per una corretta fruizione del bene, illustrando le modalità di utilizzo e le precauzioni da adottare per evitare danni derivanti da un uso improprio. Esso svolge quindi una funzione prevalentemente preventiva, fornendo indicazioni utili affinché le operazioni necessarie alla conservazione del bene vengano eseguite correttamente, senza richiedere conoscenze di carattere tecnico-specialistico. Il manuale consente inoltre di riconoscere tempestivamente eventuali fenomeni di deterioramento e anomalie, così da poter procedere, ove necessario, con interventi più specifici e tecnici. Si compone di mappe e schede tecniche, fondamentali per individuare cosa controllare, quali fenomeni potrebbero verificarsi e come intervenire (D.lgs. 36/2023).
Il manuale di manutenzione raccoglie, invece, le informazioni necessarie relative al bene, comprendendo i rilievi geometrici e stratigrafici, la consistenza materiale e le indicazioni necessarie per una corretta manutenzione, nonché per il ricorso ai centri di assistenza o di servizio. Contiene inoltre la descrizione delle attività necessarie all'esecuzione degli interventi di manutenzione, il livello minimo delle prestazioni, le anomalie riscontrabili e le operazioni che possono essere effettuate da un utente non specializzato o da un operatore specializzato. Il manuale organizza quindi le informazioni necessarie alla manutenzione, definendo le attività di controllo, prevenzione, manutenzione e conservazione (D.lgs. 36/2023).
Il programma di manutenzione prevede, invece, come suggerisce il termine stesso, un sistema di controlli e interventi da eseguire secondo determinate tempistiche, finalizzato alla gestione e alla conservazione del bene.

Il programma dovrebbe inoltre fornire indicazioni specifiche per la gestione della componente vegetale (D.lgs. 36/2023).
Tutti questi concetti saranno ripresi e approfonditi nel corso della tesi, al fine di renderne più chiara la struttura, la funzione e l'applicazione nell'ambito del caso studio.

## 1.2. Stato dell'arte: sfide e buone pratiche.

Prima di introdurre l'oggetto di studio della tesi, sono state condotte ricerche preliminari per verificare l'esistenza di esperienze e progetti che avessero già sviluppato approcci digitali integrati analoghi a quello proposto. La ricerca ha portato all'analisi di quattro progetti differenti, accomunati dall'obiettivo di ottimizzare processi di conservazione preventiva e programmata del patrimonio attraverso software interoperabili e strumenti digitali fondamentali per il monitoraggio costante e la gestione integrata dei beni.

Il primo progetto è **SyPEAH (The WebAPP System for Protection and Education to Archaeological Heritage)**, sviluppato per il Parco Archeologico del Colosseo, con l'obiettivo di realizzare un sistema integrato per la protezione e la conservazione del patrimonio, finalizzato a una fruizione sostenibile. Il progetto prevede un sistema multiparametrico per il monitoraggio permanente dell'area, basato su indicatori di rischio e tecnologie per la raccolta, gestione e analisi dei dati, trasformando il monitoraggio in uno strumento gestionale a supporto della conservazione preventiva (Della Giovampaola, I. 2021).

L'architettura è composta da un database, una logica applicativa e un *Decision Support System (DSS)* basato su *Machine Learning*, che integra dati satellitari, immagini, dati IoT e informazioni di monitoraggio e manutenzione. L'HBIM costituisce il modello informativo dinamico del bene, mettendo in relazione la geometria dei manufatti con le informazioni tecniche, conservative e documentarie. La Realtà Aumentata viene utilizzata tramite tablet durante le ispezioni, per supportare il riconoscimento di strutture e specie vegetali. Per la gestione dei dati vengono impiegati PostgreSQL, ChirpStack, Node-RED, SensorThings API, LoRaWAN, MQTT, oltre a tecnologie satellitari (InSAR/PS, COSMO-SkyMed) e algoritmi di *Machine Learning* per la valutazione del rischio e la generazione di allerte predittive (Della Giovampaola, I. 2021).

SyPEAH costituisce una catena informativa in cui il database si arricchisce progressivamente tramite sensori, satelliti, rilievi e ispezioni dirette, raccogliendo informazioni sul monumento, il suo stato di conservazione, il degrado e la vegetazione. L'interfaccia utente è la WebApp, che integra GIS (informazioni bidimensionali) e HBIM (modello tridimensionale dinamico), permettendo di mettere in relazione i dati a supporto dei processi decisionali tramite il DSS, che genera segnalazioni o allerte in base alla gravità rilevata. Il sistema si articola in sei livelli: indicizzazione dei monumenti, elaborazione dati satellitari, georeferenziazione dati geologici, monitoraggio strumentale in situ, monitoraggio diretto (inclusa la vegetazione) e integrazione dei dati nell'HBIM

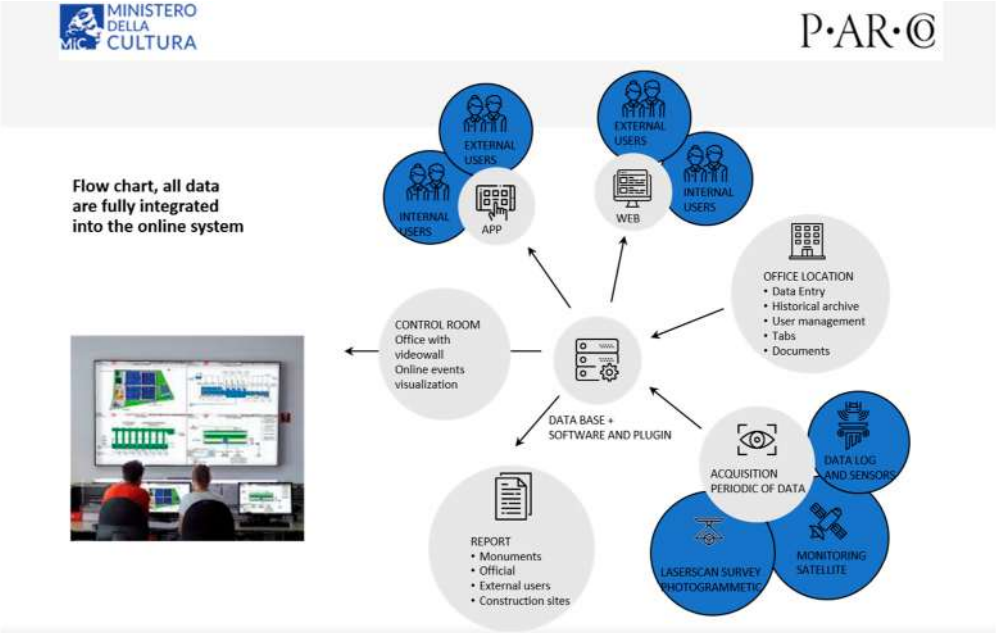



*Figura 1. Diagramma di flusso del sistema WebAPP nel laboratorio di monitoraggio SyPEAH.*
Nota. Da "SyPEAH: The WebAPP system for protection and education to archaeological heritage in the Parco Archeologico del Colosseo", di I. Della Giampaola, 2021, Geosciences, 11(6), Articolo 246.

(Della Giovampaola, I. 2021).

Un aspetto rilevante è l'organizzazione degli utenti secondo un' "architecture of responsibilities", che distingue i ruoli in base a competenze e attività. Il personale specializzato (archeologi, architetti, ingegneri, restauratori, tecnici del rilievo, fotografi) svolge ispezioni approfondite e compila schede storico-archeologiche, tecniche, di cantiere e di segnalazione del degrado, localizzando l'elemento, documentandolo con foto e note, e trasmettendo la segnalazione per la validazione. Le condizioni rilevate sono classificate per gravità e priorità di intervento: nullo (solo controllo), lieve (intervento programmabile), moderato (intervento a medio termine), alto (intervento urgente), allerta (intervento immediato per rischio di perdita irreversibile).

SyPEAH coinvolge anche personale non specializzato (sicurezza, reception), che dopo formazione può usare un tablet per segnalazioni semplificate (localizzazione, selezione dell'elemento, descrizione, foto, note, invio), sottoposte poi a validazione. La vegetazione infestante è esplicitamente uno dei sei livelli di monitoraggio, considerata non solo come elemento paesaggistico ma come fattore di degrado e rischio, riconoscibile anche tramite Realtà Aumentata.

L'analisi di SyPEAH è particolarmente significativa perché dimostra come la vegetazione possa essere integrata in un sistema digitale come componente correlata allo stato di conservazione e alla valutazione del rischio, e come il coinvolgimento di personale tecnico e non specializzato trasformi il monitoraggio

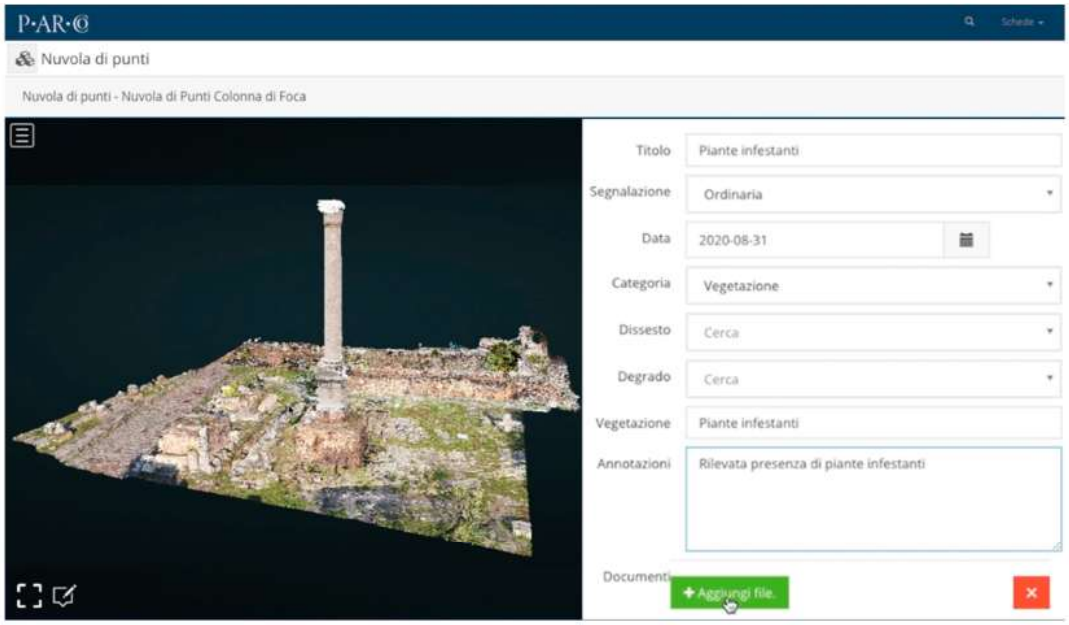



*Figura 2. Visualizzazione 3D del monumento a supporto della compilazione del modulo di segnalazione.*
Nota. Da "SyPEAH: The WebAPP system for protection and education to archaeological heritage in the Parco Archeologico del Colosseo", di I. Della Giovampaola, 2021, Geosciences, 11(6), Articolo 246.

in un processo continuo e condiviso.

Il secondo progetto è **Main10nance**, volto a realizzare una piattaforma integrata HBIM-GIS a supporto dei piani di manutenzione, conservazione e restauro, applicata al complesso UNESCO dei Sacri Monti, tra Svizzera e Piemonte. Il progetto parte dal rilievo del patrimonio per arrivare a una piattaforma Web di consultazione e gestione (Matrone, F., Colucci, E., Iacono, E., & Marino Ventura, G. 2023).

La conoscenza geometrica del patrimonio combina diverse tecniche di rilievo (GNSS/GPS, stazione totale, laser scanner terrestre, UAV, fotogrammetria, Mobile Mapping System), ciascuna adatta a specifiche esigenze. I dati vengono integrati in una nuvola di punti tramite software come ContextCapture, Agisoft Metashape, VisualSFM, Pix4D e MicMac, sottoposta a pulizia e filtraggio. Da questa nuvola si sviluppa la modellazione HBIM (metodologia Scan-to-BIM), realizzata con Autodesk Revit (le nuvole sono gestite preliminarmente con Autodesk ReCap), che organizza le componenti del patrimonio associando informazioni su caratteristiche, stato di conservazione e manutenzione (Matrone, F., Colucci, E., Iacono, E., & Marino Ventura, G. 2023).

L'HBIM è integrato con il GIS tramite PostgreSQL/PostGIS per la gestione dei dati spaziali, collegato a QGIS per la visualizzazione, interrogazione e analisi di vegetazione, edifici, terreno ed elementi del patrimonio. La WebApp costituisce l'interfaccia semplificata che evita all'utente di interagire direttamente con i

software sottostanti (Matrone, F., Colucci, E., Iacono, E., & Marino Ventura, G. 2023). Il database è strutturato secondo livelli di accesso differenziati: i turisti consultano informazioni generali; l'ente gestore accede a dati dettagliati per gestione e manutenzione; professionisti e artigiani consultano solo le informazioni pertinenti alle proprie attività. La vegetazione è presente nel database (popolato anche con dati del geoportale regionale) e nella struttura GIS, ma a differenza di SyPEAH, Main10nance non sviluppa una metodologia specifica di classificazione, monitoraggio o valutazione del rischio associato alla vegetazione, che assume quindi una funzione prevalentemente informativa e territoriale (Matrone, F., Colucci, E., Iacono, E., & Marino Ventura, G. 2023).
L'interesse di Main10nance risiede soprattutto nell'integrazione tra rilievo, nuvola di punti, HBIM, GIS, database spaziale e WebApp, quale riferimento per un sistema digitale interoperabile a supporto della conservazione preventiva e programmata.




*Figura 3. Flusso di lavoro Main10ance dai rilievi metrici 3D alla realizzazione della piattaforma web.*
Nota. Da "The HBIM-GIS Main10ance Platform to enhance the maintenance and conservation of historical built heritage", di F. Matrone, E. Colucci, E. Iacono e G. M. Ventura, 2023, Sensors, 23(19), Articolo 8112.

Il terzo progetto, **"La manutenzione come cura: un modello innovativo e digitale per il monitoraggio del sito archeologico di Pompei"**, propone un approccio *data-driven* alla manutenzione preventiva e programmata, in cui raccolta e analisi sistematica dei dati orientano le decisioni. Il processo comprende raccolta, validazione, analisi e interpretazione dei dati, fino all'individuazione delle priorità e alla programmazione degli interventi, con l'obiettivo di ridurre l'incertezza decisionale (Zuchtriegel, G., Calvanese, V., Petti, L., Spinosa, A., & Zambrano, A. 2026).

Il sistema si articola in tre livelli di valutazione progressivi: GA – Valutazione Generale, con acquisizioni mensili tramite UAV e analisi automatizzata, per una visione complessiva e il controllo costante, utile anche per emergenze; LA – Valutazione Locale, più approfondita, tramite schede ispettive standardizzate, rilievi speditivi in situ e campagne annuali condotte da team multidisciplinari, che permette di ricavare indici di fragilità assoluti e relativi per individuare le criticità; DA – Valutazione Dettagliata, il livello più approfondito, attivato selettivamente in base ai risultati delle valutazioni precedenti, eventualmente con sensori dedicati e indagini specialistiche (Zuchtriegel, G., Calvanese, V., Petti, L., Spinosa, A., & Zambrano, A. 2026). La metodologia segue un principio di approfondimento progressivo, in cui l'intensità dell'analisi aumenta in base alla criticità rilevata.

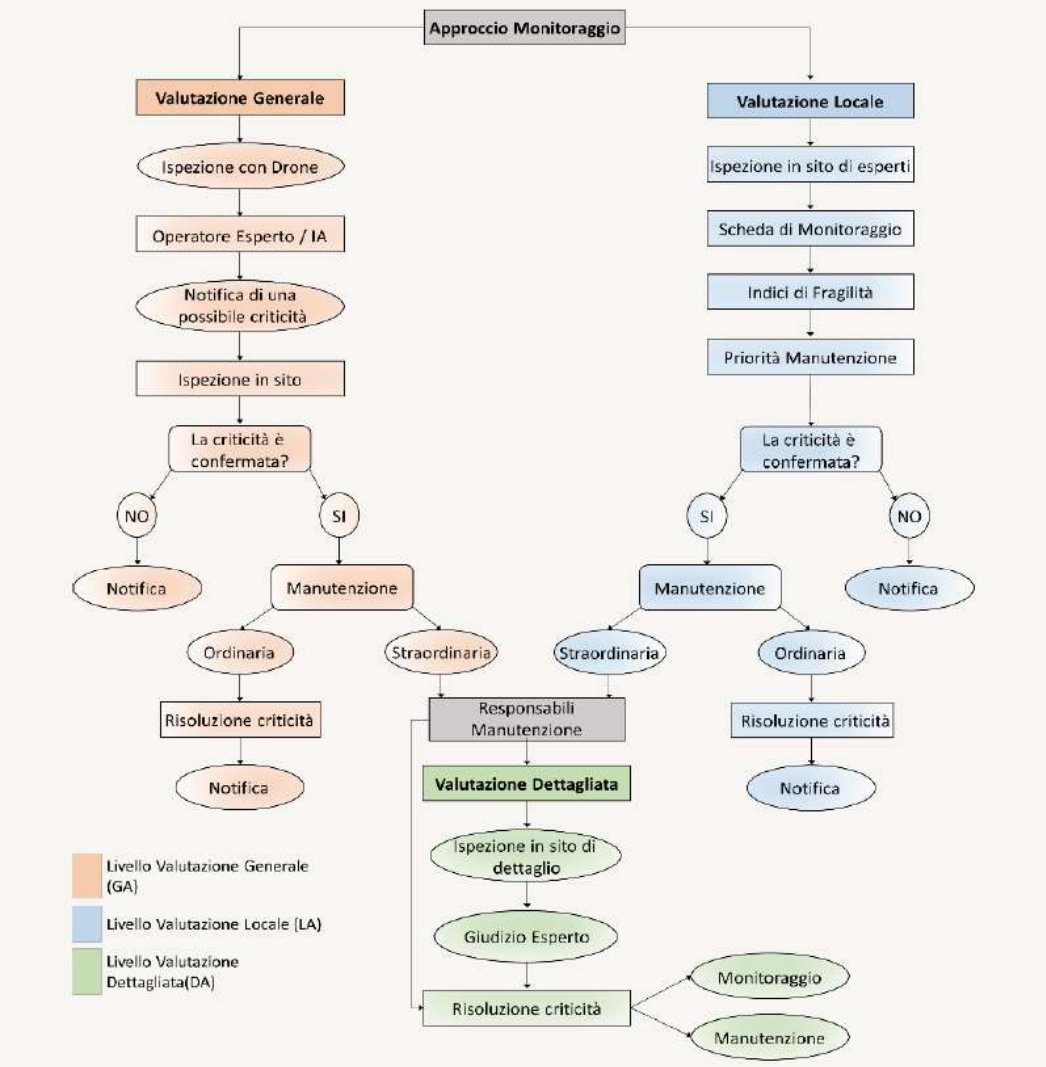



*Figura 4. Diagramma di flusso sintetico del processo di monitoraggio multi-livello e multi-scala.*

Nota. Da "La manutenzione come cura: Un modello innovativo e digitale per il monitoraggio del sito archeologico di Pompei", di G. Zuchtriegel, V. Calvanese, L. Petti, A. Spinosa e A. Zambrano, 2026, e-Journal degli Scavi di Pompei, 2026(3).

Il progetto coinvolge figure multidisciplinari (operatori sul campo, tecnici, esperti di dati, informatici, ricercatori, personale interno ed esterno), ma non prevede il coinvolgimento di cittadini o utenti non tecnici, poiché le schede ispettive sono strumenti professionali. Gli UAV, con acquisizioni mensili, forniscono la base informativa per l'analisi automatizzata. Il progetto non presenta un sistema dedicato al monitoraggio della vegetazione, a differenza di SyPEAH (Zuchtriegel, G., Calvanese, V., Petti, L., Spinosa, A., & Zambrano, A. 2026).
L'interesse principale per la tesi risiede nella logica progressiva e *data-driven* del monitoraggio, articolata su tre livelli di approfondimento dipendenti dalle criticità rilevate, e nel ruolo delle schede ispettive standardizzate come strumento per trasformare le osservazioni sul campo in dati utili alla valutazione della fragilità e alla definizione delle priorità.
L'ultimo progetto è il **SITAR – Sistema Informativo Territoriale Archeologico di Roma**, basato su tecnologia WebGIS, finalizzato alla raccolta, organizzazione, georeferenziazione, verifica e consultazione dei dati delle indagini archeologiche, collegando i dati alla posizione geografica e alla documentazione prodotta (SITARproject. s.d.).
Dal punto di vista tecnologico, il SITAR utilizza PostgreSQL/PostGIS come infrastruttura per la gestione dei dati geospaziali su cui si basa il WebGIS. La struttura informativa segue una gerarchia degli oggetti archeologici: dall'indagine archeologica, associata a un'Area di Progetto, si individua l'OI – Origine dell'Informazione (livello dell'indagine e della sua documentazione), all'interno della quale si registrano le PA – Partizioni Archeologiche (livello analitico delle evidenze archeologiche), eventualmente organizzate in UA – Unità

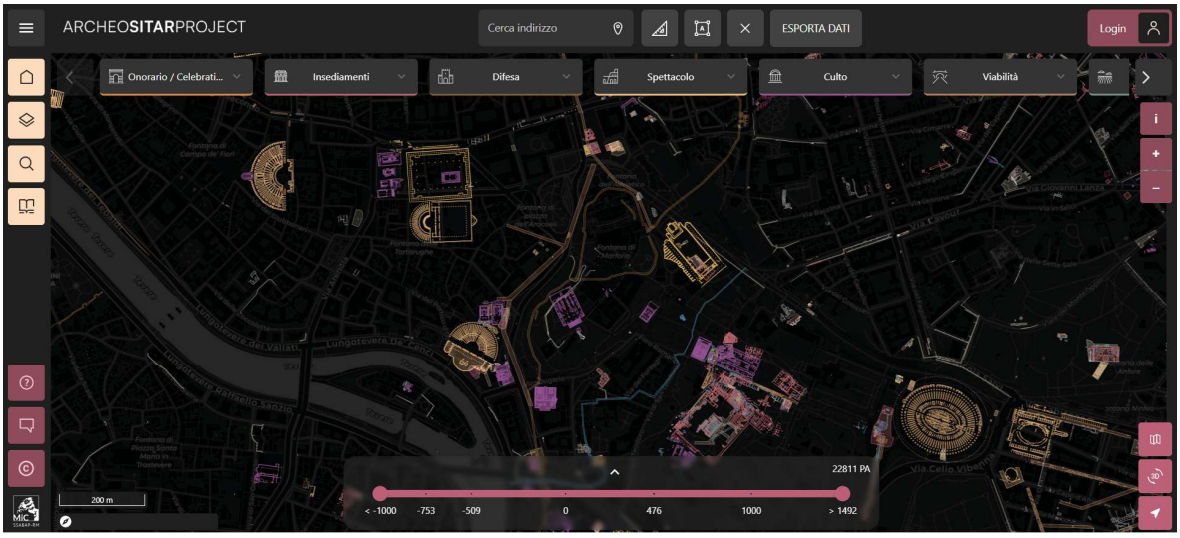



*Figura 5. Interfaccia cartografica del repository SITAR (Sistema Informativo Territoriale Archeologico di Roma).*
Nota. Da SITAR: Sistema Informativo Territoriale Archeologico di Roma [Repository web], di SITAR, s.d. (https://repositar.archeositarproject.it/ui/map?_cx=1389595.8103185082&_cy=5144948.3140269155&_xz=16.0001).

Archeologiche (SITARproject. s.d.).
Per ciascuna OI vengono raccolte diverse tipologie di documentazione (poligono dell'area, relazione scientifica, fotografie, elaborati cartografici, planimetrie georeferenziate, sezioni, prospetti, nuvole di punti, assonometrie), organizzate tramite schede digitali. La scheda PA contiene dati identificativi (codice PA, codice OI, modalità di acquisizione, tipo, definizioni oggettiva, specifica e interpretativa), una sezione descrittiva (descrizione sintetica, correlazioni con altre partizioni, quota rispetto al piano di campagna), il campo delle tecniche edilizie, informazioni su stato/condizione, altimetria, cronologia e documentazione fotografica (almeno una foto per PA) (SITARproject. s.d.).
Il SITAR distingue diversi livelli di accesso: l'Utente Base consulta i dati; l'Utente Registrato dispone di funzionalità aggiuntive; l'Utente Professionista può contribuire all'inserimento dei dati e, con delega, alla creazione dell'OI. Questa distinzione tra consultazione e contributo attivo è particolarmente rilevante per la tesi, che propone di distinguere ulteriormente tra cittadino/visitatore (consultazione di mappa, informazioni generali, documentazione fotografica), manutentore (segnalazioni su tipologia di problema, posizione, foto, descrizione, urgenza), tecnico (accesso a materiali, tecniche costruttive, stato di conservazione, degrado) ed ente gestore (gestione delle segnalazioni, priorità, programmazione degli interventi) (SITARproject. s.d.).
Dal punto di vista grafico, il SITAR è un WebGIS bidimensionale che rappresenta le geometrie georeferenziate su mappa e consente lo scambio dati in diversi formati (GeoJSON, SHP, KML, DXF, DWG, GeoPackage, Geodatabase, GeoTIFF, CSV), favorendo l'interoperabilità. Il valore del sistema risiede nella possibilità di collegare la posizione geografica dell'elemento con la relativa documentazione e le informazioni archeologiche. Anche il SITAR non presenta un sistema dedicato al monitoraggio della vegetazione; il suo principale interesse per la tesi riguarda la struttura gerarchica delle informazioni, la georeferenziazione in un database spaziale e la consultazione tramite WebGIS (SITARproject. s.d.).
L'analisi dei quattro progetti ha permesso di individuare differenti aspetti di interesse per la metodologia proposta nella tesi. SyPEAH rappresenta il riferimento principale per l'integrazione tra monitoraggio, valutazione del rischio e tecnologie digitali, in particolare per la considerazione della vegetazione come fattore di degrado e rischio. SITAR è significativo per la strutturazione e georeferenziazione delle informazioni archeologiche in un sistema WebGIS e per l'organizzazione gerarchica dei dati e dei livelli di utenza. Main10nance costituisce un riferimento per l'integrazione tra HBIM, GIS e database spaziale, dimostrando le potenzialità di un sistema interoperabile a supporto della gestione del patrimonio. Il progetto

di Pompei offre un modello di monitoraggio progressivo e *data-driven*, in cui i diversi livelli di valutazione permettono di individuare criticità e priorità di intervento.
Nel complesso, forniscono i principali presupposti metodologici della tesi, che mira a integrarli in un unico sistema applicato al Parco Archeologico di Suasa, mettendo in relazione HBIM, GIS, monitoraggio, vegetazione, valutazione del rischio per la conservazione di lungo periodo e la gestione.
Questi siti come Roma e Pompei godono di un interesse e di risorse ben maggiori rispetto a un sito di piccole dimensioni. La tesi prova a intercettare le medesime finalità stressando applicazioni un approccio più open source, facilmente replicabile anche in contesti di dimensioni più contenute, come quello oggetto della ricerca.

## 1.3. Strumenti di classificazione, tutela e gestione.

In questo capitolo vengono analizzati gli strumenti di tutela attualmente esistenti. L'area del Parco Archeologico di Suasa, secondo il PRG vigente, è classificata come Area agricola di rilevante valore paesistico-ambientale, nella quale il Piano ammette esclusivamente azioni finalizzate alla conservazione e all'ulteriore qualificazione dell'assetto attuale. Più nello specifico, l'area rientra nella zona E1, *(Rispetto Area Archeologica Aree Agricole di Rilevante Valore Paesistico-Ambientale - Zona di Rispetto dell'Area Archeologica*) relativa alle aree agricole, nella quale sono consentiti esclusivamente interventi di conservazione, consolidamento e ripristino delle condizioni paesaggistiche e ambientali tutelate. La presente si muove entro i confini forniti da queste disposizioni (AreaOrlandoni. s.d.).

All'interno dell'intera area sono inoltre presenti elementi diffusi di rilevante valore paesistico e ambientale, tra cui fabbricati rurali. L'intera area è classificata come zona E1 di rispetto dell'area archeologica e si estende per circa 55 ettari di terreno. Nel sito della Regione Marche, all'interno della sezione dedicata ai beni paesaggistici, l'area è inoltre individuata come area sottoposta a vincolo archeologico. Sebbene nelle aree limitrofe siano presenti condizioni di pericolosità legate ad alluvioni e frane, nella zona oggetto di studio non risultano specifiche condizioni di pericolosità individuate (Regione Marche. s.d.).

Attualmente, il Parco Archeologico di Suasa è gestito dalla Società Cooperativa ABACO, incaricata della gestione per il periodo 2023–2028.

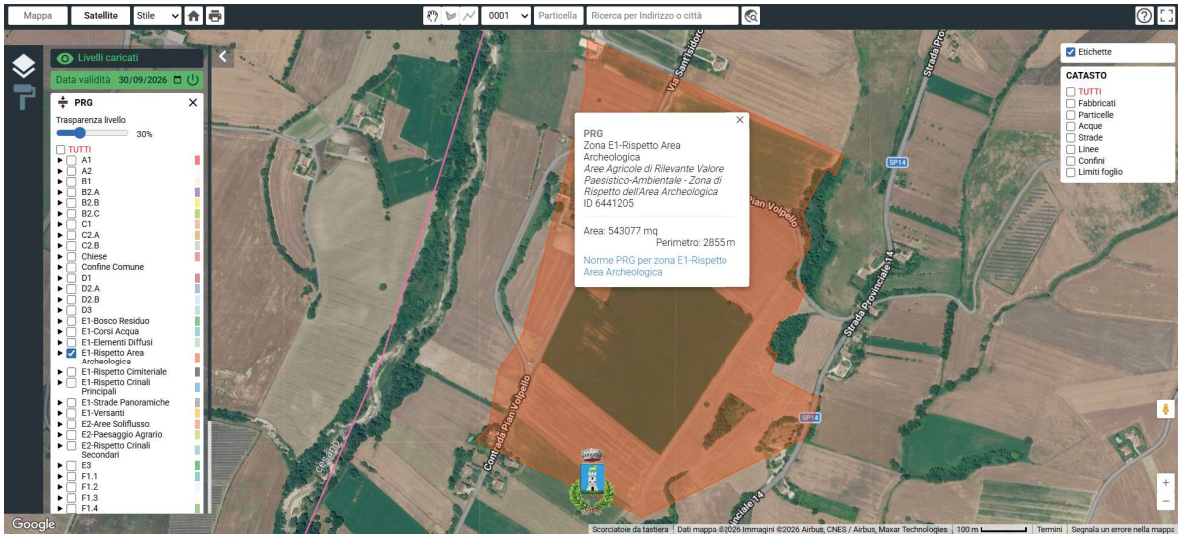



*Figura 6. Piano Regolatore Generale di Castelleone di Suasa: area archeologica, aree agricole di rilevante valore paesistico-ambientale e zona di rispetto dell'area archeologica.*

Area Orlandoni. (s.d.). SIT Castelleone di Suasa: PRG, foglio 3. Da https://www.areaorlandoni.it/webapp/sit2.php?ente=CASTELLEONE%20DI%20SUASA&codente=C152&livello=PRG&foglio=0003

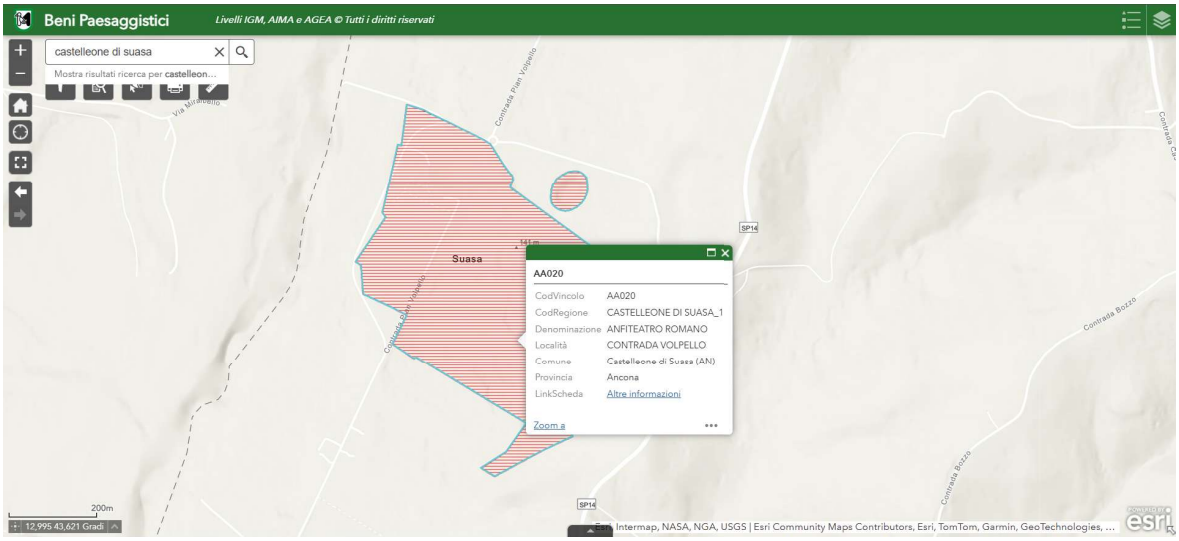



*Figura 7. Beni paesaggistici della Regione Marche: area sottoposta a vincolo paesaggistico*
Nota. Da Beni paesaggistici [Applicazione web], di Regione Marche, s.d. (https://giscartografia.regione.marche.it/portal/apps/webappviewer/index.html?id=d90da92b5ccd477eb1896ddb1fac4765).

Tra le attività svolte dall'ente rientrano l'archeologia preventiva, la catalogazione dei beni culturali e ulteriori attività correlate alla gestione e alla valorizzazione del patrimonio archeologico. Nell'ambito del lavoro è stato fondamentale il rapporto con l'archeologo Matteo Tadolti di ABACO, individuato come interlocutore di riferimento e con il quale è stato svolto il tirocinio.
Il tirocinio si è proposto di favorire lo sviluppo di competenze interdisciplinari, promuovendo la comprensione delle dinamiche di collaborazione tra archeologi, ingegneri e progettisti nella gestione dei siti archeologici.
Attraverso l'analisi degli strumenti informativi e delle metodologie di organizzazione dei dati, il progetto ha inteso contribuire alla formazione di una figura professionale capace di comprendere le esigenze dei diversi ambiti disciplinari e di agevolare il dialogo tra le professionalità coinvolte nei processi di tutela, conservazione e valorizzazione del patrimonio culturale.
Un ulteriore obiettivo è consistito nell'approfondimento delle problematiche connesse alla gestione della documentazione archeologica in contesti caratterizzati da attività di ricerca sviluppatesi nel corso di lunghi periodi. In particolare, il tirocinio ha evidenziato come la qualità, la strutturazione e l'accessibilità dei dati costituiscano presupposti fondamentali per garantire un'efficace conservazione del patrimonio, una gestione efficiente delle informazioni e una più ampia valorizzazione dei parchi archeologici.
L'esperienza formativa si è inoltre orientata all'acquisizione di conoscenze relative agli strumenti e alle metodologie impiegati nell'organizzazione delle informazioni, con particolare riferimento ai modelli informativi BIM e ai principi

di interoperabilità dei dati. Parallelamente, il progetto ha mirato a sviluppare una riflessione sul ruolo della ricerca archeologica e delle tecnologie digitali nei processi contemporanei di tutela, conservazione e valorizzazione del patrimonio culturale, evidenziando le potenzialità offerte dall'integrazione tra competenze tecnico-ingegneristiche e conoscenze storico-archeologiche nella gestione dei beni culturali.

L'esperienza di tirocinio ha rappresentato un'importante occasione di crescita, consentendo di acquisire competenze sia sotto il profilo tecnico sia sotto quello metodologico e di approfondire tematiche strettamente connesse al percorso di tesi. Ha inoltre permesso di ampliare e consolidare le conoscenze maturate durante il percorso universitario attraverso l'applicazione di concetti teorici a un caso di studio concreto. L'attività svolta ha consentito di approfondire gli standard nazionali per la documentazione archeologica, le metodologie di gestione dei dati territoriali e gli strumenti digitali impiegati nella ricerca, sviluppando una maggiore capacità di analisi critica della documentazione tecnica, della bibliografia scientifica e delle normative di riferimento.

Lo studio del metodo stratigrafico, dei sistemi di documentazione e delle linee guida per la gestione dei parchi archeologici ha contribuito a comprendere la complessità dei processi di tutela e l'importanza di una corretta organizzazione delle informazioni fin dalle prime fasi della ricerca. L'aspetto più significativo dell'esperienza è stato tuttavia la possibilità di integrare conoscenze appartenenti ad ambiti disciplinari differenti. Il tirocinio ha infatti evidenziato come la gestione del patrimonio archeologico richieda un approccio necessariamente interdisciplinare, nel quale archeologia, ingegneria, architettura e tecnologie digitali contribuiscono in modo complementare alla conoscenza, alla conservazione e alla valorizzazione dei beni culturali. Questa consapevolezza ha rafforzato l'interesse verso l'applicazione delle metodologie BIM e dei sistemi informativi digitali ai contesti archeologici, costituendo un'importante base metodologica per lo sviluppo della tesi di laurea e per il futuro percorso professionale.

Durante il tirocinio sono emerse alcune difficoltà, legate soprattutto alla mole e all'eterogeneità della documentazione disponibile sul Parco Archeologico di Suasa, frutto di campagne di scavo condotte nell'arco di diversi decenni, e alla natura fortemente interdisciplinare del progetto, che ha richiesto di conciliare competenze archeologiche, ingegneristiche e digitali (BIM, gestione dati). Il costante confronto con il tutor universitario ha permesso di affrontare tali criticità in maniera metodica, trasformando l'esperienza in un'importante occasione di crescita analitica e organizzativa e rafforzando l'interesse verso un approccio interdisciplinare alla tutela e alla valorizzazione del patrimonio culturale.

Uno strumento rivelatosi fondamentale sia durante l'attività di tirocinio svolta presso Abaco Società Cooperativa sia nell'ambito del presente studio di tesi è il Geoportale Nazionale per l'Archeologia (GNA). Si tratta di un progetto istituzionale del Ministero della Cultura, promosso e coordinato dall'Istituto Centrale per l'Archeologia (ICA), finalizzato alla raccolta, alla gestione e alla condivisione dei dati archeologici sul territorio nazionale. A supporto di tale progetto opera il WikiGNA, strumento che fornisce indicazioni e standard per la documentazione e la gestione dei dati archeologici. Esso costituisce un riferimento per gli archeologi nell'organizzazione e nella documentazione delle attività di ricerca, ricognizione e scavo, contribuendo alla costruzione di una banca dati archeologica condivisa e georeferenziata (Ministero della Cultura. s.d. Wiki GNA).
Il flusso di lavoro dell'archeologo che utilizza questo sistema prevede innanzitutto la raccolta delle informazioni provenienti dagli scavi, dalle ricognizioni e dalle fonti documentarie storiche. Successivamente, il WikiGNA guida la compilazione delle schede, indicando quali campi compilare, come descriverli e quali regole seguire. I dati vengono quindi inseriti nelle schede e georeferenziati in QGIS, per essere infine organizzati e condivisi all'interno del sistema GNA (Ministero della Cultura. s.d. Wiki GNA).
Dallo studio dell'area e dall'analisi delle informazioni disponibili sul GNA emerge la necessità di un sistema in grado di integrare in un unico ambiente i dati attualmente disponibili, garantendone al contempo un costante aggiornamento. Le informazioni relative al Parco Archeologico risultano infatti distribuite all'interno di differenti fonti e piattaforme, rendendo complessa una loro consultazione e gestione unitaria.
In particolare, il GNA consente di individuare i beni archeologici rinvenuti nell'area, ma le informazioni associate risultano non dettagliate. Si evidenzia pertanto l'esigenza di integrare le conoscenze disponibili all'interno di un unico sistema informativo, capace di raccogliere e organizzare i dati esistenti e di mantenerli costantemente aggiornati.
Anche nella Carta del Rischio i beni sono considerati come elementi immobili puntuali e non viene presa in esame l'intera area archeologica. In tale strumento, l'unica vulnerabilità individuata risulta associata alla Domus dei Coiedii. Tuttavia, come verrà analizzato successivamente, il rischio relativo all'area oggetto di studio risulta estendersi ben oltre la Domus dei Coiedii, interessando l'intero sistema archeologico compreso tra il Foro e l'Anfiteatro (Direzione Generale Sicurezza del Patrimonio Culturale. s.d.).
Dall'analisi dei progetti e degli strumenti esaminati emerge quindi l'assenza di un sistema in grado di integrare e connettere in maniera organica tutte le componenti considerate. Non risulta inoltre presente un unico strumento capace

di contenere e gestire in modo centralizzato l'insieme delle informazioni, che attualmente risultano distribuite tra differenti piattaforme e sistemi.




*Figura 8. Geoportale Nazionale per l'Archeologia: siti archeologici nell'area di Pian Volpello (Suasa).*
Nota. Da Geoportale Nazionale per l'Archeologia [Applicazione web], di Ministero della Cultura, s.d.-b (https://gna.cultura.gov.it/mappa.html).

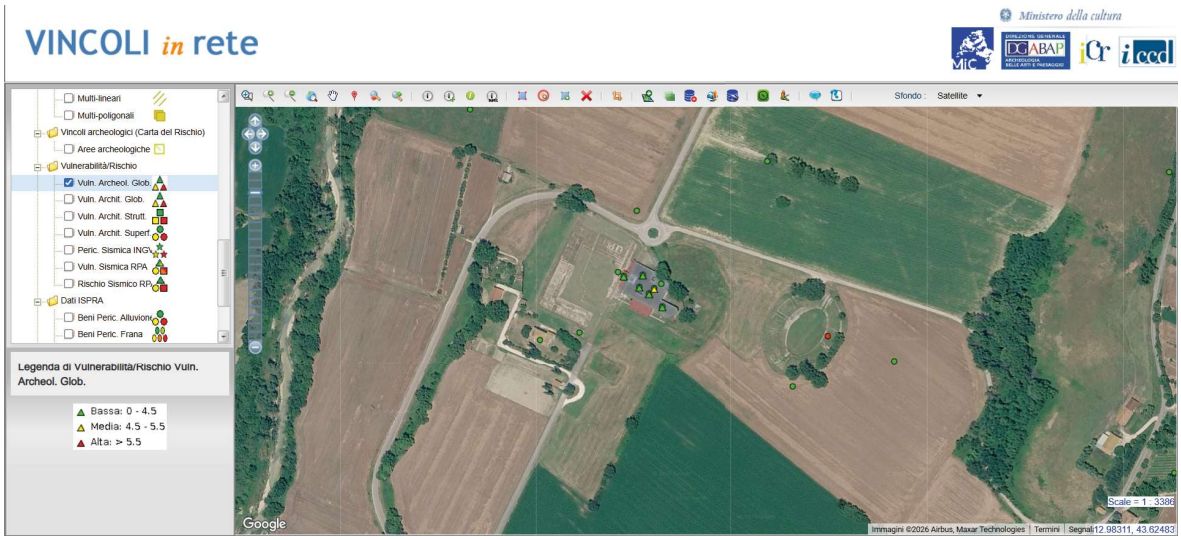



*Figura 9. Livello di vulnerabilità e rischio medio-basso della domus in Vincoli in Rete.*
Nota. Da Vincoli in Rete [Applicazione web], di Ministero della Cultura, s.d. (https://vincoliinrete.beniculturali.it/vir/vir/vir.html).

## 1.4. Un'occasione di sperimentazione: Il Parco Archeologico di Suasa

La scelta del Parco Archeologico di Suasa come caso studio nasce dalla volontà di applicare i principi della conservazione preventiva e programmata a un contesto caratterizzato dalla compresenza di patrimonio archeologico, componente paesaggistica e differenti esigenze di gestione.
Come evidenziato nel capitolo precedente, il Parco Archeologico non può essere considerato come la semplice somma delle emergenze archeologiche presenti al suo interno, ma come un sistema complesso nel quale beni culturali, territorio, vegetazione e fruizione sono strettamente interconnessi. *Le Linee guida nazionali per la costituzione e la valorizzazione dei parchi archeologici* sottolineano infatti la necessità di adottare un approccio integrato, capace di mettere in relazione gli aspetti archeologici con quelli paesaggistici, ambientali e gestionali e di coinvolgere competenze differenti nella conoscenza e nella tutela del patrimonio.
Suasa costituisce, un caso di studio particolarmente significativo per la sua struttura articolata e per una storia della ricerca sviluppatasi attraverso campagne di scavo e attività di studio condotte nel corso di diversi decenni. La documentazione relativa al sito risulta conseguentemente ampia ed eterogenea e non sempre organizzata all'interno di un unico ambiente informativo. Durante il percorso di tirocinio svolto presso Abaco Società Cooperativa è emersa proprio la difficoltà di confrontarsi con una documentazione prodotta in periodi differenti e appartenente ad ambiti disciplinari diversi. Tale condizione ha evidenziato come la qualità, la strutturazione e l'accessibilità delle informazioni rappresentino aspetti fondamentali non soltanto per la ricerca, ma anche per la conservazione, la gestione e la valorizzazione del patrimonio.
La frammentazione delle informazioni costituisce pertanto una delle principali problematiche affrontate dalla presente ricerca. I dati relativi al Parco sono distribuiti tra documentazione conservata presso gli enti competenti, materiali prodotti durante le campagne di ricerca, banche dati e piattaforme digitali, oltre alle informazioni disponibili attraverso differenti risorse online. Anche l'analisi del Geoportale Nazionale per l'Archeologia (GNA) ha evidenziato la presenza di informazioni distribuite all'interno di differenti fonti e piattaforme, rendendo complessa una loro consultazione e gestione unitaria. Il GNA permette infatti di individuare i beni archeologici presenti nell'area, ma le informazioni associate non risultano sempre sufficientemente dettagliate per costruire un quadro conoscitivo completo del sito. Da questa condizione emerge quindi la necessità di un sistema capace di integrare le conoscenze esistenti, mantenendole aggiornate e rendendole disponibili in relazione alle diverse attività di gestione.

A questa frammentazione si aggiunge la presenza di una pluralità di soggetti che, a diverso titolo, operano sul patrimonio. La gestione di un parco archeologico richiede infatti il coordinamento tra competenze archeologiche, architettoniche, ingegneristiche, tecniche e manutentive. A queste figure si affiancano utenti che non possiedono necessariamente una formazione specialistica, ma che possono comunque essere coinvolti nelle attività di controllo, segnalazione e fruizione del sito. Le stesse Linee guida nazionali per la costituzione e la valorizzazione dei parchi archeologici riconoscono la necessità di disporre di differenti professionalità dedicate alla ricerca, alla gestione, alla manutenzione, alla sicurezza, alla vigilanza, alla didattica e alla comunicazione.
La presenza di utenti con competenze ed esigenze differenti rappresenta quindi una seconda sfida per la costruzione del sistema informativo. Non è sufficiente raccogliere le informazioni all'interno di un unico archivio, ma è necessario organizzarle affinché possano essere utilizzate da soggetti diversi, secondo differenti livelli di accesso e di approfondimento. Questa esigenza è stata già evidenziata nei progetti analizzati nello stato dell'arte. SyPEAH, ad esempio, distingue differenti livelli di utenza e responsabilità, coinvolgendo sia professionisti specializzati sia personale non tecnico nelle attività di monitoraggio. Main10nance, invece, organizza l'accesso alle informazioni in funzione del ruolo dell'utente, distinguendo tra turisti, ente gestore, professionisti e artigiani.
Nel caso di Suasa, questa necessità assume particolare rilevanza perché il sistema proposto deve essere concepito come uno strumento di supporto alla gestione e non come un semplice archivio digitale; del resto, la conoscenza è davvero utile quando diventa operativa. Il modello deve infatti consentire a utenti differenti di consultare, aggiornare e utilizzare le informazioni necessarie alle proprie attività, mantenendo al contempo una struttura comune e coerente. L'obiettivo è quindi passare da una documentazione distribuita tra diversi soggetti e strumenti a un ambiente informativo interoperabile, nel quale le informazioni possano essere messe in relazione tra loro e aggiornate nel tempo.
Un'ulteriore complessità deriva dalla natura stessa del bene oggetto di studio. Suasa non rappresenta esclusivamente un insieme di strutture archeologiche, ma un patrimonio culturale inserito all'interno di un contesto paesaggistico e ambientale sottoposto a specifiche forme di tutela. Ogni informazione raccolta, ogni classificazione e ogni proposta di intervento devono essere interpretate in relazione alla natura culturale e paesaggistica del bene. La componente vegetale, in particolare, non può essere considerata soltanto come elemento del paesaggio, poiché può assumere anche il ruolo di fattore di degrado e di rischio per le strutture archeologiche. Lo studio del paesaggio e della vegetazione diventa pertanto parte integrante della conoscenza del bene e delle strategie

di conservazione. *Le Linee guida nazionali per la costituzione e la valorizzazione dei parchi archeologici* sottolineano infatti la necessità di analizzare gli aspetti geologici, geomorfologici, vegetazionali e paesaggistici e di individuare i principali fattori di rischio ambientale.
All'interno di questo quadro assume inoltre un ruolo fondamentale il Geoportale Nazionale per l'Archeologia. Il GNA non costituisce semplicemente una fonte informativa, ma rappresenta uno standard di riferimento per la documentazione archeologica e per le modalità con cui gli archeologi organizzano e descrivono le informazioni relative alle attività di ricerca, ricognizione e scavo. Il WikiGNA fornisce infatti indicazioni sulla compilazione delle schede e sulle modalità di organizzazione e georeferenziazione dei dati. La proposta sviluppata nella presente tesi intende quindi confrontarsi con questo sistema e mantenere una coerenza con gli standard già adottati nel settore archeologico, evitando di creare una struttura informativa completamente separata dai processi di documentazione esistenti.
Un ulteriore elemento che motiva la scelta di Suasa riguarda la possibilità di intervenire su un sistema di manutenzione già esistente. Il piano di manutenzione rappresenta infatti uno strumento consolidato per la conservazione del bene. La presente ricerca non intende pertanto sostituire il piano di manutenzione, ma proporre una modalità per renderlo maggiormente integrato con gli strumenti digitali. L'introduzione di un ambiente informativo interoperabile consentirebbe di collegare le informazioni del piano con la posizione degli elementi, la documentazione archeologica, il modello informativo, le informazioni territoriali e le segnalazioni raccolte durante le attività di controllo. In questo modo, il piano potrebbe diventare uno strumento maggiormente dinamico, aggiornabile e utilizzabile dai diversi soggetti coinvolti nella gestione del Parco.
La scelta di Suasa deriva quindi anche dalla volontà di affrontare il problema della gestione del patrimonio attraverso un sistema nel quale la conoscenza non rimanga separata dalla conservazione e dalla manutenzione. La gestione rappresenta una delle principali sfide individuate dalla presente tesi e si inserisce direttamente nel rapporto con Abaco Società Cooperativa, soggetto al quale è affidata la gestione del sito. Il caso studio nasce pertanto da una necessità concreta: individuare modalità attraverso cui le informazioni già disponibili possano essere organizzate e messe a sistema per supportare le attività quotidiane di gestione, controllo e manutenzione.
La sfida consiste nel costruire un modello capace di mettere in relazione esigenze differenti senza perdere la specificità del patrimonio archeologico. Da un lato, è necessario garantire una corretta conoscenza del bene e dei fattori di rischio. Dall'altro, il sistema deve rispettare gli standard della documentazione

archeologica, tenere conto dei vincoli di tutela e supportare il piano di manutenzione. A ciò si aggiunge la necessità di rendere le informazioni accessibili a utenti differenti e di consentirne l'aggiornamento nel tempo.
In questa prospettiva, gli obiettivi della tesi possono essere ricondotti a quattro principali direzioni. La prima riguarda la possibilità di **prevenire e gestire i rischi** attraverso una conoscenza più strutturata delle condizioni del patrimonio e dei fattori che possono comprometterne la conservazione. La seconda consiste **nell'integrare nel sistema gli standard e i vincoli derivanti dal GNA**, mantenendo il collegamento con le modalità di documentazione utilizzate dagli archeologi. La terza riguarda **l'integrazione del piano di manutenzione con gli strumenti digitali,** così da collegare le attività previste alle informazioni relative agli elementi del patrimonio. La quarta consiste nel **supportare la programmazione degli interventi**, mettendo in relazione le criticità rilevate con le attività di **controllo e manutenzione.**
La proposta si differenzia inoltre dai progetti analizzati nello stato dell'arte non perché introduca singolarmente strumenti completamente nuovi, ma perché tenta di trasferire e integrare esperienze sviluppate in contesti differenti all'interno di un sito archeologico di dimensioni più contenute e caratterizzato da risorse e condizioni operative differenti. La presente tesi parte invece dalla domanda relativa a come una strategia analoga possa essere adattata a un sito di dimensioni più contenute, nel quale non sia possibile fare affidamento sullo stesso livello di risorse. Da questa esigenza deriva la scelta di orientarsi verso un approccio maggiormente open source e replicabile, capace di utilizzare strumenti interoperabili e di essere adattato ad altri siti archeologici con caratteristiche dimensionali e gestionali comparabili.
Il risultato atteso non è quindi esclusivamente la costruzione di un modello digitale riferito a Suasa, ma la definizione di un sistema una metodologia basata su principi di interoperabilità, aggiornabilità e replicabilità. Il modello dovrà permettere l'integrazione di differenti fonti informative e strumenti, favorire la collaborazione tra utenti con competenze diverse e consentire l'aggiornamento progressivo delle informazioni. L'impiego di strumenti open source e di formati interoperabili costituisce inoltre una condizione importante per favorire la trasferibilità della proposta e ridurre la dipendenza da un singolo ambiente software.
In questo senso, Suasa diventa non soltanto il luogo nel quale sperimentare la proposta, ma un vero e proprio campo di lavoro attraverso il quale verificare come queste strategie digitali integrate possano supportare la gestione, la prevenzione del rischio, la manutenzione e la conservazione di un patrimonio archeologico e paesaggistico.

L’obiettivo finale è quindi **sviluppare un modello sostenibile e aggiornabile,** utilizzabile **contemporaneamente** da differenti categorie di **utenti** e potenzialmente **replicabile** in altri siti archeologici di dimensioni analoghe. La **tecnologia** non viene pertanto considerata come fine a sé stessa, ma come strumento per organizzare la conoscenza, favorire la collaborazione tra competenze e trasformare la **documentazione** disponibile in un supporto concreto ai processi di conservazione e gestione del patrimonio.

# 02

# LA FASE CONOSCITIVA

## 2.1. Leggere e sistematizzare la storia.

### Sito e contesto

Il Parco Archeologico di Suasa si trova nell'entroterra Marchigiano, più precisamente in località Pian Volpello nel comune di Castellone di Suasa. Il sito si colloca in una rilevante area archeologica dell'entroterra di Senigallia, in un territorio di confine tra le province di Pesaro-Urbino e Ancona. L'area si sviluppa ad est del fiume Cesano, in un ambito morfologicamente articolato da differenti altimetrie, e conserva significative testimonianze archeologiche riferibili al periodo romano. Il sito comprende numerosi resti dell'antica città romana di Suasa, tra cui l'Anfiteatro, il Foro e la Domus, che rappresentano, ad oggi, le principali emergenze archeologiche visibili e fruibili.

Le indagini archeologiche hanno inoltre portato alla luce ulteriori elementi del tessuto urbano, tra cui un tratto dell'antica strada basolata, tre aree sepolcrali, un teatro, un probabile tempio dedicato a Giove e un edificio termale, contribuendo a una più ampia ricostruzione dell'impianto della città romana (Giorgi, E. 2014).



*Figura 10. Immagine satellitare del Parco Archeologico di Suasa.*

Nota. Da Google Earth [Mappa satellitare del Parco Archeologico di Suasa, Castelleone di Suasa, Marche], di Google, 2026 (https://earth.google.com/).

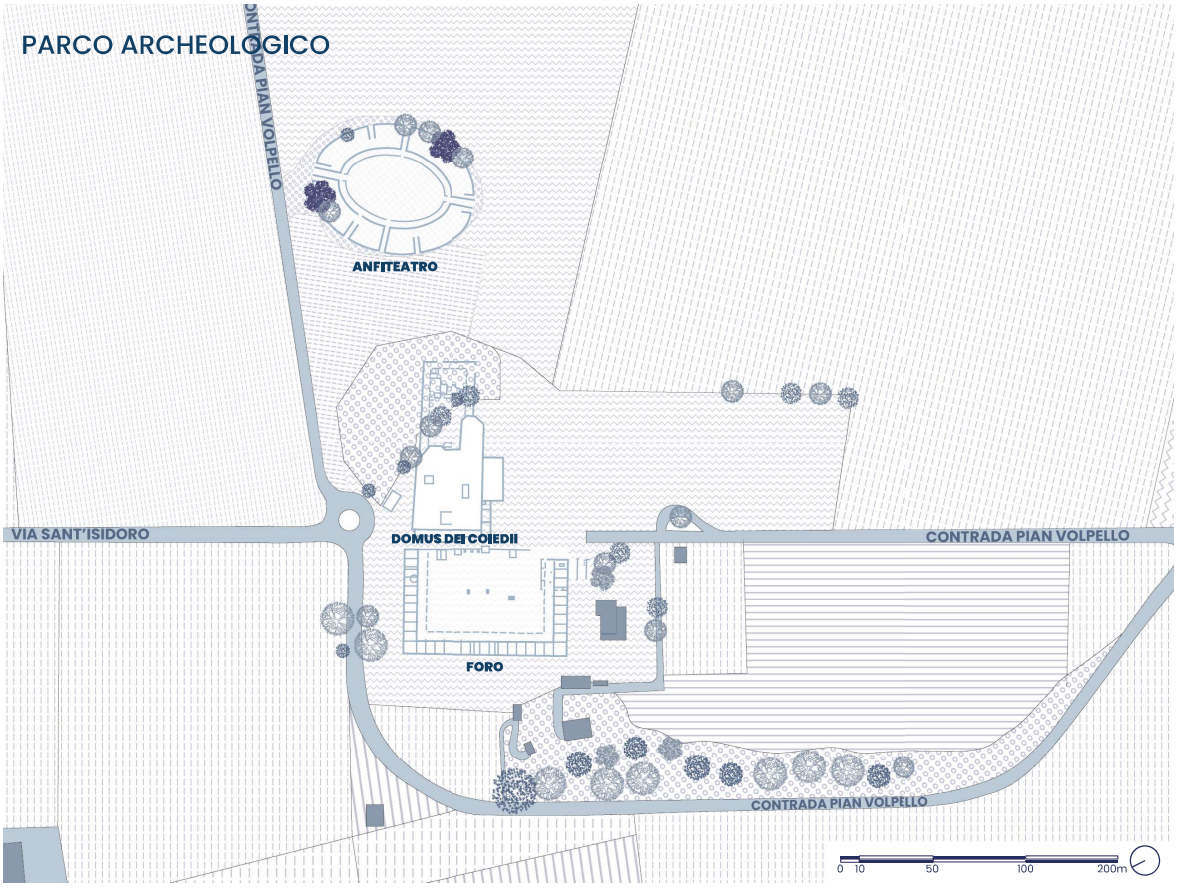



*Figura 11. Planimetria del Parco Archeologico di Suasa con l'anfiteatro, la Domus dei Coiedii e il foro*

## Edificazione, abbandono, riscoperta archeologica

Le fasi più antiche di frequentazione dell'area di Suasa si collocano **tra la fine del IV e l'inizio del III secolo a.C.**, verificate grazie ai dati emersi dalle indagini stratigrafiche che hanno consentito di superare l'interpretazione storiografica relativa alla nascita della città. Le evidenze archeologiche attestano una presenza umana molto precoce e indicano l'inizio di una prima occupazione stabile, da parte di cittadini romani, già **agli inizi del III secolo a.C.**, in un periodo successivo alla battaglia di Sentino (295 a.C.) e alla definitiva sottomissione del territorio da parte di Manio Curio Dentato tra il 284 e il 283 a.C. Le campagne militari romane provocarono un forte ridimensionamento della presenza gallica nell'area, ma non ne determinarono la completa scomparsa. Alcuni individui sopravvissero e si integrarono nei nuovi contesti romanizzati, come suggerisce il rinvenimento di un alfabetario suasano (Giorgi, E. 2014).

Quindi la formazione di un primo nucleo insediativo romano stabile è precedente alle "Assegnazioni Viritane" promosse da Gaio Flaminio nel 232 a.C. ed è possibile che, tale processo, sia stato favorito dall'iniziativa di mercanti romani oppure da privati cittadini che avrebbero iniziato a sfruttare l'area attraverso

la pratica dell'*occupatio*, appropriandosi di terre non ancora ufficialmente organizzate. In questa fase iniziale, lo sviluppo dell'insediamento si inserisce in un quadro dominato da esigenze economiche e commerciali, che trovarono espressione nella presenza di un semplice *Conciliabulum* e nella formazione di un insediamento diffuso, finalizzato alla valorizzazione delle rilevanti potenzialità agricole del territorio. I materiali archeologici riferiscono la presenza di una comunità eterogenea, nella quale elementi della tradizione picena continuano a convivere con le innovazioni introdotte dai nuovi coloni romani, delineando un processo di trasformazione graduale piuttosto che una rottura netta con il passato (Giorgi, E. 2014).

Come scritto in precedenza, **nel 232 a.C**., venne creata la Lex Flaminia, una legge popolare che disponeva la distribuzione viritana dell'*Ager Gallicus e del Piceno*, territori conquistati ai *Senoni* e ad altre popolazioni dell'Italia centro-adriatica. L'interessante novità è che vennero fatte delle assegnazioni di lotti individuali di proprietà a singoli cittadini romani poco abbienti, che portò, per il bisogno di un'organizzazione giuridica e amministrativa, alla nascita della ***Praefectura*** di Suasa. In questo periodo si realizzò una struttura preurbana più ordinata, come dimostrano le fondazioni ritrovate sotto i complessi edilizi più significativi come l'Area sacra repubblicana, poi ricoperta dal Foro, e la Casa del primo stile. L'impianto è centuriale, e lungo la via principale si sviluppano diversi complessi tra cui: la Casa del primo stile, dei sacelli e i resti di murature e pavimenti repubblicani coperti dall'Edificio di Oceano. La Casa del primo stile è situata a sud della futura *Domus dei Coiedii* ed è una casa ad atrio, così denominata, dai resti di stucchi dipinti che rivestivano le pareti di due *cubicula*. Per quanto riguarda i sacelli, ovvero delle piccole aree recintate intorno ad un altare, che verranno coperti dalla parte nord del Foro imperiale, sono distribuiti lungo una fascia adiacente la strada, con i resti del basamento modanato in pietra di un altare verso sud e quelli di un'area più articolata posta a nord. Quest'ultima è composta da un tempio *monopteros* e da un recinto rettangolare con due altari antistanti, affiancato da un'area pavimentata in cotto (Giorgi, E. 2014).

Grazie agli scavi condotti tra il **2012 e il 2016**, è stata rinvenuta la Necropoli Orientale. Pur non essendo emersa nella sua interezza, l'analisi delle circa cento sepolture ha permesso di datarne l'uso tra il III secolo a.C. e il pieno III secolo d.C., confermato dal ritrovamento di una moneta di Alessandro Severo in una delle tombe (Giorgi, E. 2024).
Con la nascita del ***Municipium*** nell'età tardo repubblicana, **dal II secolo a.C. avanzato fino al I secolo a.C.**, le strutture dell'area urbana vennero utilizzate

utilizzate come sottofondazioni per nuovi edifici e nacque la prima struttura che fungerà da base per la futura Domus dei Coiedii, ovvero la Casa ad atrio tuscanico (Giorgi, E. 2014).

Ma il vero e proprio sviluppo e periodo di prosperità della città romana, avvenne nell'**età alto-imperiale**, con lo sviluppo del Municipio, si pensa, a causa dell'assegnazione di terreni nel territorio di Suasa a coloni di *Pisaurum*. Dalle fondazioni degli edifici sacri esistenti nacque il **Foro**, il centro nevralgico della città. L'edificio presenta fondazioni massicce in cemento e un elevato realizzato in blocchetti di calcare. La sua struttura si sviluppa attorno a una piazza centrale, pavimentata con lastre di calcare rosa locale. Ai lati nord e sud e sul fondo a ovest della piazza si aprono tre ampi portici, che conducevano a una serie di tabernae di dimensioni regolari, interrotte da un vano centrale servito da due rampe che permettevano il collegamento con un attico situato al centro del portico occidentale (Giorgi, E. 2024).
Di fronte a questo grande complesso, dall'altro lato della via del Foro, vennero costruiti due edifici laterali più ampi, posti a nord e a sud, identificati come Edificio S e Edificio 6, e due ambienti minori, collocati centralmente e denominati Edificio 3 e Edificio 5. Solo l'Edificio 5, situato circa sull'asse centrale est-ovest della piazza, presenta la stessa tecnica costruttiva delle tabernae e dei portici occidentali, suggerendo che facesse parte dello stesso progetto (Giorgi, E. 2024).
Analogamente a quanto osservato per le strutture del Foro, che sovrastavano l'area sacra repubblicana, questa aula copriva l'ingresso della precedente Casa del Primo Stile, che venne così abbandonata e inglobata nel nuovo assetto urbano imperiale. Tutte le aule, rialzate su bassi podi e accessibili tramite gradini dal portico orientale lungo la Via del Foro, sembrano appartenere a una fase alto-imperiale, successivamente rimaneggiata tra il II e III secolo d.C., periodo in cui fu rialzata anche la pavimentazione basolata della strada. La funzione di questi ambienti resta incerta, ma appare evidente la loro destinazione pubblica, probabilmente erano strutture polifunzionali, utilizzate sia per riunioni collegiali, soprattutto le due maggiori, sia per la gestione della vita cittadina e il culto imperiale (Giorgi, E. 2024).
In particolare, l'aula maggiore a nord (Aula S) conserva un pavimento musivo figurato e policromo realizzato in una seconda fase edilizia all'inizio del III secolo d.C., quando l'edificio era collegato agli ambienti circostanti della *Domus dei Coiedii.* L'Aula è collegata tramite una piccola rampa di servizio nell'angolo sud-ovest a un corridoio esterno al muro perimetrale meridionale, che costituiva l'accesso principale alla *Domus dei Coiedii* retrostante. L'altra aula maggiore a sud (Edificio 6) era anch'essa accessibile tramite una breve gradinata verso

l'antistante area calcidica e presentava, sul fondo, una nicchia centrale anticipata da un bancone, probabilmente destinato a sostenere un ciclo scultoreo con una figura principale nell'esedra rettangolare (Giorgi, E. 2024).
In questo periodo vennero costruiti gli edifici per spettacolo, il **Teatro** e l'**Anfiteatro**, oltre alle prime fasi delle Necropoli settentrionale e meridionale, e alla seconda fase della Necropoli Orientale (Giorgi, E. 2014).

La particolare scoperta del **teatro** è stata rinvenuta tramite fotogrammetria aerea dall'Università di Bologna, nell'estate torrida e siccitosa del **2003**. Non sono stati fatti recenti scavi, per questo solo grazie ai dati della fotogrammetria sappiamo che il diametro della *Cavea* è circa di 50metri con un ampliamento di 3metri fatto circa nel III secolo d.C. Inoltre, la scena è parallela al muro di fondo della *Domus dei Coiedii,* a significare che l'edificio era ben inserito nel contesto urbano (Destro, M., & Giorgi, E. 2008).

Nell'**età medio imperiale** sorge il nucleo della città, l'enorme ***Domus dei Coiedii.*** È un complesso di oltre tremila metri quadrati che ingloba la casa ad atrio tuscanico dell'età tardo-repubblicana (Giorgi, E. 2014). La conservazione di alcuni ambienti della dimora originaria, come i cubicula, il tablinum e l'atrio, quest'ultimo rielaborato in forma monumentale come atrio tetrastilo, ha inizialmente portato a interpretare il complesso come un ampliamento della residenza preesistente, attribuibile alla *gens Coiedia* e destinato prevalentemente a uso privato. Studi più recenti hanno tuttavia avanzato un'ipotesi alternativa, secondo cui l'edificio potrebbe essere identificato come una domus pubblica, dotata di ampie aule con funzioni di rappresentanza. Ulteriori indizi a sostegno dell'interpretazione pubblica del complesso derivano da una seconda fase edilizia, databile tra il II e il III secolo d.C. Tra questi rientrano la decorazione dell'*Oecus tricliniare*, con pavimenti e mosaici allusivi ai *munera gladiatoria*, la presenza di ambienti interpretati come *hospitalia*, destinati all'ospitalità, e la realizzazione di un complesso termale di dimensioni rilevanti, difficilmente riconducibile a un uso esclusivamente privato. La presenza di accessi secondari e i collegamenti con il quartiere del Teatro e dell'Anfiteatro suggeriscono una fruizione ampia e articolata degli spazi (Giorgi, E. 2024).
Nel complesso, l'area lungo la Via del Foro sembra configurarsi come un sistema integrato di edifici pubblici, con funzioni commerciali sul lato occidentale e civili, religiose e rappresentative su quello orientale.
A completamento del quadro urbano di età imperiale, va ricordata anche la presenza, a sud della *Domus dei Coiedii*, dell'Edificio di Oceano, costruito su preesistenze repubblicane. L'edificio prende il nome dalla raffigurazione musiva

centrale, oggi molto lacunosa e di difficile interpretazione (Giorgi, E. 2024).
A sud del grande Foro commerciale, inglobato nel casolare cinquecentesco noto come Il Tappatino e recenti scavi hanno messo in luce un podio monumentale preceduto da una scalinata, affacciato su una piazza porticata lungo la Via del Foro, realizzata anch'essa a discapito di precedenti strutture tardo-repubblicane. Infine, è attestata una seconda fase di frequentazione e utilizzo della Necropoli Meridionale (Giorgi, E. 2024).

Nell'età **tardo-imperiale** si registrarono svariati cambiamenti, non solo alla *Domus* precisamente nel fronte principale ma anche alla strada inghiaiata che venne rialzata e ripavimentata in basoli con un leggero spostamento dell'asse verso est (De Maria, S., & Giorgi, E. 2013). In questa fase viene ridefinito il sistema di accesso al Foro, con l'innalzamento del basolato della strada antistante e una profonda trasformazione del fronte su strada della *Domus*.

L'intervento più significativo all'**inizio del III secolo d.C**. riguarda la ridefinizione del rapporto tra la strada e la piazza, con i relativi portici e le tabernae. Sul margine occidentale della nuova strada basolata venne infatti realizzato un muro in laterizio, strutturalmente distinto dalle altre costruzioni che delimitavano la piazza, con la funzione di separare in modo definitivo lo spazio forense dalla strada e dal portico orientale. Di questo elemento architettonico rimangono oggi principalmente le fondazioni. Il muro era dotato di tre ingressi monumentali, di cui quello centrale era allineato con l'asse trasversale della piazza, in corrispondenza,

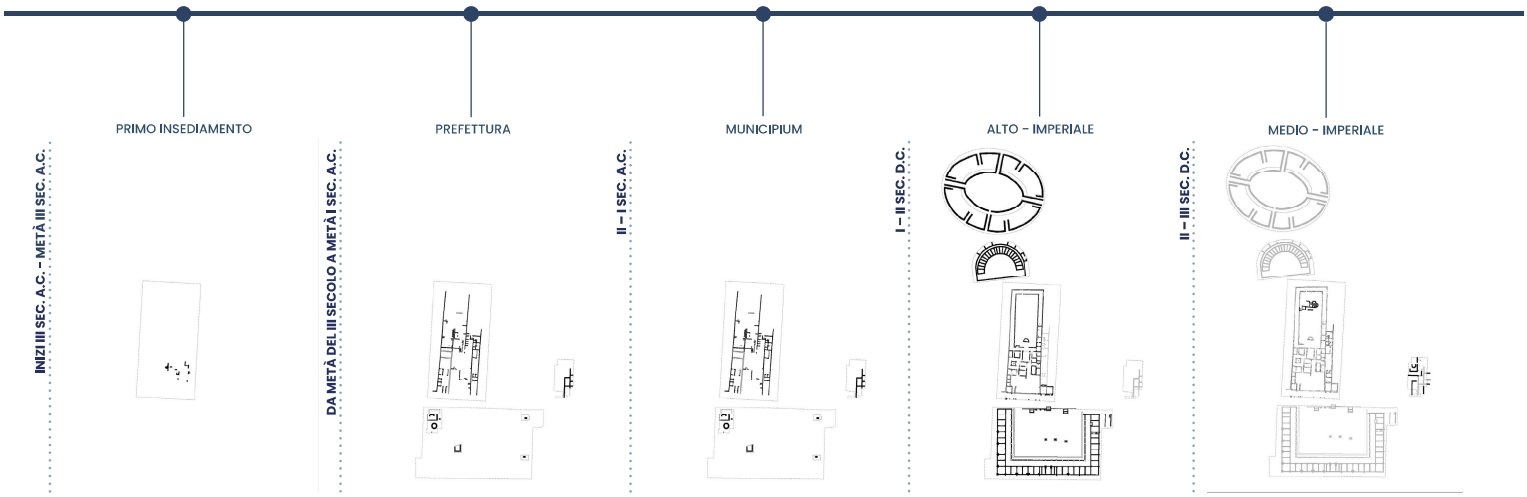
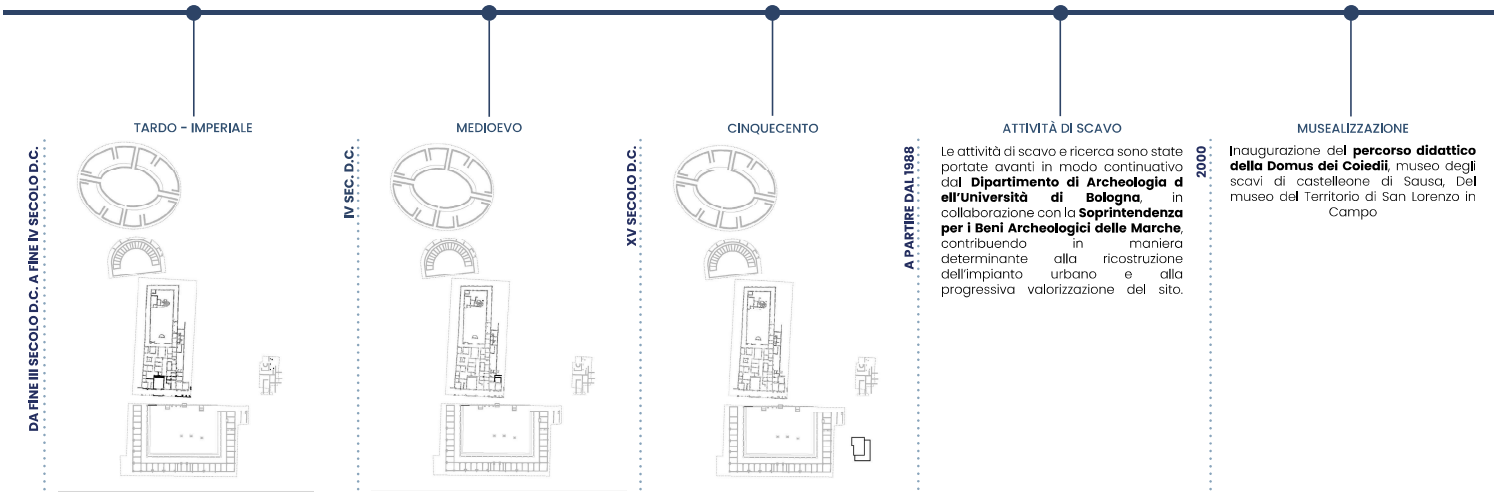



*Figura 12. Linea del tempo dal III secolo a.C. ai giorni nostri*

da un lato, dell'Edificio 3 e, dall'altro, di un grande vano situato alle spalle del portico occidentale del Foro. Poco a nord del portale settentrionale, all'interno della piazza, venne inoltre realizzata una fontana a prospetto semicircolare, della quale si conservano solo le strutture di base (Giorgi, E. 2024).
Questi interventi determinarono una profonda trasformazione dell'assetto spaziale dell'area: la strada cessò di essere parte integrante dello spazio forense, così come il tratto residuo del portico orientale. La piazza assunse un carattere chiuso e autonomo, accessibile esclusivamente attraverso i nuovi portali. Parallelamente, gli edifici disposti sul lato orientale (Edifici 3, 5, 6 e Aula S) acquisirono una nuova autonomia funzionale, affacciandosi direttamente sulla strada. In questo nuovo assetto, la Via del Foro sembra assumere una valenza pubblica indipendente rispetto alla piazza (De Maria, S., & Giorgi, E. 2013)

Inizia poi il **declino** della città romana di Suasa nel **periodo tardo-antico** con i primi cenni di ruralizzazione. Il corpo centrale della *Domus dei Coiedii* sembra trasformato in domus ecclesiae o edificio religioso, con riorganizzazione attorno al salone G e il giardino diventa una piccola necropoli tardiva con tombe alla "cappuccina" ovvero costruite con le tegole e tombe a cassone (Giorgi, E. 2024).

La vera e propria **fine** della città avvenne nell'**età alto-medievale** (Giorgi, E. 2014). Si pensa che la causa principale sia dipesa soprattutto dalle particolari circostanze geografiche, che determinarono un significativo dissesto idrogeologico, capace di accelerare lo spopolamento già in atto anche altrove,



causato dall'instabilità politica e dalle carestie ed epidemie del periodo di passaggio tra la fine dell'antichità e l'inizio del medioevo (Giorgi, E. 2024).

Le prime ricerche nell'area risalgono al periodo compreso tra il **1878 e il 1894,** grazie agli studi condotti da Giuliano Vanzolini ed Edoardo Brizio, che avviarono le prime indagini sistematiche sul sito. Solo a partire dagli anni Cinquanta del Novecento si registra una rinnovata attenzione verso il sito di Suasa, grazie all'attività di Gello Giorgi, che avviò una raccolta di reperti provenienti dall'area, successivamente confluiti nel primo nucleo del Museo di San Lorenzo in Campo.

Negli **anni Settanta** la Soprintendenza Archeologica delle Marche promosse una serie di interventi finalizzati al recupero dell'Anfiteatro (Bagnolini, B. 2016).

Nel **1987** grazie alla collaborazione tra l'Associazione intercomunale Valli del Misa e del Nevola (successivamente Consorzio Città Romana di Suasa), l'Istituto di Archeologia dell'Università di Bologna, con il supporto della Soprintendenza Archeologica per le Marche e dell'amministrazione comunale di Castelleone di Suasa, furono avviati studi sistematici sul sito che portarono alla definizione di un primo progetto per la costituzione del Parco Archeologico (Bagnolini, B. 2016).

A partire dal **1987-1988**, il Dipartimento di Archeologia dell'Università di Bologna avviò un programma sistematico di ricerche archeologiche nel sito di Suasa, in collaborazione con la Soprintendenza Archeologica delle Marche. Le attività

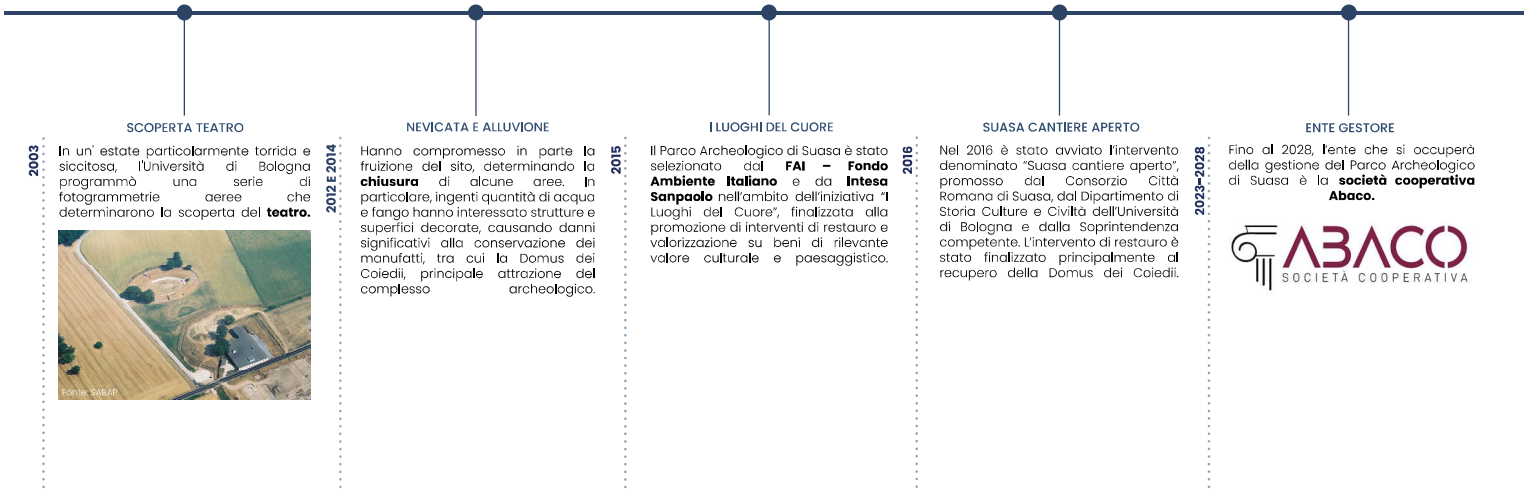



*Figura 11. Linea del tempo dal III secolo a.C. ai giorni nostri*

di scavo e ricerca, proseguite negli anni successivi, hanno contribuito in modo significativo all'ampliamento delle conoscenze sull'impianto urbano e alla valorizzazione del sito (Dall'Aglio, P. L., & De Maria, S. 1988).

A partire dal **1987-1988**, il Dipartimento di Archeologia dell'Università di Bologna avviò un programma sistematico di ricerche archeologiche nel sito di Suasa, in collaborazione con la Soprintendenza Archeologica delle Marche. Le attività di scavo e ricerca, proseguite negli anni successivi, hanno contribuito in modo significativo all'ampliamento delle conoscenze sull'impianto urbano e alla valorizzazione del sito (Dall'Aglio, P. L., & De Maria, S. 1988).

I diversi progetti e gli interventi sviluppati nel corso degli anni dai vari enti coinvolti hanno contribuito, nel **2000**, all'inaugurazione del percorso didattico della *Domus dei Coiedii*, del Museo degli Scavi di Castelleone di Suasa e del Museo del Territorio di San Lorenzo in Campo. Tali iniziative hanno rappresentato importanti momenti nel processo di valorizzazione e di conoscenza del patrimonio archeologico di Suasa. Tuttavia, non hanno impedito il permanere di numerose problematiche, proprie di una realtà complessa e in continua evoluzione quale quella di un "cantiere aperto" come il Parco Archeologico di Suasa (Parco Archeologico di Suasa. s.d.).

L'area archeologica è stata aperta al pubblico nel **2000**, configurandosi come uno dei principali parchi archeologici della regione Marche. Tuttavia, eventi calamitosi recenti, come **la nevicata del 2012 e l'alluvione del 2014** (Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Ancona e Pesaro e Urbino, 2026), hanno compromesso in parte la fruizione del sito, determinando la chiusura di alcune aree. In particolare, ingenti quantità di acqua e fango hanno interessato strutture e superfici decorate, causando danni significativi alla conservazione dei manufatti, tra cui la *Domus dei Coiedii*, principale attrazione del complesso archeologico.

Nel **2015** il Parco Archeologico di Suasa è stato selezionato dal FAI – Fondo Ambiente Italiano e da Intesa Sanpaolo nell'ambito dell'iniziativa "I Luoghi del Cuore", finalizzata alla promozione di interventi di restauro e valorizzazione su beni di rilevante valore culturale e paesaggistico. Il progetto ha riguardato siti che avevano ottenuto almeno 1.000 voti e che sono stati successivamente valutati attraverso specifiche Linee Guida, permettendo così l'accesso a finanziamenti dedicati, integrati da ulteriori contributi provenienti da enti locali e istituzioni coinvolte nella gestione del parco (FAI – Fondo Ambiente Italiano. s.d.).

Nel **2016** è stato avviato l'intervento denominato "Suasa cantiere aperto", promosso dal Consorzio Città Romana di Suasa, dal Dipartimento di Storia Culture e Civiltà dell'Università di Bologna e dalla Soprintendenza competente. L'intervento di restauro è stato finalizzato principalmente al recupero della *Domus dei Coiedii,* una residenza aristocratica di notevoli dimensioni, caratterizzata da estese superfici musive e considerata l'elemento di maggiore rilevanza del complesso archeologico. In particolare, i lavori hanno interessato il settore termale, gli ambienti di servizio e un edificio ad aula su podio. Il cantiere è stato concepito come un laboratorio aperto, consentendo al pubblico di visitare il sito durante le fasi operative e di osservare direttamente le attività di restauro, favorendo così il coinvolgimento della comunità locale nei processi di valorizzazione del patrimonio culturale (FAI – Fondo Ambiente Italiano. s.d.).

Nel **2017**, a conclusione degli interventi di restauro dei pavimenti musivi della *Domus dei Coiedii*, il Parco Archeologico di Suasa è stato riaperto al pubblico dopo un periodo di chiusura durato circa quattro anni. Tale riapertura rappresenta un momento significativo nel percorso di valorizzazione del sito, evidenziando come la collaborazione tra istituzioni e comunità locale possa contribuire in modo concreto alla tutela, alla gestione e alla fruizione del patrimonio archeologico (Redazione ANSA. 2017, 30 giugno).

**Attualmente**, il Parco Archeologico di Suasa è aperto alle visite e comprende tre principali elementi di interesse: la Domus dei Coiedii, il Foro e l'Anfiteatro. Quest'ultimo viene utilizzato prevalentemente durante il periodo estivo come spazio destinato alla realizzazione di eventi e spettacoli. La Domus dei Coiedii è invece organizzata come museo al chiuso, mentre il Foro è fruibile come museo all'aperto.

### Stato di conservazione: costruito

I manufatti archeologici attualmente visibili nel Parco, quali la *Domus dei Coiedii*, il Foro e l'Anfiteatro, presentano prevalentemente una consistenza materiale riconducibile alla condizione di rudere, con strutture leggibili soprattutto a livello di fondazione e murature conservate in forma ridotta. Tale condizione materiale non coincide necessariamente con lo stato di conservazione dei manufatti, che deve essere valutato in relazione alla presenza e alla diffusione di fenomeni di degrado e alterazione e alle conseguenti condizioni di salute delle strutture. Fa eccezione l'Anfiteatro che, grazie agli interventi di scavo e di restauro nel corso del tempo, è in uno stato mediocre con danni parziali, degradi localizzati e mancanze di alcuni elementi architettonici, pur mantenendo una chiara

leggibilità complessiva. Per quanto riguarda le strutture non visibili, lo stato di conservazione effettivo non è noto ad oggi. Alcuni edifici come il teatro, sono stati nuovamente interrati dopo essere stati scoperti, scavati, e poi eseguite indagini archeologiche, rendendo impossibile una valutazione diretta e aggiornata delle loro condizioni.




*Figura 13. Documentazione fotografica del Parco Archeologico di Suasa:*
*(a) murature dell'Anfiteatro, (b) murature e copertura della Domus dei Coiedii, (c) fondazioni del Foro, (d) vomitoria dell'Anfiteatro, (e) veduta dalla Domus dei Coiedii sul Foro*
*Nota. Fotografie dell'autrice.*

### Stato di conservazione: vegetazione (a cura di Federico Giulioni)

La vegetazione all'interno del Parco Archeologico presenta un'incidenza differente a seconda delle aree considerate. L'intero complesso archeologico è inserito in un contesto prevalentemente agricolo, essendo circondato da campi coltivati che ne accentuano il carattere isolato rispetto al paesaggio circostante. La gestione della componente vegetale deve quindi tenere conto non solo della conservazione delle strutture archeologiche, ma anche delle caratteristiche ecologiche e paesaggistiche del sito (Caneva, 1999).

**L'Anfiteatro.**

L'Anfiteatro romano presenta un inerbimento nella porzione centrale, circondato

da individui arborei maturi, in particolare querce. La copertura erbacea interna può essere considerata compatibile con la conservazione se mantenuta bassa e controllata, poiché contribuisce a ridurre l'erosione superficiale e a mantenere la stabilità del suolo (Historic England, 2023). Il problema principale è quindi rappresentato dal rapporto tra la vegetazione arborea matura, le murature antiche e le dinamiche di rinnovazione spontanea.
Le querce poste lungo il perimetro producono semi che possono raggiungere le superfici archeologiche e gli interstizi murari. La germinazione delle ghiande può generare plantule direttamente sulle architetture dell'anfiteatro o nelle loro immediate vicinanze. Nelle fasi iniziali questi individui possono apparire poco rilevanti, ma con l'accrescimento dell'apparato radicale possono inserirsi progressivamente in fessure, giunti, fratture e lacune delle murature, ampliandone le discontinuità e determinando un crescente rischio di danno meccanico (Caneva et al., 2006).
La presenza di alberi maturi richiede inoltre il controllo del loro stato fitosanitario e della stabilità, non solo per motivi conservativi ma anche per la sicurezza dei visitatori e degli operatori. La gestione dell'area deve quindi integrare la valutazione della vegetazione, il monitoraggio delle murature e una manutenzione selettiva, evitando interventi generalizzati che non tengano conto delle caratteristiche dei singoli individui e della loro relazione con le strutture archeologiche.

**Il Teatro.**
La seconda macroarea corrisponde alla prateria che ricopre il teatro romano sepolto. Si tratta di uno dei settori più delicati del parco, poiché le strutture archeologiche non sono visibili in superficie ma sono presenti a ridotta profondità.




*Figura 14. Vegetazione infestante sulle strutture murarie:*
*(a) quercia cresciuta all'interno della muratura, (b) semenzali di quercia nella muratura, (c) edera sulla muratura.*
*Nota. Fotografie dell'autrice.*

La copertura vegetale non deve quindi essere considerata come una semplice superficie erbosa, ma come una componente che svolge contemporaneamente una funzione di protezione del suolo, di interesse ecologico e di possibile pressione sui resti sottostanti (Historic England, 2023; Caneva, 1999).
Il rilievo floristico ha evidenziato una vegetazione di incolto erbaceo sviluppatasi in seguito all'abbandono recente delle pratiche colturali. La composizione floristica mostra la compresenza di specie annuali ruderali e infestanti dei coltivi e di specie perenni proprie di comunità prative. Tale composizione indica una fase ecologica ancora instabile, intermedia tra una vegetazione ruderale post-colturale e una comunità prativa maggiormente strutturata.
Tra le specie presenti, alcune richiedono particolare attenzione per la loro persistenza, vigoria o per la presenza di apparati radicali potenzialmente più problematici. In particolare, la presenza di specie come *Cynodon dactylon, Cirsium arvense, Artemisia vulgaris e Dittrichia viscosa* rende necessario un monitoraggio della composizione della prateria e della sua evoluzione nel tempo (Giulioni et al., 2026).
Un ulteriore elemento di interesse è rappresentato dalla presenza di orchidee spontanee, distribuite in diversi settori prativi del parco. Tra le specie osservate rientrano *Serapias lingua, Orchis purpurea e Anacamptis pyramidalis*, tipiche di ambienti aperti, margini erbosi e praterie soggette a gestione estensiva. La loro presenza rappresenta un elemento di interesse floristico e paesaggistico e conferma l'importanza di considerare la vegetazione non soltanto come possibile fattore di rischio per le strutture archeologiche, ma anche come componente ecologica da conoscere, monitorare e valorizzare (Ballelli & Cesaretti, 2013).
Le orchidee terrestri sono particolarmente sensibili alle trasformazioni dell'habitat e il loro ciclo biologico dipende da condizioni specifiche, tra cui la stabilità del suolo, la continuità della copertura erbacea e la presenza di relazioni micorriziche (Pecoraro et al., 2018). La loro distribuzione può quindi essere considerata anche un indicatore della qualità ecologica di alcuni lembi prativi e della compatibilitàtra gestione del verde e conservazione della biodiversità (Scramoncin et al., 2024).
La presenza di queste specie assume di conseguenza un significato gestionale rilevante. Interventi di sfalcio uniforme e indifferenziato, soprattutto se effettuati durante la fioritura o prima della disseminazione, possono compromettere la permanenza delle popolazioni presenti. Una gestione differenziata dello sfalcio, calibrata sulla localizzazione delle specie e sulle loro fasi fenologiche, consente invece di conciliare le esigenze di fruizione e decoro del sito con la conservazione delle componenti botaniche di pregio.
La mappatura degli individui o dei nuclei di orchidee rappresenta pertanto uno strumento operativo utile per individuare le aree a maggiore interesse floristico e

distinguerle dai settori destinati al passaggio, alla visita o alla manutenzione più frequente. Nelle zone in cui sono presenti orchidee può essere previsto uno sfalcio tardivo, successivo alla conclusione della fase riproduttiva (Regione Marche, s.d.), mentre nei settori privi di emergenze floristiche è possibile mantenere una gestione più ordinaria, utile anche a definire corridoi di percorrenza e limitare il calpestio diffuso.
Nel settore del teatro sepolto, la criticità principale non è quindi la presenza della prateria in sé, ma la sua composizione e la modalità con cui viene gestita. Una copertura erbacea continua può svolgere una funzione protettiva, mentre una comunità dominata da specie perenni vigorose, rizomatose o con apparati radicali più sviluppati può esercitare una pressione maggiore sui resti sottostanti. Il problema è ulteriormente accentuato dall'assenza di elementi architettonici emergenti, che può favorire interventi manutentivi standardizzati o percorsi pedonali non controllati sopra strutture archeologiche sensibili.
Anche lo sfalcio uniforme può risultare problematico, poiché elimina indistintamente specie potenzialmente dannose e specie prive di particolare pericolosità, senza concentrare gli interventi sugli elementi che contribuiscono maggiormente al rischio. Dal punto di vista ecologico, inoltre, una gestione non differenziata può ridurre la presenza di specie di interesse e compromettere le fioriture utili agli impollinatori. Un ulteriore fattore di criticità è rappresentato dal calpestio, che può compattare il suolo, alterare la copertura erbacea e favorire specie ruderali più resistenti al disturbo. Per questo motivo la fruizione dovrebbe essere indirizzata lungo corridoi definiti, evitando il transito diffuso nelle aree più sensibili del teatro.

**La Domus dei Coiedii.**

La terza macroarea è rappresentata dall'inerbimento artificiale o semi-artificiale della *Domus*. In questo settore la vegetazione svolge principalmente una funzione protettiva, estetica e di fruizione. Le specie presenti comprendono prevalentemente Poaceae e specie erbacee a fiore.
Rispetto alla prateria del teatro, la copertura risulta maggiormente connessa alla gestione ordinaria del sito e meno legata a dinamiche spontanee di particolare interesse floristico.
La funzione positiva del cotico erboso consiste nel mantenere una superficie stabile, leggibile e percorribile, limitando erosione, polvere e ruscellamento. Anche in questa area deve, tuttavia, essere evitato l'ingresso di specie legnose o ruderali vigorose, che potrebbero colonizzare bordi, lacune o punti di contatto con le strutture archeologiche (Signorini, 1995). La gestione può quindi essere più regolare rispetto all'area del teatro, ma deve comunque mantenere un controllo

sulla composizione botanica.
La principale criticità futura è rappresentata dalla possibile evoluzione incontrollata del prato verso una condizione di incolto ruderale. L'interruzione degli sfalci o una gestione discontinua potrebbe infatti determinare una maggiore produzione di biomassa e materiale secco, una minore leggibilità delle superfici e un incremento della possibilità di colonizzazione delle strutture.

Nel complesso, le criticità della vegetazione variano in relazione alle caratteristiche delle singole aree. Nell'anfiteatro la principale attenzione deve essere rivolta alla combinazione tra alberi maturi e strutture murarie antiche, considerando sia la disseminazione spontanea sia l'azione degli apparati radicali. Nel settore del teatro sepolto, invece, assume maggiore importanza la composizione della prateria e la modalità di gestione dello sfalcio, anche in relazione alla presenza di specie botaniche di interesse. Nella Domus le criticità risultano più contenute e sono principalmente legate al mantenimento di una gestione regolare del prato e al controllo delle specie spontanee.
Il Parco Archeologico di Suasa, in quanto area di interesse storico-culturale e archeologico, è inoltre inserito in un contesto sottoposto a tutela paesaggistica e ambientale. Il vincolo paesaggistico ai sensi del D.Lgs. 42/2004 interessa infatti anche il contesto nel quale sono inserite le strutture archeologiche, riconoscendo il rapporto tra patrimonio costruito, paesaggio e componente vegetale.
Di conseguenza, la gestione del verde non può essere considerata una semplice attività di decoro o manutenzione ordinaria, ma deve essere integrata all'interno delle strategie di conservazione del sito (ICOMOS, 1990). Gli interventi devono tenere conto contemporaneamente della tutela delle strutture archeologiche, della conservazione del paesaggio storico e della biodiversità presente. In questo senso, la conoscenza della vegetazione, la sua mappatura e il monitoraggio della sua evoluzione costituiscono strumenti necessari per programmare interventi mirati e proporzionati alle diverse condizioni presenti all'interno del parco.

### Le specificità dell'area

Ad oggi, le criticità che interessano il Parco Archeologico sono numerose. Una delle principali è certamente rappresentata dalla sua **estensione**. Come evidenziato dal SIT, Sistema Informativo Territoriale, l'area individuata come zona E1, corrispondente alla "*Zona di Rispetto dell'Area Archeologica – Aree Agricole di Rilevante Valore Paesistico-Ambientale – Zona di Rispetto dell'Area Archeologicd*", si estende per quasi 55 ettari. Una superficie così ampia si traduce in una valorizzazione limitata e in una gestione non pienamente adeguata alla complessità e all'articolazione dei manufatti presenti. L'estensione dell'area

accentua infatti le difficoltà gestionali, soprattutto considerando che l'oggetto di studio è un'intera città romana, della quale una parte significativa risulta tuttora non riportata alla luce.
La **continua attività** di scavo se da un lato comporta un costante aggiornamento delle conoscenze e la possibilità di nuovi rinvenimenti, dall'altro rende complessa la definizione di una pianificazione progettuale stabile e definitiva.
Un'ulteriore criticità è legata al **rapporto funzione/fruizione** attualmente presenti all'interno del parco. La *Domus dei Coiedii* rappresenta il principale manufatto utilizzato per la fruizione museale al coperto. L'Anfiteatro viene invece utilizzato principalmente durante il periodo estivo per lo svolgimento di eventi e spettacoli, mentre il Foro costituisce una prosecuzione all'aperto del percorso di visita della Domus. Le attrezzature e gli strumenti predisposti per la fruizione museale non risultano tuttavia sempre sufficienti a garantire una comprensione autonoma e completa del sito senza il supporto di una guida.
Però recentemente è stato sviluppato un progetto di incentivazione al turismo attraverso la collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Civile edile Architettura (DICEA) dell'Università Politecnica delle Marche (D'Alessio et al., 2026), finalizzato a dotare il Comune di strumenti, sia in termini di contenuti sia di mezzi materiali, capaci di favorire un turismo sostenibile e autonomo attraverso la valorizzazione dei beni culturali di cui il territorio è custode. Tra le principali innovazioni introdotte rientra la realizzazione di un'applicazione che consente di visitare la Domus in maniera interattiva. Attraverso l'utilizzo di un tablet, la mascotte del Parco, Nina, una piccola medusa, accompagna bambini e adulti durante il percorso di visita. Attraversando gli ambienti della Domus, il visitatore può inquadrare gli spazi e visualizzare ricostruzioni e contenuti relativi ai mosaici e agli ambienti, rendendo l'esperienza maggiormente interattiva. Il Parco è stato inoltre dotato di un percorso che consente di effettuare la visita in autonomia. Attraverso il proprio smartphone è infatti possibile attivare una serie di QR code che forniscono testi, alcune ricostruzioni degli ambienti e delle strutture, nonché contenuti audio relativi a ciò che si sta osservando. I contenuti sono disponibili in italiano, inglese e francese (Parco Archeologico di Suasa. s.d.).
Queste iniziative rappresentano certamente un importante punto di partenza per il miglioramento della fruizione del sito, ma permangono ulteriori problematiche significative. Il parcheggio utilizzato temporaneamente in occasione degli eventi, collocato al di sopra del teatro ipogeo, risulta poco adeguato alla presenza di un'architettura particolarmente fragile. Inoltre, le funzioni e le strutture presenti nelle immediate vicinanze del parco non risultano integrate con il sistema archeologico, determinando una scarsa relazione tra il sito e le attività ad esso connesse. A tali problematiche si aggiungono ulteriori carenze relative alla **fruizione e**

**all'accessibilità.**
La segnaletica risulta insufficiente e manca una chiara identità percettiva del luogo; transitando nelle vicinanze, infatti, non è sempre immediatamente riconoscibile la presenza dell'area archeologica. Le diverse aree emergenti non risultano inoltre adeguatamente connesse tra loro. Sebbene il dislivello tra la Domus e il Foro consenta di sviluppare un percorso di visita continuo, il dislivello presente tra la Domus e il relativo giardino limita la possibilità di una visione completa dell'area. Una parte del giardino risulta inoltre coperta da strutture in lamiera grecata che, oltre a non contribuire alla valorizzazione del contesto, rendono l'area difficilmente raggiungibile e visitabile. Un ulteriore elemento di criticità è rappresentato dal fosso tra la Domus e l'Anfiteatro. Tale elemento è stato realizzato in seguito alla alluvione del 2014 che ha interessato il sito e che ha portato la Domus a essere in parte sommersa, è stato quindi realizzato con la funzione di incanalare le acque provenienti da monte e ridurre il rischio di un nuovo evento alluvionale. Sebbene svolga pertanto una funzione di protezione del patrimonio, esso determina una netta separazione fisica tra la Domus e l'Anfiteatro, ostacolando la continuità del percorso di visita e contribuendo a una percezione frammentata dell'area archeologica. La presenza di dislivelli, fossati e altri elementi impedisce quindi una visione unitaria del sito e limita un'accessibilità adeguata alle diverse categorie di utenti. Anche gli accessi al Parco risultano poco riconoscibili dall'esterno, rendendo difficile l'individuazione stessa dell'area archeologica. A ciò si aggiunge la presenza della strada che attraversa il sito e che, nonostante sia stata in parte eliminata in corrispondenza del rinvenimento della strada basolata sottostante, costituisce ancora una barriera fisica e percettiva rispetto agli altri resti archeologici presenti nell'area, come nel caso della necropoli settentrionale. Infine, un'ulteriore criticità è rappresentata dalla **gestione della vegetazione,** che risulta attualmente limitata e, in alcuni casi, può costituire un fattore di rischio per la conservazione dei manufatti archeologici. Un esempio significativo è rappresentato dalla vegetazione che ricopre completamente il teatro, attualmente interrato, rendendone difficile la leggibilità e la riconoscibilità. Un caso ancora più evidente è quello della quercia secolare, elemento di particolare valore ambientale e paesaggistico, le cui radici sono inserite nella muratura dell'Anfiteatro. Questo tipo di interazione tra vegetazione e costruito evidenzia la necessità di considerare la componente vegetale non soltanto dal punto di vista paesaggistico, ma anche in relazione alla conservazione e alla vulnerabilità del patrimonio archeologico.




*Figura 15. Analisi delle potenzialità e delle criticità relative all'estensione del Parco Archeologico di Suasa*


STRADA PROVINCIALE 14
Zona E1 – SIT
543 077 m²
CONTRADA PIAN VOLPELLO
PIAN VOLPELLO
FIUME CESANO
0 10 50 100 200m

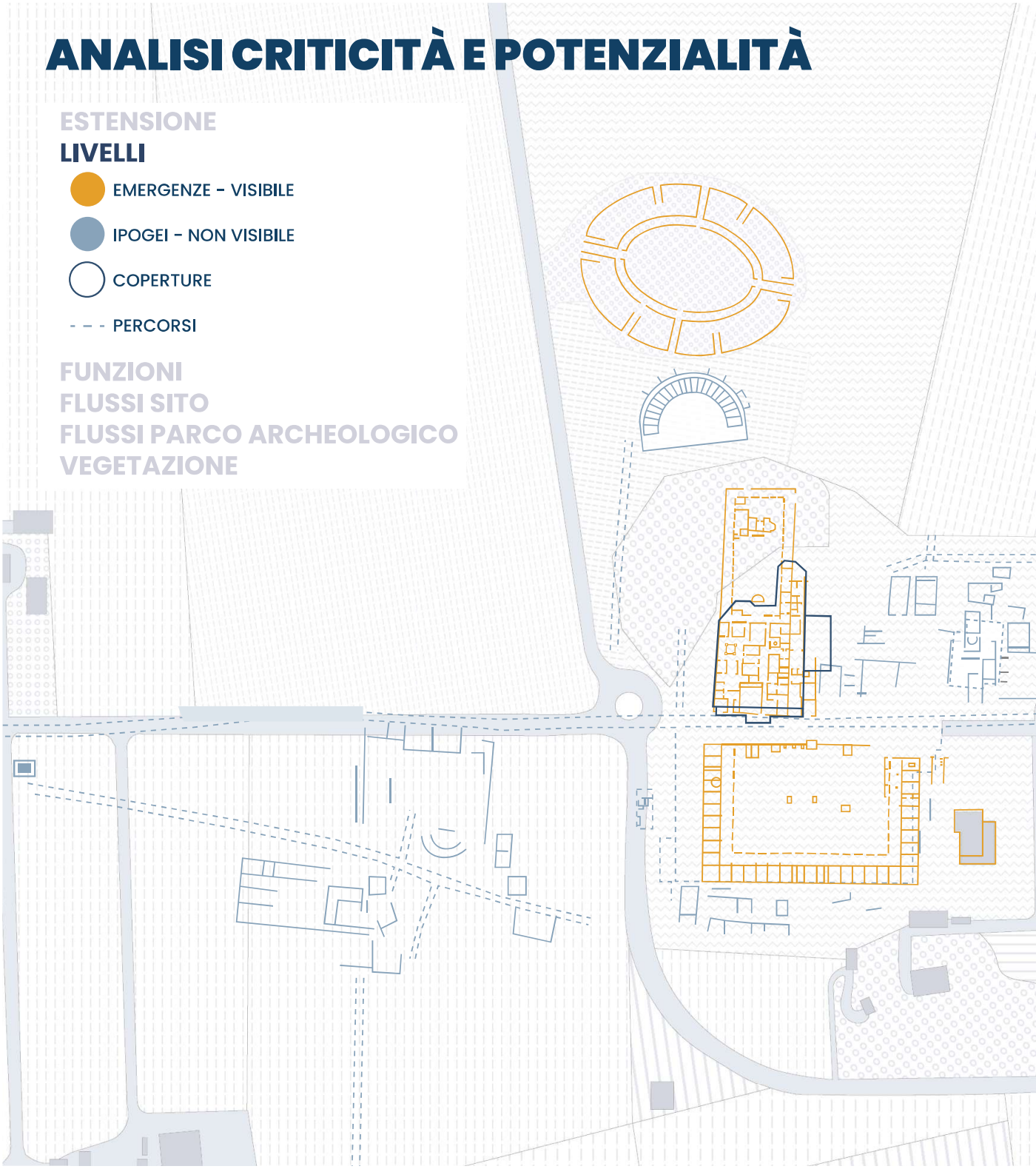



*Figura 16. Analisi delle potenzialità e delle criticità relative ai livelli delle emergenze, degli ipogei e delle coperture.*


0 10 50 100 200m

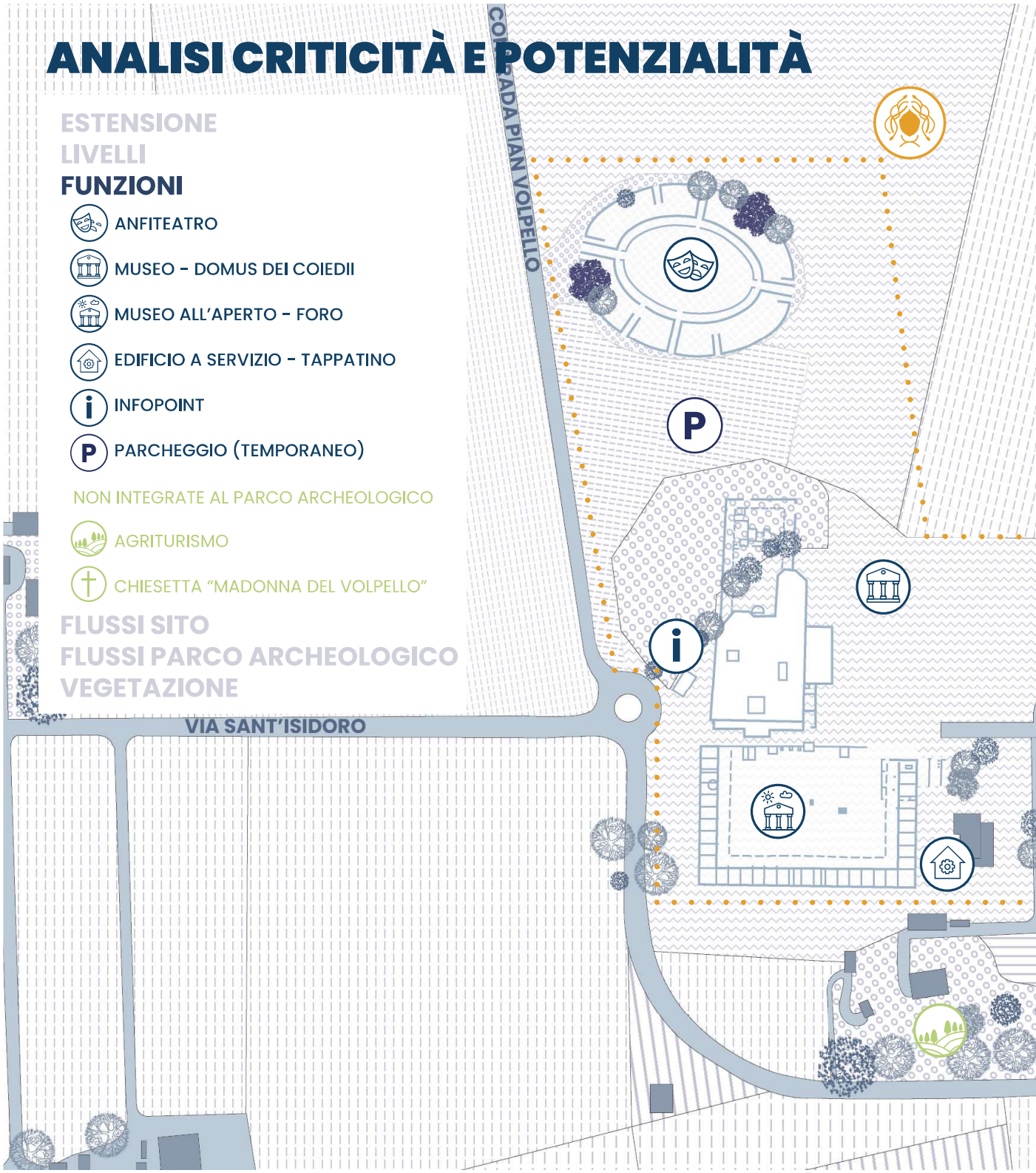
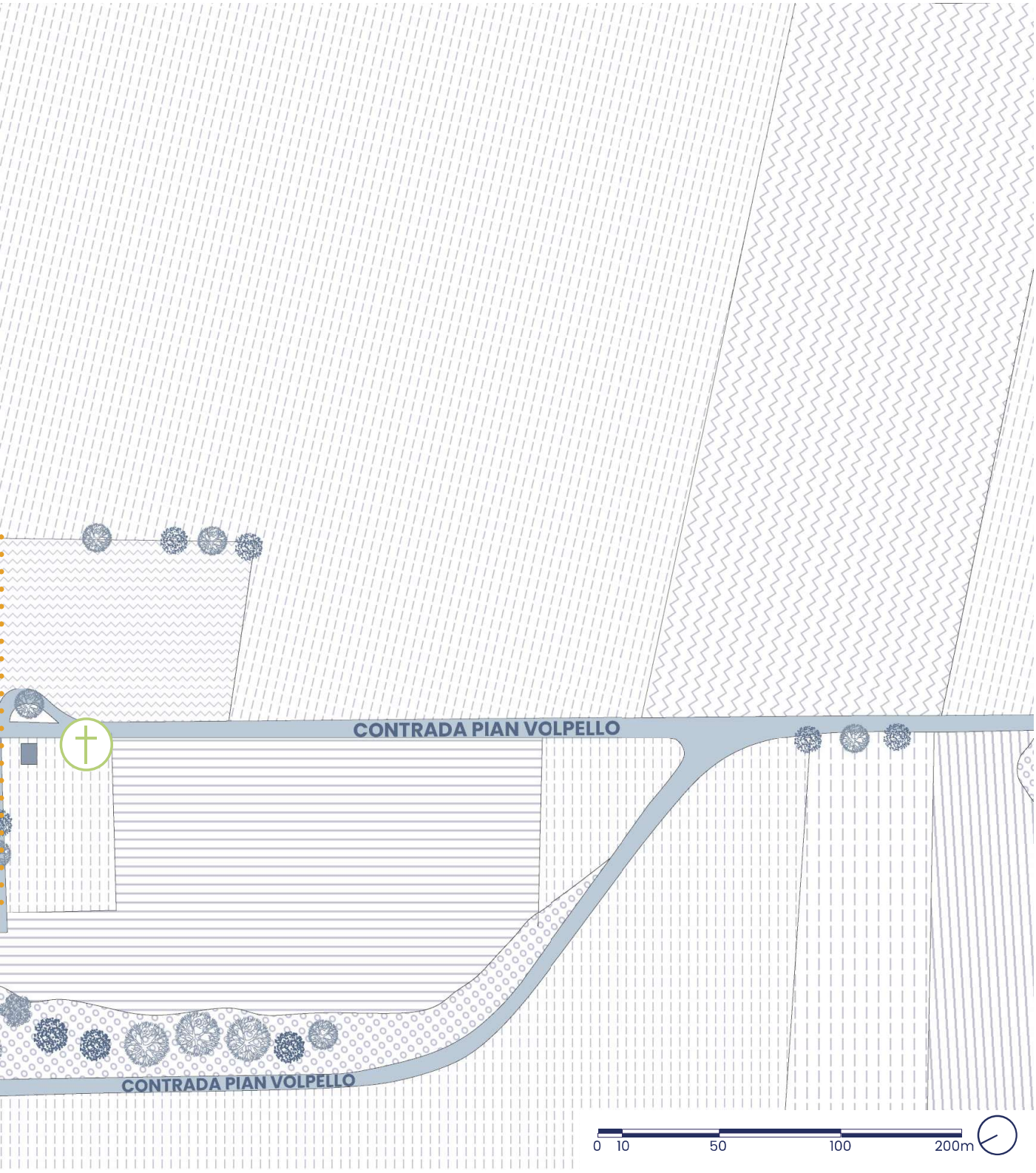



*Figura 17. Analisi delle potenzialità e delle criticità relative alle funzioni integrate e non integrate al Parco.*


CONTRADA PIAN VOLPELLO
CONTRADA PIAN VOLPELLO
0 10 50 100 200m

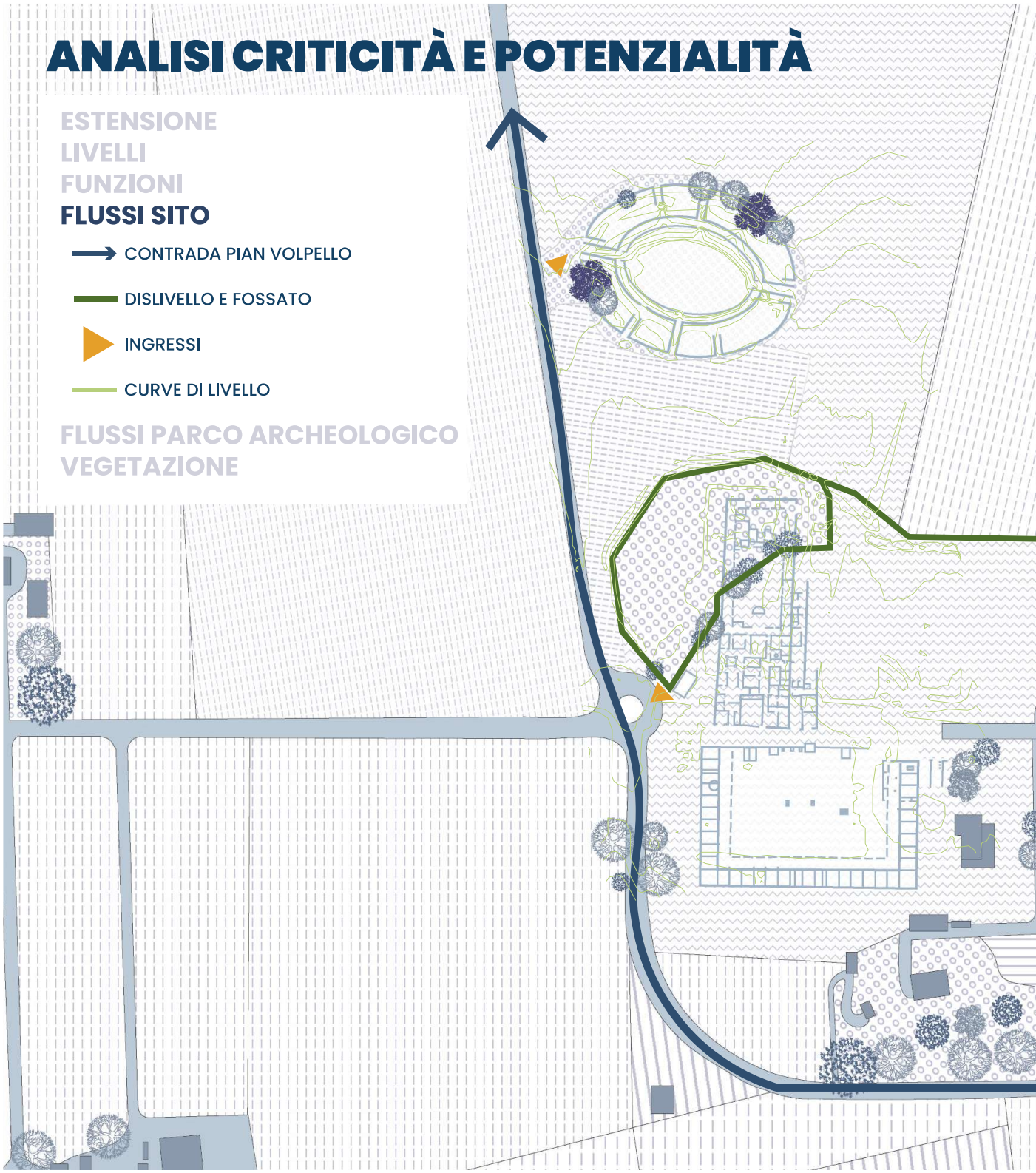



*Figura 18. Analisi delle potenzialità e delle criticità relative ai flussi.*

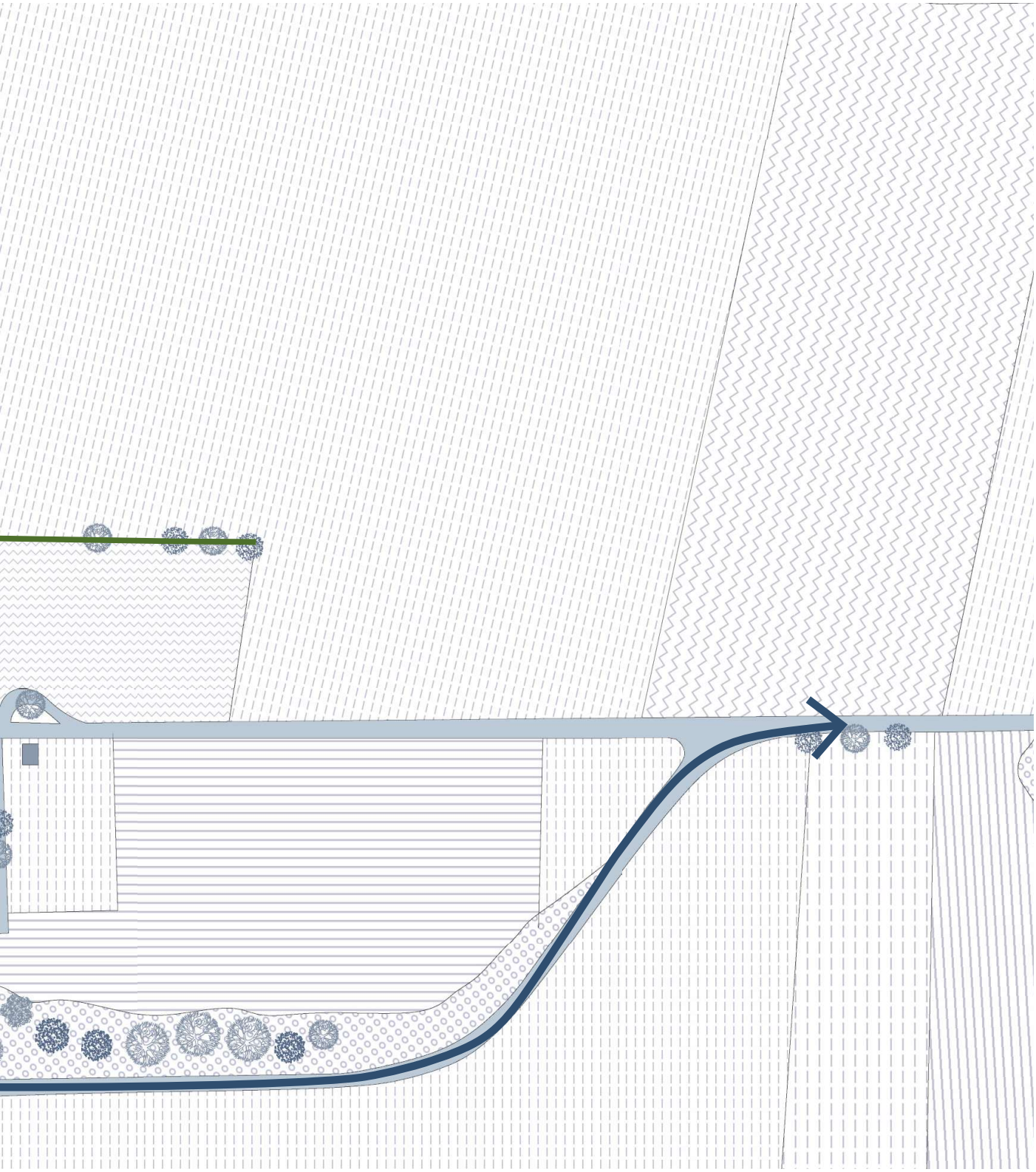
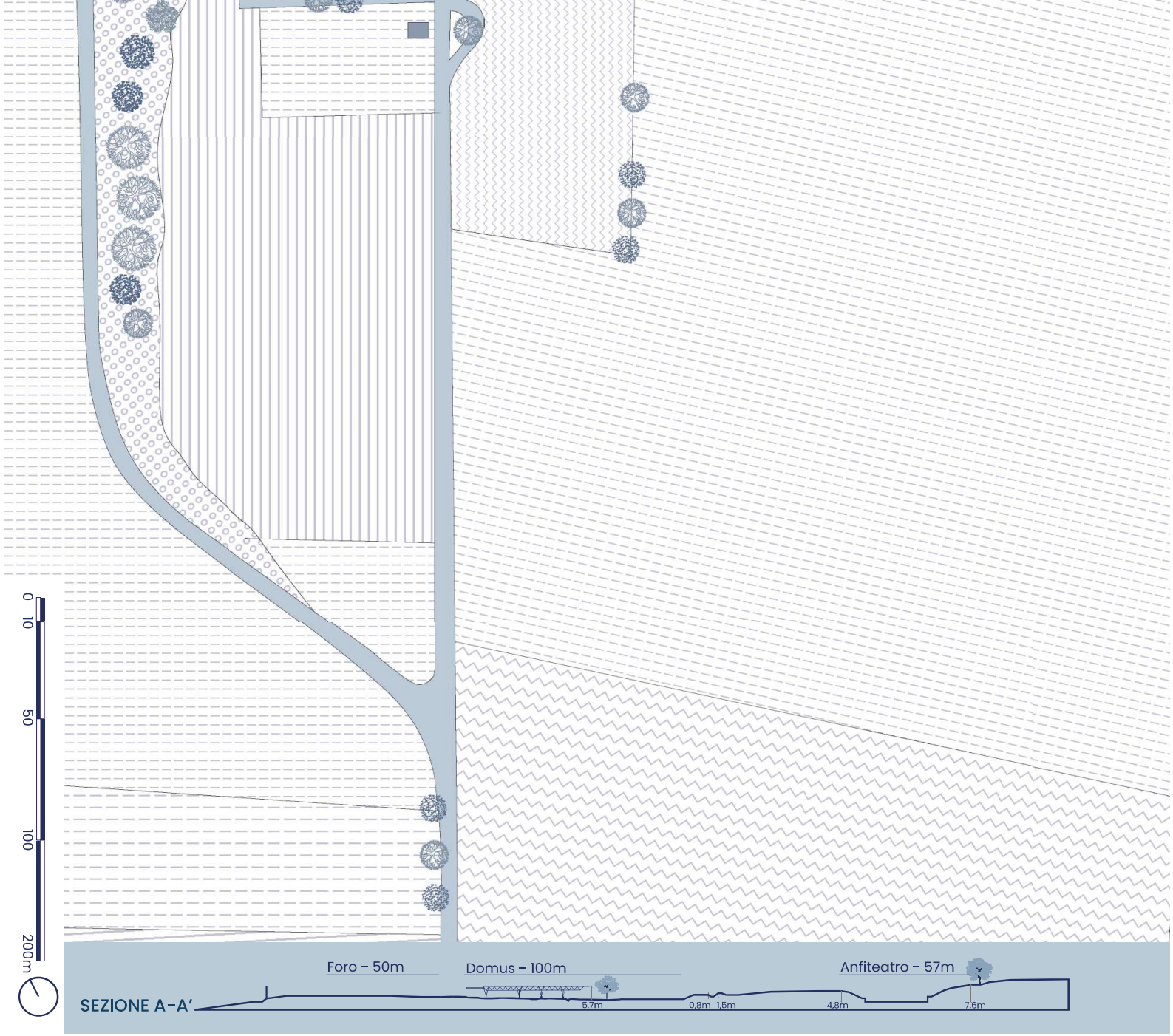





*Figura 19. Analisi delle potenzialità e delle criticità relative ai flussi interni al Parco Archeologico.*


0
10
50
100
200m
Foro – 50m
Domus – 100m
Anfiteatro – 57m
SEZIONE A-A'
5,7m
0,8m
1,5m
4,8m
7,6m

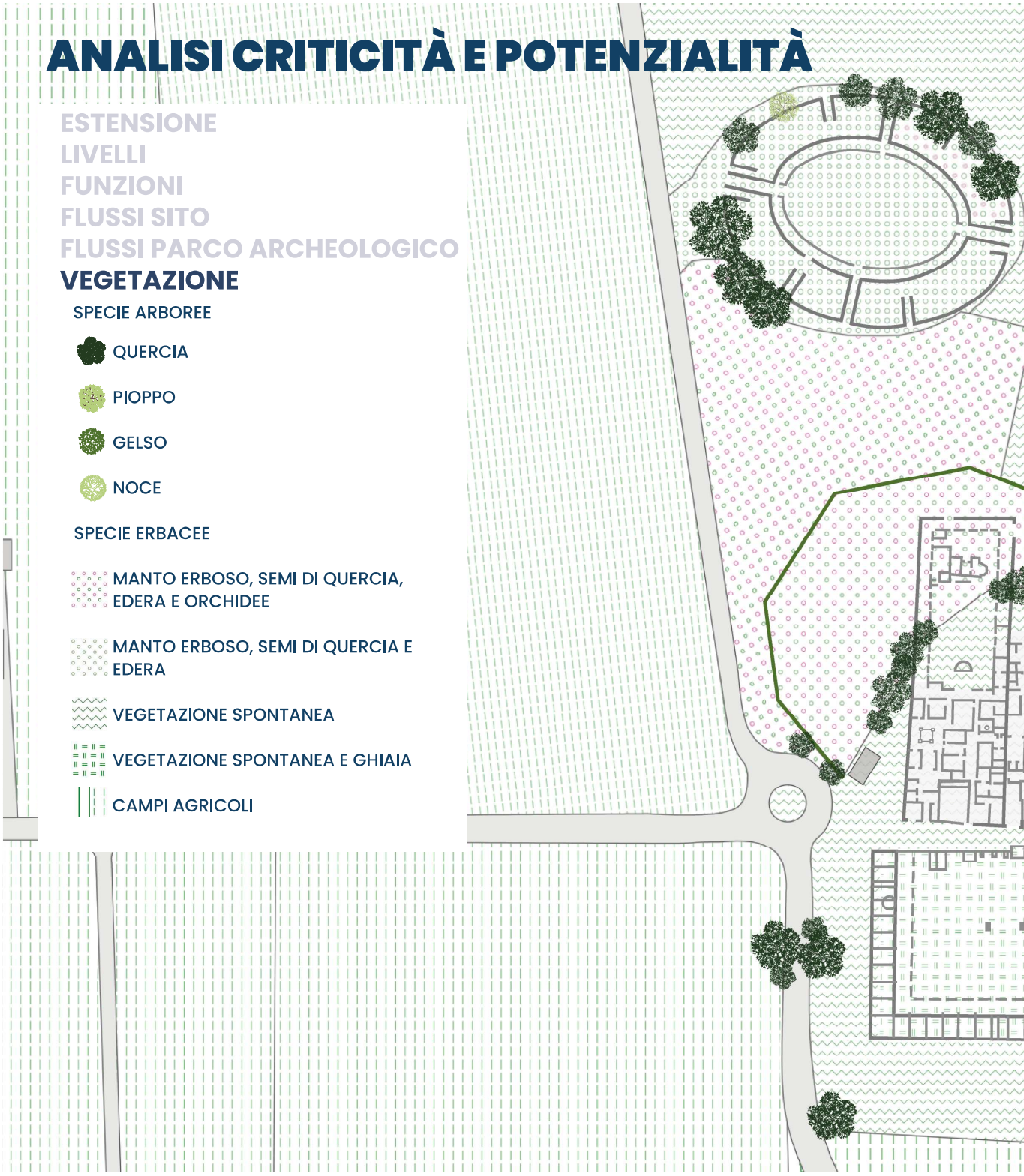



*Figura 20. Analisi delle potenzialità e delle criticità relative alla vegetazione.*


0 10 50 100m

Le criticità individuate costituiscono quindi un elemento fondamentale per lo sviluppo della presente tesi. L'analisi delle problematiche che interessano il Parco Archeologico di Suasa rappresenta infatti il punto di partenza per la definizione di un modello di gestione, prevenzione e manutenzione finalizzato a migliorare la conservazione del patrimonio, la visitabilità e la fruizione del sito. È proprio a partire dalle criticità riscontrate che si intende sviluppare una proposta capace di integrare conoscenza, valutazione del rischio, manutenzione, monitoraggio, e strumenti digitali, con l'obiettivo di offrire nuovi mezzi e strumenti per una gestione maggiormente consapevole e programmata del Parco.

## 2.2. Le componenti del piano di manutenzione: Schede anagrafiche, Abaco degli elementi Abaco dei fenomeni di degrado, Analisi del rischio, Schede Anagrafiche

### Le Schede Anagrafiche

A partire dall'analisi storica e dello stato attuale del sito, sono state elaborate delle Schede Anagrafiche relative ai principali elementi archeologici del Parco, con l'obiettivo di raccogliere e rendere disponibili all'utente, in forma sintetica e facilmente consultabile, le informazioni più significative relative a ciascun bene.
Come precedentemente illustrato, le Schede Anagrafiche sono parte integrante del Manuale di Manutenzione, a sua volta incluso nel Piano di Manutenzione. Il loro compito è quello di raccogliere le principali informazioni relative alla storia costruttiva e alle trasformazioni che hanno interessato il bene nel corso del tempo.
Nello specifico, sono state predisposte per i tre principali complessi archeologici del Parco: l'Anfiteatro, la Domus dei Coiedii e il Foro. Per ciascun elemento sono riportati la denominazione, la destinazione d'uso storica e attuale, lo stato di conservazione, le informazioni relative agli scavi archeologici, alcuni cenni storici e, infine, la descrizione della morfologia del bene. Sono state inoltre inserite le planimetrie storiche che ripercorrono l'evoluzione del bene e quelle relative allo stato attuale del bene, insieme a una planimetria che rappresenta la componente vegetale e a una rappresentazione schematica delle principali componenti che costituiscono il manufatto.

# ANFITEATRO

**DENOMINAZIONE:** Anfiteatro

**DESTINAZIONI D'USO STORICA:** Spettacolo

**DESTINAZIONI D'USO ATTUALE:** Spettacolo

**STATO DI CONSERVAZIONE:** Discreto

**SCAVI:** Luglio 2002 effettuati dalla Soprintendenza per i Beni Archeologici delle Marche

**CENNI STORICI**
Le evidenze archeologiche collocano la costruzione e l'avvio dell'uso dell'anfiteatro in età alto-imperiale, tra il I secolo a.C. e il III secolo d.C. Le indagini stratigrafiche attestano una frequentazione dell'edificio anche nelle fasi medio e basso-imperiali. A partire dalla tarda età, tra la fine del III e il VI secolo d.C., non emergono invece tracce di un utilizzo funzionale, mentre l'area è interessata da un progressivo processo di ruralizzazione.

**MORFOLOGIA**
L'anfiteatro di Suasa rientra nella tipologia a struttura piena, con cavea sostenuta da terrapieni contenuti da murature. L'impianto era organizzato in otto settori, separati dai sei vomitoria e compresi tra la Porta Triumphalis a nord-est e la Porta Libitinensis a sud-ovest.
La costruzione sfruttava il pendio naturale del rilievo collinare, limitando gli interventi edilizi al rimodellamento del terreno: il materiale scavato nella parte alta veniva reimpiegato per la formazione dei terrapieni a sostegno dei gradoni.
La cavea, destinata al pubblico, era articolata in tre settori orizzontali separati da praecinctiones e suddivisi in cunei tramite scale radiali. L'ima cavea, posta dietro il podium dell'arena, comprendeva tre ordini di gradoni in pietra calcarea; la media cavea presentava fino a sette file di gradoni di dimensioni minori, mentre la summa cavea era probabilmente lignea.
L'arena misurava 60,08 × 38,15 m, con un rapporto proporzionale di 11:7, da cui deriva un modulo costruttivo di 5,46 m (18,5 piedi romani). La pianta fu tracciata secondo lo schema dell'ovale a quattro centri; i vomitoria, disposti radialmente, e i quattro aditus del podium rispettano coerentemente questo impianto geometrico.

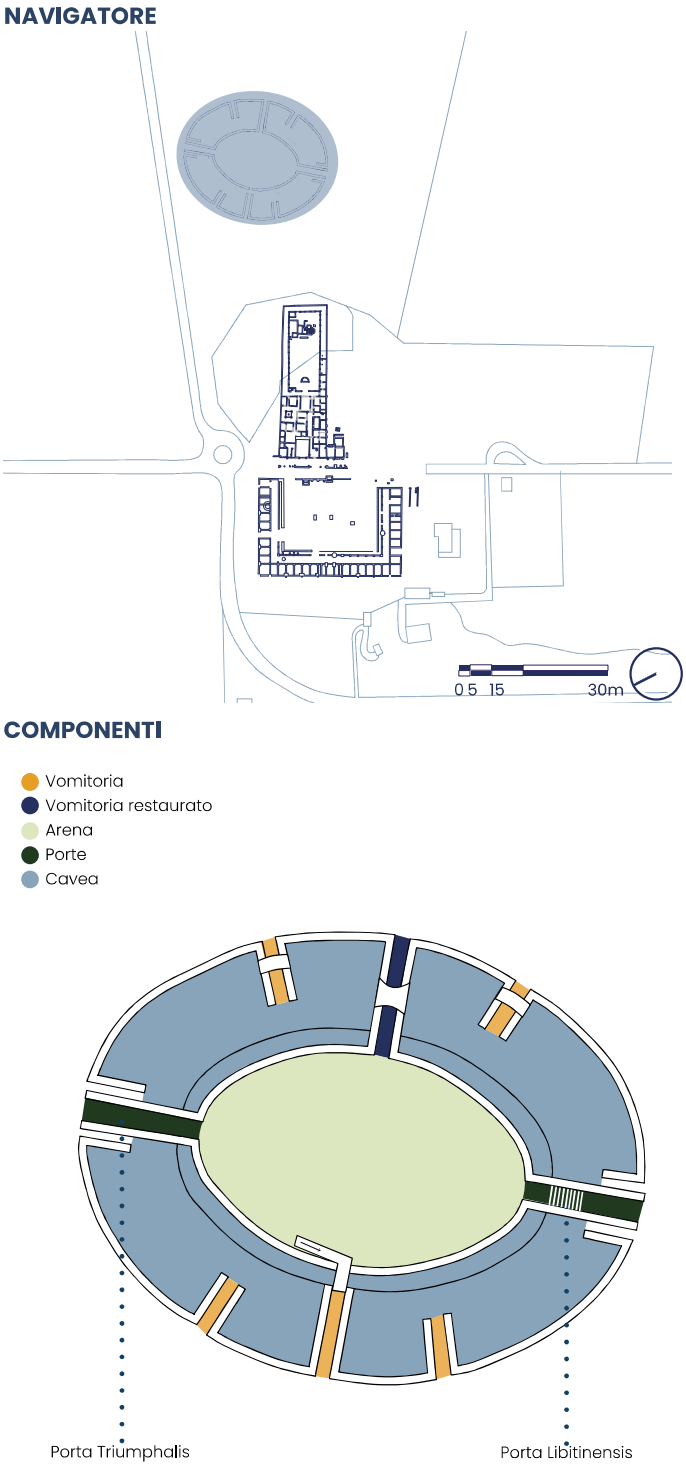
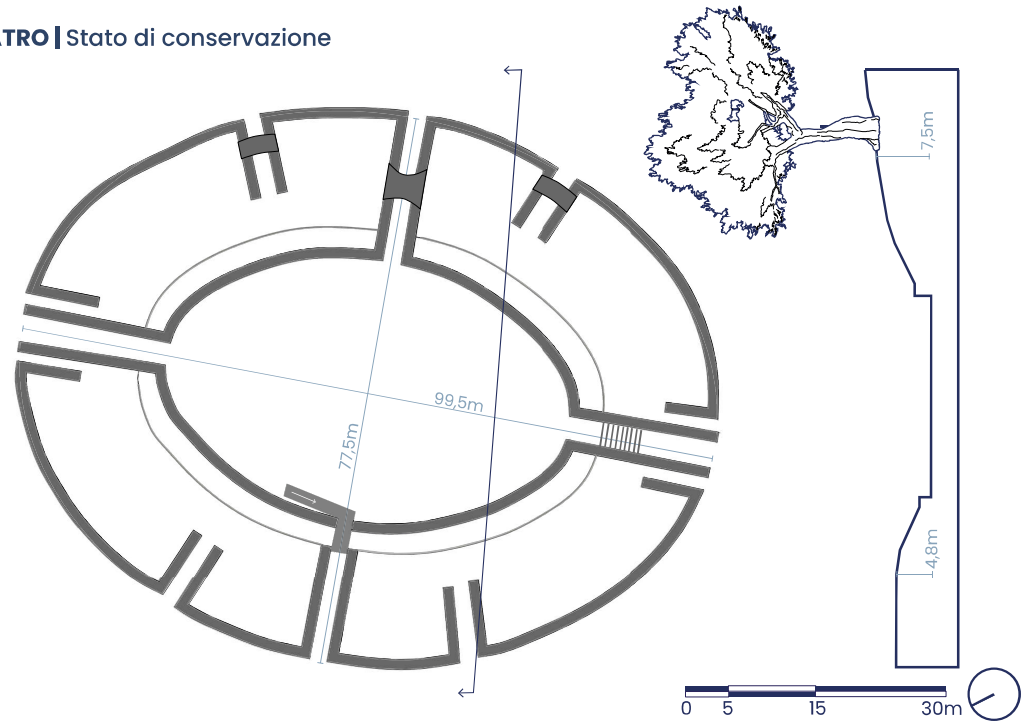
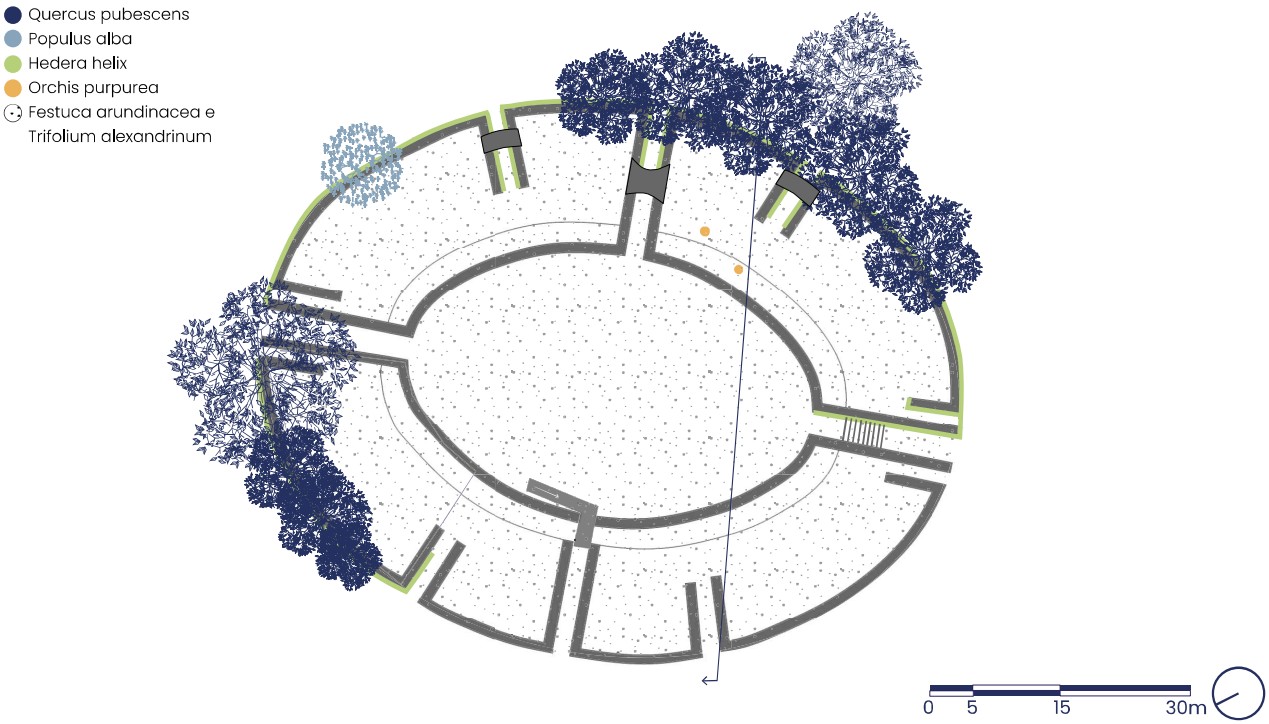



*Figura 21. La Scheda Anagrafica dell'Anfiteatro.*

**PLANIMETRIA ANFITEATRO |** Stato di conservazione




**PLANIMETRIA CON VEGETAZIONE |** Stato di conservazione



# DOMUS

**DENOMINAZIONE:** Domus dei Coiedii

**DESTINAZIONI D'USO STORICA:** Abitazione, edificio pubblico e Necropoli

**DESTINAZIONI D'USO ATTUALE:** Museo

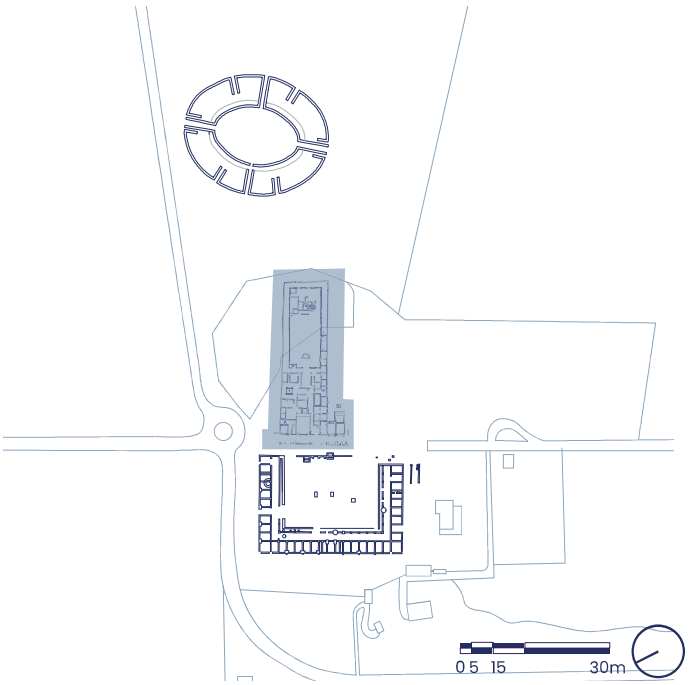
**STATO DI CONSERVAZIONE:** Stato di rudere

**SCAVI:** Rinvenuta nel 1987 ma, a partire dal 1990 , iniziarono le indagini

**CENNI STORICI**
La fase più antica è rappresentata dalla Casa ad atrio, un'abitazione di dimensioni contenute situata nel settore nord-occidentale della futura Domus. Presenta lo schema planimetrico della tipica casa romana repubblicana comprendente vestibulum, fauces, atrium, tablinum e hortus. Nel corso del II secolo d.C. inizia la costruzione della Domus dei Coiedii, che aveva funzioni private e pubbliche. Si attribuisce questo nome, per la famiglia che vi abitava. Durante il III secolo d.C., subì una riorganizzazione, che interessò sia l'apparato decorativo sia la struttura complessiva dell'edificio: una parte della casa fu separata dal resto dell'abitazione e destinata a funzioni commerciali, e venne creato un nuovo ingresso. La fase tardoantica segna il declino irreversibile della Domus, con crolli diffusi, accumuli di macerie e recupero dei materiali edilizi, riutilizzati nelle tamponature murarie e nelle sepolture nel giardino, ormai trasformato in spazio a carattere rurale.

**MORFOLOGIA**
L'impianto è grande 105x34metri compreso di un giardino porticato . è articolato in una serie di ambienti principali tipici della grande casa romana di età imperiale. Il settore d'ingresso comprendeva vestibulum, fauces e atrio, fulcro distributivo della residenza. In asse con l'atrio si collocava il tablinum, spazio di rappresentanza.
Tra gli ambienti di maggiore prestigio si distinguono l'oecus e il triclinio, destinati alla rappresentanza e ai banchetti, caratterizzati da ricche decorazioni musive e pavimenti in opus sectile.
La domus comprendeva inoltre un complesso termale privato, con ambienti riscaldati e piscina, e una serie di ambienti secondari (cubicula e vani di servizio) funzionali alla vita quotidiana della casa.

**NAVIGATORE**




**COMPONENTI**

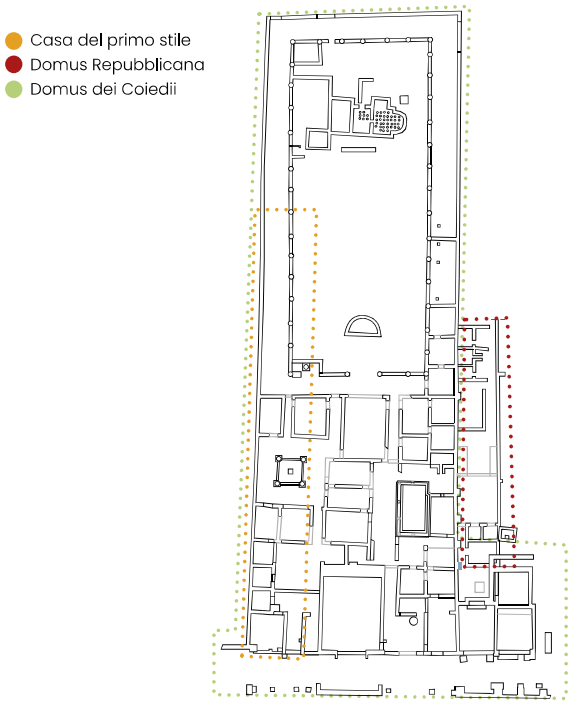
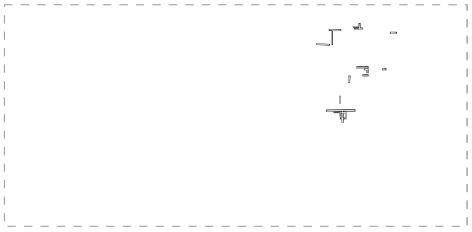


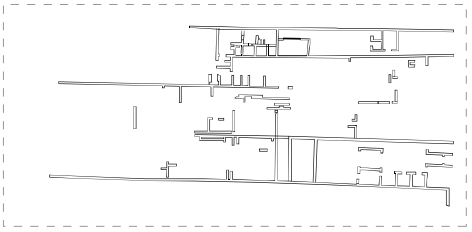

*Figura 22. La Scheda Anagrafica della Domus dei Coiedii.*

## **FASI STORICHE** - DOMUS DEI COIEDII

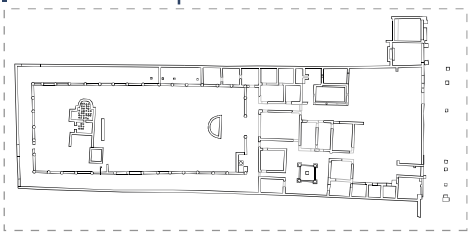
### Dalla fase pre romana alla fase insediativa



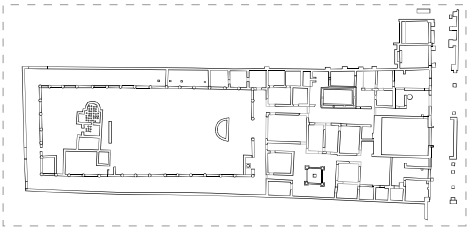
### Dalla prefettura all'età alto-imperiale



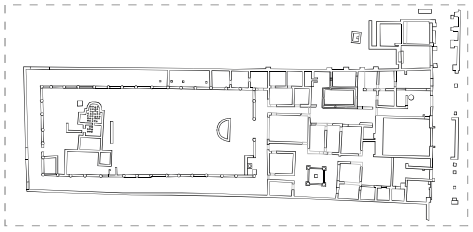
### Età medio-imperiale



### Età tardo-imperiale



### Età medievale

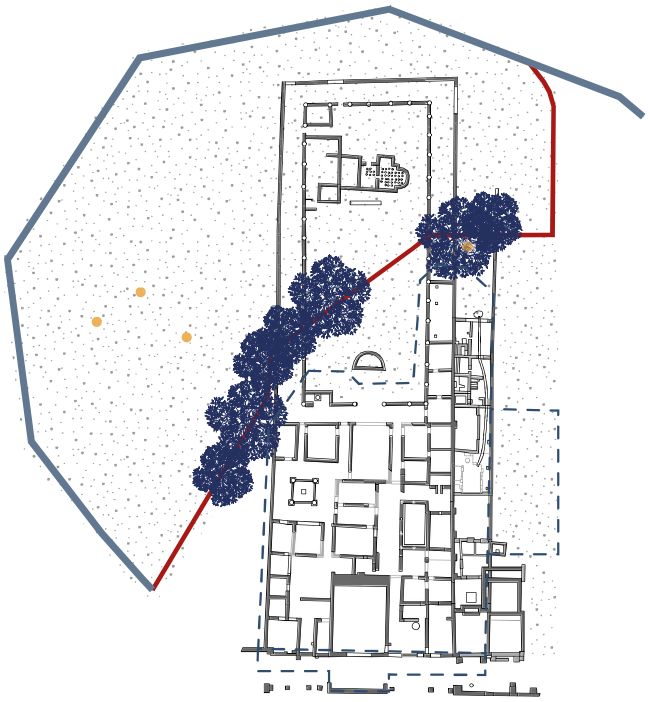





## **PLANIMETRIA CON VEGETAZIONE** | Stato di Conservazione

La vegetazione e i diversi livelli altimetrici rendono difficile percepire la sua monumentalità, e un fosso di circa 1m la separa dagli edifici per spettacolo, interrompendo la continuità visiva.

- Dislivello
- Fossato
- Quercus Pubescens
- Serapias lingua e Anacamptis pyramidalis (orchidea)
- Vegetazione spontanea





# FORO

**DENOMINAZIONE:** Foro Imperiale

**DESTINAZIONI D'USO STORICA:** Commerciale e piazza pubblica

**DESTINAZIONI D'USO ATTUALE:** Assente

**STATO DI CONSERVAZIONE:** Stato di rudere

**SCAVI:** Nel 1996 scoprirono la planimetria quasi complessiva e nel 2002 un complesso sacro di epoca repubblicana, al di sotto del Foro

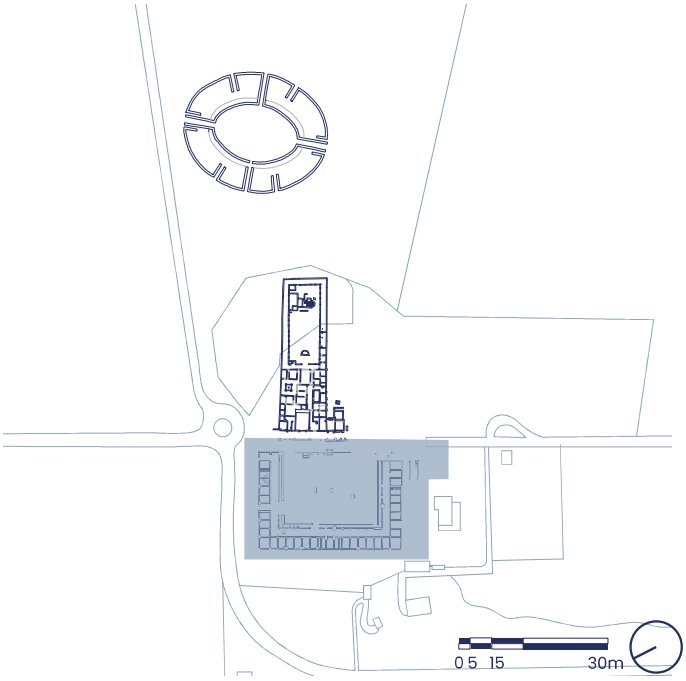
## CENNI STORICI

Il Foro si imposta su un'area già frequentata in età tardorepubblicana, quando lo spazio era occupato da un complesso sacro costituito da un altare e due Templi, uno circolare e uno rettangolare.
Tra la fine del I secolo a.C. e l'inizio del I secolo d.C. l'area fu radicalmente trasformata con la costruzione del Foro monumentale. Era organizzato attorno a una vasta piazza centrale scoperta e ungo i lati settentrionale, meridionale e occidentale correvano dei portici, dietro ai quali si apriva una serie regolare di tabernae. Nel settore centrale del portico occidentale, la continuità degli ambienti commerciali era interrotta da un vano di maggiori dimensioni, affiancato da due rampe, probabilmente destinate all'accesso a un piano superiore concluso da un attico. In età tardo-imperiale il complesso subì importanti modifiche, venne costruito un muro in laterizio, strutturalmente indipendente dagli edifici preesistenti, che sancì la separazione definitiva tra la piazza forense e l'asse viario.
L'uso del Foro giunge al termine tra V e VI secolo d.C., quando l'area è interessata da un intenso processo di spoliazione.

## MORFOLOGIA

Il Foro presenta un impianto architettonico regolare dove all centro è presente una piazza scoperta, di circa 70x52 metri, che costituiva il fulcro delle attività pubbliche, commerciali e di rappresentanza. La piazza era delimitata su tre lati da portici e da botteghe di dimensioni 7x5 metri, con vani di 7x7 metri negli angoli. Il lato orientale, rivolto verso la strada principale, era aperto. Infine ricordiamo anche le diemensioni dei due templi inglobati nel periodo alto-imperiale, di cui uno di diametro di 5metri e l'altro di dimensioni di 6,8 × 8,4 metri.

**NAVIGATORE**




**COMPONENTI**



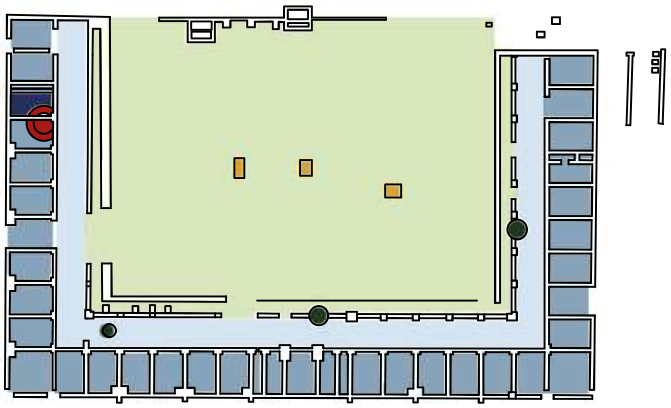
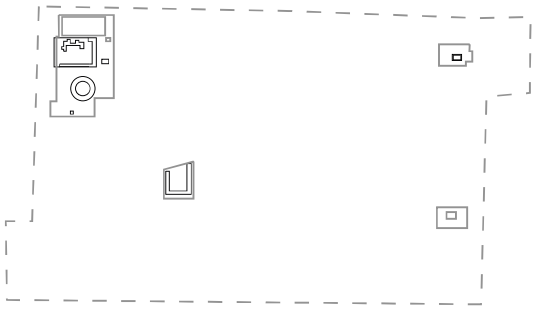



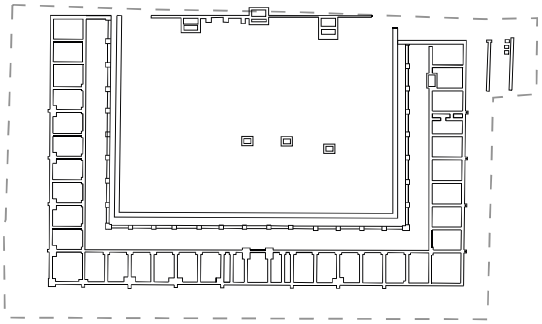
*Figura 23. La Scheda Anagrafica del Foro.*

## FASI STORICHE

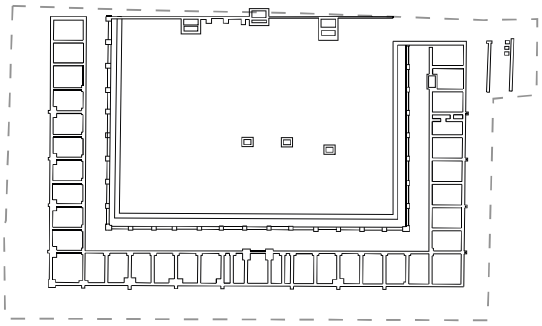
### Età repubblicana



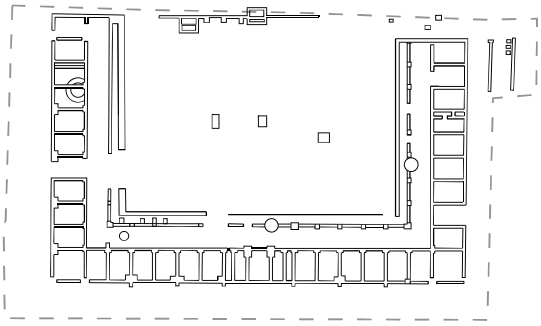
### Età alto-medio imperiale



### Età basso-imperiale



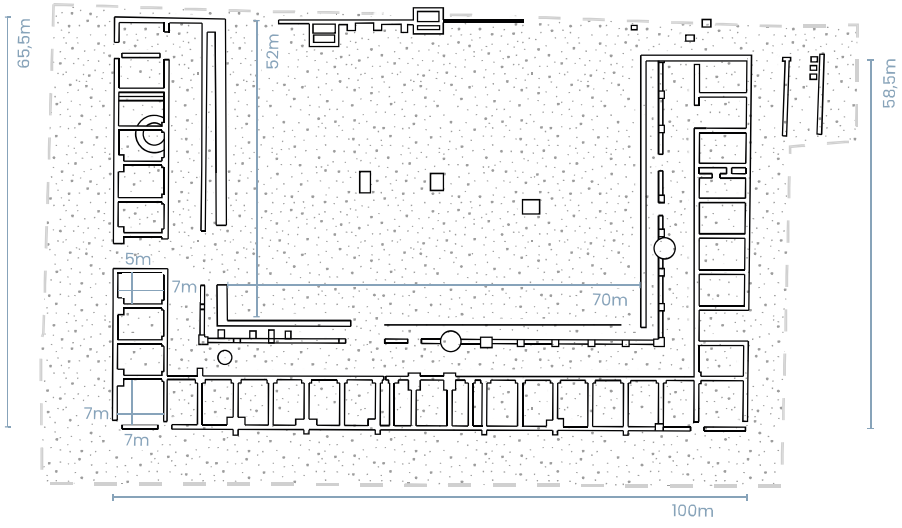
### Stato di fatto



## PLANIMETRIA CON VEGETAZIONE | Stato di conservazione




Erbacee coltivata (inerbimento antropico)






## Abaco degli elementi e Abaco dei fenomeni di degrado.

Come spiegato precedentemente, all'interno del Piano di Manutenzione/ conservazione e, più nello specifico, del Manuale di Manutenzione, oltre alle Schede Anagrafiche è presente l'**Abaco degli elementi,** finalizzato a descrivere la consistenza materiale del bene.

A seguito di uno studio approfondito della storia e delle caratteristiche del sito, è stato possibile elaborare due distinti abachi degli elementi, uno relativo al costruito e uno relativo alla vegetazione. Metodologicamente, per ciascun elemento appartenente ai diversi macrosettori, ovvero Anfiteatro, Foro, Domus e Teatro, sono state associate, per il costruito, la consistenza materiale, i fenomeni di degrado o alterazione riscontrati e le relative cause. Per la vegetazione, invece, è stata riportata una descrizione della consistenza dell'elemento, accompagnata dall'indicazione delle criticità riscontrate o potenzialmente riscontrabili.

Per comprendere più chiaramente la struttura dell'abaco, è possibile analizzare un esempio riferito al macrosettore Anfiteatro, nel quale sono presenti diversi elementi. Tra questi è stata considerata, per il costruito, gli elementi verticali, ovvero le diverse tipologie murarie.

La consistenza materiale dell'elemento è descritta come segue: "Muratura a sacco (opus mixtum) paramento in filari di blocchetti di calcare bianco e rosato locale alternati a ricorsi di laterizi ad una testa, e con nucleo interno in solidissimo conglomerato cementizio (impasto di ciottoli fluviali, ghiaia, sabbia e calce). La sommità è occupata da un corridoio pavimentato con lastre di calcare bianco" (Giorgi, E. 2014).

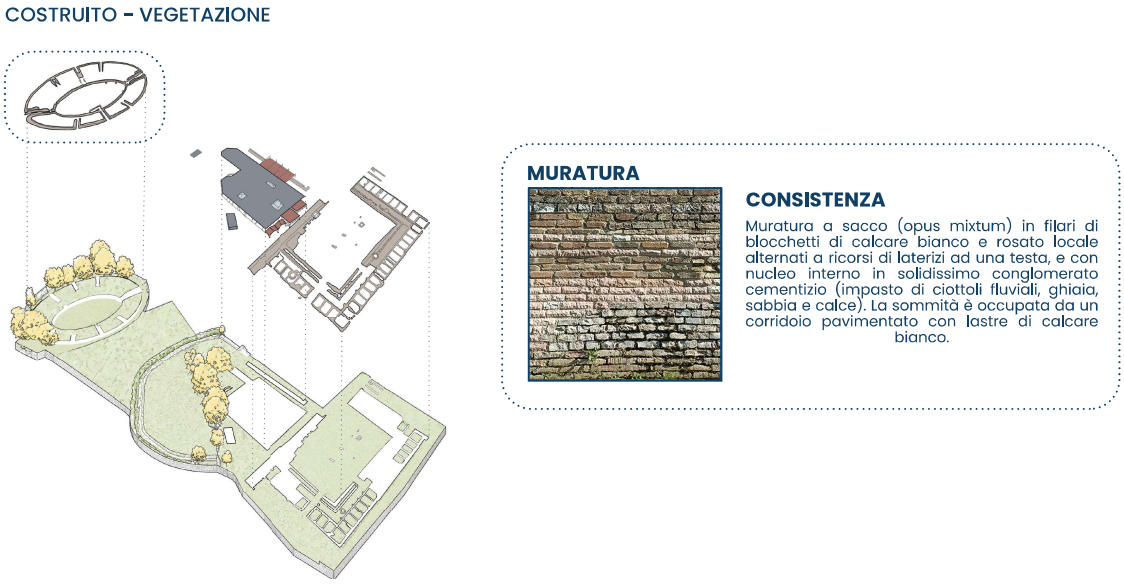



*Figura 24. Esempio Abaco degli elementi, muratura Anfiteatro.*

Sempre all'interno del Piano di Manutenzione, ma nel Manuale d'Uso, è presente l'**Abaco dei fenomeni di alterazione e degrado**, che consiste in un elenco dei fenomeni di degrado e alterazione che caratterizzano il sito, in relazione al suo contesto e al suo uso. Grazie ai diversi sopralluoghi effettuati in sito, è stato possibile individuare e riconoscere i fenomeni di degrado e alterazione presenti, anche attraverso il riferimento alla normativa NORMAL 1/88 e relativo aggiornamento UNI 11182-2006, che descrive e definisce le diverse tipologie di alterazione e degrado (Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto Centrale per il Restauro, 1988; UNI, 2006).
Tra i fenomeni individuati vi è innanzitutto la mancanza, definita come "la perdita di elementi tridimensionali". Tale fenomeno è associato a una soluzione di continuità conseguente alla presenza di fessurazioni e/o lesioni e alla mancanza di manutenzione.

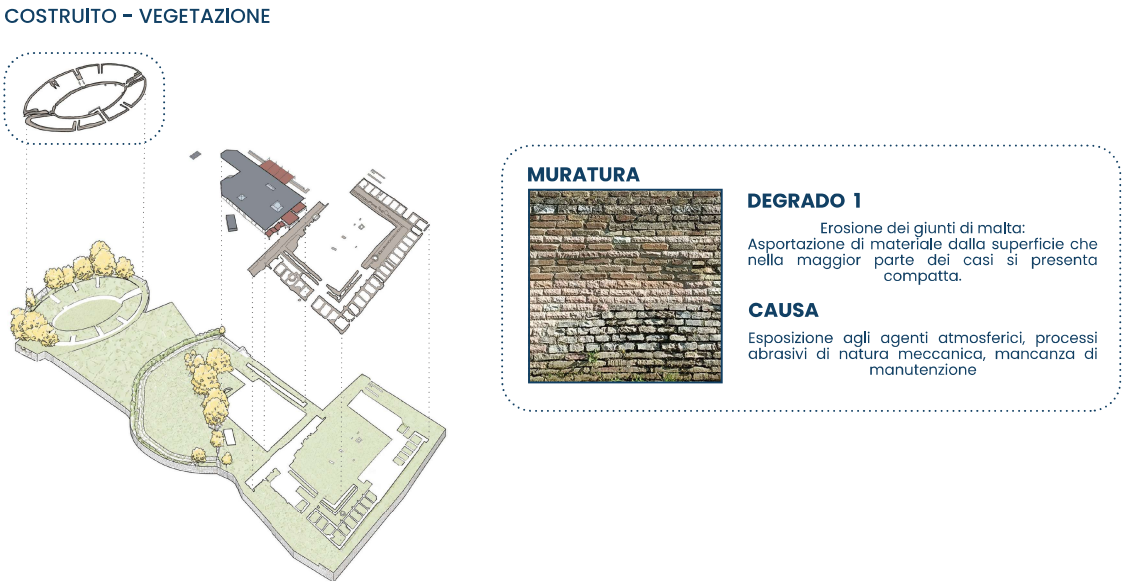



*Figura 25. Esempio Abaco dei fenomeni di alterazione e degrado, muratura Anfiteatro.*

Un ulteriore fenomeno è rappresentato dalla presenza di vegetazione, riconducibile alla mancata potatura delle querce e al mancato controllo dell'azione delle loro radici sulla muratura, oltre che alla mancanza di manutenzione. È stata inoltre individuata la colonizzazione biologica, definita come la presenza riscontrabile macroscopicamente di micro e/o macroorganismi, quali alghe, funghi, licheni, muschi e piante superiori. Tale fenomeno è associato alla mancanza di manutenzione e alla continua esposizione all'azione del tempo e degli agenti atmosferici. Un altro fenomeno riscontrato è il deposito superficiale, definito come l'accumulo di materiali estranei di varia natura, quali polvere, terriccio, guano, ecc., caratterizzato da uno spessore variabile e generalmente da scarsa

coerenza e aderenza al materiale sottostante. Le cause individuate sono l'esposizione agli agenti atmosferici e l'inquinamento naturale.
Infine, è stata individuata l'erosione dei giunti di malta, definita come l'asportazione di materiale dalla superficie, che nella maggior parte dei casi si presenta compatta. Il fenomeno è riconducibile all'esposizione agli agenti atmosferici, ai processi abrasivi di natura meccanica e alla mancanza di manutenzione.
Per la vegetazione è stato creato un Abaco dei fenomeni di criticità. Nell'Anfiteatro, sono stati individuati diversi elementi, tra cui Q*uercus pubescens, Populus alba, Hedera helix, Orchis purpurea, Festuca arundinacea e Trifolium alexandrinum.*
A titolo esemplificativo, è possibile analizzare il caso della *Quercus pubescens.*
La sua consistenza è descritta come fanerofita legnosa caducifoglia, arborea o talvolta cespugliosa, con foglie lobate e pubescenti e ghiande come frutto. In contesto archeologico, le plantule e le radici possono rappresentare un elemento critico quando si insediano all'interno di fessure o giunti murari.
La criticità primaria è costituita dalla combinazione tra alberi maturi e strutture murarie antiche. Le querce adulte rappresentano infatti una fonte continua di disseminazione, mentre la presenza di ghiande all'interno o ai margini della struttura aumenta la probabilità di insediamento di nuove plantule.
In assenza di una rimozione tempestiva, il rischio può aumentare in modo non lineare: una plantula giovane può essere rimossa facilmente, mentre un individuo già radicato richiede interventi più complessi e può avere già prodotto danni di natura meccanica.
L'esempio evidenzia come l'abaco consenta di mettere in relazione le

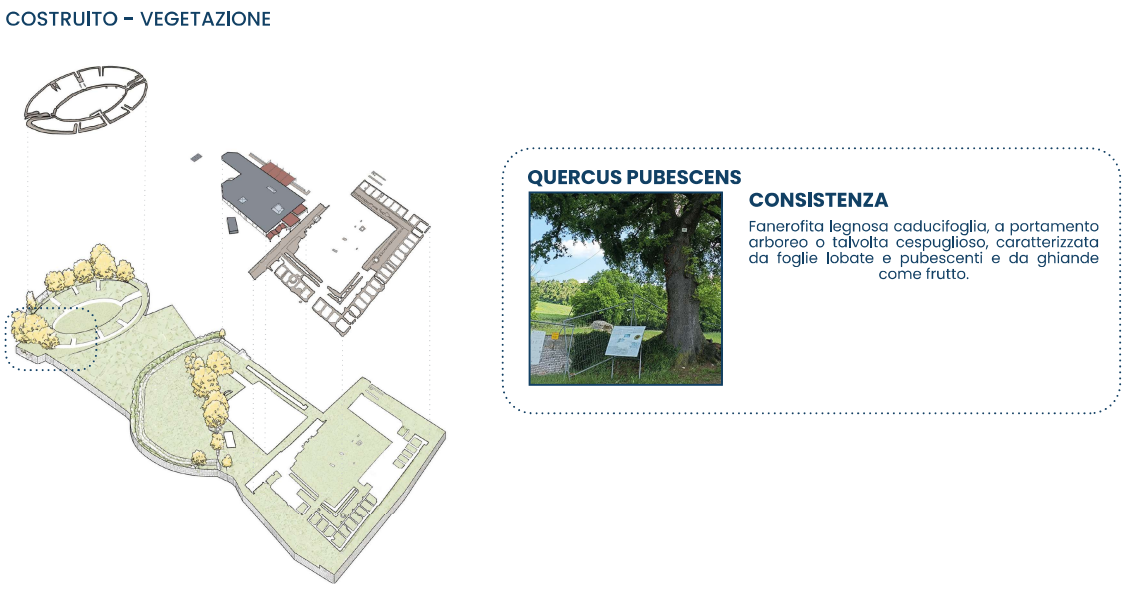



*Figura 26. Esempio Abaco degli elementi, Quercus Pubescens nell'Anfiteatro.*

caratteristiche materiali dei diversi elementi con i fenomeni di degrado o alterazione riscontrati e con le relative cause, fornendo così una base informativa utile alle successive attività di controllo, prevenzione e manutenzione.

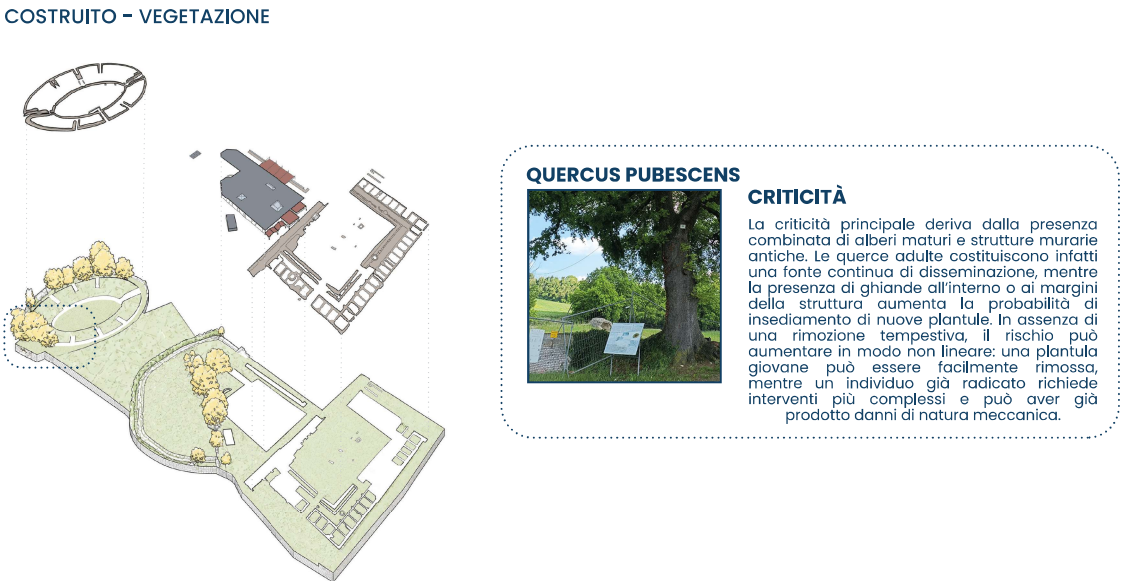



*Figura 27. Esempio Abaco dei fenomeni di alterazione e degrado, Quercus Pubescens nell'Anfiteatro.*

Di seguito sono riportati gli abachi elaborati, che costituiscono uno strumento di sintesi e di organizzazione delle informazioni raccolte. La loro struttura, approfondita nei paragrafi successivi, consente di sistematizzare i dati relativi al costruito e alla vegetazione e di metterli in relazione con le problematiche e le criticità rilevate all'interno del sito.

| MACROSETTORE | LIVELLO | MACROELEMENTO | ELEMENTO |
|---|---|---|---|
| Anfiteatro | Sopra terra | Struttura_verticale | Muratura  |
| Anfiteatro | Sopra terra | Struttura_orizzontale | Vomitoria  |
| Anfiteatro | Sopra terra | Struttura_orizzontale | Vomitoria restaurato  |

*Tabella 1.1. Abaco degli elementi e Abaco dei fenomeni di alterazione e degrado del costruito*

| CONSISTENZA | DEGRADO/ALTERAZIONE | CAUSE |
|---|---|---|
| Muratura a sacco (opus mixtum) in filari di blocchetti di calcare bianco e rosato locale alternati a ricorsi di laterizi ad una testa, e con nucleo interno in conglomerato cementizio (impasto di ciottoli fluviali, ghiaia, sabbia e calce). La sommità è occupata da un corridoio pavimentato con lastre di calcare bianco. | Mancanza: Perdita di elementi tridimensionali (braccio di una statua, ansa di un'anfora, brano di una decorazione a rilievo, ecc.). | - Soluzione di continuità conseguente alla presenza di fessurazioni e/o lesioni<br>- Mancanza di manutenzione. |
| | Presenza di vegetazione: Presenza di individui erbacei, arbustivi o arborei. | -Mancata potatura delle querce<br>- Mancato controllo dell'azione delle loro radici sulla muratura<br>- Mancanza di manutenzione. |
| | Colonizzazione biologica: Presenza riscontrabile macroscopicamente di micro e/o macro organismi (alghe, funghi, licheni, muschi, piante superiori). | - Mancato sfalcio della vegetazione<br>- Attacco di organismi autotrofi<br>- Mancanza di manutenzione. |
| | Deposito superficiale: Accumulo di materiali estranei di varia natura, quali polvere, terriccio, guano, ecc. Ha spessore variabile, generalmente scarsa coerenza e scarsa aderenza al materiale sottostante. | - Esposizione agli agenti atmosferici<br>- Inquinamento naturale<br>- Mancanza di manutenzione. |
| | Erosione dei giunti di malta: Asportazione di materiale dalla superficie che nella maggior parte dei casi si presenta compatta. | - Esposizione agli agenti atmosferici<br>- Processi abrasivi di natura meccanica<br>- Mancanza di manutenzione |
| La struttura è costituita da un corridoio voltato con arco a tutto sesto e volta a botte, in conglomerato cementizio (impasto di ciottoli fluviali, ghiaia, sabbia e calce, delimitato da pareti murarie portanti. | Mancanza: Perdita di elementi tridimensionali (braccio di una statua, ansa di un'anfora, brano di una decorazione a rilievo, ecc.). | - Soluzione di continuità conseguente alla presenza di fessurazioni e/o lesioni<br>- Mancanza di manutenzione. |
| La struttura è costituita da un corridoio voltato con arco a tutto sesto e volta a botte in cemento armato, delimitato da pareti murarie portanti e destinato all'accesso alla cavea dell'Anfiteatro. | | |

| MACROSETTORE | LIVELLO | MACROELEMENTO | ELEMENTO |
|---|---|---|---|
| Anfiteatro | Sopra terra | Struttura_verticale | Sistema di puntellamento  |
| Anfiteatro | Sopra terra | Struttura_connessione | Passerella  |
| Domus | Sopra terra | Struttura_orizzontale | Copertura  |
| Domus | Sopra terra | Finitura_orizzontale | Pavimentazioni  |

*Tabella 1.2. Abaco degli elementi e Abaco dei fenomeni di alterazione e degrado del costruito*

| CONSISTENZA | DEGRADO/ALTERAZIONE | CAUSE |
|---|---|---|
| Sistema di puntellamento in acciaio zingato antiribaltamento. | | |
| Passerella in acciaio zingato per fruizione. | | |
| La copertura principale è una struttura leggera in carpenteria metallica, realizzata mediante un sistema reticolare di travi e controventi in acciaio. Le coperture secondarie sono strutture leggere in carpenteria metallica, realizzata mediante un sistema reticolare di travi e controventi in acciaio, sostenuta da pilastri poggianti su plinti in calcestruzzo. È caratterizzata da falde inclinate con quote differenziate, studiate per favorire il deflusso delle acque meteoriche e migliorare la ventilazione naturale dell'area sottostante. Il manto di copertura è realizzato con pannelli metallici grecati | | |
| Mosaici con tessere in calcare bianco, nero e rosa o con tessere in pasta vitrea verdi (Medusa). | Alterazione cromatica: Variazione naturale, a carico dei componenti del materiale, dei parametri che definiscono il colore. È generalmente estesa a tutto il materiale interessato; nel caso l'alterazione si manifesti in modo localizzato è preferibile utilizzare il termine macchia. | - Esposizione agli agenti atmosferici<br>- Inquinamento naturale<br>- Mancanza di manutenzione. |
| | Deformazione: Variazione della sagoma o della forma che interessa l'intero spessore del materiale. | - Esposizione agli agenti atmosferici<br>- Inquinamento naturale<br>- Mancanza di manutenzione. |
| | Deposito superficiale: Accumulo di materiali estranei di varia natura, quali polvere, terriccio, guano, ecc. Ha spessore variabile, generalmente scarsa coerenza e scarsa aderenza al materiale sottostante. | - Esposizione agli agenti atmosferici<br>- Inquinamento naturale |

| MACROSETTORE | LIVELLO | MACROELEMENTO | ELEMENTO |
|---|---|---|---|
| Domus | Sopra terra | Finitura_orizzontale | Pavimentazioni  |
| Domus | Sopra terra | Finitura_orizzontale | Pavimentazioni  |
| Domus | Sopra terra | Struttura_verticale | Murature  |

*Tabella 1.3. Abaco degli elementi e Abaco dei fenomeni di alterazione e degrado del costruito*

| CONSISTENZA | DEGRADO/ALTERAZIONE | CAUSE |
|---|---|---|
| Pavimentazione a mosaico con tessere in calcare bianco, nero e rosa o con tessere in pasta vitrea verdi (Medusa). | Distacco: (mal. ) Soluzione di continuità tra strati di un intonaco, sia tra loro che rispetto al substrato, che prelude, in genere, alla caduta degli strati stessi. Il rischio è la perdita, rottura delle tessere del disegno originale. Creano spazi nuovi per, ad esempio, infiltrazioni d'acqua e innescando un degrado continuo/ciclico. | - Fenomeni di umidità<br>- Perdite localizzate degli impianti di smaltimento e/o di convogliamento delle acque<br>-Soluzioni di continuità conseguenti alla presenza di fessurazioni e/o di lesioni strutturali |
| | Mancanza: Perdita di elementi tridimensionali (braccio di una statua, ansa di un'anfora, brano di una decorazione a rilievo, ecc.). | - Mancanza di manutenzione |
| Pavimentazioni in occiopesto a spina di pesce e ad esagonette in terracotta. | Mancanza: Perdita di elementi tridimensionali (braccio di una statua, ansa di un'anfora, brano di una decorazione a rilievo, ecc.). | - Esposizione agli agenti atmosferici<br>- Mancanza di manutenzione. |
| (Ambiente B fondazione S.1402 Ambiente H fondazione di muretto est-ovest Ambiente K muretto S.2102 Ambiente L strutture S.1568, S.1569, S.1572). Muratura/fondazione in ciottoli fluviali legati con argilla o a secco, di piena età repubblicana (III sec. a.C.). | Mancanza: Perdita di elementi tridimensionali (braccio di una statua, ansa di un'anfora, brano di una decorazione a rilievo, ecc.). | - Soluzione di continuità conseguente alla presenza di fessurazioni e/o lesioni<br>- Mancanza di manutenzione |
| | Deposito superficiale: Accumulo di materiali estranei di varia natura, quali polvere, terriccio, guano, ecc. Ha spessore variabile, generalmente scarsa coerenza e scarsa aderenza al materiale sottostante. | - Esposizione agli agenti atmosferici<br>- Inquinamento naturale<br>- Mancanza di manutenzione |
| | Erosione: Asportazione di materiale dalla superficie che nella maggior parte dei casi si presenta compatta. | - Esposizione agli agenti atmosferici<br>- Processi abrasivi di natura meccanica<br>- Mancanza di manutenzione |
| | Fratturazione o fessurazione: Soluzione di continuità nel materiale che implica lo spostamento reciproco delle parti | - Esposizione agli agenti atmosferici<br>- Processi abrasivi di natura meccanica |

| MACROSETTORE | LIVELLO | MACROELEMENTO | ELEMENTO |
|---|---|---|---|
| Domus | Sopra terra | Finitura_verticale | Intonaco  |
| Domus | Sopra terra | Struttura_connessione | Passerella  |
| Domus | Sopra terra | Struttura_connessione | Passerella  |
| Foro | Sopra terra | Struttura_verticale | Fondazioni  |
| Teatro | Sottoterra | Struttura_orizzontale | Non rilevabile |
| Teatro | Sottoterra | Struttura_verticale | Non rilevabile |
| Anfiteatro | Sottoterra | Struttura_orizzontale | Grsdonate |

*Tabella 1.4. Abaco degli elementi e Abaco dei fenomeni di alterazione e degrado del costruito*

| CONSISTENZA | DEGRADO/ALTERAZIONE | CAUSE |
|---|---|---|
| Intonaco nella Domus repubblicana. | Lacuna: Perdita di continuità di superfici (parte di un intonaco e di un dipinto, porzione di impasto o di rivestimento ceramico, tessere di mosaico, ecc.). | - Esposizione agli agenti atmosferici<br>- Processi abrasivi di natura meccanica<br>- Mancanza di manutenzione |
| Passerella in acciaio zingato per fruizione. | | |
| Passerella laterale in cemento armato. | Colonizzazione biologica: Presenza riscontrabile macroscopicamente di micro e/o macro organismi (alghe, funghi, licheni, muschi, piante superiori). | - Mancato sfalcio della vegetazione<br>- Attacco di organismi autotrofi |
| Opus caementicium con ciottoli e basamento colonne in laterizio cotto (rosso) o pietra da taglio: calcare/travertino. | Erosione: Asportazione di materiale dalla superficie che nella maggior parte dei casi si presenta compatta. | - Agenti atmosferici<br>- Processi abrasivi di natura meccanica<br>- Mancanza di manutenzione |
| | Fratturazione o fessurazione: Soluzione di continuità nel materiale che implica lo spostamento reciproco delle parti. | - Agenti atmosferici<br>- Processi abrasivi di natura meccanica<br>- Mancanza di manutenzione |
| | Mancanza: Perdita di elementi tridimensionali (braccio di una statua, ansa di un'anfora, brano di una decorazione a rilievo, ecc.). | - Mancanza di manutenzione |
| | Presenza di vegetazione: Presenza di individui erbacei, arbustivi o arborei. | - Mancato sfalcio della vegetazione<br>- Attacco di organismi autotrofi |
| Non rilevabile | Non rilevabile | Non rilevabile |
| Non rilevabile | Non rilevabile | Non rilevabile |
| Gradinate rivestite di calcare. | Non rilevabile | Non rilevabile |

| MACROSETTORE | LIVELLO | MACROELEMENTO | ELEMENTO |
|---|---|---|---|
| Anfiteatro | Sopra terra | Arboree | Quercus pubescens  |
| Anfiteatro | Sopra terra | Arboree | Populus alba  |
| Anfiteatro | Sopra terra | Rampicanti | Hedera helix  |
| Anfiteatro | Sopra terra | Erbacee | Orchis purpurea  |
| Anfiteatro | Sopra terra | Erbacee | Festuca arundinacea |
| Anfiteatro | Sopra terra | Erbacee | Trifolium alexandrinum |
| Domus | Sopra terra | Arboree | Quercus pubescens  |
| Domus | Sopra terra | Erbacee | Serapias lingua |

*Tabella 2.1. Abaco degli elementi e Abaco delle criticità della vegetazione*

| CONSISTENZA | CRITICITÀ |
|---|---|
| Fanerofita legnosa caducifoglia, arborea o talvolta cespugliosa; foglie lobate e pubescenti, ghiande come frutto. In contesto archeologico le plantule e le radici sono critiche se insediate in fessure o giunti murari. | Elevata capacità di colonizzazione delle aree prossime alle strutture archeologiche, determinata dalla presenza di individui adulti portaseme e dalla conseguente produzione di nuove plantule. L'accrescimento progressivo degli individui insediati in prossimità di murature, fessure o giunti può determinare interferenze meccaniche crescenti con le strutture, rendendo inoltre più complessa la loro successiva rimozione. |
| Salicacea caducifoglia arborea, a crescita rapida, tipica di ambienti ripariali e suoli freschi; apparato radicale vigoroso, espanso e capace di emettere polloni radicali. | Potenziale interferenza radicale con strutture archeologiche e murature, dovuta alla vigoria e all'espansione dell'apparato radicale e alla capacità della specie di produrre polloni. La rapidità di crescita e propagazione può favorire una progressiva colonizzazione delle aree sensibili. |
| Araliacea sempreverde, lianosa e rampicante, con radici avventizie aderenti; foglie coriacee, fiori in ombrelle e bacche nere a maturità. | Potenziale colonizzazione diretta delle superfici e delle discontinuità murarie attraverso il portamento rampicante e le radici avventizie aderenti. La criticità aumenta quando la vegetazione si sviluppa in corrispondenza di giunti, fessure o strutture archeologiche, dove la progressiva crescita può determinare interferenze fisiche e rendere più complessa la rimozione. |
| Orchidacea terrestre geofita bulbosa, robusta, con infiorescenza densa e fiori porporini. Indicatrice di habitat erbosi o margini seminaturali non intensivi. | La criticità non riguarda un danno alle strutture archeologiche, ma la vulnerabilità della specie alle pratiche manutentive non selettive. Sfalci eseguiti durante la fioritura o prima della disseminazione possono interrompere il ciclo riproduttivo e determinare nel tempo una riduzione delle popolazioni e del valore floristico dell'area. |
| Graminacea perenne cespitosa vigorosa, adatta a prati stabili e suoli freschi; forma cespi robusti e copertura persistente. | Criticità limitata, la copertura erbacea interna può essere considerata compatibile con la conservazione se mantenuta bassa e controllata, poiché riduce l'erosione superficiale e contribuisce alla stabilità del suolo. |
| Fabacea annuale eretta o ascendente, con foglie trifogliate e capolini bianco-giallastri o rosati; specie foraggera coltivata e talvolta spontaneizzata nei prati e negli incolti. | Criticità limitata, la copertura erbacea interna può essere considerata compatibile con la conservazione se mantenuta bassa e controllata, poiché riduce l'erosione superficiale e contribuisce alla stabilità del suolo. |
| Fanerofita legnosa caducifoglia, arborea o talvolta cespugliosa; foglie lobate e pubescenti, ghiande come frutto. In contesto archeologico le plantule e le radici sono critiche se insediate in fessure o giunti murari. | Processo attivo di colonizzazione della vegetazione arborea, favorito dalla presenza di individui adulti portaseme nella zona retrostante la Domus. La presenza contemporanea di semenzali e individui già allo stadio giovanile determina una criticità crescente: con l'accrescimento aumentano sia la difficoltà di rimozione sia la possibilità di interferenza dell'apparato radicale e della parte epigea con strutture archeologiche e aree circostanti. |
| Orchidacea terrestre geofita bulbosa, con fiori caratteristici del genere Serapias. Specie di prati, garighe e margini erbosi gestiti in modo estensivo. | Vulnerabilità della popolazione alle attività di manutenzione della copertura erbacea. Interventi effettuati durante fioritura e fruttificazione possono compromettere il completamento del ciclo riproduttivo e determinare la progressiva perdita delle microaree di interesse floristico. |

| MACROSETTORE | LIVELLO | MACROELEMENTO | ELEMENTO |
|---|---|---|---|
| Domus | Sopra terra | Erbacee | Anacamptis pyramidalis |
| Domus | Sopra terra | Erbacee | Vegetazione spontanea |
| Foro | Sopra terra | Erbacee coltivata (inerbimento antropico) | Vegetazione semi-spontanea e spontanea |
| Foro | Sopra terra | Erbacee coltivata (inerbimento antropico) | Vegetazione semi-spontanea e spontanea |
| Teatro | Sopra terra | Incolto | Vegetazione spontanea |

*Tabella 2.2. Abaco degli elementi e Abaco delle criticità della vegetazione*

| CONSISTENZA | CRITICITÀ |
|---|---|
| Orchidacea terrestre geofita bulbosa, con infiorescenza conica o piramidale e fiori rosa-porporini. Tipica di prati e margini erbosi soleggiati. | Vulnerabilità alle modalità e alla tempistica dello sfalcio. Il taglio prima della maturazione e disseminazione dei semi può limitare la capacità di rinnovamento della popolazione e ridurre nel tempo il valore floristico delle microaree interessate. |
| Festuca rubra subsp. Rubra. Graminacee perenni (Forma biologica Hcaesp, H rept, H rept,) | Criticità trascurabile o nulla nelle condizioni osservate. La presenza della graminacea non evidenzia specifiche interferenze con le strutture archeologiche e può essere gestita mediante ordinaria manutenzione della copertura erbacea. |
| Bromus erectus. Graminacee perenni (Forma biologica Hcaesp, H rept, H rept,) | Criticità limitata, prevalentemente connessa allo sviluppo della copertura erbacea piuttosto che a interferenze dirette con le strutture. La natura perenne della specie richiede un controllo periodico della vegetazione, senza evidenziare particolari problematiche conservative nelle condizioni osservate. |
| Poa pratensis. Graminacee perenni (Forma biologica Hcaesp, H rept, H rept,) | Criticità limitata, associata principalmente al controllo della copertura erbacea. Non emergono specifiche interferenze dirette con le strutture archeologiche; la specie risulta compatibile con una gestione periodica della vegetazione. |
| Festuca rubra subsp. Rubra. Presenza mista sia di vegetazione perenne (Festuca e Bromus) che di specie annuali spontanee (crepis e Odontites) | La criticità è legata soprattutto alla necessità di conciliare il controllo della componente perenne con la conservazione delle specie annuali spontanee. Una gestione uniforme può infatti non distinguere tra vegetazione ordinaria e componenti floristiche di maggiore interesse. |
| Vicia sativa. Presenza mista sia di vegetazione perenne (Festuca e Bromus) che di specie annuali spontanee (crepis e Odontites) | Vulnerabilità della componente annuale alle operazioni di sfalcio eseguite prima della conclusione del ciclo biologico. Una gestione uniforme può impedire fioritura, fruttificazione e disseminazione, determinando nel tempo una semplificazione della composizione floristica. |
| Crepis vesicaria. Presenza mista sia di vegetazione perenne (Festuca e Bromus) che di specie annuali spontanee (crepis e Odontites) | Vulnerabilità alle pratiche di sfalcio non differenziate, soprattutto durante le fasi di fioritura e maturazione dei semi. La rimozione sistematica prima del completamento del ciclo biologico può ridurre progressivamente la presenza della specie e la diversità floristica dell'area. |
| Odontites spPresenza mista sia di vegetazione perenne (Festuca e Bromus) che di specie annuali spontanee (crepis e Odontites) | Vulnerabilità della componente annuale alle pratiche di sfalcio uniforme o anticipato. Interventi eseguiti prima del completamento del ciclo biologico possono ridurre la capacità di fioritura, fruttificazione e disseminazione delle specie annuali, favorendo nel tempo una semplificazione della composizione floristica dell'area. |
| La composizione floristica mostra la compresenza di specie annuali ruderali e infestanti dei coltivi, riferibili alla classe Stellarietea mediae, e di emicriptofite perenni prative riconducibili a dinamiche di prato secondario mesofilo, riferibili alla classe Molinio-Arrhenatheretea. Sono state rilevate graminacee e specie erbacee come Bromus hordeaceus, Bromus erectus, Poa pratensis, Poa trivialis, Dactylis glomerata, Festuca arundinacea, Bellis perennis, Geranium molle, Veronica agrestis, Plantago major, Trifolium repens e altre specie annuali o perenni. La presenza di Cynodon dactylon, Cirsium arvense, Artemisia vulgaris e Dittrichia viscosa è particolarmente rilevante perché tali specie combinano persistenza, vigoria o apparati radicali più problematici | La criticità è legata non alla presenza della copertura erbacea in sé, ma alla sua composizione floristica e alla presenza di specie perenni vigorose, rizomatose o fittonanti, in particolare Cynodon dactylon, Cirsium arvense, Artemisia vulgaris e Dittrichia viscosa, i cui apparati radicali possono esercitare una maggiore pressione sui resti archeologici sepolti. La criticità è accresciuta dalla mancata visibilità in superficie delle strutture del teatro, che può favorire interventi manutentivi standardizzati e calpestio non controllato sopra aree sensibili. Una gestione uniforme e priva di criterio botanico può inoltre determinare una progressiva semplificazione floristica e la perdita di specie di interesse, senza produrre un corrispondente miglioramento della sicurezza archeologica. |

## Analizzare il rischio

Un altro aspetto fondamentale del manuale di manutenzione è lo **studio del rischio.** Inizialmente è stato effettuato un confronto tra l'indice di rischio RHV, proposto da Giulia Caneva, Zohreh Hosseini e Flavia Bartoli nell'articolo *"Risk, hazard, and vulnerability for stone biodeterioration due to higher plants: The methodological proposal of a multifactorial index (RHV)"* (Caneva, G., Hosseini, Z., & Bartoli, F. 2023), e il modello di valutazione del rischio proposto nel documento "La Protezione Civile in Italia – Testo istituzionale di riferimento per i docenti scolastici" (Dolce, M., Miozzo, A., Di Bucci, D., Alessandrini, L., Bastia, S., Bertuccioli, P., Bilotta, D., Ciolli, S., De Siervo, G., Fabi, D., Madeo, L., Panunzi, E., & Silvestri, V. 2020). Nel modello della Protezione Civile, il rischio è espresso attraverso la relazione **R = H × V × E / C**, nella quale:

- **R** rappresenta il rischio riferito ai beni esposti nell'area di interesse, espresso, per quanto possibile, in termini di probabilità o frequenza di accadimento di determinate conseguenze.
- **H** rappresenta la pericolosità dell'area di interesse, il cui incremento comporta un aumento del rischio.
- **E** indica l'esposizione dei beni presenti nell'area, il cui incremento determina a sua volta un aumento del rischio.
- **V** rappresenta la vulnerabilità dei beni esposti, anch'essa direttamente proporzionale al rischio.
- **C** indica la capacità di risposta dei soggetti esposti e del sistema di protezione civile, il cui incremento contribuisce, al contrario, alla riduzione del rischio.

Sebbene tale modello risulti applicabile a numerose tipologie di eventi e costituisca uno strumento di riferimento per la valutazione dei rischi connessi a diverse calamità, esso non risulta pienamente adeguato agli obiettivi della presente tesi. Il modello, infatti, è prevalentemente orientato alla valutazione di eventi calamitosi, quali, ad esempio, il rischio sismico, idrogeologico, alluvionale o di incendio, e non considera in maniera specifica la relazione tra il costruito e la vegetazione, né il potenziale rischio che quest'ultima può esercitare sul manufatto in funzione delle proprie caratteristiche. Un ulteriore limite è rappresentato dal fatto che il rischio viene espresso principalmente attraverso un approccio probabilistico e statistico, mentre la presente ricerca necessita di una valutazione maggiormente oggettiva e parametrica, applicabile direttamente alla relazione tra le caratteristiche della vegetazione e quelle del manufatto. Inoltre, per ciascuna tipologia di pericolo non è necessariamente definita un'unica modalità di valutazione del rischio, rendendo il modello meno direttamente applicabile a una metodologia specificamente orientata all'interazione tra vegetazione e

patrimonio archeologico.
Per queste ragioni, l'RHV è risultato particolarmente interessante, poiché propone una valutazione multifattoriale specificamente orientata al rapporto tra la presenza di vegetazione e il biodeterioramento dei materiali lapidei. Il modello rappresenta quindi un riferimento metodologico più vicino alle esigenze della presente tesi e costituisce il punto di partenza per lo sviluppo della valutazione del rischio associato all'interazione tra vegetazione e costruito archeologico.
Il rischio denominato RHV (Risk – Hazard – Vulnerability) consente di valutare le minacce esercitate sul costruito in relazione alle condizioni ambientali e alla crescita della vegetazione. Tale metodologia risulta fondamentale nell'ambito della presente tesi, poiché considera la connessione tra vegetazione e costruito, che rappresenta una componente caratterizzante del Parco Archeologico.
I parametri che costituiscono il rischio sono la pericolosità (Hazard) e la vulnerabilità (Vulnerability). La pericolosità, distinta dal concetto di pericolo, indica una condizione nella quale esiste una minaccia nei confronti di un bene. La vulnerabilità indica, invece, la suscettibilità o il grado di esposizione del sito a un determinato fattore di disturbo o di minaccia e dipende dalla debolezza intrinseca del monumento.
Un indice generale era stato precedentemente proposto da Fitzner nell'ambito del Monument Mapping Method (MMM), riferito principalmente ai fenomeni di alterazione superficiale delle pietre. Per quanto riguarda la vegetazione, era già disponibile l'indice di pericolosità di Signorini (Hazard Index – HI). Tuttavia, tali metodologie risultavano insufficienti ai fini dell'analisi, in quanto trascuravano diversi fattori in grado di influenzare effettivamente la pericolosità e la vulnerabilità. A partire da tali metodologie è stato quindi elaborato il fattore RHV.
I danni vengono classificati seguendo e semplificando il Monument Mapping Method (MMM) e ordinati secondo un livello crescente di interazione tra pianta e monumento.
1. Molto basso (Very Low – VL) – Sporcamento (Soiling – SO).
Consiste nella deposizione di materiale terroso sulle superfici lapidee. Il fenomeno è generalmente causato dalla presenza di piccole piante effimere che favoriscono l'accumulo di terreno sulla pietra, senza tuttavia interagire in modo significativo con il substrato. Fenomeni analoghi possono essere prodotti anche da altre specie vegetali, ma esclusivamente in associazione con ulteriori forme di degrado.
2. Basso (Low – L) – Erosione superficiale (Superficial Erosion – SE).
Consiste nel distacco di piccoli aggregati granulari dalla superficie della pietra oppure nella disgregazione granulare (Granular Disintegration – GD). In questi casi, l'interazione tra pianta e substrato non è sempre facilmente osservabile,

sebbene sia possibile rilevare un aumento della rugosità superficiale.
3. Basso (Low – L) – Alterazione cromatica (Discoloration – DI).
Consiste nella modificazione del colore originario della pietra. L'interazione tra pianta e substrato è rappresentata dalla deposizione di essudati radicali oppure di metaboliti prodotti dalla pianta.
4. Medio (Medium – M) – Fratturazione (Fracturing – FR).
Consiste nella formazione o nell'ampliamento di fratture e fessure, talvolta parallele alla superficie della pietra, come nel caso del Back Weathering (BW) o del Flaking (FL). L'interazione tra pianta e pietra è chiaramente riconoscibile grazie alla penetrazione delle radici, soprattutto quelle legnose oppure, più raramente, delle radici fittonanti perenni.
5. Alto (High – H) – Disgregazione (Disruption – DS).
Consiste nello sviluppo di danni significativi che determinano il distacco di grandi porzioni di pietra (Break Out) oppure la separazione di frammenti lapidei compatti di forma irregolare (Crumbly Disintegration). Questo tipo di danno è osservabile solamente in presenza di radici legnose che esercitano una forte pressione meccanica sul materiale.
6. Molto alto (Very High – VH) – Cedimento (Collapse – CO).
Indica una grave compromissione della struttura dell'edificio.

| Indicators / Values | Very Low | Low | Medium | High | Very high |
|---|---|---|---|---|---|
| | Class 1 | Class 2 | Class 3 | Class 4 | Class 5 |
| **1. Bioclimatic conditions (Bc)** | | | | | |
| Polar; Tropical desertic; Medit. Desertic | X | | | | |
| Tropical xeric; Medit. Xeric; Temperate xeric; Boreal xeric; B. continent. | | X | | | |
| Medit. Pluvioseasonal; Temperate Continental; Boreal oceanic | | | X | | |
| Temperate Oceanic | | | | X | |
| Tropical pluvial | | | | | X |
| **2. Environmental context (EC)** | | | | | |
| Industrial, Urban (high pollution) | X | (X) | | | |
| Green spaces in polluted urban context | | X | | | |
| Green spaces and Gardens in urban context | | | X | | |
| Rural | | | | X | |
| Forest | | | | | X |

*Tabella 3. Insieme di indicatori generali di pericolo (hazard) relativi alle condizioni ambientali del sito.*
Nota. Adattato e tradotto in italiano da "Risk, hazard, and vulnerability for stone biodeterioration due to higher plants: The methodological proposal of a multifactorial index (RHV)", di G. Caneva, Z. Hosseini e F. Bartoli, 2023, *Journal of Cultural Heritage, 62, pp. 217-229*

La crescita della vegetazione è talmente aggressiva da provocare veri e propri cedimenti strutturali.
Per arrivare a questa classificazione si procede innanzitutto attraverso lo studio della pericolosità (Hazard), che viene suddivisa in pericolosità ambientale e pericolosità vegetazionale. Gli indicatori ambientali considerati sono il bioclima (**Bc**) e il contesto ambientale (Environmental Context – **EC**), mentre gli indicatori

| Indicators / Values | Very Low | Low | Medium | High | Very high |
|---|---|---|---|---|---|
| | Class 1 | Class 2 | Class 3 | Class 4 | Class 5 |
| **3. Life forms (LF)** | | | | | |
| T: therophytes, annual grasses | X (S) | X (SE,D) | | | |
| H biennial (Hemicryptophytes) | X (S) | X (SE,D) | X (F) | | |
| H perennial per G (Geophytes) Ch (Chamaephytes) | X (S) | X (SE,D) | X (F) | | |
| Shrubs (Pcaesp: caespitose phanerophytes) and Lianas (Plian = lianose phanerophytes | X (S) | X (SE,D) | X (F) | X All (F*) | |
| Trees (Pscap: scapose phanerophytes | X (S) | X (SE,D) | X (F) | X All (F*) | X All (F,DS*,I ) |
| **4. Root systems and stem characters (RS)** | | | | | |
| Fasciculate annual roots | X (S) | X (SE,D) | | | |
| Fasciculate perennial roots | X(S) | X(SE,D) | | | |
| Herbaceous Tap root and hypogean organs | X(S) | X(SE,D) | X ,(F) | | |
| Wooden roots with limited growths | X (S) | X (SE,D | X ,(F) | X All (DS*) | |
| Wooden roots with long and vigorous roots | X (S) | X (SE,D | X ,(F) | X All (DS*) | X All (F,DS*I) |
| **5. Ecological preference (Ec)** | | | | | |
| Occasional ephemeral plants | X (S) | | | | |
| Occasional perennial plants | X (S) | X(SE,D) | | | |
| Ruderal plants with wide tolerance | X (S) | X(SE,D) | X( F*) | | |
| Plants with rocky habitat preference | X (S) | X (SE,D) | X All (F*) | | |
| Plants of pioneer Forests | X (S) | X (SE,D) | X All (F*) | X All (DS*) | X All (F,DS*,I ) |
| **6. Physiological characteristics (Ph)** | | | | | |
| Ephemeral plants with limited seedlings | X (S) | X (SE,D) | | | |
| Ephemeral plants with high seedlings | X (S) | X (SE*,D*) | | | |
| Perennial plants with limited vigor but high vegetative potentials and seedlings | X (S) | X (SE,D) | X (S,SE,D, F) | | |
| Wooden plants with high vigor and low invasiveness | X (S) | X (SE,D) | X All (F*) | X All (F*) | |
| Wooden plants with high vigor and high invasiveness | X (S) | X (SE,D) | X All (F*) | X All (F*) | X All (F,DS*,I ) |

*Tabella 4. Insieme di indicatori generali di pericolo (hazard) legati alla crescita delle piante sui monumenti*
*N*ota. Adattato e tradotto in italiano da "Risk, hazard, and vulnerability for stone biodeterioration due to higher plants: The methodological proposal of a multifactorial index (RHV)", di G. Caneva, Z. Hosseini e F. Bartoli, 2023, *Journal of Cultural Heritage, 62, pp. 217-229*

relativi alla vegetazione comprendono la forma biologica (Life Forms – **LF**), l'apparato radicale (Root System – **RS**), l'ecologia della specie (Ecology – **Ec**) e le caratteristiche fisiologiche (Physiology – **Ph**).
Per ciascun indicatore vengono individuate cinque classi di pericolosità, corrispondenti ai valori 1, molto bassa; 2, bassa; 3, media; 4, alta; e 5, molto alta.
Nel caso specifico di Suasa, i valori relativi agli indicatori ambientali rimangono invariati: il bioclima è mediterraneo e temperato, mentre il contesto ambientale è rurale. Al contrario, i valori relativi agli indicatori vegetazionali variano in funzione della specie considerata.
La vulnerabilità del costruito associata alla colonizzazione vegetale viene espressa attraverso tre parametri, o indicatori: il substrato (**Sb**), i micrositi di colonizzazione (**Ms**) e lo stato di conservazione (**CS**). Anche per questi tre indicatori vengono utilizzate cinque classi, corrispondenti

| Indicators / values | Very Low | Low | Medium | High | Very high |
|---|---|---|---|---|---|
| | Class 1 | Class 2 | Class 3 | Class 4 | Class 5 |
| **7. Stone bioreceptivity (Sb)** | | | | | |
| Stone with very low porosity and low degradation rate | x | | | | |
| Stone with low porosity and increasing deterioration rate | | x | | | |
| Stone with medium porosity and increasing deterioration rate | | | x | | |
| Stone with high porosity and increasing deterioration rate | | | | x | |
| Stone with very high porosity due to deterioration rate | | | | | x |
| **8. Microsites (Ms)** | | | | | |
| Crack, cavities and joints at ground level for vertical/inclined surface | x | | | | |
| From cavities to fractures, and joints mainly in vertical/inclined surface with increased height of walls | | x | | | |
| From cavities to fractures, and mainly in inclined surface with increased height of walls | | | x | | |
| From cavities to fractures, and joints mainly in horizontal surface with increased height of walls | | | | x | |
| From cavities to fractures, and joints at middle/upper level for horizontal/inclined surfaces | | | | | x |
| **9. Conservation Status (CS)** | | | | | |
| Protected site with regular plants control plan | x | | | | |
| Protected site with plants control plan limited to some areas | | x | | | |
| Protected site without regular plants control plan | | | x | | |
| Abandonment for some years | | | | x | |
| Abandonment for more than 10 years | | | | | x |

*Tabella 5. Insieme di indicatori di vulnerabilità legati alle condizioni di colonizzazione del sito*
Nota. Adattato e tradotto in italiano da "Risk, hazard, and vulnerability for stone biodeterioration due to higher plants: The methodological proposal of a multifactorial index (RHV)", di G. Caneva, Z. Hosseini e F. Bartoli, 2023, *Journal of Cultural Heritage, 62, pp. 217-229*

ai valori 1, molto bassa; 2, bassa; 3, media; 4, alta; e 5, molto alta.
Il substrato descrive la suscettibilità del materiale lapideo alla colonizzazione biologica, i micrositi ndividuano le condizioni locali che favoriscono l'insediamento della vegetazione, mentre lo stato di conservazione tiene conto delle condizioni di gestione e manutenzione del sito.

| → Increasing rate of porosity | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Mud brick<br>Mud/clay mortar | | | CLASS4 | CLASS 5 | CLASS5 |
| Fired brick | Gypsum<br>Quicklime | Tuff<br>Travertine | CLASS 3 | CLASS 4 | CLASS 4 |
| | Hydrate lime<br>Hydraulic lime | Limestone<br>Sandstone | CLASS 3 | CLASS 3 | CLASS 4 |
| | Pozzolan lime<br>Portland cement | Granite, Basalt<br>Gneiss, Slate | CLASS 2 | CLASS 2 | CLASS 3 |
| | Concrete | Marble | CLASS 1 | CLASS 1 | CLASS 2 |
| | | | Low | Medium | High |

→ Increasing rate of substrate deterioration

[a]

| UPPER PART OF WALL | MIDDLE PART OF WALL | GROUND LEVEL | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| HORIZONTAL | HORIZONTAL | HORIZONTAL | CLASS 4 | CLASS 5 | CLASS 5 |
| INCLINED | | | CLASS 3 | CLASS 4 | CLASS 5 |
| VERTICAL | INCLINED | | CLASS 2 | CLASS 3 | CLASS 4 |
| | VERTICAL | INCLINED | CLASS 1 | CLASS 2 | CLASS 3 |
| | | VERTICAL | CLASS 1 | CLASS 1 | CLASS 2 |
| | | | CAVITIES | CRACKS<br>DELAMINATION | FRACTURES<br>SURFACE COVERED BY SOIL |
| | | | MORTAR-JOINTS OF TWO VERTICAL | DRY-JOINTS OF TWO VERTICAL<br>MORTAR-JOINTS OF TWO HORIZONTAL<br>MORTAR-JOINTS OF HORIZONTAL WITH VERTICAL/INCLINED | DRY-JOINTS OF TWO HORIZONTAL<br>DRY-JOINTS OF HORIZONTAL WITH VERTICAL/INCLINED |

(Classes: 1= Very Low; 2= Low; 3= Medium; 4= High; 5= Very high).
The rate of colonization increases in relation to the ground level (Ground, Middle, Upper), inclination (Vertical, Inclined, Horizontal), and Typologies of Ms (i.e., Cavities, Cracks, Joints). [b]

(Classes: 1= Very Low; 2= Low; 3= Medium; 4= High; 5= Very high).
The rate of colonization increases in relation to the ground level (Ground, Middle, Upper), inclination (Vertical, Inclined, Horizontal), and Typologies of Ms (i.e., Cavities, Cracks, Joints).

*Tabella 6. Classificazione della vulnerabilità associata a (a) bioricettività del substrato (Sb) e (b) micrositi di colonizzazione delle piante (Ms)*

*N*ota. Adattato e tradotto in italiano da "Risk, hazard, and vulnerability for stone biodeterioration due to higher plants: The methodological proposal of a multifactorial index (RHV)", di G. Caneva, Z. Hosseini e F. Bartoli, 2023, *Journal of Cultural Heritage, 62, pp. 217-229*

Il substrato tiene conto principalmente delle caratteristiche fisiche dei materiali lapidei, quali rugosità superficiale, composizione mineralogica e porosità complessiva, che determinano la biorecettività, ovvero la capacità naturale della pietra di essere colonizzata dagli organismi biologici.
La porosità costituisce un importante fattore di vulnerabilità. Un materiale inizialmente poco, mediamente o molto poroso può passare, con il degrado, a una classe di vulnerabilità superiore. La scala varia da molto bassa, per una porosità inferiore all'1%, a molto alta, per una porosità superiore al 30%. I materiali vengono quindi classificati in cinque classi, da quelli estremamente compatti, come granito e quarzite, fino a quelli estremamente porosi o fortemente degradati.
La vulnerabilità non è tuttavia uniforme all'interno di un monumento. Fessure, crepe, cavità e giunti tra i blocchi lapidei costituiscono micrositi di crescita particolarmente favorevoli alla colonizzazione vegetale, poiché trattengono polvere, sostanza organica, umidità e nutrienti.
La vulnerabilità dei micrositi viene descritta attraverso tre parametri: altezza, inclinazione e tipologia del microsito. Le superfici orizzontali risultano generalmente più favorevoli alla colonizzazione, poiché tendono ad accumulare maggiormente terreno e acqua. I micrositi comprendono inoltre la posizione della pianta e la presenza di fessure, cavità, giunti e altre discontinuità della superficie.
Lo stato di conservazione tiene invece conto della gestione del sito. Maggiore è l'abbandono del monumento, maggiore sarà la vulnerabilità.
Gli autori propongono inoltre una classificazione basata sul tempo trascorso dall'ultima manutenzione, assumendo un periodo medio di 10 anni come riferimento, oltre il quale la vulnerabilità raggiunge il livello più elevato. Tale limite è particolarmente adatto ai siti tropicali, mentre nei climi temperati e mediterranei, dove l'evoluzione della vegetazione arborea richiede generalmente tempi più lunghi, il punteggio della vulnerabilità può essere ridotto.
Una volta definiti i tre indicatori della vulnerabilità del costruito, è possibile procedere alla determinazione dei fattori che compongono l'indice complessivo. Il rischio viene infatti espresso attraverso la relazione:

**RHV = (H Ambiente + H Vegetazione) × V Costruito**

Lo studio precedentemente condotto è stato successivamente applicato al caso oggetto della presente tesi, il Parco Archeologico di Suasa, attraverso un'analisi articolata in due fasi. In primo luogo, è stata analizzata la pericolosità (hazard) associata ai fattori climatici e alla

vegetazione. Successivamente, è stata approfondita la vulnerabilità (vulnerability) del patrimonio costruito, al fine di valutare le possibili interazioni tra i fattori di pericolosità individuati e gli elementi del costruito.

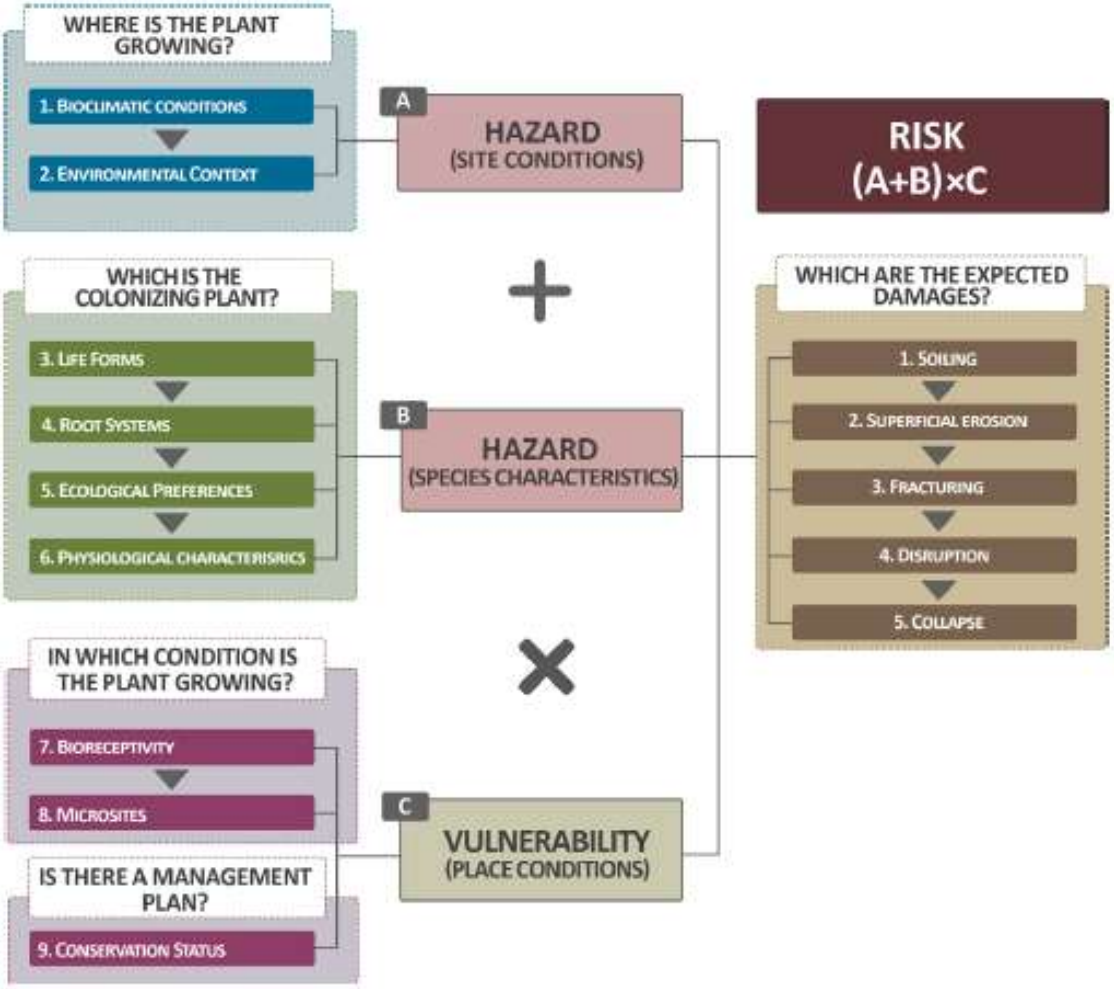



*Figura 28. Il modello RHV per la valutazione del rischio derivante dalla colonizzazione delle piante superiori sugli edifici*

*N*ota. Adattato e tradotto in italiano da "Risk, hazard, and vulnerability for stone biodeterioration due to higher plants: The methodological proposal of a multifactorial index (RHV)", di G. Caneva, Z. Hosseini e F. Bartoli, 2023, *Journal of Cultural Heritage, 62, pp. 217-229*

| MACROSETTORE | LIVELLO | MACROELEMENTO | ELEMENTO |
|---|---|---|---|
| Anfiteatro | Sopra terra | Arboree | Quercus pubescens |
| Anfiteatro | Sopra terra | Arboree | Populus alba |
| Anfiteatro | Sopra terra | Rampicanti | Hedera helix |
| Anfiteatro | Sopra terra | Erbacee | Orchis purpurea |
| Anfiteatro | Sopra terra | Erbacee | Festuca arundinacea |
| Anfiteatro | Sopra terra | Erbacee | Trifolium alexandrinum |
| Domus | Sopra terra | Arboree | Quercus pubescens |
| Domus | Sopra terra | Erbacee | Serapias lingua |
| Domus | Sopra terra | Erbacee | Anacamptis pyramidalis |
| Domus | Sopra terra | Erbacee | Vegetazione spontanea: Festuca rubra subsp. Rubra |
| Domus | Sopra terra | Erbacee | Vegetazione spontanea: Bromus erectus |
| Domus | Sopra terra | Erbacee | Vegetazione spontanea: Poa pratensis |

*Tabella 7.1. Valutazione della pericolosità (hazard) legata al clima e alla vegetazione del sito.*
Nota. Elaborazione propria secondo la metodologia RHV proposta da Caneva et al. (2023).

| H AMBIENTE | | H VEGETAZIONE | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Bc<br>Bioclima | EC<br>Contesto ambientale | LF<br>Forma biologica | RS<br>Apparato radicale | Ec<br>Ecologia della specie | Ph<br>Caratteristiche fisiologiche |
| Mediterraneo<br>Classe 3: Medio | Rurale<br>Classe 4: Alto | P scap / P caesp.<br>Classe 5: Molto Alto | Classe 5: Very Alto | Classe 5: Molto Alto | Classe 4: Alto |
| Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | P scap<br>Classe 3: Medio | Classe 2: Basso | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio |
| Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | P lian / Ch rept<br>Classe 4: Alto | Classe 4: Alto | Classe 5: Molto Alto | Classe 5: Molto Alto |
| Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | G bulb<br>Classe 3: Medio | Classe 3: Medio | Classe 2: Basso | Classe 3: Medio |
| Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | H caesp<br>Classe 3: Medio | Classe 2: Low | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio |
| Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | T scap<br>Classe 2: Basso | Classe 3: Medio | Classe 1: Molto Basso | Classe 2: Basso |
| Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | P scap / P caesp.<br>Classe 5: Molto Alto | Classe 5: Molto Alto | Classe 5: Molto Alto | Classe 4: Alto |
| Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | G bulb<br>Classe 3: Medio | Classe 3: Medio | Classe 2: Basso | Classe 3: Medio |
| Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | G bulb<br>Classe 3: Medio | Classe 3: Medio | Classe 2: Basso | Classe 3: Medio |
| Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | Classe 3: Medio | Classe 2: Low | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio |
| Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | Classe 3: Medio | Classe 2: Basso | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio |
| Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio |

| MACROSETTORE | LIVELLO | MACROELEMENTO | ELEMENTO |
|---|---|---|---|
| Foro | Sopra terra | Erbacee coltivata (inerbimento antropico) | Vegetazione spontanea: Festuca rubra subsp. Rubra |
| Foro | Sopra terra | Erbacee coltivata (inerbimento antropico) | Vegetazione spontanea: Bromus erectus |
| Foro | Sopra terra | Erbacee coltivata (inerbimento antropico) | Vegetazione spontanea: Vicia sativa |
| Foro | Sopra terra | Erbacee coltivata (inerbimento antropico) | Vegetazione spontanea: Crepis vesicaria |
| Foro | Sopra terra | Erbacee coltivata (inerbimento antropico) | Vegetazione spontanea: Odontites sp. |
| Teatro | Sopra terra | Incolto | Bromus hordeaceus |
| Teatro | Sopra terra | Incolto | Bromus erectus |
| Teatro | Sopra terra | Incolto | Poa pratensis |
| Teatro | Sopra terra | Incolto | Poa trivialis |
| Teatro | Sopra terra | Incolto | Dactylis glomerata |
| Teatro | Sopra terra | Incolto | Festuca arundinacea |
| Teatro | Sopra terra | Incolto | Bellis perennis |

*Tabella 7.2. Valutazione della pericolosità (hazard) legata al clima e alla vegetazione del sito.*
Nota. Elaborazione propria secondo la metodologia RHV proposta da Caneva et al. (2023).

| H AMBIENTE | | H VEGETAZIONE | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Bc<br>Bioclima | EC<br>Contesto ambientale | LF<br>Forma biologica | RS<br>Apparato radicale | Ec<br>Ecologia della specie | Ph<br>Caratteristiche fisiologiche |
| Mediterraneo<br>Classe 3: Medio | Rurale<br>Classe 4: Alto | Classe 3: Medio | Classe 2: Basso | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio |
| Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | Classe 3: Medio | Classe 2: Basso | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio |
| Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | Classe 2: Basso | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio | Classe 2: Basso |
| Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | Classe 2: Basso | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio | Classe 2: Basso |
| Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | Classe 2: Basso | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio | Classe 2: Basso |
| Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | Classe 2: Basso | Classe 2: Basso | Classe 3: Medio | Classe 2: Basso |
| Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | Classe 3: Medio | Classe 2: Basso | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio |
| Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio |
| Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | Classe 3: Medio | Classe 2: Basso | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio |
| Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | Classe 3: Medio | Classe 2: Basso | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio |
| Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | H caesp<br>Classe 3: Medio | Classe 2: Basso | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio |
| Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | Classe 3: Medio | Classe 2: Low | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio |

| MACROSETTORE | LIVELLO | MACROELEMENTO | ELEMENTO |
|---|---|---|---|
| Teatro | Sopra terra | Incolto | Geranium molle |
| Teatro | Sopra terra | Incolto | Veronica agrestis |
| Teatro | Sopra terra | Incolto | Vicia sativa |
| Teatro | Sopra terra | Incolto | Plantago major |
| Teatro | Sopra terra | Incolto | Trifolium repens |
| Teatro | Sopra terra | Incolto | Cynodon dactylon |
| Teatro | Sopra terra | Incolto | Cirsium arvense |
| Teatro | Sopra terra | Incolto | Dittrichia viscosa |
| Teatro | Sopra terra | Incolto | Artemisia vulgaris |

*Tabella 7.3. Valutazione della pericolosità (hazard) legata al clima e alla vegetazione del sito.*
Nota. Elaborazione propria secondo la metodologia RHV proposta da Caneva et al. (2023).

| H AMBIENTE | | H VEGETAZIONE | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Bc<br>Bioclima | EC<br>Contesto ambientale | LF<br>Forma biologica | RS<br>Apparato radicale | Ec<br>Ecologia della specie | Ph<br>Caratteristiche fisiologiche |
| Mediterraneo<br>Classe 3: Medio | Rurale<br>Classe 4: Alto | Classe 2: Basso | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio | Classe 2: Basso |
| Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | Classe 2: Basso | Classe 2: Basso | Classe 3: Medio | Classe 2: Basso |
| Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | Classe 2: Basso | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio | Classe 2: Basso |
| Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | Classe 3: Medio | Classe 2: Basso | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio |
| Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | Classe 3: Medio | Classe 2: Basso | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio |
| Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio |
| Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio |
| Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | Classe 3: Medio | Classe 4: Alto |
| Classe 3: Medio | Classe 4: Alto | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio | Classe 3: Medio |

| MACROSETTORE | LIVELLO | MACROELEMENTO | ELEMENTO |
|---|---|---|---|
| Anfiteatro | Sopra terra | Struttura_verticale | Muratura |
| Anfiteatro | Sopra terra | Struttura_verticale | Vomitoria |
| Anfiteatro | Sopra terra | Struttura_verticale | Vomitoria restaurato |
| Domus | Sopra terra | Struttura_verticale | Muatura |
| Foro | Sopra terra | Struttura_verticale | Fondazioni |

*Tabella 8. Valutazione della vulnerabilità (vulnerability) legata al costruito*
Nota. Elaborazione propria secondo la metodologia RHV proposta da Caneva et al. (2023).

## V COSTRUITO

| Ms<br>Micrositi di colonizzazione | Sb<br>Biorecettività del substrato | CS<br>Stato di conservazione |
|---|---|---|
| Pietra con elevata porosità e tasso di deterioramento crescente.<br>Classe 4: Alto | Da cavità a fratture, con giunti a livello medio/superiore per superfici orizzontali/inclinate.<br>Classe 5: Alto | Sito protetto con un piano di controllo periodico delle piante.<br>Classe 2: Basso |
| Classe 4: Alto | Classe 5: Molto Alto | Classe 2: Basso |
| Pietra con porosità molto bassa e basso tasso di degrado.<br>Classe 1: Molto Basso | Crepe, cavità e giunti a livello del suolo per superfici verticali/inclinate<br>Classe 1: Molto Basso | Classe 2: Basso |
| Pietra con porosità media e tasso di deterioramento crescente.<br>Classe 3: Medio | Da cavità a fratture, con superfici prevalentemente inclinate e pareti di maggiore altezza<br>Classe 3: Medio | Classe 2: Basso |
| Pietra con porosità molto bassa e basso tasso di degrado.<br>Classe 1: Molto Basso | Da cavità a fratture e giunti, principalmente su superfici orizzontali, con un aumento dell'altezza delle pareti<br>Classe 4: Alto | Classe 2: Basso |

Un limite di questo approccio al calcolo del rischio risiede nel fatto che, al termine dell'analisi, non si ottiene un valore di rischio complessivo riferito all'area considerata, bensì una molteplicità di fattori di rischio individuati singolarmente, che non concorrono a restituire una misura sintetica del rischio generale.
Tale caratteristica deriva, come motivato dagli autori che hanno messo a punto il metodo, principalmente dalla diversa natura dei nove parametri che compongono il modello, i quali descrivono aspetti differenti della situazione analizzata. L'obiettivo degli autori non è infatti quello di ricondurre una realtà complessa a un unico valore numerico, poiché la semplice somma o moltiplicazione dei parametri comporterebbe una perdita delle informazioni specifiche associate a ciascuno di essi.
Preso atto di queste motivazioni, e nel tentativo di superare questa visione separata, la presente tesi propone una soluzione che combina i nove parametri e li riconduce a un valore complessivo di rischio. A partire dai valori dei singoli parametri, viene pertanto applicata la formula dell'indice RHV, così da ottenere una misura sintetica del rischio riferita alla situazione analizzata.
Per illustrare più chiaramente la proposta di calcolo, è stata presa come esempio una porzione dell'**Anfiteatro** nella quale sono presenti contemporaneamente la **muratura, una quercia secolare e l'edera**. Una volta determinati i valori dei singoli fattori, secondo i criteri precedentemente illustrati, sono stati ottenuti i seguenti risultati.
Per quanto riguarda **H Ambiente**, sono stati individuati i seguenti valori: Bc, corrispondente alla classe 3, ed Ec, corrispondente alla classe 4.
Per **H Vegetazione**, sono stati considerati i parametri relativi alle due specie vegetali presenti. Per la Quercus pubescens sono stati assegnati i seguenti valori: LF, classe 5; RS, classe 5; Ec, classe 5; Ph, classe 4. Per Hedera helix sono invece stati individuati: LF, classe 4; RS, classe 4; Ec, classe 5; Ph, classe 5.
Infine, per il fattore **V Costruito**, riferito alla muratura dell'Anfiteatro, sono stati ottenuti i seguenti valori: Ms, classe 4; Sb, classe 5; CS, classe 2.
Questi valori costituiscono i dati di partenza per il successivo calcolo dei valori complessivi di H Ambiente, H Vegetazione e V Costruito, necessari per l'applicazione della formula proposta per la determinazione del rischio.
In primo luogo, vengono individuati i valori massimi raggiungibili dai tre fattori considerati.
Per il fattore relativo all'ambiente, H Ambiente, il valore massimo è pari a 10, mentre per la vegetazione, H Vegetazione, il valore massimo è pari a 20. Per il costruito, V Costruito, il valore massimo considerato è pari a 15.
Il valore massimo teoricamente raggiungibile dall'indice RHV viene quindi determinato applicando la formula:

**RHV = (H Ambiente + H Vegetazione) × V Costruito**

da cui:

(10 + 20) × 15 = 450

Il valore massimo teorico dell'indice RHV risulta pertanto pari a 450. Per rapportare tale valore alle cinque classi di danno considerate, il valore massimo viene suddiviso in **cinque intervalli** di uguale ampiezza:

450 / 5 = 90

In questo modo, le cinque classi di danno possono essere espresse sia attraverso un intervallo percentuale, sia attraverso il corrispondente intervallo di valori dell'indice RHV. Le classi individuate sono:

- Deposito superficiale: **0–20% Molto basso**
- Erosione superficiale e alterazione cromatica: **20–40% Basso**
- Frattura: **40–60% Medio**
- Disgregazione: **60–80% Alto**
- Cedimento: **80–100% Molto alto**

Per verificare l'applicazione del calcolo, si considera come esempio l'Anfiteatro, ipotizzando la presenza contemporanea di muratura, querce ed edera.

Per il fattore H Ambiente, vengono considerati i valori relativi alle condizioni ambientali individuate, ottenendo:

**H Ambiente = 3 + 4 = 7**

Per il fattore H Vegetazione, vengono invece considerate le caratteristiche della quercia e dell'edera. Il valore viene determinato attraverso la media dei relativi parametri considerati:

**H Vegetazione = (5 + 4) / 2 + (4 + 4) / 2 + (5 + 5) / 2 + (5 + 5) / 2 = 18,5**

Per il fattore relativo al costruito viene considerata la muratura dell'Anfiteatro, per la quale si ottiene:

**V Costruito = 5 + 4 + 5 = 14**

Una volta determinati i tre valori, è possibile applicare la formula dell'indice RHV:

RHV = (H Ambiente + H Vegetazione) × V Costruito

e quindi:

**RHV = (7 + 18,5) × 14 = 357**

Il valore ottenuto viene successivamente rapportato al valore massimo teorico dell'indice, pari a 450, così da esprimerlo in termini percentuali:

**(357 / 450) × 100 = 79,33%**

Il valore ottenuto, pari al 79,33%, ricade nell'intervallo compreso tra il 60% e l'80% e corrisponde pertanto alla classe di danno alta, associata al fenomeno della **disgregazione**.

L'esempio mostra come il calcolo proposto consenta di superare la lettura separata dei singoli parametri e di ricondurli a un unico valore sintetico di rischio.

I nove parametri considerati vengono infatti integrati nei **tre fattori di pericolo ambientale, pericolo della vegetazione e vulnerabilità del costruito**, dai quali deriva il valore complessivo dell'indice RHV. In questo modo, il risultato finale può essere espresso sia come valore numerico, pari a 357, sia come valore percentuale, pari al 79,33%, consentendo di associare il rischio a una specifica classe di danno.
A integrazione della sintesi numerica, viene mantenuta anche la rappresentazione grafica proposta dagli autori attraverso un **grafico radar, o grafico a stella.** In questo caso, i nove parametri vengono rappresentati singolarmente per evidenziare la diversa incidenza dei fattori che compongono l'indice. Ogni raggio del grafico rappresenta uno dei nove indicatori, mentre le cinque classi di rischio corrispondono ai valori 1, molto basso; 2, basso; 3, medio; 4, alto; e 5, molto alto. Il grafico è suddiviso in due parti, corrispondenti al **pericolo** e alla **vulnerabilità**, mentre la copertura della vegetazione viene rappresentata mediante differenti intensità di colore. Tale parametro non modifica il punteggio dei nove indicatori, ma consente di distinguere specie caratterizzate dallo stesso livello di pericolosità che presentano, tuttavia, una diversa estensione della superficie colonizzata.
Per quantificare la copertura viene utilizzata la tradizionale scala fitosociologica, nella quale il simbolo + corrisponde a circa 0,5%, il valore 1 a una copertura compresa tra 1 e 5%, il valore 2 a una copertura compresa tra 5 e 25%, il valore 3 a una copertura compresa tra 25 e 50%, il valore 4 a una copertura compresa tra 50 e 75% e il valore 5 a una copertura compresa tra 75 e 100%.
In questo modo è possibile distinguere due specie che presentano lo stesso livello di pericolosità, ma occupano superfici molto diverse. La rappresentazione grafica e il valore sintetico proposto svolgono quindi funzioni complementari: il grafico radar permette di leggere nel dettaglio i singoli fattori che contribuiscono al rischio, mentre il valore complessivo dell'indice RHV consente di ottenere una misura sintetica utile alla classificazione del livello di danno.
L'analisi è stata inizialmente condotta attraverso la costruzione del grafico a stella relativo a uno degli spicchi dell'Anfiteatro, caratterizzato dalla sola interazione tra muratura, quercia ed edera. Successivamente, la stessa metodologia è stata applicata ai restanti settori dell'Anfiteatro, considerando le differenti configurazioni presenti: il settore caratterizzato dall'interazione tra muratura ed erbacee e quello in cui sono presenti muratura, erbacee, orchidea ed edera. La medesima analisi è stata infine estesa alla *Domus dei Coiedii* e al Foro, considerando, anche in questi casi, le diverse interazioni tra gli elementi del costruito e la componente vegetazionale.

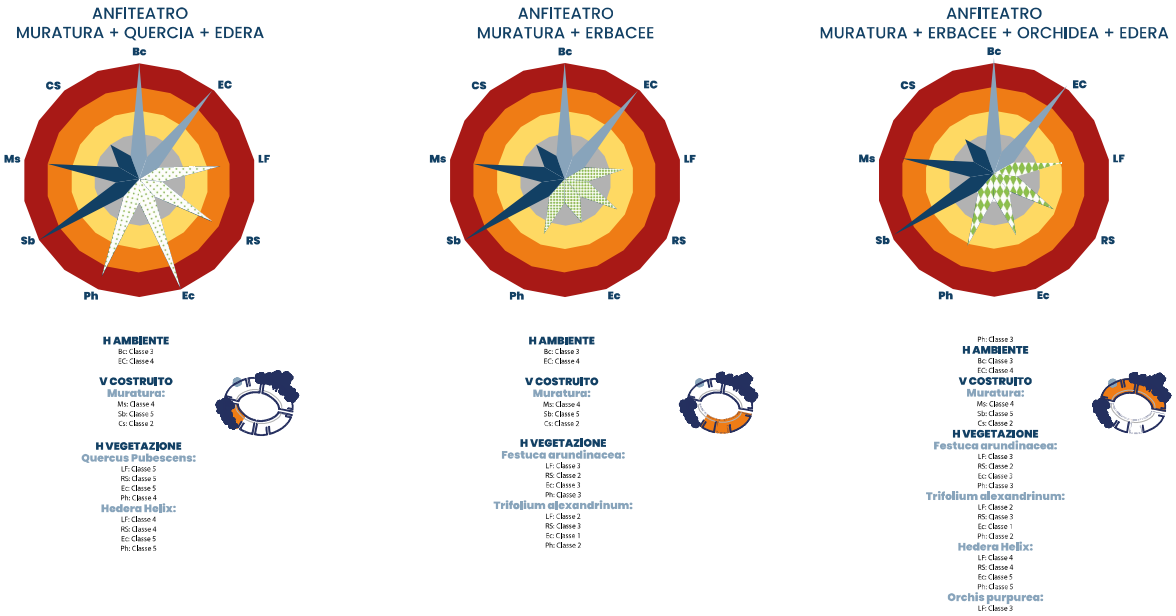



*Figura 29. Grafico a radar dei valori di rischio, pericolosità e vulnerabilità per ciascun settore dell'Anfiteatro*

Nota. Elaborazione propria secondo la metodologia RHV proposta da Caneva et al. (2023).

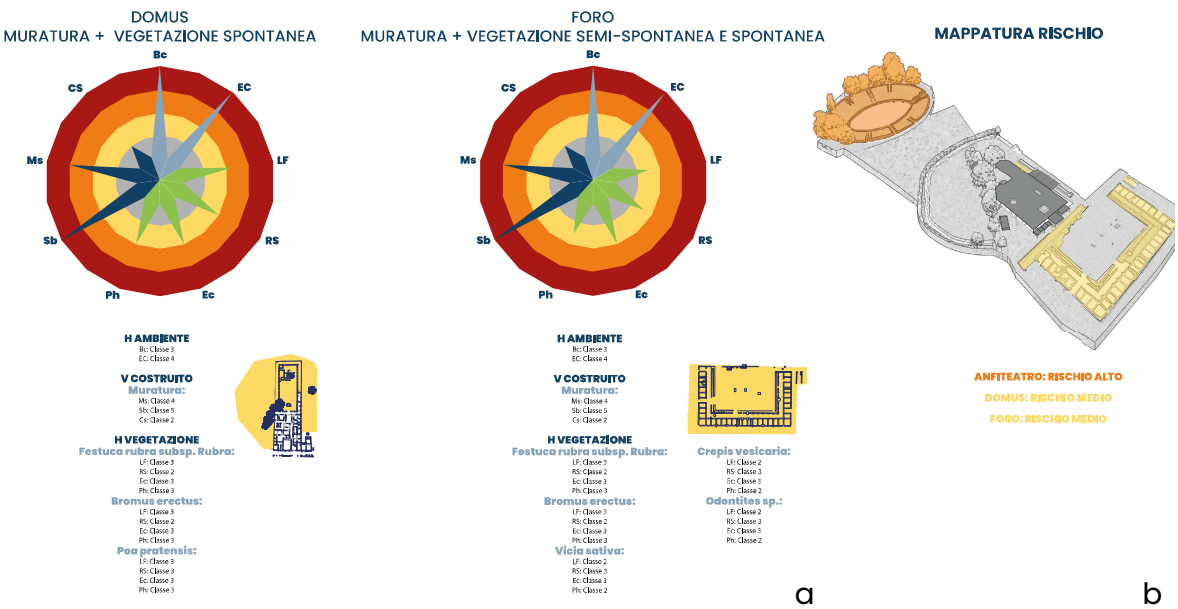



*Figura 30. (a) rafico a radar dei valori di rischio, pericolosità e vulnerabilità della Domus dei Coiedii e del foro; (b) mappa del rischio complessivo del Parco Archeologico di Suasa.*

Nota. Elaborazione propria. (a) Rappresentazione a radar secondo Caneva et al. (2023). (b) Mappa del rischio non basata sulla metodologia di Caneva et al. (2023).

## 2.3. Rilevare e digitalizzare

La complessità e l'estensione del Parco Archeologico di Suasa, caratterizzato dalla presenza di aree sia coperte sia scoperte, ha reso necessario ricorrere a un rilievo integrato, attraverso l'impiego di differenti tecniche di acquisizione e strumenti, in funzione delle caratteristiche delle diverse porzioni del sito. L'integrazione dei dati ha permesso di documentare l'area archeologica nel suo complesso, combinando informazioni fotogrammetriche, topografiche e laser scanner, successivamente ricondotte a un unico sistema di riferimento.
Per la documentazione delle **aree scoperte** è stato effettuato un rilievo fotogrammetrico aereo mediante DJI Matrice 350 RTK, equipaggiato con camera multispettrale, che ha consentito di acquisire immagini georeferenziate sull'intera estensione del sito accessibile mediante volo. Il sistema multispettrale permette di acquisire informazioni relative a differenti bande dello spettro elettromagnetico, tra cui RGB, NIR e LWIR, quest'ultima utilizzata come informazione preliminare rispetto alla componente termica. L'acquisizione multispettrale è stata impiegata principalmente **per indagini sperimentali relative alla vegetazione** e al suo possibile rapporto con il rischio per il patrimonio archeologico, secondo un approccio sviluppato anche in precedenti attività di ricerca (Giulioni et al., 2026). Contestualmente è stato eseguito un rilievo topografico mediante GNSS, finalizzato all'acquisizione dei Ground Control Points (GCP) necessari per il controllo e la georeferenziazione dei dati fotogrammetrici. Sono stati rilevati complessivamente otto GCP mediante antenna GNSS, utilizzati come punti di controllo all'interno del processo di elaborazione.
Le immagini acquisite mediante drone sono state elaborate in **Agisoft Metashape,** attraverso le fasi di importazione, orientamento delle camere e ricostruzione fotogrammetrica. Il processo ha consentito di ottenere una nuvola di punti fotogrammetrica e le relative ortofoto georeferenziate. L'ortorettificazione permette di produrre una rappresentazione nella quale la posizione degli elementi è riferita al sistema di coordinate adottato, consentendo di effettuare misurazioni coerenti con la loro collocazione spaziale. Dalle diverse bande multispettrali sono state inoltre generate le relative ortofoto, utilizzate per il calcolo degli indici multispettrali impiegati nell'analisi della vegetazione.
Alla documentazione fotogrammetrica è stata affiancata una nuvola di punti LiDAR, acquisita mediante il medesimo DJI Matrice 350 RTK equipaggiato con sensore LiDAR. Tale acquisizione ha fornito un ulteriore livello di documentazione tridimensionale delle aree scoperte, complementare alla ricostruzione fotogrammetrica. Per le aree coperte, e in particolare per la Domus dei Coiedii, è stato invece utilizzato il rilievo laser scanning terrestre (LST), realizzato mediante

Leica RTC360. Questa tecnica ha consentito di acquisire con elevato dettaglio la geometria degli spazi e degli elementi architettonici non direttamente documentabili mediante il rilievo aereo. Le modalità di acquisizione e di registrazione delle scansioni laser terrestri sono descritte più puntualmente in D'Alessio et al. (2026), al quale si rimanda per gli aspetti metodologici di dettaglio.

Le acquisizioni hanno prodotto pertanto **tre differenti nuvole di punti**: la nuvola fotogrammetrica, ottenuta dalle immagini del drone e processata mediante Metashape, la nuvola LiDAR, acquisita mediante drone, e la nuvola LST, ottenuta mediante laser scanner terrestre Leica RTC360. Le diverse nuvole sono state successivamente processate mediante gli specifici software di elaborazione e allineate all'interno di un unico sistema di riferimento, utilizzando i punti di controllo e le coordinate GNSS per garantirne la coerenza spaziale e la georeferenziazione. Una parte delle acquisizioni utilizzate nel presente lavoro è stata realizzata precedentemente allo sviluppo della ricerca di tesi, nell'ambito delle attività di collaborazione e delle progettualità già attive tra il DICEA dell'Università Politecnica delle Marche e Abaco Società Cooperativa. La ricerca si è quindi inserita in un percorso di collaborazione già avviato, valorizzando dati e documentazione esistenti e dimostrando come acquisizioni realizzate in differenti momenti e per finalità diverse possano essere riutilizzate, integrate e organizzate all'interno di un unico sistema informativo per la documentazione e la gestione del patrimonio archeologico.




*Figura 31. Strumentazione utilizzata per il rilievo: (a) drone con camera multispettrale, (b) punto di controllo a terra (GCP), (c) antenna GNSS, (d) LiDAR, (e) telecomando con la traiettoria di volo del drone.*
*Nota. Fotografie dell'autrice.*

# 03

# DALLA CONOSCENZA AL MODELLO DIGITALE

## 3.1. BIM e HBIM

***L'Historic Building Information Modeling (HBIM)*** rappresenta un'evoluzione della metodologia ***Building Information Modeling (BIM)***, applicata alla conoscenza, alla conservazione, alla gestione e all'analisi del patrimonio storico e costruito esistente. Per comprenderne le caratteristiche e le potenzialità è pertanto necessario partire dai principi alla base della metodologia BIM (De Guida, G. M., Maltese, S., Re Ceconi, F., & Villa, V. 2017).

***Il Building Information Modeling (BIM)*** è uno strumento che negli ultimi anni ha assunto un ruolo sempre più rilevante nel settore delle costruzioni, offrendo nuove possibilità per la gestione integrata delle informazioni relative a un intervento. Esso consente di mettere a sistema i dati che interessano le diverse fasi del processo edilizio, dalla progettazione fino alla gestione e alla manutenzione, favorendo una maggiore integrazione tra i diversi soggetti e le discipline coinvolte (De Guida, G. M., Maltese, S., Re Ceconi, F., & Villa, V. 2017).

È importante sottolineare che il BIM non consiste nella semplice realizzazione di un modello tridimensionale, ma in una metodologia basata su oggetti parametrici e definizioni geometriche alle quali sono associate delle informazioni. Ogni oggetto possiede quindi una propria identità informativa e può contenere, oltre alle caratteristiche geometriche, dati di natura tecnica e prestazionale. Il modello risulta pertanto interrogabile secondo modalità differenti e può essere utilizzato come base informativa per diverse tipologie di analisi. La possibilità di organizzare e aggiornare le informazioni nel corso del ciclo di vita dell'opera consente di trasformare il modello in un archivio dinamico delle informazioni, superando i limiti della rappresentazione tridimensionale esclusivamente geometrica (De Guida, G. M., Maltese, S., Re Ceconi, F., & Villa, V. 2017).

Negli ultimi due decenni, l'utilizzo del BIM ha progressivamente modificato i tradizionali processi di progettazione e costruzione, favorendo il coordinamento e la collaborazione tra le diverse figure professionali coinvolte. La condivisione delle informazioni contribuisce a ridurre le incongruenze tra le discipline, a migliorare la gestione dei processi e a supportare le attività di progettazione, costruzione, manutenzione e gestione. In tale prospettiva, la transizione verso la metodologia BIM può essere interpretata come l'adozione di strumenti e processi digitali finalizzati a migliorare la qualità e l'efficienza delle attività che interessano l'intero ciclo di vita dell'opera (De Guida, G. M., Maltese, S., Re Ceconi, F., & Villa, V. 2017). Nel caso del patrimonio storico e costruito esistente, tali principi vengono adattati alle specificità del bene attraverso la metodologia **HBIM**, che integra

le informazioni geometriche, materiche, costruttive e storiche necessarie alla conoscenza e alla gestione del manufatto. L'HBIM costituisce quindi uno strumento orientato non soltanto alla rappresentazione del bene, ma anche alla sua conoscenza, conservazione e gestione nel tempo. Il crescente sviluppo delle tecniche BIM e la loro applicazione nelle nuove costruzioni hanno successivamente favorito l'interesse verso il loro impiego anche nell'ambito del patrimonio storico. In questo contesto si è progressivamente affermato il concetto di Historic *Building Information Modeling* (HBIM), indicato anche come *Heritage Building Information Modeling*, con l'obiettivo di adattare i principi del BIM alle caratteristiche specifiche degli edifici e dei beni storici (Ávila, F., Blanca-Hoyos, Á., Puertas, E., & Gallego, R. 2024).

L'applicazione della metodologia BIM al patrimonio esistente presenta problematiche differenti rispetto alla progettazione di una nuova costruzione. Gli edifici storici possono infatti essere caratterizzati da geometrie irregolari, stratificazioni costruttive, documentazione storica incompleta e materiali e tecniche costruttive non standardizzati. A queste caratteristiche si aggiunge la necessità di preservare non soltanto la stabilità e l'integrità fisica del bene, ma anche il suo valore storico e culturale (De Guida, G. M., Maltese, S., Re Ceconi, F., & Villa, V. 2017).

A differenza del BIM applicato alle nuove costruzioni, nel quale una parte significativa delle informazioni viene prodotta direttamente durante il processo progettuale, l'HBIM si basa principalmente sulla conoscenza di un bene già esistente. È quindi necessario ricorrere a specifiche procedure per l'acquisizione, l'elaborazione, la modellazione e la gestione di informazioni provenienti da fonti differenti (De Guida, G. M., Maltese, S., Re Ceconi, F., & Villa, V. 2017).

Il processo HBIM può essere ricondotto a tre fasi principali: acquisizione dei dati, elaborazione e modellazione, gestione. La fase di acquisizione comprende le attività di rilievo finalizzate alla raccolta delle informazioni geometriche, attraverso tecniche quali laser scanning, fotogrammetria e misurazioni mediante stazione totale, alle quali si affianca la raccolta delle informazioni non geometriche relative, ad esempio, al contesto storico, alle caratteristiche architettoniche, ai materiali, alle patologie funzionali e strutturali e allo stato di conservazione del bene (Ávila, F., Blanca-Hoyos, Á., Puertas, E., & Gallego, R. 2024).

Alla luce di quanto precedentemente descritto, la presente tesi applica i principi dell'HBIM non a un singolo edificio storico, ma a un patrimonio archeologico esistente e in continua trasformazione. L'obiettivo è sfruttare le potenzialità della metodologia per supportare la conoscenza, il monitoraggio, la prevenzione e la manutenzione di un'area archeologica di notevole estensione, intervenendo sulle problematiche prima che possano rendere necessario un intervento di restauro.

A partire dallo stato dell'arte analizzato e dalle specificità del Parco Archeologico di Suasa, sono state definite alcune scelte metodologiche che delimitano l'ambito della ricerca e ne caratterizzano la proposta. In particolare:

- Sono stati scelti **BlenderBIM** e **QGIS**, entrambi basati su strumenti open e free, per la gestione rispettivamente della componente informativa e tridimensionale e della componente geografica e territoriale;
- Nell'ambiente BIM **non è stata sviluppata una modellazione geometrica completa del patrimonio**, ma è stata utilizzata la nuvola di punti segmentata come base geometrica per l'organizzazione e l'arricchimento delle informazioni relative agli elementi del sito;
- L'**interoperabilità** è stata perseguita attraverso la connessione tra ambiente BIM e GIS e poi AR, mettendo in relazione la componente informativa e tridimensionale del modello con la sua collocazione geografica e territoriale;
- Il sistema BIM-GIS è stato concepito come **bidirezionale e aggiornabile in tempo reale**, consentendo alle informazioni di essere trasferite e aggiornate tra i diversi ambienti senza considerare il modello come un prodotto statico;
- L'arricchimento informativo finalizzato alla gestione e alla manutenzione del sito è stato implementato attraverso un'**applicazione AR**, concepita per supportare due differenti tipologie di utenti, in funzione delle rispettive competenze e modalità di interazione con il patrimonio.

Queste scelte definiscono quindi un sistema orientato non alla sola rappresentazione tridimensionale del Parco, ma alla costruzione di un **ambiente informativo integrato, aggiornabile e condiviso**, nel quale il modello geometrico costituisce la base per la gestione delle informazioni e per il collegamento tra differenti strumenti e utenti.

Nello specifico, si propone la realizzazione di un sistema che, a partire da un rilievo integrato e dalla successiva segmentazione della nuvola di punti mediante il software **3DR Cyclone**, consenta di sviluppare un modello tridimensionale informativo del Parco Archeologico di Suasa. Il modello è concepito come un ambiente condiviso, per facilitare la collaborazione tra le diverse figure coinvolte nella gestione del Parco, quali il gestore, il tecnico e il fruitore o un utente non tecnico.

In questa prospettiva, il modello non rappresenta solo la componente geometrica del patrimonio, ma costituisce uno strumento di supporto alla gestione, capace di raccogliere e aggiornare nel tempo le informazioni relative agli elementi presenti nel Parco. L'HBIM *(Heritage Building Information Modeling)* viene pertanto inteso come un modello informativo della realtà archeologica, nel quale la componente geometrica è integrata con informazioni utili alla conoscenza, alla prevenzione, alla manutenzione e alla gestione del patrimonio.

L'applicazione di tale metodologia al Parco Archeologico di Suasa consente quindi di estendere il concetto tradizionale di HBIM oltre la singola costruzione storica, applicandolo alla gestione integrata di un sistema archeologico complesso, caratterizzato dalla presenza contemporanea di evidenze archeologiche e componente vegetazionale.
Da quanto emerso nel capitolo precedente, il Parco Archeologico presenta numerose problematiche e difficoltà gestionali. In questo contesto, la definizione di un progetto dettagliato e statico dell'intero sito non risulta essere la soluzione più adeguata, considerando la continua evoluzione delle conoscenze archeologiche e la possibilità di nuovi rinvenimenti. Risulta invece maggiormente appropriata la realizzazione di un modello digitale del Parco capace di evolvere parallelamente alla realtà che rappresenta.
Il sistema proposto dovrà essere in grado di connettersi e **interoperare con differenti software e sistemi informativi,** supportando la gestione del patrimonio secondo una prospettiva di conservazione preventiva, manutenzione programmata e valorizzazione. A tal fine, il modello HBIM viene inteso non semplicemente come una rappresentazione tridimensionale del patrimonio, ma come un sistema informativo capace di raccogliere, organizzare e mettere in relazione le numerose informazioni attualmente distribuite tra fonti differenti, quali documentazione cartacea e digitale, dati provenienti dai rilievi e strumenti di tutela.
Il modello dovrà rappresentare la realtà del Parco attraverso una **struttura informativa dinamica**, nella quale la componente geometrica sia collegata alle informazioni relative ai manufatti, alla loro storia, alle condizioni conservative e agli interventi effettuati o programmati. La possibilità di georeferenziare il modello e collegarlo a una piattaforma GIS, quale QGIS, consentirà inoltre di mettere in relazione le informazioni proprie del modello con la dimensione territoriale e spaziale del Parco.
Un ulteriore elemento caratterizzante della proposta riguarda la modalità di **aggiornamento** del modello. Nel caso del Parco Archeologico di Suasa, si propone di valorizzare il contributo diretto delle figure professionali coinvolte nella gestione del patrimonio, dei tecnici, dei custodi e dei manutentori che operano quotidianamente all'interno del sito. La conoscenza diretta del luogo diventa quindi una componente fondamentale del processo di aggiornamento del modello digitale. A questo scopo, si propone lo sviluppo di un'applicazione attraverso la quale gli utenti, in funzione delle proprie competenze, possano segnalare problematiche, fenomeni di degrado o situazioni di rischio direttamente durante le attività di sopralluogo. La segnalazione, corredata dalle informazioni necessarie e dalla relativa posizione geografica, può confluire nel modello BIM

come nuova informazione associata all'elemento interessato ed essere contemporaneamente resa disponibile all'interno dell'ambiente GIS, dove può essere visualizzata e geolocalizzata.
Si configura così un sistema nel quale il modello digitale non costituisce un prodotto statico, ma un ambiente informativo continuamente aggiornato attraverso le osservazioni e le attività degli utenti. Le diverse competenze coinvolte contribuiscono alla costruzione di una conoscenza condivisa del patrimonio, permettendo al soggetto gestore di disporre di informazioni aggiornate sulle condizioni del sito e di individuare tempestivamente le situazioni che richiedono attenzione.
L'obiettivo finale è quindi quello di trasformare il modello digitale in uno strumento operativo per **la conservazione, la prevenzione e la manutenzione**, capace di supportare il gestore nella valutazione delle condizioni del patrimonio e nella programmazione degli interventi, contribuendo a prevenire l'aggravarsi delle problematiche e la conseguente necessità di interventi di restauro su un patrimonio di rilevanza storica e culturale.

## 3.2. La costruzione dell'ontologia

Una volta conclusa la fase conoscitiva e completate le attività di rilievo, è stato possibile procedere all'inserimento e all'organizzazione delle informazioni all'interno del modello BIM attraverso la definizione di una specifica **ontologia**. Quest'ultima costituisce la struttura logica sulla quale si basa l'arricchimento informativo del modello e permette di organizzare in maniera coerente le diverse tipologie di dati associate agli elementi del Parco.
La prima distinzione, già fondamentale nella definizione stessa di Parco Archeologico, è quella tra **costruito e vegetazione.** Tale suddivisione consente di identificare fin dall'inizio i due principali soggetti che costituiscono il modello informativo e di sviluppare, per ciascuno di essi, una specifica struttura ontologica. L'organizzazione delle informazioni è stata quindi definita secondo una gerarchia progressiva, articolata in **macrosettore, livello, macroelemento ed elemento**.
Il **macrosettore** rappresenta il primo livello di classificazione e identifica le principali aree archeologiche oggetto di studio, ovvero **Anfiteatro, Foro, Domus e Teatro.** A questo livello segue la definizione del **livello**, che distingue gli elementi in funzione della loro collocazione **sopra terra o sottoterra**. Tale distinzione è stata applicata al costruito, mentre per la vegetazione è stata considerata esclusivamente la condizione sopra terra. Questa classificazione risulta utile nel caso di manufatti caratterizzati da una configurazione complessa: il Teatro, ad esempio, è prevalentemente interrato, mentre l'Anfiteatro comprende sia elementi collocati al di sotto del piano di campagna.




*Figura 32. Ontologia del costruito, della vegetazione e del rischio del Parco Archeologico di Suasa*

Il livello viene successivamente articolato in **macroelementi**, che identificano le principali categorie degli elementi oggetto di classificazione. Per il costruito sono stati individuati, ad esempio, i macroelementi relativi alle strutture verticali, alle strutture orizzontali e alle strutture di connessione. Per la vegetazione, invece, la classificazione è stata organizzata in arboree, erbacee, rampicanti e incolto.
Ogni macroelemento viene infine suddiviso in **elementi**, corrispondenti alle singole componenti considerate all'interno del modello BIM. Per il costruito possono essere individuati, ad esempio, il muro, il pavimento o l'arco del vomitorio, mentre per la vegetazione gli elementi possono corrispondere a specifiche categorie o specie, come la quercia e l'orchidea. A ciascun elemento sono state quindi associate le relative caratteristiche informative. In particolare, è stata definita la consistenza, intesa come materiale nel caso del costruito e come caratteristica vegetazionale nel caso della vegetazione; per il costruito è stato inoltre considerato il degrado, mentre per la vegetazione sono state individuate le relative criticità. Infine, per gli elementi per i quali tale valutazione risulta significativa, sono stati introdotti i parametri di **vulnerabilità** per il costruito e di **pericolosità** per la vegetazione.
La distinzione tra costruito e vegetazione non rappresenta tuttavia una separazione definitiva dei due sistemi. Al contrario, uno degli obiettivi principali della metodologia è proprio quello di **mettere in relazione queste due componenti**, considerando che nella realtà del Parco esse costituiscono un sistema strettamente interconnesso.
Per comprendere se tale interazione possa rappresentare un problema per la conservazione, la manutenzione e la gestione del patrimonio, è stato quindi introdotto il concetto di **rischio**, secondo la metodologia RHV analizzata nel capitolo precedente. È proprio per questo motivo che sono stati approfonditi i concetti di vulnerabilità del costruito e pericolosità della vegetazione, utilizzandoli come elementi attraverso i quali descrivere e valutare la relazione tra le due componenti.
Per ciascun elemento sono state quindi definite le caratteristiche informative che successivamente vengono trasferite e organizzate all'interno del modello HBIM. Una volta conclusa la definizione dell'ontologia, si è proceduto alla **segmentazione della nuvola di punti** sulla base della struttura appena definita nel software 3DR Cyclone. La nuvola di punti è stata innanzitutto segmentata nei due principali ambiti individuati, ovvero il costruito e la vegetazione. Per il costruito, la segmentazione è stata organizzata secondo una gerarchia articolata in macrosettore, livello, macroelemento ed elemento, mentre per la vegetazione è stata adottata una suddivisione secondo la medesima logica. A partire da questa organizzazione è stata quindi rappresentata l'interazione tra i due ambiti, sulla quale si basa la restituzione del rischio. Quest'ultima costituisce infatti

una lettura interpretativa delle relazioni tra costruito e vegetazione, attraverso l'individuazione di differenti aree in funzione della loro compresenza e delle modalità di interazione, secondo i criteri descritti precedentemente.

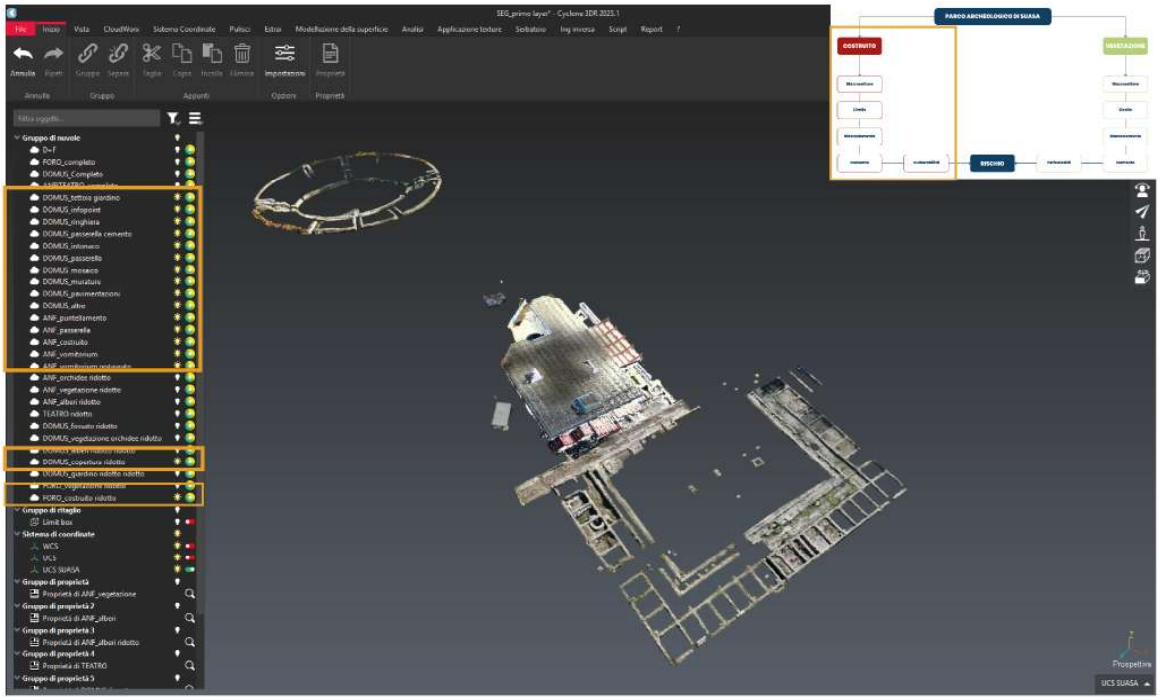


*Figura 33 Segmentazione del costruito nella nuvola di punti in Cyclone 3DR.*

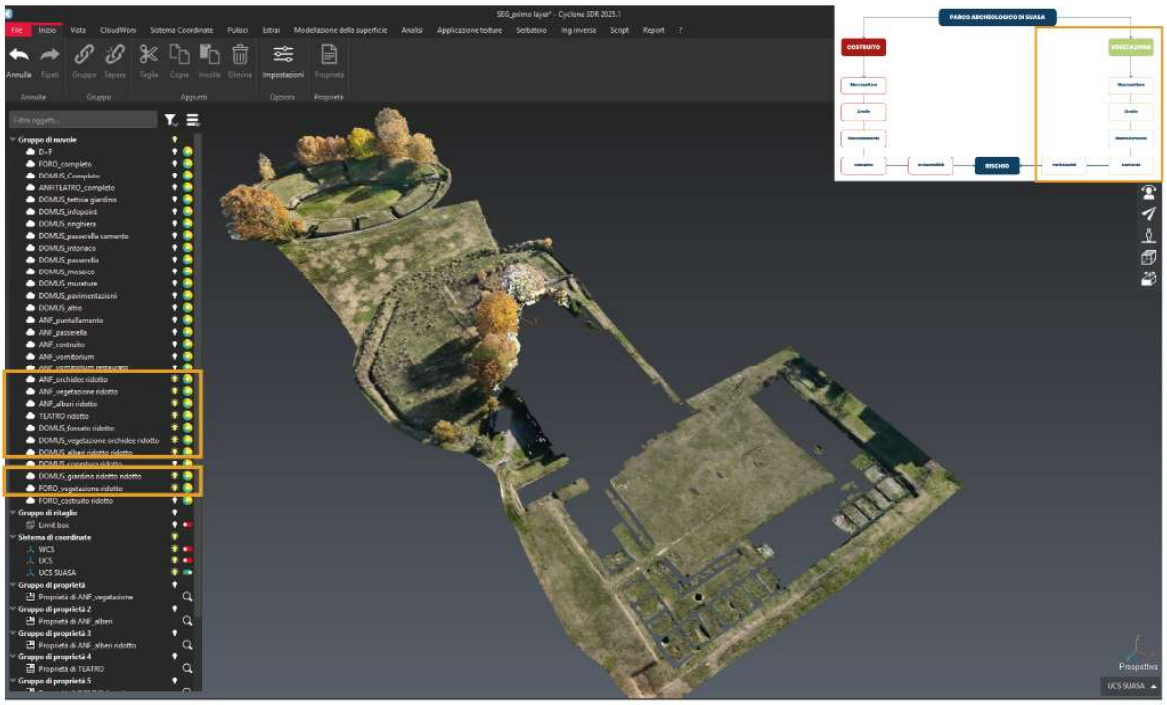


*Figura 34. Segmentazione della vegetazione nella nuvola di punti in Cyclone 3DR*

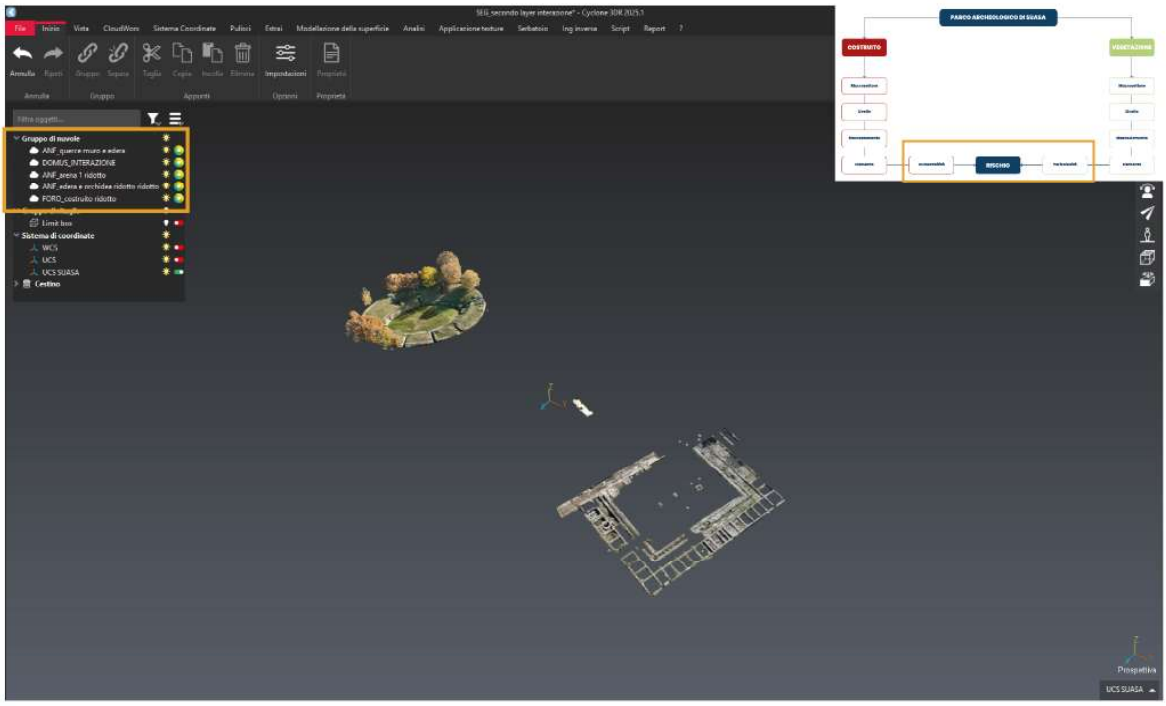



*Figura 35. Segmentazione della seconda nuvola di punti inerente al rischio in Cyclone 3DR*

## 3.3. Il modello HBIM

Una volta completata la segmentazione, si è scelto di mantenere la nuvola di punti direttamente all'interno del modello BIM, senza procedere a una modellazione geometrica tradizionale mediante la creazione di mesh o di elementi tridimensionali semplificati. Questa scelta permette di conservare il livello di dettaglio e le informazioni geometriche proprie del rilievo, utilizzando la nuvola di punti segmentata come base geometrica del modello informativo. È stato realizzato un unico solido, utilizzato esclusivamente per la demo dell'applicazione in realtà aumentata, che verrà illustrata successivamente.
La nuvola è stata quindi inserita all'interno di BlenderBIM, open source, per la realizzazione del modello, e a ciascun elemento sono stati associati un *Geometry Node* e le relative informazioni cromatiche RGB attraverso lo *Shader Editor*. Questa configurazione ha consentito di procedere successivamente alla definizione dei *Property Set (Pset)* associati agli elementi *IFC*.

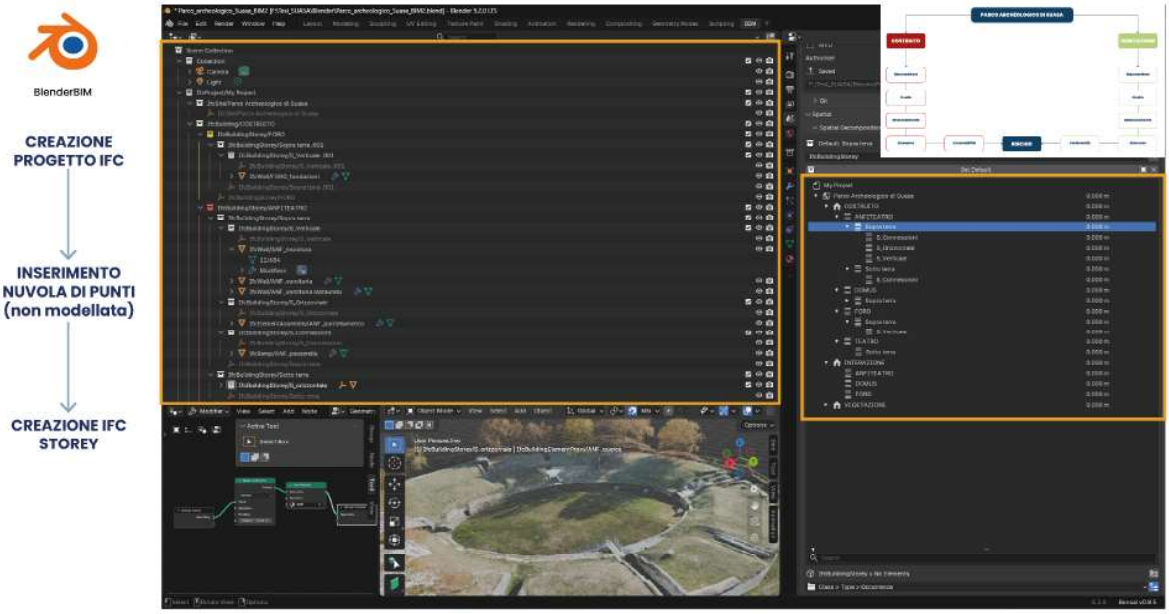



*Figura 36. Passaggi in BlenderBIM per la creazione di un IFC Storey*

I *Property Set* costituiscono insiemi di proprietà attraverso i quali è possibile descrivere le caratteristiche informative di ciascun oggetto presente nel modello. È stato innanzitutto creato un **Pset Ontologia,** all'interno del quale sono state inserite le categorie definite nella struttura ontologica, ovvero macrosettore, livello, macroelemento, elemento e consistenza. Per la vegetazione è stata inoltre inserita la criticità, mentre per il costruito tale parametro non è stato incluso nello stesso *Property Set*. Sono stati pertanto definiti due differenti Pset Ontologia, uno specificamente dedicato al costruito e uno alla vegetazione.

Successivamente è stato creato un ulteriore *Property Set* relativo al degrado, all'interno del quale è stata inserita anche la relativa causa. È stato infine definito un *Property Set* dedicato al rischio, nel quale sono stati organizzati i parametri necessari alla sua valutazione. Tra questi rientrano Bc, bioclima; Ec, contesto ambientale; LF, forma biologica; RS, apparato radicale; Ec, ecologia della specie; Ph, caratteristiche fisiologiche; Ms, micrositi di colonizzazione; Sb, biorecettività del substrato; CS, stato di conservazione, oltre al valore risultante dal calcolo del rischio.

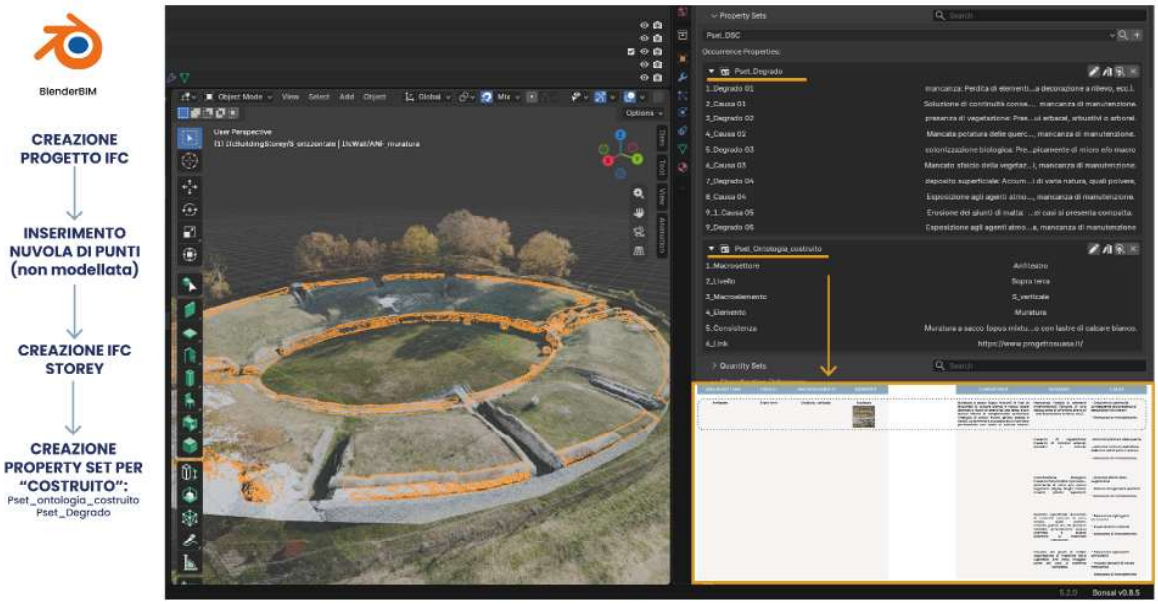



*Figura 37. Property set Pset_costruito e Pset_degrado creato in BlenderBIM*

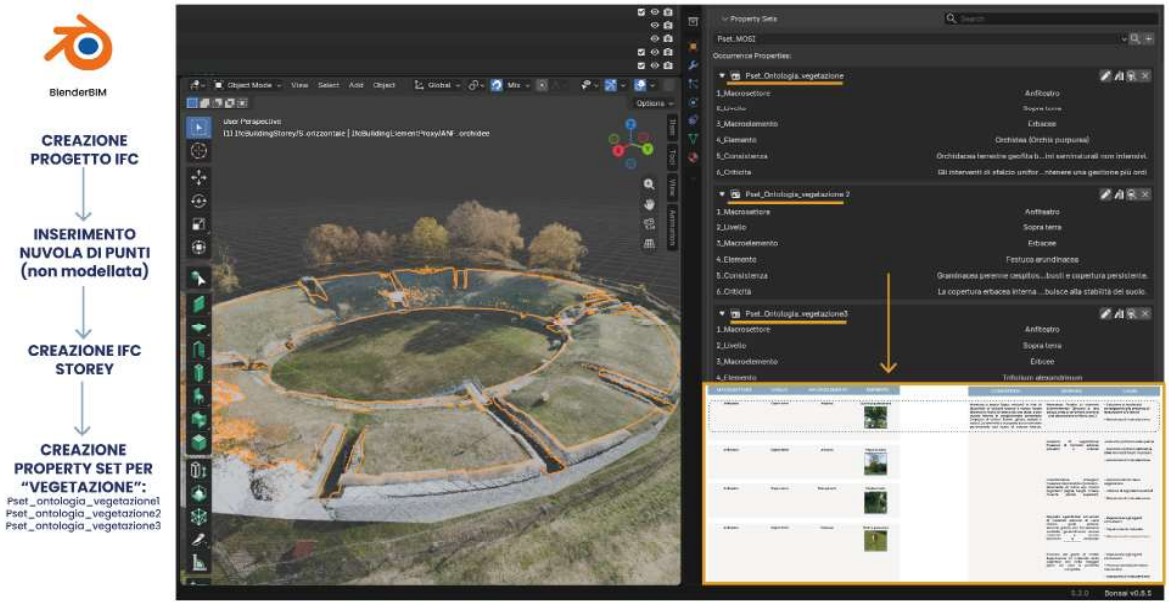



*Figura 38. Property set Pset_vegetazione1-2-3 creato in BlenderBIM*

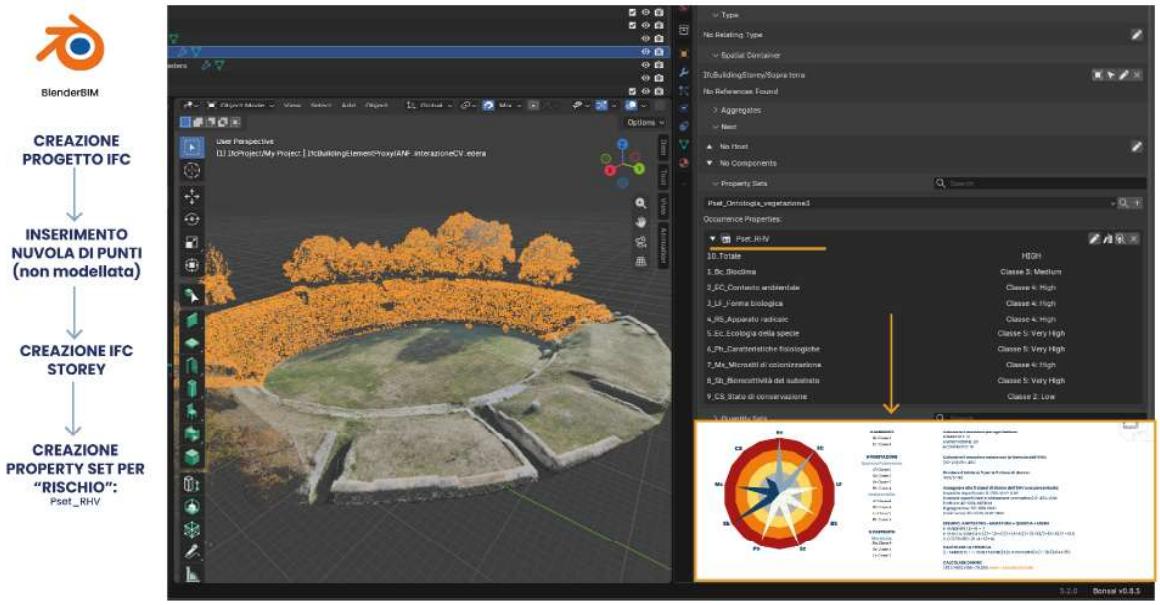



*Figura 39. Property set Pset_RHV creato in BlenderBIM*

Gli ultimi tre *Property Set* creati, ma non ancora compilati, sono il *Pset_MOPR, il Pset_DSC e il Pset_MOSI.* La loro struttura e le relative modalità di compilazione verranno approfondite successivamente, in quanto si tratta di schede informative specifiche, la cui compilazione è riservata agli archeologi. I dati contenuti nei due Property Set sono infatti finalizzati a garantire una connessione diretta con il GNA (Geoportale Nazionale per l'Archeologia), permettendo di integrare le informazioni archeologiche all'interno del sistema informativo proposto.
Una volta definiti i Property Set, questi sono stati associati ai relativi elementi IFC. Per il costruito è stato possibile utilizzare le specifiche categorie IFC già previste dallo standard e supportate dall'ambiente BlenderBIM. Per la vegetazione, invece, si è scelto di utilizzare la classe IfcElementProxy, associando successivamente a ciascun elemento un nome identificativo. Tale scelta deriva dal fatto che il BIM è stato concepito principalmente per la rappresentazione e la gestione del

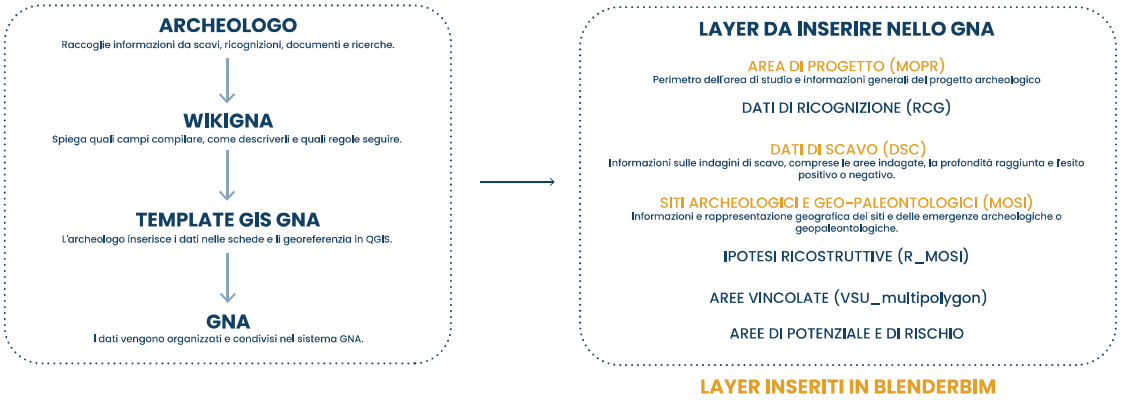



*Figura 40. Property set Pset_vegetazione1-2-3 creato in BlenderBIM*

costruito e non dispone di una classificazione specificamente orientata alla componente vegetale. L'utilizzo di IfcElementProxy permette quindi di includere all'interno dello stesso modello anche gli elementi vegetali, mantenendone le informazioni specifiche (Gobeawan, L., Lin, S. E., Liu, X., Wong, S. T., Lim, C. W., Gaw, Y.-F. L., Wong, N. H., Tan, P. Y., Tan, C. L., & He, Y. 2021).

Considerata l'ampiezza dell'area archeologica e la conseguente quantità di informazioni da gestire, si è scelto di concentrare la sperimentazione principalmente su uno dei tre macrosettori significativi per la metodologia proposta: l'Anfiteatro. Tale scelta è motivata dalla ricchezza di elementi presenti e dalla complessità delle problematiche che caratterizzano l'area, che consentono di sperimentare in maniera più completa l'integrazione tra costruito, vegetazione, rischio e informazioni manutentive.

Infine, è stata introdotta la possibilità di collegare direttamente agli elementi del modello file, documenti e link esterni, così da ampliare ulteriormente la capacità informativa del BIM. In questo modo, selezionando ad esempio una specifica muratura o un elemento vegetale, l'utente può accedere direttamente alla documentazione associata, senza dover ricercare le informazioni in archivi o piattaforme differenti. Il modello BIM assume quindi non soltanto la funzione di rappresentazione digitale del patrimonio, ma quella di una vera e propria banca dati integrata, nella quale geometria, caratteristiche, stato di conservazione, rischio e documentazione possono essere messi in relazione e consultati all'interno di un unico ambiente informativo.

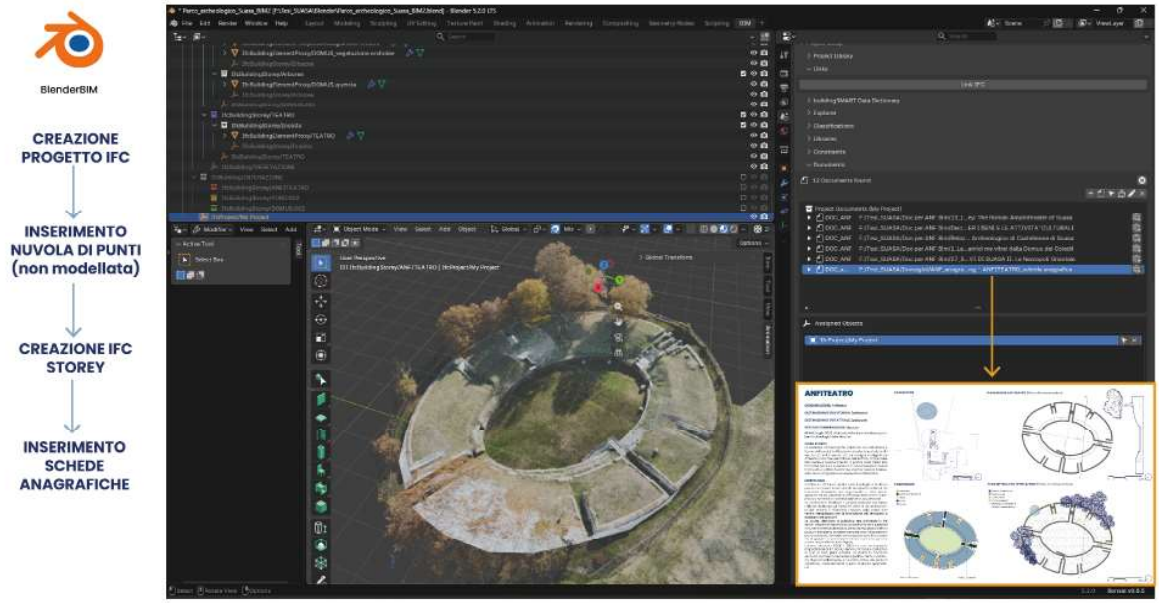



*Figura 41. Inserimento in BlenderBIM delle Schede Anagrafiche*

# 04

# SISTEMI DIGITALI INTEGRATI PER IL MONITORAGGIO E LA CONSERVAZIONE PROGRAMMATA

## 4.1. Il GIS e la sua integrazione con il BIM

Al fine di agevolare la geolocalizzazione delle informazioni relative al Parco Archeologico di Suasa e, al contempo, di mettere a disposizione degli archeologi uno strumento già conosciuto e utilizzato nell'ambito della gestione dei dati territoriali, si è scelto di integrare l'ambiente HBIM con QGIS. Tale integrazione permette di affiancare alla componente informativa e tridimensionale del modello BIM una componente geografica, necessaria per la gestione e la localizzazione delle informazioni all'interno dell'area archeologica (QGIS. s.d.).
QGIS è un sistema informativo geografico (GIS) gratuito e open source che consente di creare, modificare, visualizzare, analizzare e pubblicare dati geospaziali. Il software è distribuito con licenza General Public License (GPL) e, in quanto progetto open source, il relativo codice sorgente è pubblicamente accessibile (QGIS. s.d.).
Il software costituisce uno strumento completo per la gestione dell'informazione geografica e può essere impiegato nelle diverse fasi di trattamento dei dati spaziali, dalla loro acquisizione e organizzazione fino alla visualizzazione, all'analisi e alla pubblicazione. La gestione di numerosi formati di dati è resa possibile anche attraverso l'integrazione con librerie e strumenti specifici, tra cui GDAL, per la gestione dei dati geospaziali, e PROJ, per la gestione dei sistemi di riferimento e delle trasformazioni cartografiche (QGIS. s.d.).
All'interno di QGIS, i progetti possono integrare differenti tipologie di dati, sia raster sia vettoriali, provenienti da archivi locali o da servizi disponibili online. I dati vettoriali possono essere organizzati, ad esempio, mediante formati quali GeoPackage oppure attraverso database spaziali come PostgreSQL/PostGIS. Il software permette inoltre la gestione e la visualizzazione di dati tridimensionali, comprese le nuvole di punti, consentendo di lavorare con informazioni derivanti da rilievi LiDAR e da altre tecniche di acquisizione tridimensionale (QGIS. s.d.).
La natura open source di QGIS consente inoltre di ampliare le funzionalità del software attraverso un sistema di plugin e di adattarne gli strumenti alle specifiche esigenze del progetto. Questa caratteristica favorisce l'integrazione con altri software e tecnologie, rendendo QGIS particolarmente adatto alla costruzione di flussi di lavoro interdisciplinari (QGIS. s.d.).
Nel contesto della presente tesi, QGIS assume in particolare il ruolo di ambiente GIS per la gestione e la visualizzazione delle informazioni georeferenziate relative al Parco Archeologico di Suasa e per la loro integrazione con il modello

informativo BIM. La scelta di questo software consente quindi di affiancare alla rappresentazione tridimensionale del patrimonio una componente geografica, fondamentale per la localizzazione degli elementi e delle informazioni all'interno del parco.

Grazie a uno studio pregresso del Dipartimento di Ingegneria Civile edile Architettura (DICEA) dell'Università Politecnica delle Marche (Clini, Nespeca, Angeloni, & Ferretti, 2025), è stato possibile definire un sistema finalizzato alla connessione tra gli ambienti HBIM, GIS e AR. L'interoperabilità tra i diversi ambienti è realizzata attraverso un sistema informativo integrato, nel quale un'infrastruttura cloud svolge la funzione di livello intermedio per lo scambio e la gestione delle informazioni. Il modello HBIM, sviluppato in BlenderBIM secondo lo standard IFC, costituisce il nucleo informativo del sistema, mentre il GIS fornisce il riferimento geografico degli elementi e l'applicazione AR rappresenta l'interfaccia attraverso la quale l'utente può consultare e aggiornare le informazioni direttamente nell'ambiente di fruizione.

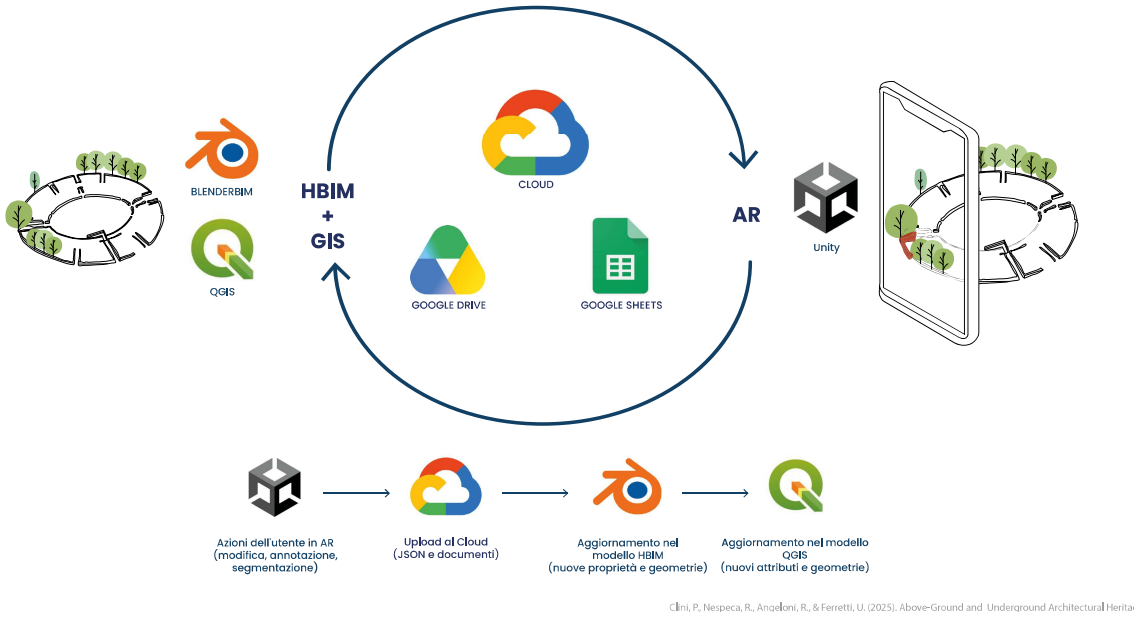



*Figura 42. Inserimento in BlenderBIM delle Schede Anagrafiche*

Il collegamento tra i diversi ambienti è garantito dall'utilizzo di un identificativo univoco associato a ciascun elemento. Tale identificativo permette di mantenere la corrispondenza tra l'elemento presente nel modello BIM, la relativa informazione geografica nel GIS e i dati visualizzati o modificati attraverso l'applicazione AR. Le informazioni non vengono quindi considerate come dati indipendenti all'interno dei singoli ambienti, ma rimangono associate all'elemento originario, consentendo di mantenere una relazione coerente tra le diverse rappresentazioni dello stesso oggetto. Lo scambio dei dati avviene attraverso Google Apps Script, che svolge una funzione di intermediazione tra le diverse piattaforme e i servizi

cloud. Google Sheets costituisce la struttura dati condivisa per la gestione delle informazioni strutturate associate agli elementi, mentre Google Drive può essere utilizzato per l'archiviazione di informazioni più complesse, quali annotazioni e altri dati generati nell'ambiente AR. Una volta predisposto il Google Sheets destinato alla gestione dei dati, è stato sviluppato uno script mediante Google Apps Script con l'obiettivo di creare la Web App necessaria alla comunicazione tra le diverse piattaforme. L'esecuzione dello script permette infatti di generare un URL, successivamente utilizzato per stabilire la connessione tra il foglio di calcolo e gli ambienti BIM e GIS.

Per quanto riguarda l'ambiente BIM, la connessione è stata realizzata all'interno di Blender mediante scripting. Lo script sviluppato consente di collegare il modello BIM alla Web App e, di conseguenza, al Google Sheets. Una volta eseguito, viene richiesto l'inserimento dell'URL della Web App e dell'ID univoco associato al Google Sheets. Configurati tali parametri, è possibile utilizzare le funzioni di importazione ed esportazione tra il modello IFC e Google Sheets, permettendo lo scambio bidirezionale delle informazioni tra il modello BIM e la struttura dati esterna. In questo modo, le informazioni contenute nei *Property Set* degli elementi del modello possono essere trasferite verso la struttura dati condivisa e, viceversa, i dati presenti nel Google Sheets possono essere reimportati nel modello, mantenendo il collegamento con l'elemento di riferimento attraverso l'identificativo univoco.

La medesima logica di connessione è stata successivamente implementata all'interno di QGIS attraverso uno specifico script. Anche l'ambiente GIS è stato quindi configurato per poter accedere alle informazioni contenute nel Google

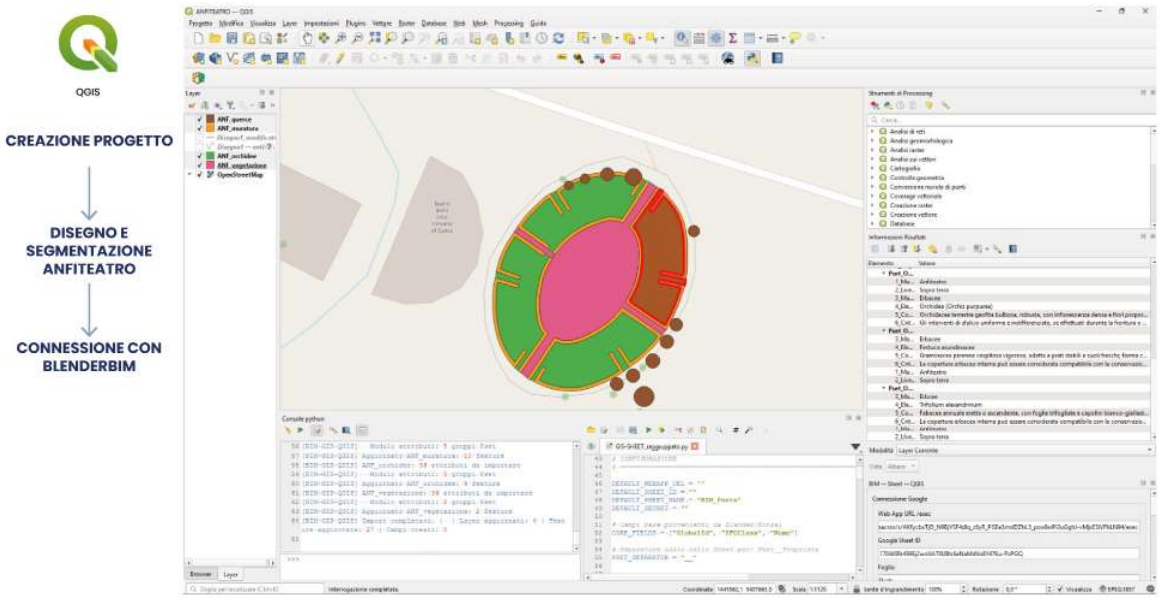



*Figura 43. Inserimento in BlenderBIM delle Schede Anagrafiche*

Sheets e condividerle con il modello BIM. Per la sperimentazione è stata inoltre realizzata una rappresentazione tridimensionale limitata all'oggetto di studio dell'Anfiteatro, così da verificare il funzionamento della connessione tra la componente geografica e quella informativa del sistema.
All'interno di questa architettura, l'applicazione AR opera come un client leggero, in grado di interrogare il sistema e di inviare eventuali aggiornamenti attraverso richieste standardizzate. Essa rappresenta quindi il livello attraverso il quale l'utente può interagire con le informazioni associate agli elementi, senza costituire il contenitore principale dei dati. Le informazioni possono essere recuperate e aggiornate attraverso i diversi ambienti collegati, mantenendo il riferimento all'elemento originario grazie all'identificativo univoco.
Il risultato è la definizione di un sistema interoperabile nel quale Google Sheets svolge il ruolo di struttura dati condivisa tra i diversi ambienti, mentre la Web App costituisce il livello di comunicazione attraverso cui avviene lo scambio delle informazioni. Le modifiche apportate ai dati associati agli elementi, sia all'interno dei Property Set del modello BIM sia nell'ambiente GIS, possono essere trasferite attraverso la Web App e rese disponibili anche nelle altre piattaforme. In questo modo, l'aggiornamento di un determinato parametro in uno degli ambienti connessi consente di mantenere allineata la relativa informazione negli altri, evitando la duplicazione manuale dei dati e favorendo una maggiore coerenza informativa dell'intero sistema.
L'architettura così definita permette quindi di mantenere una continuità informativa tra il modello BIM, l'ambiente GIS e l'applicazione AR, consentendo alle informazioni di essere condivise e aggiornate attraverso un'infrastruttura comune. Il modello non viene considerato come un elemento statico, ma come parte di un sistema informativo più ampio, nel quale la componente geometrica, quella geografica e quella alfanumerica concorrono alla gestione integrata del Parco Archeologico di Suasa. La separazione tra i diversi livelli del sistema consente, al contempo, di mantenere distinte le specifiche funzioni degli ambienti BIM, GIS e AR, preservando il collegamento tra le informazioni e garantendone la continuità durante le operazioni di consultazione, modifica e aggiornamento.
Grazie al tirocinio, nel quale si è fatta un'analisi degli standard nazionali per la gestione e la consegna dei dati archeologici, con particolare riferimento al WikiGNA (Geoportale Nazionale per l'Archeologia), è stato possibile studiare il manuale operativo che illustra le modalità di utilizzo del template GIS destinato alla raccolta dei dati e alla loro successiva pubblicazione all'interno della sezione dedicata ai "Dati raccolti con standard GNA" del geoportale. La documentazione fornisce sia indicazioni generali sull'organizzazione della banca dati e sulle scelte progettuali adottate, sia istruzioni specifiche relative alla struttura del database,

alle caratteristiche dei singoli campi informativi e alle modalità di compilazione (Ministero della Cultura. s.d.).
L'obiettivo di questo sistema è contribuire alla realizzazione di una carta archeologica digitale nazionale, costantemente aggiornabile e consultabile attraverso il web, attraverso la quale uniformare le modalità di raccolta e organizzazione dei dati archeologici e facilitarne la condivisione tra istituzioni, professionisti e comunità scientifica.
All'interno del sistema sono presenti numerosi layers dedicati alla documentazione archeologica. Ai fini della presente tesi, i tre maggiormente rilevanti sono il MOPR, il DSC e il MOSI, che sono stati analizzati in modo specifico per poter essere successivamente integrati nel modello BIM (Ministero della Cultura. s.d.).
Il MOPR è finalizzato alla descrizione e all'inquadramento del progetto, attraverso la registrazione delle informazioni relative agli enti coinvolti, all'ambito di applicazione della tutela, all'opera prevista e alle attività di indagine archeologica eventualmente connesse. Il modulo permette quindi di identificare il progetto e di definirne le principali caratteristiche, con particolare riferimento alla categoria e al tipo di opera, alle eventuali campagne di ricognizione e alla relazione archeologica. Una parte specifica è inoltre dedicata alla descrizione delle opere in progetto, che deve essere riferita al disegno di progetto georiferito e alle aree previste per le attività di scavo (Ministero della Cultura. s.d.).
I dati inseriti nel Pset_MOPR sono EMC (Enti MiC coinvolti), AMA (ambito di applicazione), ERP (ente responsabile del progetto), OGN (denominazione del progetto), CTG (categoria dell'opera), OGT (tipo di opera), RCGD (data della campagna di ricognizione), DRL (data della relazione archeologica), DES (descrizione delle opere in progetto), ENTE (SABAP di riferimento), FUR (funzionario responsabile), CMA (anno di redazione), CMC (responsabile della compilazione), CMR (responsabile dei contenuti) e ADP (profilo di accesso ai dati) (Ministero della Cultura. s.d.).
Il DSC è finalizzato alla descrizione dell'indagine archeologica effettuata e, quindi, dell'attività di scavo. Le informazioni raccolte permettono di documentare dove e quando è stata condotta l'indagine, quali metodologie sono state adottate, quali erano le finalità dell'attività, quali risultati sono stati ottenuti e quali soggetti vi hanno partecipato. Particolare attenzione viene inoltre posta alla delimitazione dell'area effettivamente indagata e alla registrazione della profondità raggiunta durante le attività di scavo. I dati inseriti nel Pset_DSC sono ID_Scavo (identificativo univoco dello scavo, Denominazione (nome dello scavo), Anno (anno di esecuzione), Esito (positivo o negativo), Metodo (ad esempio stratigrafico), Motivo (motivo per cui è stato effettuato lo scavo), Ente_Responsabile (ente responsabile dell'indagine), Responsabile_Scientifico

(archeologo responsabile), Descrizione (descrizione dell'intervento), Profondità (profondità massima raggiunta), Quota_0 (quota di riferimento dello scavo), bibliografia (eventuali riferimenti bibliografici), Responsabile_Redazione (chi ha compilato la scheda) e infine Note (informazioni aggiuntive) (Ministero della Cultura. s.d.).

Il MOSI, invece, non è riferito direttamente all'attività di scavo, ma all'evidenza archeologica individuata attraverso l'indagine. Esso è pertanto rivolto alla descrizione del sito archeologico o geopaleontologico e delle relative informazioni identificative e conoscitive. I dati inseriti nel Pset_MOSI sono ID_Sito (identificativo univo del rinvenimento), Denominazione (nome dell'evidenza archeologica), Definizione (che cos'è), Tipologia (tipologia specifica dell'evidenza), Situazione_Attuale (stato attuale dell'evidenza), Descrizione (descrizione archeologica), Materiali (materiali rinvenuti), Cronologia (periodo o epoca di appartenenza), Fonte (da dove deriva l'informazione), Modalità_Individuazione (come è stata individuata), Accessibilità (si o no o in parte), Quota_Minima (quota minima dell'evidenza), Quota_Massima (quota massima dell'evidenza) e infine Note (informazioni aggiuntive) (Ministero della Cultura. s.d.).

I tre layer sono stati quindi tradotti in altrettanti Property Set, denominati Pset_MOPR, Pset_DSC e Pset_MOSI, e integrati all'interno del modello BIM. Nella loro definizione sono state escluse le informazioni relative alla localizzazione geografica, in quanto tali dati risultano già gestiti attraverso la georeferenziazione del sistema e la connessione tra BIM, Google Sheets e GIS (Ministero della Cultura. s.d.).

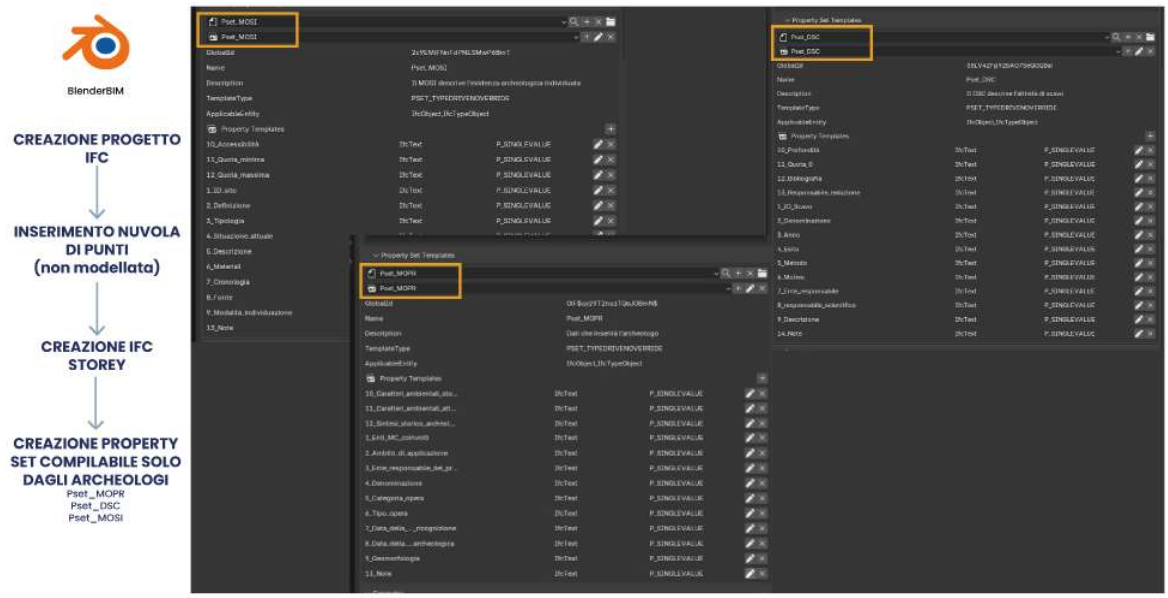



*Figura 44. Inserimento in BlenderBIM delle Schede Anagrafiche*

I Property Set non sono stati compilati nella fase di sviluppo del modello, poiché la loro compilazione è prevista a carico degli archeologi durante le future attività di indagine sul campo. In questo modo, qualora vengano effettuati nuovi scavi o individuate nuove evidenze archeologiche, gli operatori potranno inserire e aggiornare le relative informazioni direttamente nell'ambiente GIS o nel modello BIM, mantenendo le informazioni condivise tra i diversi ambienti del sistema senza la necessità di duplicare manualmente i dati.

## 4.2. La realtà aumentata come strumento operativo

L'applicazione in realtà aumentata è stata sviluppata principalmente per effettuare segnalazioni, che possono essere testuali, vocali o multimediali, a seconda dello strumento utilizzato. L'oggetto sul quale ci si è maggiormente focalizzati è l'Anfiteatro e, nello specifico, la Porta Triumphalis.
Prima della realizzazione dell'applicazione in realtà aumentata, è stata definita la tipologia di utenti che avrebbe potuto usufruire di questo strumento. Sono state individuate due categorie principali: l'utente tecnico e l'utente non tecnico. **L'utente tecnico** è colui che possiede competenze specifiche e può essere, ad esempio, un archeologo, un architetto, un ingegnere e un manutentore. L'utente non tecnico, invece, può essere rappresentato da un custode e, potenzialmente, un visitatore del parco archeologico.
L'utente tecnico può utilizzare due strumenti: il telefono, attraverso l'applicazione installata, oppure il visore Oculus. Può utilizzare l'applicazione per creare un poligono di segnalazione, cliccando oppure effettuando un'azione di "pinch" sull'area di interesse, e successivamente confermare la correttezza del poligono attraverso l'apposito comando. Una volta completata questa operazione, può accedere alla sezione "scheda ispettiva", compilare la relativa scheda ed esportare direttamente le informazioni, che vengono successivamente trasferite all'interno di BlenderBIM e QGIS.
La differenza sostanziale tra l'applicazione mobile e l'utilizzo dell'Oculus riguarda la precisione nella definizione del poligono, che risulta maggiore attraverso il

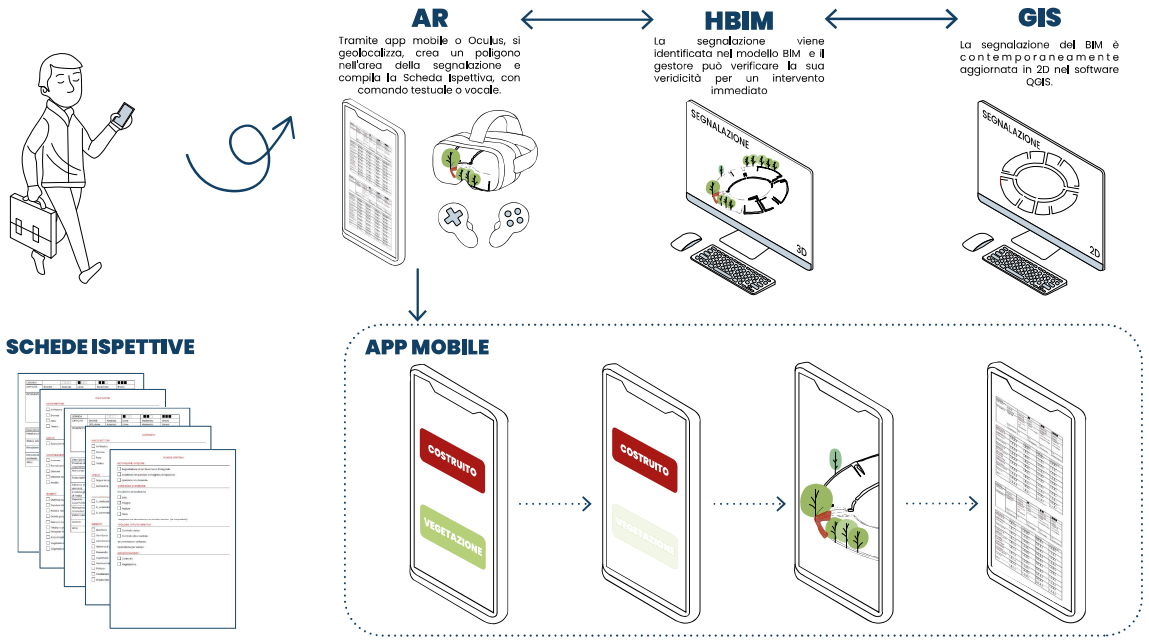



*Figura 45. Inserimento in BlenderBIM delle Schede Anagrafiche*

visore.

**L'utente non tecnico**, invece, può utilizzare esclusivamente il telefono. In questo caso non può creare un poligono di segnalazione, ma può semplicemente localizzarsi nell'area e inserire un testo oppure un contenuto multimediale, accompagnato dalla relativa descrizione di quanto riscontrato.

Una volta definita la modalità di interazione degli utenti con gli strumenti, si è passati alla realizzazione dell'applicazione attraverso il software Unity. Unity è un game engine utilizzato per la creazione di applicazioni 3D interattive e di esperienze in realtà aumentata. Il software permette di importare modelli tridimensionali, gestirne la visualizzazione e aggiungere interazioni, informazioni e funzionalità attraverso l'utilizzo di script (Unity Technologies. 2026).

Prima della creazione del progetto in Unity, è stato disegnato all'interno di BlenderBIM, in corrispondenza dell'area oggetto dello studio dell'applicazione in realtà aumentata, ovvero il muro dell'ingresso all'anfiteatro in corrispondenza della Porta Triumphalis, un parallelepipedo che rappresentasse l'elemento, come se fosse stato modellato a partire dalla nuvola di punti. Questa operazione è stata effettuata al fine di mantenere l'interoperabilità e consentire l'esportazione del file in formato FBX, dal momento che la nuvola di punti non può essere esportata direttamente.

Una volta georeferenziato ed esportato il modello, questo è stato inserito all'interno di Unity. Dopo la creazione del progetto, è stata inserita la scansione LiDAR realizzata attraverso l'applicazione MultiSet, che ha consentito la georeferenziazione e la connessione con il modello sviluppato in BlenderBIM.

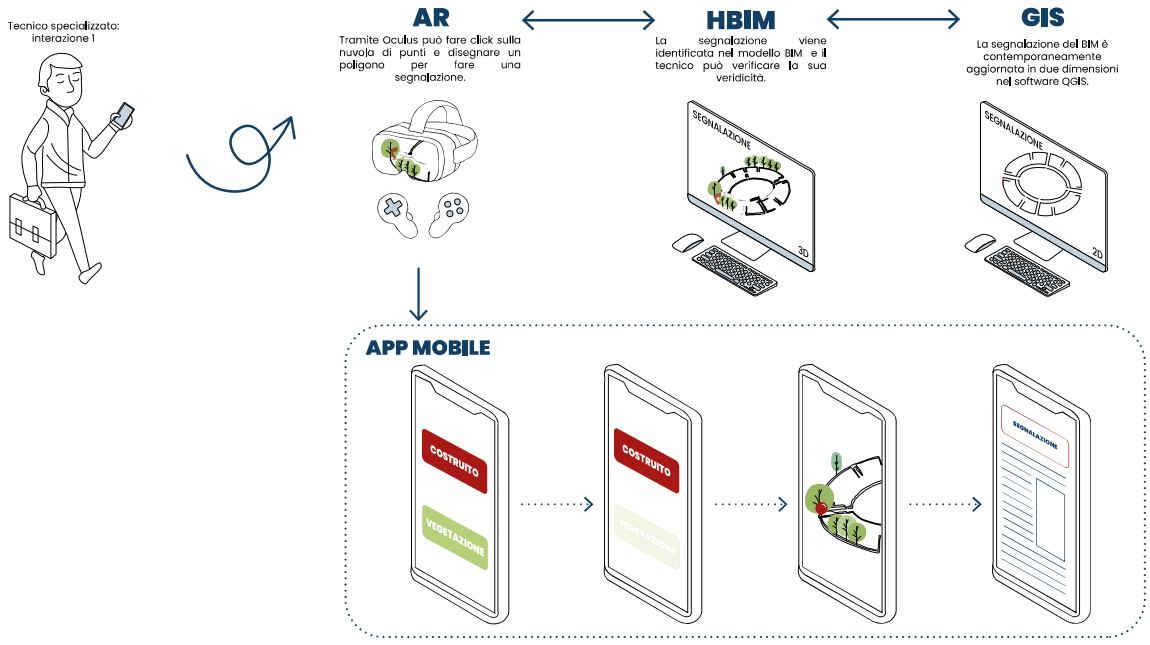



*Figura 46 Inserimento in BlenderBIM delle Schede Anagrafiche*

Successivamente è stato inserito il parallelepipedo identificato come *"Ifc_Wall/ANF_muratura"* ed è stato creato un materiale denominato "invisibilità", al quale è stata assegnata la proprietà di trasparenza, in modo da impedire la visualizzazione del parallelepipedo all'interno dell'applicazione in realtà aumentata.

Successivamente è stato inserito lo script sviluppato a partire dallo studio condotto dall'Università Politecnica delle Marche (Clini, Nespeca, Angeloni, & Ferretti, 2025) finalizzato a connettere il modello BIM con il GIS e con l'applicazione in realtà aumentata. Una volta completati tutti i passaggi necessari, è stata quindi realizzata l'applicazione in realtà aumentata.

Successivamente sono stati sviluppati i diversi comandi dell'applicazione.

- Il pulsante "poligono" consente di creare il poligono di segnalazione,
- il pulsante "check" permette di confermare l'operazione
- il pulsante "scheda ispettiva" consente di accedere alla scheda ispettiva, collegata a un file PDF modificabile.
- il pulsante "esporta" permette di trasferire le nuove informazioni all'interno del modello BIM.

Una volta creato il poligono, compilata la scheda ispettiva e selezionato il comando "esporta", il tecnico che dispone del file BlenderBIM del Parco Archeologico può visualizzare il poligono di segnalazione, verificarne la correttezza direttamente in sito e procedere successivamente con un intervento sul campo. Parallelamente, l'archeologo può ottenere un riscontro anche all'interno di QGIS, grazie alla connessione tra i diversi strumenti.

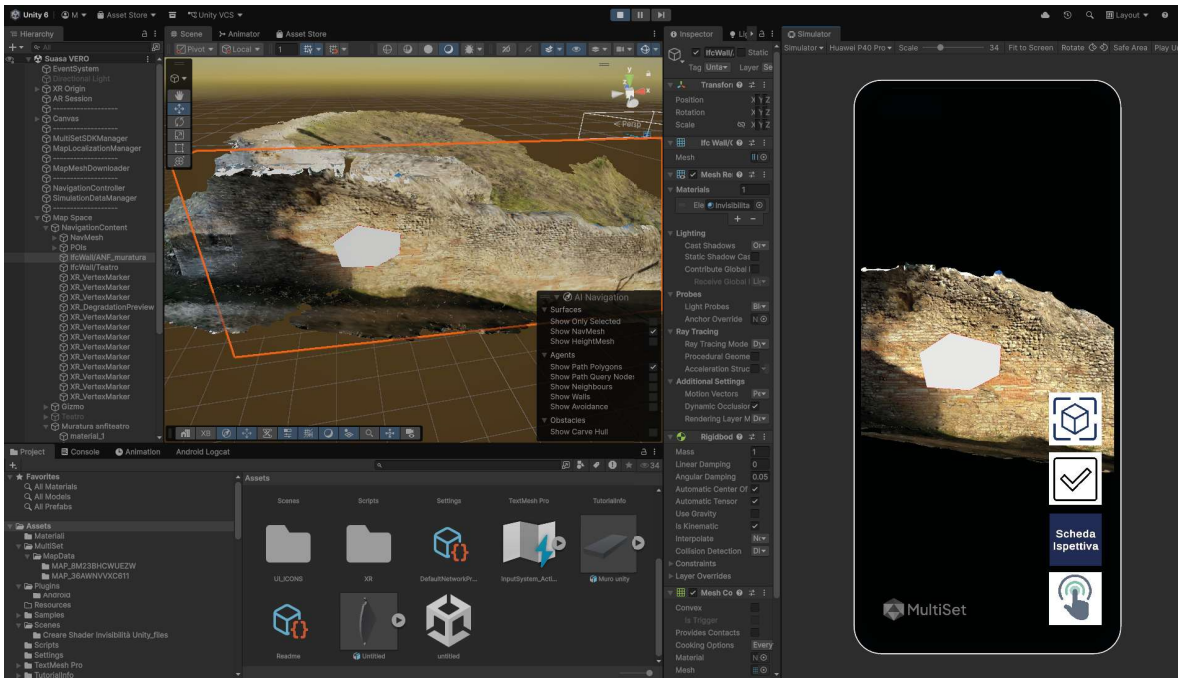



*Figura 47. Funzionamento "crea poligono" in Unity.*

Si realizza così un sistema di interoperabilità tra i tre strumenti principali: GIS, BIM e realtà aumentata che ottimizza, attraverso l'uso e l'integrazione di più tecnologie digitali, la conservazione e gestione dei luoghi archeologici con specifico riguardo alle attività ispettive e di monitoraggio.

## 4.3. Il sistema di segnalazione e le schede ispettive

Nel paragrafo precedente è stato introdotto il concetto di **Scheda Ispettiva,** che, come descritto inizialmente, costituisce uno degli strumenti del piano di manutenzione/conservazione, nello specifico nell'ambito delle Schede di monitoraggio.
Le schede ispettive consentono di mettere a sistema gli elementi, rappresentati nell'Abaco degli elementi, e i fenomeni di degrado e alterazione, raccolti nell'Abaco dei degradi e delle alterazioni, permettendo di mappare le condizioni delle diverse aree del sito in coerenza con gli strumenti precedentemente descritti.
Nello specifico, la scheda ispettiva realizzata è strutturata a partire da una prima pagina dedicata alle informazioni generali, tra cui la motivazione dell'ispezione, le condizioni atmosferiche, con particolare riferimento alla temperatura, e la tipologia di attività ispettiva. A questa prima parte segue la struttura dell'ontologia descritta nel capitolo precedente, articolata nei due macroargomenti principali: costruito e vegetazione.
Per quanto riguarda il costruito, la scheda è organizzata secondo una struttura gerarchica che comprende i macrosettori, il livello, i macroelementi e gli elementi e che consente di localizzare con esattezza ciò che si sta osservazione durante l'ispezione. È inoltre presente una legenda utile a supportare la compilazione della scheda. La parte conclusiva contiene l'elenco dei fenomeni di degrado e alterazione già individuati, riportati nella prima colonna, mentre nelle colonne successive vengono registrati la gravità, la diffusione, l'urgenza e le competenze. È stata inoltre inserita una voce "altro", che consente di registrare eventuali fenomeni di degrado non precedentemente individuati.
La stessa struttura è stata adottata per la vegetazione. In questo caso, nella parte conclusiva della scheda non vengono riportati i fenomeni di degrado, ma le possibili azioni da intraprendere sulla vegetazione, come, ad esempio, la potatura degli alberi. Anche in questo caso è stata inserita una voce "altro", che permette di aggiungere eventuali interventi non precedentemente individuati.

SCHEDA ISPETTIVA

MOTIVAZIONE ISPEZIONE

☐ Segnalazione di un fenomeno di degrado

☐ Scadenza del periodo consigliato di ispezione

☐ Ispezione occasionale

CONDIZIONI DI ISPEZIONE

Condizioni atmosferiche

☐ Sole

☐ Pioggia

☐ Nebbia

☐ Neve

Temperatura atmosferica e umidità relativa (se disponibile):

TIPOLOGIA ATTIVITÀ ISPETTIVA

☐ Controllo visivo

☐ Controllo strumentale

Strumentazioni utilizzate:

Descrizione per esteso:

MACROARGOMENTI

☐ Costruito

☐ Vegetazione

*Figura 48 La Scheda Ispettiva, pagina 1.*

COSTRUITO

MACROSETTORI

- [ ] Anfiteatro
- [ ] Domus
- [ ] Foro
- [ ] Teatro

LIVELLO

- [ ] Sopra terra
- [ ] Sottoterra

MACROELEMENTI

- [ ] Struttura_verticale
- [ ] Struttura _orizzontale
- [ ] Struttura _connessione
- [ ] Finutiura_orizzontale
- [ ] Finitura_verticale

ELEMENTI

- [ ] Muratura
- [ ] Vomitoria
- [ ] Vomitoria restaurato
- [ ] Sistema di puntellamento
- [ ] Passerella
- [ ] Copertura
- [ ] Pavimentazioni
- [ ] Finiture
- [ ] Fondazioni
- [ ] Gradonate

*Figura 49. La Scheda Ispettiva, pagina 2.*

| LEGENDA | | □□□ | ■□□ | ■■□ | ■■■ |
|---|---|---|---|---|---|
| CRITICITÀ | Gravità | Assenza | Lieve | Moderato | Grave |
| | Diffusione | Assenza | Lieve | Moderata | Estesa |
| INTERVENTO | Urgenza | Nessuna: intervento non necessario | Lieve: monitoraggio | Media: intervento da programmare | Massima: intervento immediato |
| | Altre competenze | RS | RS + Paesaggista | RS + Strutturista | RS + Restauratore |

| Descrizione | Gravità | Diffusione | Urgenza | Competenze |
|---|---|---|---|---|
| Presenza di vegetazione | □□□ | □□□ | □□□ | □□□ |
| Mancanza | □□□ | □□□ | □□□ | □□□ |
| Fessurazione | □□□ | □□□ | □□□ | □□□ |
| Distacco di elementi | □□□ | □□□ | □□□ | □□□ |
| Erosione giunti di malta | □□□ | □□□ | □□□ | □□□ |
| Deposito superficiale | □□□ | □□□ | □□□ | □□□ |
| Alterazione cromatica | □□□ | □□□ | □□□ | □□□ |
| Deformazione | □□□ | □□□ | □□□ | □□□ |
| Lacuna | □□□ | □□□ | □□□ | □□□ |
| Altro: | □□□ | □□□ | □□□ | □□□ |

*Figura 50. La Scheda Ispettiva, pagina 3.*

VEGETAZIONE

MACROSETTORI

- [ ] Anfiteatro
- [ ] Domus
- [ ] Foro
- [ ] Teatro

LIVELLO

- [ ] Sopra terra

MACROELEMENTI

- [ ] Arboree
- [ ] Rampicanti
- [ ] Erbacee
- [ ] Erbacee coltivata
- [ ] Incolto

ELEMENTI

- [ ] Quercus pubescens
- [ ] Populus alba
- [ ] Hedera helix
- [ ] Orchis purpurea
- [ ] Festuca arundinacea
- [ ] Trifolium alexandrinum
- [ ] Serapias lingua
- [ ] Anacamptis pyramidalis
- [ ] Vegetazione spontanea
- [ ] Vegetazione semi-spontanea

*Figura 51. La Scheda Ispettiva, pagina 4.*

| LEGENDA | | ☐☐☐ | ■☐☐ | ■■☐ | ■■■ |
|---|---|---|---|---|---|
| CRITICITÀ | Gravità | Assenza | Lieve | Moderato | Grave |
| | Diffusione | Assenza | Lieve | Moderata | Estesa |
| INTERVENTO | Urgenza | Nessuna: intervento non necessario | Lieve: monitoraggio | Media: intervento da programmare | Massima: intervento immediato |
| | Altre competenze | RS | RS + agronomo o arboricoltore | RS + agronomo o arboricoltore | RS + agronomo o arboricoltore |

| Descrizione | Gravità | Diffusione | Urgenza | Competenze |
|---|---|---|---|---|
| Potatura alberi | ☐☐☐ | ☐☐☐ | ☐☐☐ | ☐☐☐ |
| Sfalcio erba | ☐☐☐ | ☐☐☐ | ☐☐☐ | ☐☐☐ |
| Rimozione alberi | ☐☐☐ | ☐☐☐ | ☐☐☐ | ☐☐☐ |
| Manutenzione ordinaria | ☐☐☐ | ☐☐☐ | ☐☐☐ | ☐☐☐ |
| Altro: | ☐☐☐ | ☐☐☐ | ☐☐☐ | ☐☐☐ |

*Figura 52. La Scheda Ispettiva, pagina 5.*

# 05

# CONCLUSIONI

## 5.1. Verso un piano di conservazione/manutenzione programmata

Il lavoro ha affrontato il tema della conservazione e della gestione dei parchi archeologici a partire da un presupposto: la disponibilità di numerosi dati non garantisce, da sola, una conoscenza utilizzabile nei processi decisionali. Nel caso del Parco Archeologico di Suasa – rappresentativo di diverse realtà archeologiche del territorio nazionale - le informazioni storiche, archeologiche, geometriche, territoriali, conservative e manutentive provengono da fonti differenti e sono state prodotte nel corso di decenni di ricerca. La proposta sviluppata nella tesi ha quindi cercato di ricondurre tali contenuti a un sistema comune, nel quale il dato possa essere localizzato, interrogato, aggiornato e condiviso in funzione delle attività di tutela e gestione.
La fase conoscitiva ha confermato la necessità di leggere il Parco come un bene culturale complesso, nel quale costruito e vegetazione non possono essere considerati separatamente. L'analisi storica, della consistenza materiale e dello stato di conservazione del Parco hanno fornito la base per ordinare le informazioni relative alle realtà archeologiche che sono state raccolte e sistematizzate nelle Schede anagrafiche e gli Abachi, rispettivamente degli elementi e dei fenomeni di degrado. L'attenzione riservata alla componente vegetale ha permesso di distinguerne il valore ecologico e paesaggistico dalle condizioni in cui essa può costituire un fattore di degrado o di rischio. Questa distinzione risulta essenziale per evitare interventi indifferenziati e per programmare attività proporzionate alle caratteristiche delle singole aree.
L'utilizzo e perfezionamento dell'indice RHV ha fornito un criterio parametrico per descrivere l'interazione tra condizioni ambientali, caratteristiche della vegetazione e vulnerabilità del costruito. Nell'applicazione esemplificativa riferita a una porzione dell'Anfiteatro, caratterizzata dalla compresenza di muratura, quercia ed edera, il calcolo ha restituito un valore pari al 79,33%, corrispondente alla classe High associata alla disgregazione. Tale risultato non rappresenta una valutazione complessiva dell'intero Parco, ma mostra come parametri espliciti possano tradurre un'osservazione qualitativa in un'informazione confrontabile e utilizzabile per stabilire priorità di controllo e approfondimento. Applicato all'intero sistema-parco, questo strumento consente di avere un controllo periodico delle condizioni e livelli di rischio a cui è soggetto ogni porzione del parco in relazione alle sue specificità costruttive e vegetazionali. Il rilievo integrato mediante drone RTK, sensori multispettrali e LiDAR ha prodotto una base geometrica e territoriale georeferenziata, adatta a collegare le informazioni alla loro effettiva posizione.

La scelta di mantenere la nuvola di punti segmentata all'interno del modello HBIM, senza sostituirla con una ricostruzione geometrica semplificata, ha consentito di preservare il dettaglio del rilievo e di organizzarla secondo le necessità informative della ricerca. Tale impostazione permette inoltre di aggiornare il modello attraverso l'integrazione di nuove acquisizioni, mantenendo al contempo le precedenti nuvole di punti come documentazione dello stato del sito nei diversi momenti del rilievo, contribuendo così alla costruzione di un archivio digitale aggiornabile nel tempo. L'ontologia articolata in macrosettore, livello, macroelemento ed elemento ha reso coerente la classificazione del costruito e della vegetazione, mantenendo al tempo stesso la possibilità di descriverne le relazioni.
L'inserimento dei Property Set relativi all'ontologia, al degrado e al rischio ha trasformato il modello da rappresentazione geometrica a banca dati interrogabile. L'introduzione dei Pset_MOPR, Pset_DSC e Pset_MOSI ha inoltre predisposto una connessione con gli standard del Geoportale Nazionale per l'Archeologia. Questi ultimi non sono stati compilati nella fase sperimentale, poiché il loro popolamento richiede il contributo degli archeologi durante le future attività di indagine. La struttura sviluppata consente tuttavia di integrare tali informazioni senza separarle dalla posizione, dalla geometria e dagli altri dati già associati agli elementi del Parco.
L'integrazione tra BlenderBIM, QGIS, Google Sheets, Web App e servizi cloud ha permesso di verificare lo scambio delle informazioni tra il modello tridimensionale e l'ambiente geografico. La struttura dati condivisa riduce la necessità di duplicare manualmente gli stessi contenuti e rende possibile mantenere allineate le modifiche effettuate nei diversi ambienti. In questa architettura, il modello HBIM non costituisce un prodotto concluso e immutabile, ma uno dei livelli di un sistema informativo più ampio, destinato a evolvere con l'avanzamento delle ricerche, dei rilievi e delle attività di manutenzione.
L'applicazione in realtà aumentata, tramite telefono e/o oculus, e le schede ispettive completano il flusso collegando il sistema digitale alle osservazioni eseguite direttamente sul campo. La distinzione tra utente tecnico e non tecnico permette di calibrare le operazioni in base alle competenze: il primo può delimitare l'area interessata, descrivere il fenomeno e compilare la scheda; il secondo può trasmettere una segnalazione localizzata, testuale o multimediale, da sottoporre a verifica. Le informazioni raccolte possono così confluire negli ambienti BIM e GIS e diventare parte della documentazione utile al soggetto gestore. Il sistema non elimina la necessità della validazione specialistica, ma rende più diretto il passaggio tra rilevamento, registrazione e valutazione del problema.
Nel suo insieme, la proposta rende possibile concepire il piano di manutenzione/

conservazione come uno strumento dinamico. Le schede anagrafiche, gli abachi, la valutazione del rischio e le schede ispettive non rimangono documenti isolati, ma possono essere associati agli elementi e alle aree cui si riferiscono. Le segnalazioni aggiornano il quadro delle condizioni del sito, mentre il confronto tra gravità, diffusione, urgenza e competenze necessarie può supportare la programmazione dei controlli e degli interventi. In questo modo, la manutenzione viene ricondotta a un processo continuo di osservazione, verifica e aggiornamento, coerente con i principi della conservazione preventiva e programmata.
La sperimentazione mantiene un perimetro preciso. Il modello è stato sviluppato principalmente sull'Anfiteatro, non è stata quindi completata l'estensione operativa all'intero Parco. Anche i Property Set derivati dal GNA sono stati predisposti ma non popolati, mentre l'efficacia del sistema dovrà essere verificata attraverso campagne ispettive ripetute e mediante l'impiego da parte dei diversi utenti previsti. Questi aspetti non riducono il valore metodologico del lavoro, ma ne definiscono correttamente lo stato di avanzamento e individuano le condizioni necessarie per passare dal prototipo a uno strumento stabile di gestione, che potranno essere verificati e validati anche con il supporto di ABACO, ente gestore, come interlocutore privilegiato.
Gli sviluppi successivi potranno riguardare l'estensione dell'ontologia e della segmentazione agli altri macrosettori, il popolamento delle schede archeologiche da parte dei professionisti competenti, la validazione delle procedure di segnalazione e l'uso continuativo dei dati per programmare controlli e interventi. La stessa struttura potrà essere adattata ad altri siti archeologici di dimensioni e condizioni gestionali comparabili, verificandone di volta in volta la compatibilità con le specificità del patrimonio e con le risorse disponibili. La tecnologia assume così un ruolo strumentale di fondamentale importanza: organizzare la conoscenza, rendere esplicite le relazioni tra i dati e sostenere la collaborazione tra le figure che partecipano alla conservazione del bene.
Il risultato della tesi è pertanto la definizione di un flusso informativo unitario, georeferenziato e aggiornabile, nel quale rilievo, HBIM, GIS, AR e strumenti conservativi concorrono a un medesimo obiettivo. Applicata al Parco archeologico Suasa, la proposta mostra come la documentazione esistente e le nuove osservazioni possano essere trasformate in un supporto operativo per riconoscere le criticità, ordinare le priorità e programmare le attività. La conservazione del Parco viene così affrontata come un processo continuo, fondato sulla conoscenza condivisa e sulla capacità di intervenire prima che le condizioni di rischio producano danni più estesi.

# BIBLIOGRAFIA

Ávila, F., Blanca-Hoyos, Á., Puertas, E., & Gallego, R. (2024). HBIM: Background, current trends, and future prospects. Applied Sciences, 14(23), 11191. https://doi.org/10.3390/app142311191

Ballelli, S., & Cesaretti, S. (2013). Elenco delle specie delle Aree Floristiche Protette delle Marche, aggiornato con D.P.G.R. n. 95/2014.

Bagnolini, B., Lucchi, B., Ghetti, N., & Giovannetti, F. (2016). Suasa Senonum: Progetto per un nuovo parco archeologico [Tesi di laurea magistrale, Università di Bologna, A.A. 2014/2015, relatore Francesco Saverio Fera, correlatori Filippo Piva, Lucio Nobile e Sandro Pittini].

Bindelli, F., & Campedelli, A. (2024). Integrated digital survey: The Roman Amphitheater of Suasa (Castelleone di Suasa, AN). Proceedings, 96(1), 1–5. https://doi.org/10.3390/proceedings2024096005

Biondani, F. (2015). Le lucerne africane nel territorio marchigiano: I rinvenimenti dalla via del Foro di Suasa. Picus, 35, 121–162.

Brumana, R., Quilici, S., Oliva, L., Previtali, M., Attico, D., Roncoroni, F., & Stanga, C. (2023). Immersive Appian Way health infrastructure: Human centric digital twin (the PAAA archaeological park of the Appian Way 12 km state-owned section, UNESCO candidature). The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLVIII-M-2-2023, 311–318. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-2-2023-311-2023

Campagnoli, P., & Morsiani, S. (2014). I saggi aperti nella Domus. In L. Mazzeo Saracino (Ed.), Scavi di Suasa I. I reperti ceramici e vitrei dalla Domus dei Coiedii (pp. 45–70). Ante Quem.

Caneva, G. (1999). A botanical approach to the planning of archaeological parks in Italy. Conservation and Management of Archaeological Sites, 3(3), 127–134. https://doi.org/10.1179/135050399793138590

Caneva, G., Ceschin, S., & De Marco, A. (2006). Mapping the risk of damage from tree roots for the conservation of archaeological sites: The case of the Domus Aurea, Rome. Conservation and Management of Archaeological Sites, 7(3), 163–170. https://doi.org/10.1179/135050306793137403

Caneva, G., Hosseini, Z., & Bartoli, F. (2023). Risk, hazard, and vulnerability for stone biodeterioration due to higher plants: The methodological proposal of a multifactorial index (RHV). Journal of Cultural Heritage, 62, 217–229. https://doi.org/10.1016/j.culher.2023.05.032

Capedri, S., Venturelli, G., De Maria, S., Mantovani Uguzzoni, M. P., & Pancotti, G. (2001). Characterisation and provenance of stones used in the mosaics of the Domus dei Coiedii at Roman Suasa (Ancona, Italy). Journal of Cultural Heritage, 2(1), 7–22. https://doi.org/10.1016/S1296-2074(01)01103-7

Carandini, A. (2010). Storie della terra: Manuale di scavo archeologico. Einaudi.
Clini, P., Mariotti, C., Angeloni, R., & Ferretti, U. (2026).

Combining HBIM and AR for heritage conservation: From digital survey to an interactive management tool. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLVIII-2/W12-2026, 97–104. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-2-W12-2026-97-2026

Clini, P., Nespeca, R., Angeloni, R., & Ferretti, U. (2025). Above-ground and underground architectural heritage documentation: A Scan-to-HBIM-to-XR approach for historic centres. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLVIII-M-9-2025, 345–351. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-9-2025-345-2025

Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto Centrale per il Restauro. (1988). NORMAL 1/88: Alterazioni macroscopiche dei materiali lapidei: Lessico. Istituto Centrale per il Restauro.

D'Alessio, M., Galli, I., Polonara, M., Cherubini, T., & Carrafelli, D. (2026). Digital Suasa: Generative AI and mixed reality for archaeological heritage communication of the Domus of Coiedii. SCIRES-IT-SCIentific RESearch and Information Technology, 16(1), 71–86. https://doi.org/10.2423/i22394303v16n1p71

Dall'Aglio, P. L., & De Maria, S. (1988). Nuovi scavi e ricerche nella città romana di Suasa (Ancona): Relazione preliminare. Picus, 8, 73–156.

Dall'Aglio, P. L., & De Maria, S. (1994–1995). Scavi nella città romana di Suasa: Seconda relazione preliminare (1990–1995). Picus, 14–15, 75–232.

De Guida, G. M., Maltese, S., Re Ceconi, F., & Villa, V. (2017). Il BIM per la gestione dei patrimoni immobiliari: Linee guida, livelli di dettaglio informativo grafico (LOD) e alfanumerico (LOI). Hoepli.

De Maria, S. (2003). Echi di scultura ellenistica in un mosaico di Suasa (Ancona). In P. Defosse (Ed.), Hommages à Carl Deroux: Vol. IV. Archéologie et histoire de l'art, religion (pp. 91–104). Latomus.

De Maria, S. (2010). Suasa, la città e la sua storia: Venti anni di scavi e ricerche. In E. Giorgi & G. Lepore (Eds.), Archeologia nella valle del Cesano da Suasa a Santa Maria in Portuno: Atti del Convegno per i venti anni di ricerche dell'Università di Bologna (pp. 19–32). Ante Quem.

De Maria, S. (2022). Cultura greca, maestranze provinciali e senatori peregrini a Suasa. In S. Antonelli, V. La Salvia, M. C. Mancini, O. Menozzi, M. Moderato, & M. C. Somma (Eds.), Archaeologiae: Una storia al plurale: Studi in memoria di Sara Santoro (pp. 155–166). Archaeopress.

De Maria, S., & Brumetti, M. (2020). Memorie di pietra: Aspetti della scultura funeraria a Suasa. In C. Lambrugo (Ed.), *Στην υγειά μας*: Studi in omaggio a Giorgio Bejor (pp. 71–78). Edizioni All'Insegna del Giglio.

De Maria, S., & Giorgi, E. (2013). Urbanistica e assetti monumentali di Suasa: Novità dalle ricerche recenti. In M. Giuliodori & G. Paci (Eds.), Epigrafia e archeologia (pp. 163–226).

De Maria, S., & Paci, G. (2008). Dediche a Caracalla e a Silvano dal foro di Suasa. In M. L. Caldelli, G. L. Gregori, & S. Orlandi (Eds.), Epigrafia 2006: Atti della XIVe Rencontre sur l'épigraphie in onore di Silvio Panciera, con altri contributi di colleghi, allievi e collaboratori (pp. 645–662). Edizioni Quasar.

Della Giovampaola, I. (2021). SyPEAH: The WebAPP system for protection and education to archaeological heritage in the Parco Archeologico del Colosseo. Geosciences, 11(6), 246. https://doi.org/10.3390/geosciences11060246

Destro, M., & Giorgi, E. (2008). Suasa: Nuovi dati per lo studio della città. Rivista di Topografia Antica, 18(2), 75–106.

Destro, M., & Giorgi, E. (2012). Suasa (Marche): Metodologie di ricerca integrate per la ricostruzione storica della città. In F. Vermeulen, G.-J. Burgers, S. Keay, & C. Corsi (Eds.), Urban landscape survey in Italy and the Mediterranean (pp. 126–137). Oxbow Books.

Alessandrini, L., Bastia, S., Bertuccioli, P., Bilotta, D., Ciolli, S., De Siervo, G., Di Bucci, D., Dolce, M., Fabi, D., Madeo, L., Miozzo, A., Panunzi, E., & Silvestri, V. (2020). La protezione civile in Italia: Testo istituzionale di riferimento per i docenti scolastici. Dipartimento della Protezione Civile – Presidenza del Consiglio dei Ministri.

Giorgi, E. (2012a). La via del foro di Suasa: Nuovi scavi e prospettive di ricerca. Picus, 32, 79–102.

Giorgi, E. (2012b). Nuovi dati dagli scavi di Suasa sulla genesi e lo sviluppo dell'abitato. In G. De Marinis, G. M. Fabrini, G. Paci, R. Perna, & M. Silvestrini (Eds.), I processi formativi ed evolutivi della città in area adriatica (BAR International Series 2419, pp. 345–362). Archaeopress.

Giorgi, E. (2014). La Domus dei Coiedii: I periodi e il contesto urbano. In L. Mazzeo Saracino (Ed.), Scavi di Suasa I. I reperti ceramici e vitrei dalla Domus dei Coiedii (pp. 29–43). Ante Quem.

Giorgi, E. (2020). Le necropoli di Suasa: La cultura funeraria di un centro minore dell'ager Gallicus. In G. Lepore & B. Muka (Eds.), L'archeologia della morte in Illiria e in Epiro: Contesti, ritualità e immagini tra età ellenistica e romana (pp. 409–434). Edizioni Quasar.

Giorgi, E. (2024). Suasa: La città e le sue necropoli. In E. Giorgi, J. Bogdani, A. Gamberini, S. Morsiani, & I. Rossetti (Eds.), Scavi di Suasa II. La necropoli orientale (pp. 7–47). Edizioni Quasar.

Giorgi, E., Boschi, F., Silani, M., & Bogdani, J. (2012). Documentare l'archeologia da Burnum (Sebenico, Croazia) a Suasa (Ancona): Una tradizione rinnovata. Archeologia e Calcolatori, 23, 261–282. https://doi.org/10.19282/ac.23.2012.16

Giulioni, F., Pierdicca, R., Nespeca, R., Chiappini, S., & Quattrini, R. (2026). Multi-temporal UAV-based multispectral analysis for vegetation-related risk assessment in archaeological areas. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLVIII-2/W12-2026, 175–182.

https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-2-W12-2026-175-2026

Gobeawan, L., Lin, S. E., Liu, X., Wong, S. T., Lim, C. W., Gaw, Y.-F. L., Wong, N. H., Tan, P. Y., Tan, C. L., & He, Y. (2021). IFC-centric vegetation modelling for BIM. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, VIII-4/W2-2021, 91–98. https://doi.org/10.5194/isprs-annals-VIII-4-W2-2021-91-2021

Historic England. (2023, June 27). Management of archaeological sites on grassland. https://historicengland.org.uk/advice/technical-advice/monuments-and-sites/management-of-archaeological-sites-on-grassland/

ICCROM. (2004). Teamwork for preventive conservation. ICCROM.

ICOMOS. (1990). Charter for the protection and management of the archaeological heritage (Lausanne Charter). ICOMOS.

Vergès-Belmin, V. (Ed.). (2008). Illustrated glossary on stone deterioration patterns = Glossaire illustré sur les formes d'altération de la pierre. ICOMOS.

Lepore, G., & Zaccaria, M. (2000). Il recupero e il restauro di pitture parietali di epoca romana: L'esperienza di Suasa (Ancona). In Consolidanti e protettivi in uso sui materiali inorganici porosi di interesse artistico ed archeologico (pp. 156–165). Provincia Autonoma di Trento – Servizio Beni Culturali.

Marino, L., & Sabelli, R. (1994). Restauri alla fortezza erodiana di Macheronte (Giordania): Tradizioni costruttive e musealizzazione. In I siti archeologici: Un problema di musealizzazione all'aperto. Secondo seminario di studi, Roma, gennaio 1994 (pp. 344–354). Gruppo Editoriale Internazionale.

Matrone, F., Colucci, E., Iacono, E., & Ventura, G. M. (2023). The HBIM-GIS Main10ance Platform to enhance the maintenance and conservation of historical built heritage. Sensors, 23(19), 8112. https://doi.org/10.3390/s23198112

Matteini, T., & Ugolini, A. (2023). Il bisbiglio dei ricordi indefiniti: Progetto paesaggistico e conservazione attiva dei luoghi archeologici. Il Poligrafo.

Michalski, S., & Pedersoli Jr., J. L. (2016). The ABC method: A risk management approach to the preservation of cultural heritage. Canadian Conservation Institute & ICCROM.

D.Lgs. n. 490/1999. (1999, 29 ottobre). Testo unico delle disposizioni legislative in materia di beni culturali e ambientali, a norma dell'articolo 1 della legge 8 ottobre 1997, n. 352. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, n. 302, 27 dicembre 1999, Supplemento Ordinario n. 229/L.

D.Lgs. n. 42/2004. (2004, 22 gennaio). Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, n. 45, Supplemento Ordinario n. 28.

D.Lgs. n. 36/2023. (2023, 31 marzo). Codice dei contratti pubblici in attuazione dell'articolo 1 della legge 21 giugno 2022, n. 78, recante delega al Governo in materia di contratti pubblici. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, n. 77, Supplemento Ordinario n. 12.

Ministero per i Beni Culturali e Ambientali. (1990, November 15). Circolare n. 12059: Parchi archeologici.

Ministero per i Beni e le Attività Culturali. (2012, April 18). Adozione delle linee guida per la costituzione e la valorizzazione dei parchi archeologici. Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, 179, Supplemento Ordinario n. 165.

Regione Marche. (s.d.). Tutela della flora e Aree Floristiche Protette ai sensi della L.R. 52/1974.

Regione Marche. (1994, April 28). Legge regionale 28 aprile 1994, n. 16: Norme per la salvaguardia e la valorizzazione del sistema archeologico regionale.

Regione Marche. (2010, February 9). Legge regionale 9 febbraio 2010, n. 4: Norme in materia di beni e attività culturali.

Repubblica Italiana. (1948). Costituzione della Repubblica Italiana (Art. 9).

Scramoncin, L., Gerdol, R., & Brancaleoni, L. (2024). How effective is environmental protection for ensuring the vitality of wild orchid species? A case study of a protected area in Italy. Plants, 13(5), 610. https://doi.org/10.3390/plants13050610

Signorini, M. A. (1995). Lo studio e il controllo della vegetazione infestante nei siti archeologici: Una proposta metodologica. In L'area archeologica di Fiesole: Rilievi e ricerche per la conservazione (pp. 41–46).

Signorini, M. A. (1996). L'indice di pericolosità: Un contributo del botanico al controllo della vegetazione infestante nelle aree monumentali. Informatore Botanico Italiano, 28, 7–14.

SIRA – Società Italiana per il Restauro dell'Architettura. (2023). Documento di indirizzo per la qualità dei progetti di restauro dell'architettura. In S. Della Torre & V. Russo (Eds.), Restauro dell'architettura: Per un progetto di qualità (Vol. 1, pp. 2–75). Edizioni Quasar.

Ugolini, A., & Delizia, F. (2018). Strappati all'oblio: Strategie per la conservazione di un luogo di memoria del secondo Novecento: L'ex Campo di Fossoli. Altralinea Edizioni.

UNI. (2006). UNI 11182:2006: Beni culturali – Materiali lapidei naturali e artificiali – Descrizione della forma di alterazione – Termini e definizioni.

Zuchtriegel, G., Calvanese, V., Petti, L., Spinosa, A., & Zambrano, A. (2026). La manutenzione come cura: Un modello innovativo e digitale per il monitoraggio del sito archeologico di Pompei. e-Journal degli Scavi di Pompei, 3. https://pompeiisites.org/e-journal-degli-scavi-di-pompei/la-manutenzione-come-cura-un-modello-innovativo-e-digitale-per-il-monitoraggio-del-sito-archeologico-di-pompei/

# ARCHIVIO

Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le province di Ancona e Pesaro e Urbino. Archivio documentale relativo al Parco Archeologico di Suasa [Archivio documenti, Archivio disegni, Archivio Fotografico]. Consultazione diretta presso gli uffici della Soprintendenza, 7 gennaio 2026.

# SITOGRAFIA

AreaOrlandoni. (s.d.). Piano regolatore generale (PRG) del Comune di Castelleone di Suasa.
https://www.areaorlandoni.it/webapp/C152/PRG/index.html?page=15

AreaOrlandoni. (s.d.). Sistema informativo territoriale – Comune di Castelleone di Suasa.
https://www.areaorlandoni.it/webapp/sit2.php?ente=CASTELLEONE%20DI%20SUASA&codente=C152

Bosetti & Gatti. (1999). D.P.R. n. 554 del 1999 – Regolamento di attuazione della legge quadro in materia di lavori pubblici.
https://www.bosettiegatti.eu/info/norme/statali/1999_0554.htm

Direzione Generale Sicurezza del Patrimonio Culturale. (s.d.). Carta del Rischio del patrimonio culturale. Ministero della Cultura.
https://www.cartadelrischio.beniculturali.it/webgis/

FAI – Fondo Ambiente Italiano. (s.d.). Parco archeologico regionale della città romana di Suasa.
https://fondoambiente.it/luoghi/parco-archeologico-regionale-della-citta-romana-di-suasa?ldc=

Istituto della Enciclopedia Italiana. (s.d.). Treccani.
https://www.treccani.it/

Ministero della Cultura. (s.d.). Wiki GNA.
https://gna.cultura.gov.it/wiki/index.php?title=Pagina_principale

Parco Archeologico di Suasa. (s.d.). Storia del parco.
https://www.parcosuasa.it/storia_parco/

QGIS. (s.d.). QGIS.
https://www.qgis.org/it/

Redazione ANSA. (2017, 30 giugno). Riapre Domus Coiedii in parco Suasa. ANSA.
https://www.ansa.it/marche/notizie/2017/06/30/riapre-domus-coiedii-in-parco-suasa_7b02b7d7-0fc0-48c8-98cb-5463a4ced479.html

Regione Marche. (s.d.). Beni paesaggistici.
https://giscartografia.regione.marche.it/portal/apps/webappviewer/index.html?id=d90da92b5ccd477eb1896ddb1fac4765

Regione Marche. (s.d.). Piani di volo.
https://giscartografia.regione.marche.it/portal/apps/webappviewer/index.html?id=34c2232c939b4b199cb12f72f02a4a9e

Regione Marche. (s.d.). MARCHE CTR.
https://giscartografia.regione.marche.it/portal/apps/mapviewer/index.html?webmap=f7f9df1060444eeca76aa28c15772b14

Regione Marche. (s.d.). Progetto IFFI.
https://giscartografia.regione.marche.it/portal/apps/mapviewer/index.html?webmap=e19d734e92eb446899023106d9782ce3

Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per l'area metropolitana di Venezia e le province di Belluno, Padova e Treviso. (s.d.). Tutela.
https://www.soprintendenzapdve.beniculturali.it/attivita-istituzionali/tutela/

SITARproject. (s.d.). WikiSITARproject.
https://wiki.archeositarproject.it/it/home

Unity Technologies. (2026). Unity: Develop, deploy, and grow.
https://unity.com/

# RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare la mia relatrice, Prof.ssa Chiara Mariotti, per la disponibilità, l'attenzione e la professionalità con cui mi ha accompagnata durante questo percorso. La ringrazio per la costante guida e per avermi dato l'opportunità di approfondire il restauro con occhi diversi. Il confronto con lei è stato per me un'importante occasione di crescita, che mi ha permesso di ampliare le mie competenze e di sviluppare un nuovo modo di affrontare la ricerca.

Ringrazio la mia correlatrice, Prof.ssa Romina Nespeca, per la disponibilità, l'attenzione e i preziosi suggerimenti che hanno contribuito allo sviluppo della tesi. Il confronto con lei mi ha permesso di avvicinarmi e appassionarmi al mondo del digitale e alle sue applicazioni nel campo dell'architettura e del patrimonio, sviluppando nuove competenze e comprendendone il valore nel contesto professionale attuale.

Ringraziol'archeologo Matteo Tadolti, con il quale ho avuto modo di collaborare durante il tirocinio e che mi ha accompagnata nella scoperta del mondo dell'archeologia. Grazie alla sua disponibilità e al confronto durante il percorso, ho avuto l'opportunità di avvicinarmi a una disciplina che non conoscevo e di comprenderne il valore e il fascino. Questa esperienza mi ha inoltre permesso di comprendere quanto il confronto e la collaborazione tra professionalità diverse da quella dell'ingegnere-architetto possano rappresentare un importante valore aggiunto, contribuendo ad arricchire la ricerca e il modo di affrontare un progetto.

Infine, ringrazio il Dipartimento DICEA e, in particolare, Umberto, per avermi seguito nell'approfondimento della connessione e dell'interoperabilità tra gli strumenti utilizzati, e Federico, per il prezioso supporto nella comprensione della vegetazione e delle problematiche legate alla sua gestione.