



Università degli Studi di Ferrara

DOTTORATO DI RICERCA IN
"SCIENZE e TECNOLOGIE per l'ARCHEOLOGIA e i BENI CULTURALI"

CICLO XXV

COORDINATORE Prof. Carlo Peretto

**Il GIS nell'ambito di sistemi innovativi per la gestione del dato
archeologico. Sviluppo e implementazione di un sistema gestionale
e analitico con strumenti open source di banche dati
archeologiche.**

Caso studio Grotta di Fumane

Settore Scientifico Disciplinare _BIO___/_01__

Dottorando

Dott. Cocca Enzo

(firma)

Tutore

Prof. Peresani Marco

(firma)

Anni 2010/2015



UNIVERSITA'
DEGLI STUDI
DI
SIENA



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI MODENA E REGGIO EMILIA

a Chiara

Indice

PARTE I: TEORIA	7
INTRODUZIONE	7
CAPITOLO I : ARCHEOLOGIA E CALCOLATORI	11
1.1 Breve cenno sulla storia del computer in archeologia.....	11
1.2 Dallo scavo archeologico all'indagine virtuale.....	13
1.3 Dal modello cartaceo al modello informatico	15
1.4 Il calcolatore: un elettrodomestico non pensante	19
CAPITOLO II: RICERCA ARCHEOLOGICA E INFORMATICA	22
2.1 Gestione informatica	22
2.2 Gestione archeologica	23
2.3 Linguaggi di programmazione	24
2.4 Database relazionali	25
CAPITOLO III: STRUMENTI DI COMUNICAZIONE	31
3.1 I metadati	31
3.2 Ontologia informatica	33
3.3 Riflessioni.....	35
PARTE II: PRATICA	38
CAPITOLO IV: <i>PYARCHINIT</i> (GESTIONE DEI DATI ARCHEOLOGICI)	38
4.1 Introduzione al plugin PyArchInit.....	38
4.2 Struttura del plugin PyArchInit	41
4.3 Introduzione alle schede di compilazione	42
4.3.1 DBMS Toolbar.....	45

4.3.2 Scheda di Sito	46
4.3.3 Scheda US	48
<i>Dati descrittivi</i>	48
<i>Dati di scavo, Periodizzazione, Rapporti stratigrafici, struttura</i>	49
<i>Dati fisici e dati schedatura</i>	50
<i>Documentazione</i>	50
<i>Funzioni della scheda US</i>	50
4.3.4 Scheda Periodizzazione	62
4.3.5 Scheda Struttura	65
<i>Dati descrittivi</i>	66
<i>Periodizzazione e rapporti</i>	66
<i>Elementi costruttivi</i>	66
4.3.6 Scheda Inventario Reperti	69
<i>Dati descrittivi</i>	69
4.3.7 Scheda Tafonomica.....	73
<i>Dati descrittivi</i>	73
<i>Corredo</i>	73
<i>Resti osteologici</i>	73
<i>Caratteristiche</i>	74
4.3.8 Scheda Individuo	76
<i>Dati descrittivi</i>	76
4.3.9 Scheda Archeozoologica	77
<i>Parametri di connessione</i>	78
<i>Inserimento dati</i>	79
<i>Grafici e statistica univariata</i>	84
<i>Statistica multivariata</i>	88
<i>Geostatistica</i>	91
<i>Tool</i>	99
4.3.10 Gis time controller	101
4.3.11 Scheda Gestione immagini	103
4.3.12 Scheda Determinazione sesso.....	104
4.3.13 Scheda Determinazione età	106
4.3.14 Scheda Thesaurus	107
4.3.15 Configurazione parametri di connessione al database.....	111

4.3.16 Scheda di Backup	115
4.4 Il sistema dei livelli informativi	118
<i>pyarchinit_ripartizioni_spaziali</i>	119
<i>pyarchinit_sondaggi</i>	120
<i>pyarchinit_linee_rif</i>	120
<i>pyarchinit_punti_rif</i>	120
<i>pyarchinit_sezioni</i>	121
<i>pyarchinit_strutture_ipotesi</i>	121
<i>I livelli informativi per il disegno delle Unità Stratigrafiche</i>	122
 pyunitastrigrafiche – Disegnare una US	 123
pyarchinit_quote	123
pyuscarlinee	124
4.5 Il database	124
4.5.1 Le tabelle	126
4.6 Relazioni ed entità.....	143
4.6.1 Trigger	145
4.7 View.....	155
 CAPITOLO V: GESTIONE DEI DATI ARCHEOLOGICI DI GROTTA DI FUMANE ATTRAVERSO PYARCHINIT	 156
5.1 La Grotta di Fumane (introduzione al sito).....	157
6.2 I depositi.....	157
6.3 La geologia	165
5.4 Problematiche di gestione del dato archeologico	174
5.5 Inserimento dati	184
 CAPITOLO VI: GESTIONE DEL DATO PER LE ANALISI GEOSTATISTICHE ATTRAVERSO PYARCHINIT E R: CASO STUDIO GROTTA DI FUMANE	 186
6.1 Breve introduzione al software R.....	186
6.2 Introduzione alla geostatistica	186
6.3 Semivariogramma.....	188

6.4 Problematiche di distribuzione spaziale.....	191
6.5 La fauna	192
<i>Matrice dei dati</i>	192
<i>Analisi di frequenza</i>	196
<i>Prima fase</i>	217
<i>Seconda fase</i>	219
<i>Terza fase</i>	221
<i>Quarta fase</i>	222
<i>Quinta fase</i>	224
6.7 Conclusioni.....	226
CAPITOLO VII: IMPLEMENTAZIONI E QUALE FUTURO	229
7.1 Implementazione 3d e il workflow di PyaArchInit negli scavi archeologici.	229
LISTA FIGURE	236
LISTA TABELLE	240
BIBLIOGRAFIA.....	242

Parte I: Teoria

Introduzione

Facendo un *excursus* storiografico del *computer* e dei sistemi informativi digitali applicati in archeologia, ci si rende conto che, a partire dalla metà degli anni '80 fino ai primi anni '90, l'archeologia, almeno in Italia, inizia a affrontare l'importanza dell'utilizzo del calcolatore in campo archeologico, soprattutto per quel che riguarda la gestione dei dati (Francovich, 1990, 1999).

Infatti, se si prende in considerazione l'elemento archeologico come osservazione che va dal singolo reperto fino a un intero territorio, tale elemento testimonia una serie di evidenze materiali che nel tempo tendono a mutare e, in molti casi, a scomparire (Fronza *et al.*, 2009). Partendo da questa considerazione un qualsiasi progetto di ricerca in campo archeologico, sebbene pianificato o di emergenza, si predispone a una diligente e metodica raccolta dei dati, i quali sono archiviati secondo un grado di dettaglio, direttamente adeguati alla natura dell'indagine, alla strategia di ricerca adottata e al modello storiografico determinato. Ne consegue che, nella ricostruzione del corso degli eventi di un singolo oggetto, di un insediamento, di un paesaggio o di un particolare fenomeno del passato, la fase di annotazione dei dati acquista un'importanza indispensabile. Questa fase del lavoro deve pretendere la massima precisione possibile e necessaria, cercando di evitare la deframmentazione o l'alterazione del prezioso potenziale informativo derivabile dagli elementi in nostro possesso. In questo senso l'utilizzo dei tradizionali sistemi di documentazione cartacea tende a essere a volte inadeguato, soprattutto quando sul campo operano più specialisti che adottano metodologie differenti e i quali, inoltre, possono cambiare nel corso delle diverse campagne di scavo.

In questo ambito l'informatizzazione digitale globalizza e uniforma i dati raccolti evitando, appunto, una dispersione e distorsione del dato.

L'archeologia da sempre genera informazioni, raccoglie record che diventano migliaia di schede su fogli di carta, la cui compilazione, oltre a essere lunga e faticosa, è soggetta a un'elevata percentuale di disomogeneità e di errore (Valenti 2009). Fronteggiare un simile patrimonio informativo è un compito arduo, se non impossibile, soprattutto quando queste informazioni devono essere processate e interpretate. Al contrario, il computer snellisce questo arduo compito consentendo di gestire in maniera molto più efficace e versatile l'universalità del record archeologico, inoltre rende possibile anche l'implementazione di controlli di qualità severi in fase di immissione del dato e l'effettuazione di una vasta gamma di analisi analitica (analisi statistica, analisi spaziali, analisi logiche ecc.) in fase di interpretazione (Valenti 2009). Questi aspetti non sono proponibili per una documentazione analogica su supporto cartaceo. Gli aspetti gestionale e analitico mostrano in maniera più evidente il rilevante incremento qualitativo che la tecnologia digitale ha portato alla ricerca archeologica. Insieme alle importanti possibilità di condivisione delle informazioni e agli strumenti per la produzione di supporti divulgativi (soprattutto multimediali), questi due aspetti rappresentano i principali, e ormai irrinunciabili, vantaggi dell'uso del calcolatore nella pratica della disciplina archeologica. Pertanto l'organizzazione e la gestione dei dati di scavo rivestono una fase importante del lavoro di ricerca.

Con il presente progetto si è realizzato e implementato un sistema GIS, nominato *PyArchInit*¹, per lo scavo archeologico, che permette di gestire e organizzare i dati in un geodatabase gestionale e analitico tramite prodotti *open source* (Mandolesi, Cocca 2013). I dati così organizzati, classificati e tematizzati consentono una gestione² veloce del dato archeologico, analisi spaziali dei materiali e un incremento delle informazioni. Questi dati analizzati e processati sono resi accessibili attraverso un

¹ Questa denominazione è composita: Py- indica Python il nome del linguaggio di programmazione con cui è stato scritto; Arch - indica archeologia; Init - è una istanza di una classe di Python.

² Con l'espressione gestione del dato si indica un processo che riguarda sia il *data entry* che la ricerca dei singoli dati attraverso *query* preimpostate (SQL- Structured Query Languages).

sistema *webGIS*³ che permette la condivisione e la pubblicazione.

La ricerca si presenta suddivisa in due parti. La prima linea di ricerca riguarda l'aspetto informatico che implementa la seconda linea di ricerca: l'aspetto archeologico.

La linea di ricerca informatica è indirizzata alla gestione e comunicazione dei dati archeologici. La gestione dei dati viene effettuata sia in remoto tramite l'installazione del database su un server, sia in locale aggiornando e allineando i dati in un secondo momento.

La comunicazione può avere aspetti molteplici nel suo significato. Con il termine "comunicazione" non si vuole indicare "*..riferire qualcosa a qualcuno*" ma importare un nuovo dato per svilupparne degli altri. I dati non devono essere finalizzati a se stessi, altrimenti rischiano di diventare un *midden* di informazioni, devono piuttosto essere un punto di partenza per l'utilizzo dell'aspetto analitico. Tale aspetto deve servire per porre domande appropriate per spiegare il fenomeno storico dell'oggetto analizzato (Barcelò, Paralles 1996).

La seconda linea di ricerca, che riguarda l'aspetto archeologico, prende come caso studio la Grotta di Fumane. Questo famoso e importante sito archeologico, diretto dal dott. Marco Peresani, è stato individuato come un ottimo caso studio per testare il sistema in quanto poneva delle problematiche di carattere archivistico, stratigrafico e di rappresentazione importanti per il proseguimento delle ricerche. Infatti, la raccolta dati e lo scavo stratigrafico in questo sito sono stati condotti adottando diverse metodologie di acquisizione, in tempi differenti, dal 1992 a oggi, e con personale addetto che è cambiato nel corso delle varie campagne di scavo.

Nella prima parte di questa tesi i primi capitoli introducono il concetto dell'archeoinformatica, partendo da quella che è la storia degli studi in questo settore, passando attraverso il ruolo dell'informatica nell'archeologia e motivando

³ Il webGIS a cui si fa riferimento non è oggetto di questa tesi di dottorato ma è comunque un prosieguo di questa ricerca che sto conducendo.

anche perché rendere "codice aperto" il sistema adottato. Tali premesse sono necessarie per comprendere lo scopo di questa ricerca, soprattutto in un tempo in cui l'evoluzione tecnologica è fortemente attiva. Probabilmente al termine di questo lavoro, il sistema realizzato sarà soggetto a nuove variazioni tecniche che porteranno a ulteriori cambiamenti e miglioramenti nel trattamento, acquisizione, gestione e analisi dei dati. L'importante è sapere che quando si verifica un cambiamento tecnologico o si apportano dei miglioramenti, il computer rimane uno strumento per l'archeologo e non un suo sostituto (D'Andrea 2006; Fronza et al 2009).

La seconda parte di questo lavoro invece descrive tutta la struttura fisica di *PyArchInit*. Si passa quindi a analizzare il caso studio con le varie problematiche affrontate sia dal punto di vista stratigrafico che statistico sui gli elementi analizzati.

Infine è importante sottolineare che le analisi statistiche e geostatiche effettuate sono da considerare sperimentazioni sia dal punto di vista informatico e sia dal punto di vista metodologico/archeologico in cui i risultati ottenuti servono ad una comprensione maggiore dei dati e del sito che si analizza e anche come corredo della documentazione di base. Queste sperimentazioni sono in continuo cambiamento al fine di ricercare la metodologia migliore da adottare.

Capitolo I : Archeologia e calcolatori

1.1 Breve cenno sulla storia del computer in archeologia

L'Archeologia è stata materia fertile per molte innovazioni in campo tecnologico: si pensi alla fotografia, le cui prime applicazioni "scientifiche" si ebbero quasi subito proprio nel settore archeologico, quando verso la metà dell'800 si sentiva il bisogno di documentare i monumenti in modo finalmente oggettivo, senza l'intermediazione interpretativa del disegnatore. Durante le due guerre mondiali lo sviluppo della ricerca scientifica con approcci quantitativi e matematici fu prodromico affinché l'utilizzo dei computer liberasse i ricercatori dalla computazione manuale a favore di quella elettronica; l'*Univac* (UNIVERSAL Automatic Computer I) della *Eckert-Mauchly Computer Corporation* è stato il primo computer commerciale e risale al 14 giugno 1951 (giorno della sua messa in funzione); l'IBM 701 risale al 1952; tre anni dopo segue l'IBM 704, primo computer "scientifico" della storia; nel 1956 J. McCarthy conia il termine *Artificial Intelligence*. A partire dal 1960 i computer venivano installati nelle università per favorire le ricerche accademiche: si doveva programmare in Fortran e altri linguaggi "arcaici" i propri algoritmi; intorno alla metà di questo decennio si ebbe l'esplosione della cosiddetta "rivoluzione quantitativa in archeologia"; gli anni seguenti (1965-1985) sono considerati l'età d'oro per i computer in archeologia. Nel 1971 l'italiano Federico Fagini per conto di Intel progetta il primo microprocessore (Intel 4004), una invenzione senza la quale il mondo di oggi sarebbe molto diverso. *Software* come *AutoCAD* e riviste come *Archeologia e Calcolatori* nascono rispettivamente nel 1982 e nel 1989, ben prima della rivoluzione promossa da Bill Gates con le sue "finestre". È del 1991 l'espressione *Virtual Archaeology* e del 2000 il termine "Archeoinformatico". I tempi di *start-up* dunque non sono molto differenti rispetto allo scavo di Nino Lamboglia presso *Albintimilium* (anno delle campagne di scavo 1938- 1940, anno di pubblicazione del primo volume 1950), considerato la pietra d'angolo per la

cronologia della ceramica romana e il suo utilizzo nelle ricerche archeologiche. Dopo oltre 60 anni di ricerche sulla ceramica in archeologia nessuno mette in dubbio l'utilità di questi studi per la cronologia e il commercio delle popolazioni antiche, mentre dopo 50 anni di ricerche computazionali in archeologia non è facile trovare corsi strutturati all'interno delle università, per lo meno italiane. Questa perdurante situazione di assenza di standard metodologici (intendendo per "standard" lo scavo stratigrafico, a esempio, una *pipeline* o *workflow* accettato da tutti nelle sue linee fondamentali), nel florilegio di applicazioni informatiche legate al patrimonio archeologico che troppo raramente nascono per impulso di singoli archeologi o istituzioni, produce, inutile dirlo, un rallentamento negli stessi studi archeologici: per fare un esempio, solo con l'ausilio di un computer è oggi possibile studiare realmente la statica degli edifici romani, e solo studiando la statica si possono acquisire conoscenze avanzate sulla tecnica edilizia. Tuttavia ancora oggi, al di là di GIS e *database* più o meno vasti e complessi, pensati non di rado per scopi meramente amministrativi, il computer è considerato solo come un restitutore grafico che supporti chi vuole risparmiare tempo nel preparare adeguate tavole tecniche da allegare al testo. Sono trascorsi un paio di decenni da quando F. Giuliani scrisse che il "modello intellettuale italiano" è afflitto dalla "tara" per cui si è scelto che l'Archeologia fosse "cultura" nel senso crociano del termine, realizzando così l'equazione "letterario = cultura di serie A, tecnico = cultura di serie B (o non cultura).

All'interno della stessa informatica applicata all'archeologia si è pensato che vi fossero programmi/soluzioni di serie A (GIS, *database*, ecc.) e programmi/soluzioni di serie B (modellatori tridimensionali *et similia*). Questo perché il modello intellettuale italiano di cui sopra preferisce parlare di "vicino" piuttosto che quantificare una distanza: perché cinque metri sono e saranno sempre cinque metri, mentre "vicino" concede la libertà di *interpretazione*, talmente libera e personale che lo si potrà considerare uguale al suo contrario. Ma la *trowel* per un archeologo è solo un mero strumento da guardare con scetticismo e cautela? Oppure è parte integrante del suo essere archeologo e estensione fisica del suo braccio nel momento stesso in cui

interviene sul terreno? Il computer al giorno d'oggi così dovrebbe essere considerato: *parte integrante* del lavoro sul campo.

1.2 Dallo scavo archeologico all'indagine virtuale

Come espresso a più riprese nell'introduzione al mio lavoro, nelle ricerche archeologiche moderne, siano queste svolte sul campo o in laboratorio, si producono quantitativi di dati enormi a livello di schede, fotografie e rilievi, in modo da ovviare a quella che è l'irripetibilità dello scavo stratigrafico. Una volta tolte, almeno fisicamente, delle US non ne rimane più traccia in quanto lo scavo è una ricerca distruttiva (Carandini 2000) e, l'unica possibilità di farle "rivivere" è quella di documentare l'evidenza nel modo più accurato e oggettivo possibile in modo così da permettere una rilettura futura del contesto anche da parte di altri archeologi che devono redigere una relazione di scavo mantenendo l'evidenza e l'oggettività dello scavo distinta dalla sua interpretazione preconstituita.

Tale *forma mentis* non solo pregiudica l'evidenza, ma può trasformarsi in quell'abito mentale per il quale si riesce a trovare ciò che si vuole trovare. Citando Barker: "Una volta supposto che un'area scura sia un buco di palo, occorre una considerevole dose di disciplina mentale per ammettere, dopo averlo svuotato, che si tratta solo di un buco prodotto da una sedia o di qualche altro elemento di disturbo non strutturale, specialmente se esso si trova proprio laddove ci si aspetterebbe un buco per palo, o dove addirittura servirebbe per completare una struttura. In seno a queste considerazioni, fra la fine degli anni '70 e i primi anni '80, in Italia si è sviluppata una corrente di pensiero chiamata archeologia processuale in cui, le semplici descrizioni e interpretazioni soggettive che avevano prevalso fino a allora, vengono bollate come metodi poco scientifici. Per Blindford "Il passato è ricostruibile in misura molto più ampia di quanto si ritenesse in precedenza, purché sia noto il valore da dare a ciascun tipo di testimonianze materiali. Lo scopo intellettuale è dunque quello di avvicinare il procedere dell'archeologo a quello delle cosiddette scienze esatte

inseguito la speranza di poter riordinare il pensiero archeologico tramite la definizione di una serie di leggi universali giungendo a interpretazioni univoche per determinati indicatori archeologici portando a una vera e propria rivoluzione nel campo delle tecniche applicate alla ricerca archeologica sul campo e in laboratorio. Vengono introdotti nuovi approcci molto più sistematici che hanno visto l'adozione dello scavo stratigrafico come elemento di punta e dal quale deriva il formalismo dato dalla scheda di unità stratigrafica. Questa scheda contiene una serie di voci sistematiche a cui obbligatoriamente l'archeologo deve rispondere, rinviando alla successiva elaborazione dei dati gli elementi di interpretazione soggettiva che, troppe volte, nella stessa fase di costruzione del documento archeologico, rendevano le informazioni raccolte attraverso il giornale di scavo prive di ogni reale oggettività, rispettando così quelli che erano i "principi" della New Archaeology o archeologia processuale. Per quanto riguarda la definizione e lo sviluppo delle schede archeologiche, a livello nazionale, l'organo preposto è l'Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione che, dal 1975, è diventato l'istituto responsabile per la raccolta, l'elaborazione, la conservazione e la consultazione di tutte le informazioni relative ai beni culturali. Risale al 1984 la completa adozione di un metodo di catalogazione omogeneo con l'edizione, da parte dell'I.C.C.D., delle Norme per la redazione della scheda di saggio stratigrafico (SAS) (Parise Badoni – Ruggeri 1984) e le norme per la redazione di quelle a essa afferenti di Unità Stratigrafica (US) (Figg.), di Unità Stratigrafica di Rivestimento (USR) e le tabelle per il materiale delle unità stratigrafiche (TMA), introdotta in Italia da Andrea Carandini nel 1976 insieme a quella di Unità Topografica (UT). Questa è una parziale risoluzione al problema di un *common language* per la definizione degli strati archeologici. In concomitanza con l'istituzione del Ministero per i Beni Culturali, lo stesso ICCD diffonderà poi nel 1988 la strutturazione dei dati delle schede del catalogo dei beni archeologici immobili e territoriali (Parise Badoni – Ruggeri 1988), dove figuravano anche le schede relative alla ricerca topografica, che vengono in tal modo a completare il sistema delle schede principali per quanto riguarda l'archeologia da campo. Le schede proposte seguono a loro modo un modello gerarchico secondo il quale si parte dalle schede di sito (SI),

dalle quali dipendono da una parte (settore topografico) la scheda di complesso archeologico (CA), da cui dipendono quelle di Monumento archeologico (MA) e, dall'altra parte (settore stratigrafico) la scheda di Saggio archeologico stratigrafico; da entrambe le parti dipendono quindi le schede di Unità Stratigrafica (US), di Unità Stratigrafica Muraria (USM) e di Unità Stratigrafica di rivestimento (USR); da queste ultime dipendono infine la Tabella dei materiali (TMA), la scheda di Reperto archeologico (RA) e quella per la Numismatica (N). Oltre che per una definizione più scientifica, oggettiva e distaccata dalle sensazioni personali delle evidenze archeologiche. L' I.C.C.D. ha sviluppato questo sistema di schede anche per permettere agli archeologi di parlare un'unica lingua nella definizione di quella che è l'unità stratigrafica in tutti i suoi componenti. L'aspetto è di fondamentale importanza in quanto permette una corretta e omogenea fruizione dei dati all'interno della comunità scientifica.

1.3 Dal modello cartaceo al modello informatico

L'archeologo, nelle moderne ricerche si trova a gestire un *data set* di informazioni notevole: schede, fotografie, rilievi, piante etc. Ogni tipologia di informazione porta inoltre a altre sotto informazioni a essa legate. Come gestire tutti i dati senza perdere elementi preziosi, nella maniera più efficiente e ordinata possibile? Ecco che l'utilizzo del calcolatore in archeologia inizia a bussare con impertinza alla porta della ricerca. Vuoi per la schematicità delle schede dell'I.C.C.D. che inducevano l'operatore a compilare i campi con voci "obbligate", vuoi per la costante ricerca di standardizzazione nel trattamento dei dati, vuoi per la volontà di tenere i dati "ordinati", il calcolatore è diventato pian piano il migliore amico dell'archeologo in tutte le fasi di studio, dallo scavo al laboratorio. L'I.C.C.D. ha prodotto, dal canto suo, una serie di sistemi "ufficiali" per la gestione dei dati archeologici e che, considerando l'istituzione sviluppatrice, sono diventati dei modelli standard attraverso la gestione dei dati ai quali, in teoria, chiunque si appresta a

informatizzare la documentazione di scavo, si deve attenere. Già dagli anni '80 si è sviluppato un ampio progetto di organizzazione del sistema di gestione informatizzata del patrimonio storico, artistico e archeologico, in sostituzione di quella cartacea, elaborando prima il programma *SAXA*, che girava ancora in *DOS*, poi, negli anni '90, *Desc*, un data entry progettato già in ambiente Windows. Ora invece è disponibile, all'interno del vasto *Sistema informativo generale del catalogo* (SIGEC 32), un nuovo sistema di inserimento e trasferimento dati con i programmi T3 e TDF 33. L'applicazione T3 consente la creazione e la modifica delle schede di catalogo, incrementando un database completo di funzionalità di ricerca, consultazione, importazione e esportazione dei dati. Il TDF garantisce il collegamento tra i dati alfanumerici della scheda e dell'immagine digitale (foto o disegno).

Il sistema prodotto dall'I.C.C.D. prevede anche un'applicazione, *Mercurio*, destinata al controllo dei file di trasferimento e alla loro rispondenza alle normative, che non permette alcuna correzione sulle schede, ma segnala diversi tipi di errore nel tracciato e suggerisce le possibili correzioni nella sequenza dei campi. Il controllo dei file di trasferimento dati con *Mercurio* è necessario per poter utilizzare il programma *Apollo*, che consente l'uscita e la stampa delle schede, poiché dalla correttezza formale del file dipende la decodifica di alcuni campi della scheda con codici identificativi. Il modello schedografico I.C.C.D. non sempre è rispettato in toto. Nella maggioranza dei casi ogni *equipe* di lavoro, nel passaggio tra modello cartaceo a modello digitale, provvede allo sviluppo di database autonomi che della schedatura ufficiale riprendono solo le voci e lo schema. A questo punto al problema interpretativo e linguistico si aggiunge quello della compatibilità tra *softwares* e formati utilizzati nella codifica dei dati in quanto non tutti usano gli stessi programmi e non tutti i programmi è detto che parlino la stessa lingua. Si apre dunque un panorama desolante (dato sia dal boom tecnologico che porta a sfornare prodotti diversi e a breve distanza, sia dalla progressiva alfabetizzazione informatica degli archeologi che hanno provveduto a elaborare sistemi sempre più complessi e personalizzati), nel quale gran parte dei dati raccolti nelle ricerche non possono essere scambiati tra ricercatori. Per ragioni di praticità non tutti usano gli stessi

softwares durante l'archiviazione dei dati e, quando questa condizione è presente, non tutti sviluppano sistemi di gestione con la stessa architettura.

Nel primo caso abbiamo un problema di codifica del formato in quanto, specialmente nel caso di quelli proprietari, per ovvie ragioni di mercato, i file creati con un programma non vengono letti da un altro. Esempio calzante è dato dalle basi di dati create con *Microsoft Acces* e *Claris File Maker* dove *Acces* salva i file con un'estensione *.mdb* mentre *File Maker* con un'estensione *.fmp*. Il risultato è che i file *.fmp* non sono importabili in *Acces* e, viceversa, quelli *.mdb* non sono importabili in *File Maker*. Supponendo che due diversi gruppi di ricerca operino nello stesso scavo, ma in due aree diverse, il normale e ovvio scambio dati in questo caso non potrebbe avvenire.

Invece, nel secondo caso, lo scambio dei dati potrebbe avvenire in quanto stiamo parlando di un utilizzo dello stesso *software*; quello che verrebbe meno invece riguarda la completa importazione dei dati da una base all'altra. Esempio: due diversi gruppi operano nello stesso scavo ma in aree diverse, devono scambiare il database delle schede US. Il gruppo dell'area 1000 ha operato sviluppando un sistema per cui alla scheda US è collegato anche l'elenco delle US con due tabelle distinte. Il gruppo dell'area 2000 ha invece sviluppato un sistema per cui alla scheda US ha collegato la tabella relativa alle quantificazioni dei materiali rinvenuti durante lo scavo. Scambiando i dati tra le due diverse piattaforme nel gruppo area 1000 non verranno importate le quantificazioni, nel gruppo area 2000 non verrà importato l'elenco US. La documentazione quindi sarà incompleta.

Abbiamo visto come il calcolatore venga usato per la gestione dei dati provenienti dallo scavo e dalla ricognizione archeologica elaborando dei database fotocopia del modello cartaceo. Un discorso a parte merita invece la gestione del dato geografico, particolarmente utile durante la fase di ricognizione. L'architettura di quello che è un sistema GIS classico prevede da un lato la georeferenziazione della cartografia utilizzata durante le fasi di ricerca e, dall'altra, la definizione di un "database fotocopia" di quella che è la scheda UT che andrà collegato allo shape dei GIS per cui, cliccando sul dato puntuale o su quello geometrico, avrà tutte le informazioni

relative all'UT che si sono informatizzate sulla scheda. Si creano quindi tre file per la gestione dei dati vettoriali: .shp a cui fa riferimento la tipologia del dato o geometrico o puntuale, .dbf a cui fanno riferimento le informazioni alfanumeriche dello shape e rappresenta il database della piattaforma, .shx a cui fa riferimento il sistema di coordinate usato e le coordinate X e Y dello shape di riferimento. Lo stesso accade per la gestione della cartografia raster di base per la quale avremo due file: uno che è rappresentato dalla cartografia, l'altro, .tfw, riferito alla georeferenziazione della carta e nel quale saranno raccolti tutti i dati relativi alle coordinate della cartografia utilizzata. Pur rappresentando lo standard di riferimento per gli archeologi che sviluppano GIS, la soluzione, presenta alcuni problemi di portabilità e, in questo caso, non mi riferisco a un problema di formato, ma di portabilità in senso stretto in quanto dovendo interfacciarsi con un'altra *equipe* di lavoro o semplicemente a fine lavoro, per la consegna dei dati, si dovrà andare con l'intera cartella nella quale sono sistemati i cinque file che, se vengono separati, perdono la loro funzionalità. I file girano su tutti i software GIS indipendentemente dal prodotto usato per lo sviluppo. Una tendenza "moderna" è quella invece di gestire i dati spaziali e alfanumerici direttamente dal database collegato alla piattaforma GIS tramite un server locale "montato" sul calcolatore; soluzione particolarmente in voga nel mondo open source che permette, tramite l'estensione geografica, a esempio *PostGIS* del database *PostgreSQL*, di creare due colonne per la gestione dei riferimenti geometrici e spaziali di uno shape direttamente dal database come se fossero semplicemente dei dati alfanumerici; ciò comporta una maggiore stabilità dei dati in quanto almeno i file vettoriali vengono gestiti in sql con il vantaggio, in caso di scambio dati, di portare un unico file. Ciò però prevede una scelta strategica iniziale riguardante la scelta del software da utilizzare in quanto anche gli altri ricercatori con cui dobbiamo interfacciarci devono lavorare con *PostgreSQL* e *PostGIS*. Un'ulteriore step è stato fatto con lo sviluppo di quelli che sono i web-GIS che prevedono la gestione cartografica, geometrica e puntuale dei dati da un server cartografico. L'architettura prevede l'impiego di un server cartografico e di un database da cui gestire i file shape che possono essere installati

sia sul calcolatore prevedendo un uso “locale” oppure su di un server dedicato che permette la consultazione del *webGIS* direttamente in rete. I GIS nella ricerca archeologica vengono usati soprattutto nelle fasi legate alla ricognizione archeologica e attualmente, anche per la redazione di carte di rischio e di potenziale archeologico di un territorio usando indistintamente, a seconda delle esigenze del singolo ricercatore, le metodologie sopra citate. In generale, con i sistemi GIS, andiamo leggermente oltre la semplice interrogazione dei dati geograficamente posizionati e da noi informatizzati riuscendo a fare delle analisi territoriali complesse di distribuzione e quantificazione delle varie tipologie di evidenze archeologiche: si elaborano modelli digitali del terreno che, attraverso una rappresentazione 3D, ci permettono di avere un’idea più vicina al reale di un determinato contesto avanzando un’analisi più complessa di quelli che sono stati i processi insediativi di un territorio, viene interpolata una cartografia storica su quella attuale con la possibilità di vedere cosa c’è di vecchio e cosa invece è scomparso e si delinea un quadro insediativo complesso in un determinato periodo storico.

1.4 Il calcolatore: un elettrodomestico non pensante

Perché viene fatto un database? Che tipo di informazioni posso gestire con un database e un GIS? Quali informazioni posso desumere da un database e un GIS?

Domande forse con risposte scontate ma necessarie a muovere una critica fondamentale per il proseguimento del lavoro. Analizzando la struttura dei database odierni ci possiamo rendere conto che, nonostante la rivoluzione tecnologica di cui siamo stati spettatori in quest’ultimo decennio, l’ “elettrodomestico” calcolatore viene ancora usato, almeno dalla stragrande maggioranza degli archeologi, come insostituibile amico solo per tenere organizzati i dati e richiamarli con maggiore facilità e rapidità quando se ne presenta la necessità. L’interazione si basa sull’informatizzazione dei dati che vengono raccolti e la successiva interrogazione

del sistema solo su quei dati che sono stati informatizzati: utente interroga e macchina risponde. Teoricamente dovrebbe rappresentare la situazione ideale di utilizzo dei database; oggi però non basta più.

Si parla sempre di più di archeologia globale dove uno scavo, un sito, non sono solo delle evidenze particolari che spuntano nel mezzo delle città moderne o nel mezzo della campagna. Ne sono parte integrante e vanno contestualizzati all'interno di quelli che sono stati i processi storici, delle azioni naturali e antropiche che hanno interagito con il sito modellandolo nel corso del tempo. Far emergere l'insieme degli elementi, delle entità che hanno contribuito a interagire con il sito, che lo hanno modificato e che lo identificano e le relazioni che intercorrono tra queste entità non si possono esprimere con un semplice database o un GIS. I database non sono strutturati su un modello logico, si tratta semplicemente di un modello relazionale tra tabelle, dove, interrogando il database con il calcolatore, non si potrà mai arrivare a presunzioni logiche che sono il risultato di un determinato evento o che portano loro stesse all'evento o all'identificazione di un oggetto. Per esempio, data un'unità stratigrafica attestante una termo-trasformazione, interrogando il database, questo non mi risponderà mai che rappresenta il risultato di un'azione data dal fuoco a meno che questo non venga specificato nel database stesso. Un database semplifica sì la gestione dei dati, ma non dice niente dal punto di vista intellettuale e concettuale.

Il problema esposto si traduce di riflesso anche nelle applicazioni in cui il database è implicato. Nei sistemi di informazione geografica, come dice la parola stessa, l'informazione è l'elemento chiave di tutto il sistema e il database rappresenta il mezzo con cui queste informazioni vengono gestite. Facendo però capo al modello relazionale del database integrato con il GIS questo sarà interrogabile solo su ciò che è informatizzato nelle schede UT e visualizzerà solo i *layer* che soddisfano le caratteristiche della ricerca. Prendendo proprio come esempio la grotta di Fumane, nel GIS di scavo, si potrà interrogare il sistema e avere una risposta sia visiva che alfanumerica. Per esempio riguardo a un preciso periodo: “ voglio vedere tutti i focolari strutturati nella unità A9 del primo periodo, il sistema mi risponderà

visivamente facendomi vedere una pianta con le strutture di focolari della grotta e ciò che nella grotta è in fase con essi, a livello di conoscenza. Se clicco sulle strutture di focolari, mi verranno fuori le schede US associate ai *layer*, riportando una serie di informazioni sulle strutture riguardanti la tecnica costruttiva, estensione e l'interpretazione desunta dalle evidenze archeologiche.

Il fatto che il database spaziale, se interrogato, mi identifichi il contesto come struttura di focolare, è possibile solo in virtù del fatto che nelle schede venga interpretato e specificato dal ricercatore che il contesto è da leggere come tale per una serie di identificatori quali l'architettura degli ambienti, l'uso degli spazi, la planimetria. A meno che non venga specificata l'interpretazione dell'area nella scheda informatizzata, il calcolatore, non è in grado di arrivare a interpretare l'area come abitazione in maniera autonoma sommando i soli indicatori, né tanto meno è in grado di processare automaticamente quelli che sono i processi storici del contesto come la de-funzionalizzazione dell'area e il suo riutilizzo come altra cosa. La soluzione al problema la troviamo nell'utilizzo di sistemi logici a oggetti e delle relazioni che intercorrono tra essi che permettono la concettualizzazione di una determinata situazione.

Capitolo II: Ricerca Archeologica e informatica

2.1 Gestione informatica

Come espresso già precedentemente, la gestione informatica dei dati archeologici continua tutt'ora a essere un problema spinoso, soprattutto per quanto riguarda la gestione di file ottenuti con determinati software soprattutto proprietari. Quando si parla di Open Format si intende letteralmente “Formato Aperto” e rappresenta, quindi, un file all'interno del quale l'utente può modificarne il codice seguendo una particolare grammatica. Il concetto di Open Format è da associare a quello di Open Source. Dal punto di vista dell'utilizzatore comune Open Source si associa immediatamente a programmi liberi, *free*, per i quali non viene pagata una licenza relativa all'utilizzo. Dal punto di vista del programmatore invece, Open Source ha un significato più ampio e più fertile in quanto viene immediatamente associato il concetto di “Codice Aperto”, dove chiunque ne sappia di programmazione si può dilettare nello sviluppo di distribuzioni di un determinato software sempre più vicine alle esigenze dei singoli (Santo 2001-2002).

In questo senso, uno degli scopi principali di questo lavoro è stato scrivere un programma con codice aperto affinché lo stesso programma possa essere aggiornato e migliorato da parte di altri utenti che hanno esigenze simili. Entrambi i concetti si possono riassumere in un'unica parola: multiplatforma. Per definizione un open format è una specifica pubblica per la descrizione e l'archiviazione di dati digitali solitamente gestita da un ente di standardizzazione non proprietario e libera da restrizioni legali per il suo utilizzo; in pratica la definizione si traduce con la possibilità di modellare il codice sorgente e di poterlo adattare a qualsiasi piattaforma software e hardware rispettando una precisa grammatica. I più diffusi sono i linguaggi XML oriented, nel caso specifico invece si è usato Python, per quanto riguarda il plug-in *PyArchInit* e javascript e PHP per il *webGIS*.

2.2 Gestione archeologica

Se da un lato la gestione informatica dei dati archeologici pone dei problemi di condivisione e interscambio di dati su multiplatforma, dall'altro lato la gestione archeologica pone dei problemi di carattere pratico. Infatti ponendo la questione sulla metodologia da adottare per uno scavo archeologico, si deve adattare il sistema informatico alle proprie necessità d'indagine. A seconda del contesto archeologico, come per esempio uno scavo in grotta del paleolitico, uno scavo urbano o un incastellamento, o ancora una *survey* o la raccolta materiali, le definizioni e le standardizzazioni dei termini variano, diventando incognite che difficilmente si riescono a risolvere con un unico software gestionale.

Inoltre in un contesto archeologico, soprattutto quando si lavora in un paese straniero, il tempo gioca un ruolo fondamentale. Cercare di indagare il più possibile nel minor tempo ed elaborare i dati in laboratorio in un secondo momento è una delle caratteristiche dell'archeologia moderna. Infatti con le nuove tecniche di modellazione 3D, partendo da semplici foto (come ad esempio usando *Structure from Motion*), è possibile estrarre quote ed ortofoto ad alta risoluzione che serviranno come base per il disegno e quindi la produzione delle piante di scavo. Inoltre avere un 3D dei livelli indagati, nel caso di uno scavo archeologico, permette di avere quella memoria storica virtuale che l'indagine archeologica distrugge e che è possibile ricostruire solamente tramite le piante disegnate.

Questo lavoro non vuole pretendere di risolvere di questi problemi, ma sicuramente si presta a offrire una maggiore flessibilità in diversi contesti di scavo cercando di soddisfare, almeno nella parte generale, le esigenze più comuni di gestione di un contesto archeologico, sia per quanto riguarda le unità stratigrafiche che la raccolta dei materiali. Inoltre, proprio per il concetto di Open Sources, è possibile modificare il programma secondo le esigenze più specifiche, non solo modificando il codice ma aggiungendo anche nuove funzionalità.

2.3 Linguaggi di programmazione

Un linguaggio di programmazione è un linguaggio dotato di un insieme di regole per scrivere programmi per computer, ovvero un insieme di istruzioni che, a partire da un insieme di dati di input e applicando una funzione di trasformazione descritta, appunto, dalle istruzioni, produca un insieme di dati di output.

In un linguaggio di programmazione si possono distinguere:

- L'insieme delle **parole chiavi**: un insieme di parole che hanno un significato particolare per chi deve tradurle in istruzioni eseguibili o deve eseguirle e a ciascuna delle quali corrisponde una azione ben definita. Le parole chiavi non possono essere usate se non per indicare le azioni a esse associate. Per esempio, in C++, non si può definire una variabile con nome main, essendo questa una parola chiave a cui corrisponde il nome della funzione che viene eseguita all'avvio del programma. In definitiva il linguaggio deve essere non ambiguo.
- I **caratteri speciali**: un insieme di caratteri con significati particolari. Per esempio, in C++, sono caratteri speciali: il carattere punto e virgola (;) che chiude una istruzione o il carattere virgola (,) che delimita i componenti di un elenco o il carattere spazio che distingue un componente (una parola) dall'altro. Anche in questo caso tali caratteri non possono essere utilizzati se non con quel significato particolare.
- Un insieme di **regole sintattiche**: un modo di mettere assieme le parole così da formare frasi per indicare le azioni che devono essere compiute.

Una volta note le caratteristiche di un linguaggio di programmazione, si può tradurre un algoritmo in frasi (affermazioni, **statement**) di quel linguaggio.

Per questo lavoro il linguaggio usato per scrivere il codice è Python. Si è scelti di usare questo linguaggio di programmazione per tre motivi fondamentali:

- Python è un linguaggio flessibile che si adatta a moltissimi contesti;

- È veloce da apprendere anche per i non esperti;
- È in continuo sviluppo e crescita ed è composto da molte librerie che trovano terreno fertile anche nel settore geografico-spaziale.

2.4 Database relazionali

Il termine *database* (in italiano *base di dati* o *banca dati*) indica un archivio di dati, prevalentemente alfanumerici, riguardanti uno stesso argomento o più argomenti correlati tra loro, la cui gestione - che implica operazioni di inserimento, di modifica e di ricerca dei dati - viene svolta per mezzo di appositi softwares. Con il termine *DMBS (Database Management System)* s'intendono sistemi di gestione di grandi quantità di dati, condivisibili da diverse applicazioni e da una pluralità di utenti, incrementabili senza restrizioni. I dati possono essere distribuiti tra diversi calcolatori collegati e in rete. Le banche dati, negli ultimi anni, si vanno sempre più integrando con internet. Molti siti sul web sono strutturati come database, per esempio gli OPAC (*On line Public Access Catalogue*) che sono cataloghi elettronici delle biblioteche.

La creazione e la gestione di una grande base di dati, che implica anche la facoltà di modificarne i contenuti, è a cura del suo Amministratore, definito DBA (*Data Base Administrator*). Dalla parte opposta ci sono gli utenti che accedono all'archivio per consultarlo. Questo implica necessariamente la creazione di un sistema di controllo degli accessi per evitare che determinate informazioni possano essere ottenute da chi non è autorizzato, oppure che vengano modificate da chi non ne è il responsabile.

Sul mercato si sono imposti diversi software per la gestione delle basi di dati, alcuni relativamente facili da usare (*Access, File Maker*), altri di tipo professionale (*MS SQL Server, Oracle, Informix, IBM DB2*). Molti sono anche gli open source, il più diffuso nel mondo è *MySQL*, seguito da *PostgreSQL*; in Italia si è affermato anche *picoSQL*, prodotto dalla Picosoft di Pisa. Alla vasta schiera di programmi gratuiti si è aggiunto, recentemente, *StarOffice Base* - inserito nel pacchetto

StarOffice scaricabile liberamente da Google - di uso molto semplice e simile ad Access per interfaccia e procedure.

Per interagire con il database la maggior parte dei programmi mette a disposizione ambienti operativi *user-friendly* con tabelle e maschere; i software di tipo professionale sono dotati anche di una riga di comando in cui si può lavorare in SQL, che è un linguaggio internazionale standard per la gestione delle basi di dati. *MySQL* presenta un ambiente grafico essenziale comprendente esclusivamente la riga di comando; è però possibile scaricare un altro software — *My SQL GUI Tools* - che offre gli strumenti per sviluppare al suo interno un'interfaccia amichevole.

Una base di dati è composta da una o più archivi che sono insiemi di dati omogenei, strutturati in forma di tabelle. Aprendo un file di un database viene visualizzata di solito una finestra dove sono elencate le tabelle che ne fanno parte. Facendo doppio clic con il mouse sull'icona di una di esse ne viene visualizzato il contenuto. Un piccolo database di un saggio di scavo può essere costituito ad esempio da quattro tabelle, ciascuna delle quali relativa a un tipo di scheda: SAS (Saggio Stratigrafico); US (Unità Stratigrafica); USM (Unità Stratigrafica Muraria); RA (Reperto Archeologico).

La *tabella*, nella sua modalità di visualizzazione ordinaria, ha la forma di un foglio elettronico (“foglio dati”), organizzato per righe e colonne. Le righe vengono definite *record* e rappresentano le varie entità dell'archivio; le colonne, definite *campi*, sono gli attributi delle entità. Per esempio nella tabella delle unità stratigrafiche dello scavo ogni record corrisponde a una determinata US, identificata dal relativo numero; i campi sono le singole voci della scheda (definizione e posizione, criteri di distinzione, modo di formazione, ecc.). I dati possono essere immessi o modificati selezionando con il mouse le relative caselle e scrivendo al loro interno.

Un comando su una delle barre degli strumenti permette di visualizzare la *struttura* della tabella. Vanno stabiliti il tipo di dati che devono essere contenuti in ogni campo (numerici, di testo, data e ora, di collegamento ipertestuale, memo, ecc.) e il numero massimo di caratteri numerici o di testo che è consentito immettere

nelle relative caselle (dimensione campo). Nel caso di testi molto lunghi, come quelli relativi alle voci “descrizione”, “osservazione” e “interpretazione” delle schede US, conviene impostare un tipo di comando che consenta di scrivere testo senza limiti (definito “memo” sia in Access che in StarOffice Base). Gli archivi possono contenere anche delle immagini. Queste saranno direttamente incorporate nella tabella (oggetto OLE) oppure si potrà istituire un link a un file esterno (collegamento ipertestuale).

Ogni record della tabella dovrà inoltre distinguersi da tutti gli altri per mezzo di un numero identificativo (ID) sulla base di una numerazione progressiva a riempimento automatico che non è possibile modificare (contatore). Deve essere creato un apposito campo per l’ID, che viene normalmente denominato con queste due lettere seguite dal nome della tabella o da una sigla che consente di distinguerlo dagli ID delle altre tabelle del database (nel caso per esempio della tabella delle unità stratigrafiche sarà denominato IdUS). Al campo ID viene assegnata anche una *chiave primaria* (accanto viene visualizzata un’icona con la chiave): è una funzione che controlla che il numero identificativo sia sempre diverso per ogni record, anche in caso di cancellazioni e modifiche. L’ID, come vedremo più avanti, serve a mettere in relazione le tabelle del database. La tabella a forma di foglio elettronico è un ambiente di lavoro alquanto scomodo sia per immettere dati che per visualizzarli, soprattutto nel caso in cui questa è composta da numerosi campi, alcuni dei quali destinati a contenere una grande quantità di caratteri di testo. Per questo motivo si lavora preferibilmente con le *maschere* (altrimenti definite *formulari*, in inglese *form*).

La maschera è una finestra che visualizza i dati pertinenti a un singolo record, cioè a una entità del database. Per immettere o modificare i dati si selezionano con il puntatore le relative caselle e si scrive al loro interno. Delle frecce di scorrimento poste sulla barra di stato in basso permettono di spostarsi tra un record e l’altro. Nella sostanza la maschera corrisponde a una tradizionale scheda cartacea.

Le maschere possono essere create in maniera quasi automatica tramite una procedura guidata; si accede a una sequenza di finestre di dialogo in cui sono proposte all'utente alcune elementari opzioni: si dovranno scegliere i campi della tabella che dovranno essere visualizzati nella maschera e poi il formato e lo stile grafico.

La forma della maschera così creata potrebbe non risultare soddisfacente. Si può allora trasformarla per mezzo di una serie di strumenti di editing che consentono di modificare la forma e le dimensioni delle etichette(intestazioni dei campi) e delle relative caselle di testo, ma anche di aggiungere titoli, intestazioni a piè di pagina, pulsanti di comando, sottomaschere, simboli grafici e numerosi altri elementi.

La progettazione delle maschere è una operazione importante quando si costruisce un grande database, in quanto questa sarà l'interfaccia adoperata da un gran numero di utenti per accedere ai vari contenuti dell'archivio. Deve essere dotata di pulsanti che consentono l'apertura di altre tabelle, di svolgere interrogazioni, di accedere eventualmente anche a file d'immagine. Le finestre che contengono lunghi testi scritti dovranno avere dimensioni adeguate, l'uso appropriato del colore aiuta a identificare i vari elementi, la disposizione delle etichette e delle relative caselle deve seguire un ordine logico.

Le informazioni vanno organizzate con criteri razionali che facilitino le immissioni dei dati, semplifichino le ricerche e evitino errori di compilazione. Le informazioni principali, che specificano in maniera sintetica le caratteristiche dell'entità catalogata — per esempio definizione, posizione, tipo, ecc. - e che sono più comunemente oggetto di ricerca per mezzo di apposite interrogazioni, devono essere compilate facendo ricorso a una terminologia univoca, rigorosa e coerente. Per esempio nel campo "definizione" una tomba andrà sempre denominata con lo stesso termine; si utilizzerà pertanto sempre la parola "tomba" e non alcune volte "tomba", qualche altra volta "sepoltura", altre volte ancora "sepolcro".

È conveniente pertanto predisporre in alcuni campi della maschera le c.d. *caselle combinate* le quali contengono un elenco predefinito di parole; l'utente dovrà necessariamente sceglierne una e non potrà immettere caratteri di testo. In questo

modo sarà eliminato il rischio di errori e sarà assicurata l'uniformità delle definizioni.

Altri due ambienti operativi frequentemente utilizzati all'interno di un database sono le *query* e i *report*. Le prime sono delle tabelle strutturate per effettuare una ricerca nel database tramite interrogazioni. Le seconde sono delle schede che riportano una serie di dati e che sono progettate in funzione della stampa.

Nei database è possibile istituire dei collegamenti tra tabelle utilizzando dei campi comuni costituiti dagli identificatori. Ogni tabella dovrà comprendere oltre al proprio ID altri campi in cui siano riportati gli identificatori delle tabelle da collegare.

Il collegamento viene attuato in un'apposita finestra del database, attivabile per mezzo del comando *Relazioni*, dove vengono mostrate tutte le tabelle con l'elenco dei rispettivi campi. Per creare delle relazioni tra tabelle si tracciano con il puntatore delle linee che collegano gli identificatori aventi lo stesso nome.

Una *relazione uno a molti* collega un record dell'archivio principale a un numero illimitato di record dell'archivio secondario. Per esempio l'unico record della tabella SAS è collegato ai molti record della tabella USM e ai molti record della Tabella US. Ciascun record della tabella US è a sua volta collegato a molti record della tabella RA.

Il risultato del collegamento così istituito è che tutte le tabelle secondarie sono visualizzabili e modificabili anche all'interno della tabella principale. La visualizzazione dell'archivio secondario può avere luogo anche dalla maschera dell'archivio principale per mezzo di pulsanti appositamente progettati. La relazione uno a molti determina pertanto un *collegamento di tipo gerarchico* che permette una navigazione esclusivamente verticale del database.

Un altro tipo di *relazione* è invece quella *molti a molti*. In questo caso un singolo record della tabella A può collegarsi a molti record della tabella B, contemporaneamente un singolo record della tabella B può essere in relazione con molti record della tabella A. Per istituire questo tipo di relazione bisogna creare una

tabella intermedia contenente gli ID di entrambe le tabelle A e B e allacciare per mezzo di questa i reciproci collegamenti.

All'interno di un database un archivio di presenze archeologiche, un archivio bibliografico e un archivio di immagini possono essere collegati con relazioni di tipo molti a molti per mezzo di tre tabelle intermedie contenenti i vari ID di quelle principali. In questo modo sarà possibile accedere dall'archivio delle presenze archeologiche ai molti dati bibliografici relativi a una singola presenza. Ma contemporaneamente dall'archivio bibliografico si potrà accedere alle molte presenze archeologiche segnalate in un singolo articolo.

Le relazioni di tipo molti a molti danno luogo a *collegamenti orizzontali* favorendo una navigazione più libera e articolata del database. Le banche dati di grandi dimensioni, costituite da decine di tabelle e migliaia di dati, fanno necessariamente ricorso a entrambi i tipi di relazioni e richiedono una intelligente progettazione a priori in modo da valutare tutte le esigenze dei potenziali utilizzatori e organizzare di conseguenza i necessari percorsi. Occorre inoltre sempre tenere conto del fatto che il database progettato può essere destinato a integrarsi con altri archivi all'interno di sistemi informativi più complessi e quindi bisogna garantirne l'interoperabilità.

Capitolo III: Strumenti di comunicazione

3.1 I metadati

Nel navigare sul Web, si seguono dei link, che portano a quella che formalmente viene detta risorsa (*resource*) identificata univocamente da un URI. Nel linguaggio corrente una risorsa viene anche detta “documento”, per mettere in evidenza il fatto che sia leggibile da un essere umano, o “oggetto”, per mettere in evidenza che è leggibile da una macchina. Qualunque sia il termine utilizzato, la risorsa non è una entità a sé, ma è accompagnata da informazioni che la descrivono. Le informazioni sulla risorsa vengono generalmente dette Metadati.

Il termine metadato viene dal greco *metà* – oltre, dopo – e dal latino *datum*, al plurale *data* – informazione – e significa letteralmente “informazione il cui obbiettivo è quello di descrivere i dati”.

I metadati sono adoperati per registrare la storia della formazione del dato consentendo in tal modo di rendere le informazioni accessibili correttamente da chiunque, anche a distanza di tempo e di spazio. I metadati forniscono memoria relativa alla fonte: come l’autore, la data di creazione, link con altre opere analoghe, modalità d’accesso e eventuali limitazioni. Una tipica forma di metadati è la scheda bibliografica in cui le informazioni registrate si riferiscono al contenuto e alla posizione di un libro all’interno di una biblioteca.

L’obbiettivo di un sistema di metadati, applicato ad un documento, è di semplificare le operazioni di:

- Ricerca, consente di individuare l’esistenza di un documento;
- Localizzazione, consiste nel rintracciare una particolare occorrenza del documento; Selezione, obbiettivo che si raggiunge analizzando, valutando e filtrando una serie di documenti;
- Interoperabilità semantica, permettere la ricerca di specifici documenti, anche appartenenti ad ambiti disciplinari differenti, in base ad una serie di

equivalenze fra descrittori.

Si può quindi dire che i metadati sono informazioni, comprensibili dalla macchina, relative a una risorsa Web o a qualche altra cosa. Di conseguenza i metadati costituiscono un tipo di informazione che può essere utilizzata dai *software agent*, per fare un uso appropriato delle risorse, rendendo più semplice e veloce il funzionamento del modello semantico, aumentando la nostra fiducia in esso. Va tenuto presente che i metadati sono dati, e questo ha alcune conseguenze: possono essere memorizzati come dati in una risorsa, che può quindi contenere informazioni relative a se stessa o ad un'altra risorsa. I metadati relativi a un documento possono essere contenuti nel documento, oppure contenuti in un documento separato, oppure essere trasferiti a corredo del documento, possono essere descritti da altri metadati, e così via.

I limiti pratici e logici per il numero di livelli dipendono essenzialmente dalle caratteristiche e dalle tradizioni delle singole comunità che definiscono la descrizione delle risorse.

Per questo lavoro si è elaborato una versione beta dello schema di metadati (Figura 1) da applicare al dataset archeologico per una completa documentazione, che tenga conto delle peculiarità del dato in oggetto, esplicitando dei campi del *core metadata* contenuto nello standard ISO 19115 (http://it.wikipedia.org/wiki/ISO_19115).

Di seguito si riportano le voci da riempire per la scheda dei metadati.

- Titolo del dataset / Dataset title (M) (titolo dell'indagine/dataset, testo libero)
- Tipologia della documentazione: grafica, fotografica, compilativa, video, multimediale.
- Localizzazione geografica del dataset (quattro coordinate o identificatore geografico).
- Anno (intervallo o anno singolo dell'indagine).
- Cartografia utilizzata per la georeferenziazione (IGM, CTR, OFC, IMM + Anno, + denominatore scala).
- Sistema di riferimento del db

- Data di riferimento del dataset
- Paternità del dataset .
- Responsabile del dataset.
- Lingua del dataset

Figura 1: Scheda Metadati in PyArchInit.

The screenshot shows a software interface for entering metadata. It features a toolbar with navigation and database management icons, a 'Reload DB' button, and a 'DB Info' section showing 'record n.' and 'record tot.' both set to 1. The main form contains several input fields:

- Titolo:** Grotta di Fumane
- Anno di compilazione:** 2014
- Responsabile dataset:** Marco Peresani
- Paternità dataset:** Mibac
- Lingua:** Italiano
- Cartografia utilizzata:** disegni, elemnti cad
- Tipologia documentazione:** fotografica, disegni, piante
- Localizzazione:** 45°35'30.52"N 10°54'18.67"E
- Sistema di riferimeto spaziale utilizzato nel db:** WGS84

A 'Stampa' button is located at the bottom right of the form.

3.2 Ontologia informatica

“Un’ontologia è un’ esplicita specifica di una concettualizzazione. A sua volta una concettualizzazione è l’insieme di oggetti, concetti ed altre entità che si può assumere esistere in una certa area di interesse e delle relazioni che esistono tra essi” (Gruber

1993). Le ontologie possono essere descritte informalmente come rappresentazioni semantiche di un dominio attraverso concetti comuni che agevolano la comunicazione sia tra agenti software che tra agenti software ed esseri umani. La natura filosofica del termine riporta a quel ramo della metafisica che descrive i vari tipi e modi di esistenza, trattando temi come classi, entità, proprietà intrinseche ed estrinseche. Può essere definita come la disciplina filosofica che studia l'ordine e la struttura dell'essere in generale, e trova la sua prima espressione nelle dieci categorie aristoteliche per classificare ogni cosa che può essere detta o predicata. Un'ontologia quindi è una rappresentazione del mondo, di un mondo o di parte di esso, delle entità che lo popolano e delle relazioni fra queste entità. Con gli studi di Guarino (1998), le ontologie sono state comunemente definite come specificazioni di concettualizzazioni condivise.

Intuitivamente una concettualizzazione è una conoscenza informale che può essere estratta da esperienza, osservazione e introspezione, mentre la specificazione è la codifica di tale conoscenza che avviene attraverso un particolare linguaggio di rappresentazione di concetti. In altre parole dal concetto "foro" (a livello di concettualizzazione) si può passare ad una prima forma di rappresentazione che si può chiamare arbitrariamente "concetto_foro" (a livello di ontologia), ed in seguito a una lessicalizzazione di tale concetto con il termine tratto da uno specifico vocabolario di parole (livello del lessico), ottenendo, per esempio, "spazio pubblico", "piazza", "mercato" etc. Per approfondire la sottile differenza fra concettualizzazione e ontologia, si può affermare che la concettualizzazione è un modello astratto del mondo, che si concretizza con l'ontologia in una rappresentazione formale (non ancora lessicale). In seguito, i concetti dell'ontologia possono, a loro volta, essere realizzati dal lessico di una specifica lingua. Secondo questa definizione, quindi, il concetto di ontologia è indipendente dal linguaggio, perché la lessicalizzazione coinvolge la fase successiva, e non rientra in quella sfera che viene definita il livello dell'ontologia.

Ontologia e lessico possono apparire come concetti simili, tanto che il lessico è stato visto come una sorta di ontologia che struttura logicamente una certa visione del

mondo. Ma questa similitudine in realtà resiste solo a livello superficiale. Per descrivere, con un esempio, la sostanziale differenza fra i due concetti basti pensare alla relazione di sinonimia, che è molto importante a livello lessicale, ma non trova posto nelle ontologie formali dove due termini sinonimi vengono raggruppati sotto lo stesso concetto.

Altri approcci (Guarino 1998) portano a comprendere nel termine ontologia anche la lessicalizzazione della stessa e definiscono quindi l'ontologia come *language dependent*. È per questo importante distinguere fra le ontologie formali e le ontologie linguistiche, dove l'ontologia formale rappresenta strutture espresse in logica formale e ben formate, mentre l'ontologia linguistica è una struttura concettuale realizzata e convenzionalizzata linguisticamente.

3.3 Riflessioni

Negli ultimi anni la crescente attenzione da parte del mondo umanista all'informatica ha fatto nascere la consapevolezza che il settore dei beni culturali sia indubbiamente un contesto in cui le tecnologie dell'intelligenza artificiale possono contribuire a ottenere delle soluzioni significative. Indirizzi peculiari sono stati recentemente intrapresi e ampiamente sperimentati per il trasferimento delle più svariate tecnologie informatiche alla pratica culturale rivelando una larga applicabilità (Lorenzini 2009). La ricerca, in particolare quella che si colloca nell'intelligenza artificiale, ha ultimamente prodotto, in numerosi settori dei beni d'interesse culturale, un valore aggiunto tramite il conseguimento di nuove conoscenze. Se infatti, da un lato, una base di dati può permettere un'ottima organizzazione della conoscenza, dall'altro può creare qualche problema in fase di estrazione della conoscenza stessa, costringendo l'utente non esperto a interagire attraverso linguaggi di interrogazione, molto lontani dal linguaggio naturale. L'accesso diretto all'informazione immagazzinata in una base di dati pone l'utente di fronte a due problemi fondamentali: innanzitutto la necessità di conoscere il

linguaggio usato dal sistema per formulare interrogazioni, e in secondo luogo la necessità di conoscere l'esatta struttura in cui sono organizzati i dati, struttura che, spesso, è lontana dai modelli concettuali con cui l'essere umano memorizza l'informazione. Nel colmare la distanza fra il modello concettuale in cui sono immagazzinate le informazioni in un sistema di gestione di dati strutturati, e il modello concettuale con cui l'uomo memorizza l'informazione, giocano un ruolo determinante le ontologie. Si è infatti notato che le ontologie, possono rappresentare un ponte fra l'uomo e la base dati, un ponte che consente di ridurre la distanza fra questi due diversi modi di strutturare l'informazione, offrendo una concettualizzazione più ad alto livello dei dati e proponendo un modello concettuale più vicino all'uomo (Calvanese, Guarino 2006). Ma anche le ontologie, ad uno sguardo attento, non permettono un accesso naturale all'informazione. I concetti e le relazioni che descrivono un dominio a livello ontologico sono espressi attraverso linguaggi formali, e possono essere interrogati solo con formalismi particolari con i quali l'utente finale può non avere dimestichezza. Quindi, sebbene l'ontologia rappresenti un passo avanti sulla strada che divide il dato puro dall'utente finale esiste tutt'ora una forte separazione tra il linguaggio naturale ed il linguaggio parlato dall'ontologia. Le ontologie, tuttavia, ricoprono un ruolo fondamentale per il web semantico: consentono di recuperare documenti esprimendo query complesse. Si parte da concetti semplici, ma si può raffinare la ricerca esprimendo vere e proprie asserzioni composte di un soggetto, un predicato e un oggetto. Si può fare una richiesta del tipo: pittori (soggetto) che amano (predicato) la musica (oggetto). Questo è radicalmente diverso dalla interrogazione che si potrebbe fare a un motore di ricerca. Numerose le realizzazioni di prototipi esemplificativi di ontologie di dominio. Nella ricerca archeologica ci sono molti processi che possono essere automatizzati; tipico è quello della classificazione tipologica. Tradizionalmente gli archeologi nelle fasi di interpretazione degli oggetti rinvenuti durante le fasi di scavo procedono analizzando il contesto e confrontando il reperto con altri ritenuti simili e già classificati. Questa operazione prevede però un background notevole da parte del ricercatore. Usando sistemi intelligenti o reti neurali di diverse strutture

semantiche gli archeologi possono arrivare ad interpretare un oggetto o un contesto pur non avendo una conoscenza totale di tutti i reperti trovati nello scavo. Per esempio: un archeologo che non ha alcuna conoscenza in materia di ossa animali, può interpretare i reperti trovati e classificarli, partendo da come venivano cacciati ed uccisi gli animali nel periodo storico di interesse e in base ai segni di macellazione arrivare alla specie ed alla tipologia di osso rinvenuto. L'intelligenza artificiale nei processi della ricerca archeologica sta diventando sempre di più un dato di fatto in quanto offre uno spettro di analisi dei dati più ampio e soprattutto distaccato dall'architettura logico-relazionale dei classici database permettendo di estrarre la conoscenza dai dati di scavo.

David Clarke (1968;1972), ormai quaranta anni fa, osservò che il miglior linguaggio per gli archeologi era quello matematico in quanto per portare avanti le loro ipotesi si trovano davanti alla necessità di confrontare, definire relazioni ed associazioni e ad analizzare quelle che sono le similitudini tra diversi contesti o reperti. Tutti questi concetti (relazioni, associazioni, confronti), sono intrinsecamente formali ed ogni osservazione soggettiva può essere fraintesa. Lo spazio e il tempo, altre due basilari discriminanti nella ricerca archeologica, possono essere intese come misure o qualità quantitative dell'evidenza materiale e non come oggetto astratto. Forse non abbiamo la possibilità di tradurre le osservazioni archeologiche in relazioni quantitative ma, in ogni caso, abbiamo bisogno di strumenti per capire chi è relazionato con cosa e viceversa e capire queste relazioni che cosa hanno comportato in termini di causa-effetto (Lorenzini 2008). La statistica può essere un tool, ma spesso è vincolata e viziata da relazioni relative a una particolare casistica. Con l'utilizzo dell'intelligenza artificiale in archeologia è possibile combinare inferenza statistica e logica, un valido binomio per scoprire le cause sociali di effetti materiali di azioni svolte nel passato e registrate nell'evidenza archeologica.

Parte II: Pratica

Capitolo IV: *PyArchInit* (gestione dei dati archeologici)

4.1 Introduzione al plugin *PyArchInit*

PyArchInit è un *plugin*⁴ scritto per Qgis e realizzato in Python. Nasce come progetto di laurea del dott. Luca Mandolesi nel 2005 (Mandolesi 2009) e, a partire dal 2010, è stato oggetto di questa tesi di dottorato di ricerca con implementazioni di nuove funzionalità e miglioramenti del software. In particolare con questo lavoro sono state apportate modifiche alla struttura del database a livello di relazioni ed entità, di conseguenza sono state inserite funzioni trigger per la scheda archeozoologica (Mandolesi, Cocca 2013). Sono state costruite:

- la scheda di backup dei dati;
- la scheda archeozoologica con tutte le funzionalità geostatistiche e implementazione di R software; la scheda thesaurus;
- la scheda per il riversamento dati tra il database PostgreSQL/Postgis - Spatialite e viceversa;
- la scheda per l'installazione in automatico del database geografico;
- la funzione di matrix interattivo;
- la scheda Time Manger;
- la traduzione bilingue (italiano-inglese) del *plugin*.

Questo *plugin* inoltre:

- scrive e legge dati in un database relazionale con estensione spaziale grazie a interfacce grafiche e *routines*;

⁴ Il *plugin* in campo informatico è un programma non autonomo che interagisce con un altro programma per ampliarne le funzioni.

- trasforma le query in piante;
- stampa report in PDF;
- verifica la correttezza di immissione del dato;
- gestisce le immagini correlate alle unità stratigrafiche e ai materiali;
- implementa alcune funzioni di analisi spaziale sui dati faunistici.

I database utilizzati da *PyArchInit* sono *PostgreSQL* con estensione spaziale *Postgis* e il database nativo di *Qgis Spatialite*. L'estensione spaziale *Postgis* può essere installata sia in versione 1.x che 2.x⁵.

Sebbene entrambi i database funzionano bene dal punto di vista strutturale, la ragione per cui si sono voluti utilizzare due tipi di database è da ricercare nell'idea di poter utilizzare il db *PostgreSQL* come un server database che gestisce i dati in remoto e quindi apre nuove possibilità di condivisione e gestione del dato tramite *webGIS* mentre *Spatialite* essendo il database nativo di *Qgis* e quindi pronto per l'utilizzo senza installazioni di terze parti può essere sfruttato in quelle condizioni in cui, in assenza di internet, si possono gestire gli stessi dati e riallinearli al database *PostgreSQL* in un secondo tempo.

L'intento originario di questo programma era di far interagire tra loro i soggetti che operano intorno ai Beni culturali, sia come professionisti del settore, sia come operatori che ad essi sottendono. Alla base di *PyArchInit* c'è la possibilità di far interagire soggetti differenti che ruotano attorno al campo dei Beni culturali attraverso la comunicazione geografica, temporale e contestuale.

Scendiamo nel particolare delle tre voci:

- Geografica: la società si muove all'interno di un contesto spaziale e oggi i GIS sono gli strumenti sfruttati dalle Pubbliche Amministrazioni per poter gestire il territorio e fare in modo che tutti coloro che operano nel settore dei Beni culturali possano utilizzare i medesimi strumenti che le

⁵ Si è scelto di poter installare entrambe le versioni di *Postgis* per facilitare l'interscambio dei dati.

Amministrazioni sfruttano. In questo modo si permetterebbe a tutti di far interagire in maniera più veloce ed efficace le esperienze, migliorando le modalità di intervento e abbattendo i tempi di realizzazione.

- Temporale: il GIS, grazie alla possibilità di appoggiarsi alle banche dati, è in grado di gestire sia i dati temporali delle tempistiche di intervento, sia di interrogare i dati per le loro caratteristiche storiche andando quindi a creare una fitta rete di relazioni tra tipologie di intervento, periodo storico interessato, luoghi e tempi di realizzazione.
- Contestuale: urbanistica, primo intervento, archeologia, architettura, restauro, edilizia, ecc. sono tutti contesti di intervento che gestiscono e creano grosse moli di dati.

PyArchInit è improntato alla filosofia open source oltre che nel codice, anche nella possibilità di collaborazione. È uno stile di condivisione improntato all'apertura totale, verso chiunque voglia approcciarsi all'uso del software FOSS a qualsiasi livello e richiede:

- curiosità
- utilizzo diretto
- metodologie
- sviluppo

Viste le alte competenze richieste per poter scrivere direttamente un software, anche di semplice operatività per i Beni culturali, si è convinti che limitare l'uso e la diffusione del software porti solo a un binario cieco. Poter far sentire chiunque parte del progetto senza una gerarchia rigida, ha portato fin'ora a un approccio molto più "rilassato" da parte dei professionisti sviluppatori che, non avendo obblighi, riescono a collaborare fattivamente tra loro.

PyArchInit richiede un impegno diverso nell'apprendimento e nell'uso del programma: è un progetto aperto che richiede la conoscenza base di alcune sue componenti, a volte anche di programmazione e una volontà specifica di voler migliorare il *plugin*. Il corretto funzionamento del sistema dipende da ogni utente senza che vi sia un responsabile.

4.2 Struttura del plugin *PyArchInit*

Il *plugin* è stato studiato per avere una struttura flessibile in cui ogni blocco di codice può essere sostituita, corretta, implementata senza troppe difficoltà.

La cartella root (radice) del sistema è nominata *PyArchInit*, all'interno della quale sono contenuti i file di gestione e le applicazioni che controllano le chiamate alle interfacce grafiche e agli strumenti di gestione delle funzioni (Mandolesi, Cocca 2013)(Tabella 1).

In questa cartella c'è una sottocartella nominata *modules* nella quale sono contenute quattro sottocartelle che gestiscono i vari settori del plugin: *db*, *gis*, *gui* e *utility*.

- La sottocartella *db* contiene i file per l'interazione con i *db* Postgres/Postgis e Spatialite e le varie query per la costruzione in automatico degli stessi, con tutte le tabelle alfanumeriche e geometriche e con tutte le relazioni tabellari la prima volta che si installa.
- La sottocartella *gis* contiene i file per l'interazione con Qgis e gli stili con estensione *.qml* e *.svg* predefiniti che vestiranno le entità geometriche disegnate.
- La sottocartella *gui* contiene tutti i file delle interfacce grafiche per la gestione dei dati archeologici.
- La sottocartella *utility* contiene tutti i file funzione che compongono e arricchiscono il plugin:
 - esportazione in pdf dei form
 - creazione del matrix di Harris
 - check control dei dati inseriti.

Tabella 1: Schema struttura di *PyArchInit*.

Cartelle	Descrizione
<i>PyArchInit</i>	Contiene i file di gestione del plugin e le applicazioni che controllano le interfacce e le chiamate agli strumenti
<i>modules</i>	Contiene le sottocartelle che gestiscono i vari settori del plugin
<i>db</i>	Contiene i file per l'interazione con il database
<i>gis</i>	Contiene i file per l'interazione con il gis
<i>gui</i>	Contiene i file per la gestione delle interfacce
<i>utility</i>	Contiene tutti i file utili per i processi secondari come interazione del sistema operativo, sistemi di check e interazioni a livello di codice

4.3 Introduzione alle schede di compilazione

PyArchInit permette l'elaborazione dei dati alfanumerici e cartografici da gestire su *Qgis*. Il plugin offre una serie di interfacce grafiche per il *data entry* delle informazioni alfanumeriche provenienti da contesti archeologici e un pacchetto di layers tabellari *Postgres/Postgis* e *Spatialite* per la localizzazione del dato georeferenziato (Bigliardi, Cappelli, Cocca 2012, 2013).

Il plugin ha quattro ambienti gestionali:

1. data entry del dato alfanumerico tramite interfacce grafiche;

2. layer tabellari per il disegno degli elementi cartografici;
3. view sql per il join dei dati alfanumerici con i dati cartografici;
4. serie di tools per le chiamate dinamiche in tempo reale dei dati e l'elaborazione di planimetrie tematiche.

Le tabelle per il data entry si dividono in schede per la registrazione del dato e per l'interpretazione dei dati e sono suddivise in 2 gruppi (Figura 2):

Primo gruppo:

- Scheda Sito
- Scheda US
- Scheda Tafonomica
- Scheda Inventario Reperti
- Scheda Periodizzazione
- Scheda Struttura
- Scheda Individuo
- Scheda Archeozoologica

Al primo gruppo appartengono le schede per la gestione dei dati di scavo archeologico. Il gruppo così costituito fornisce tutte quelle informazioni necessarie che si possono riscontrare in uno scavo archeologico. In particolare riguardano: la localizzazione del sito archeologico, le informazioni di natura stratigrafica, le informazioni di natura architettonica, le informazioni riguardanti la cultura materiale, le informazioni di carattere tafonomico e infine le informazioni per la raccolta della gestione dei dati faunistici. In particolare quest'ultima scheda è una scheda sperimentale proposta proprio per questa ricerca e ed è stata costruita *ad hoc*

in funzione ai dati provenienti dal sito caso studio “Grotta di Fumane”. Questa scheda, di cui si parlerà nel dettaglio più avanti, non gestisce solamente il dato alfanumerico ma incorpora anche delle funzioni speciali per le analisi spaziali di carattere geostatistico.

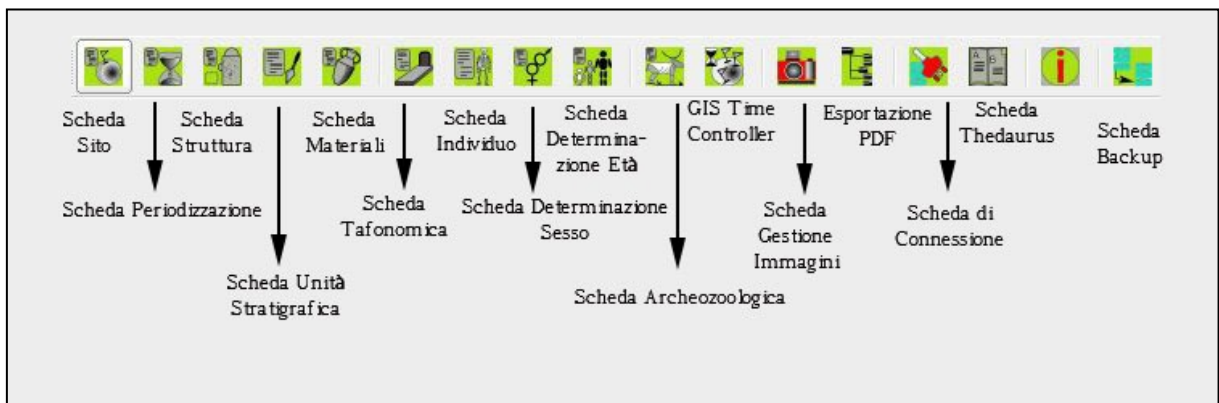
Secondo gruppo:

- Gis time controller
- Scheda Gestione immagini
- Scheda Determinazione sesso
- Scheda Determinazione età
- Scheda Thesaurus
- Configurazione parametri di connessione al db
- Scheda di Backup
- Scheda Esportazione pdf.

Il secondo gruppo prevede tutte quelle schede di carattere amministrativo che implementano funzioni multiple ovvero: la gestione della costruzione delle piante di scavo in base ai periodi e alle fasi, la gestione delle immagini delle unità stratigrafiche e dei materiali raccolti, le funzioni per determinare il sesso e l'età di un individuo in base a parametri specifici, la gestione della terminologia da utilizzare in modo tale da standardizzare il lessico, la gestione per il backup dei database, la gestione delle esportazioni delle schede prodotte in base a vari parametri (che permettono una classificazione delle informazioni) e infine la scheda per la configurazione, connessione e interoperabilità in base ai database utilizzati.

Le schede sopra citate verranno descritte singolarmente nei paragrafi successivi.

Figura 2: Simbologia delle schede in PyArchInit.



4.3.1 DBMS Toolbar

La parte alta di tutte le schede è dedicata alla pulsantiera per navigare tra i *records* del database: a sinistra è presente la pulsantiera per andare avanti e indietro tra i *records*, aggiungere una nuova scheda, salvare il *record*, eliminare, ricercare, ordinare e mostrare tutti i *records*, oltre a un pulsante di “emergenza” per ricaricare il database.

Nella parte destra è possibile controllare lo stato del database: in uso, in modalità ricerca o inserimento di un nuovo record. Viene segnalato se il set di *records* ricercati è ordinato o meno, il numero del *record* corrente e il numero di *records* totali consultabili (Figura 3).

Figura 3: DBMS Toolbar.



4.3.2 Scheda di Sito

La scheda di Sito al momento è una semplice interfaccia grafica in cui si inserisce il nome del sito preso in analisi e che servirà da identificatore univoco per tutte le altre schede, in cui è possibile inserire la descrizione e i dati geografici di base: nazione, regione, provincia, città. Inoltre in questa scheda è stata aggiunta una funzione per caricare tutte le entità geometriche che serviranno per disegnare in GIS. Queste entità geometriche possono essere caricate in due modalità. Se nel database sono presenti più scavi archeologici digitalizzati, si può effettuare il caricamento del sito in questione avente solo le informazioni che riguardano quel sito, oppure si possono caricare le entità geometriche con le informazioni di tutti i siti archeologici inseriti (Figure 4-5).

Le entità geometriche che vengono caricate sono di tipo puntuale, lineare e poligonale. Gli elementi puntuali sono tre e sono:

- localizzazione del sito;
- punti di riferimento;
- quote delle unità stratigrafiche.

Gli elementi lineari sono due e sono:

- linee di riferimento;
- linee di sezione.

Gli elementi poligonali sono quattro e sono:

- ripartizioni spaziali;
- unità stratigrafiche;
- caratterizzazioni;
- ipotesi strutture.

Figura 4: Scheda Sito.

DBMS Toolbar

Connection test

DB Info

Status: Usa

Ordinamento: Not in order

record n.: 1

record tot.: 1

Fumane Cave

Sito: Sito Musteriano

Interpretazione del sito

Dati descrittivi

Abitato in Grotta

Descrizione

Italia (Nazione) | Veneto (Regione)

Verona (Provincia) | Fumane (Comune)

Tools

Test area

Figura 5: Sezione Tools in scheda sito.

Tools

Carica layer per il disegno

Carica le geometrie relative a questo sito

Esporta relazione di scavo per questo sito (Versione di sviluppo)

GIS Tools

Carica il puntuale del sito

Gis viewer

4.3.3 Scheda US

La scheda US, è un adattamento della scheda ministeriale emessa dall'I.C.C.D. È divisa in varie sezioni a seconda della tipologia del dato.

Dati descrittivi

Sezione per l'inserimento della descrizione stratigrafica dello strato e della sua interpretazione estesa (Figura 6).

Figura 6: Scheda US sezione Dati descrittivi.

The screenshot shows a software interface for data entry. At the top left is the 'DBMS Toolbar' with a 'Connection test' button and several navigation icons. To the right is the 'DB Info' section, which includes a 'Status' dropdown set to 'Usa', an 'Ordinamento' dropdown set to 'Not in order', and input fields for 'record n.' (value 1) and 'record tot.' (value 1). Below this is a search bar with 'Fumane Cave' selected, and a '1' in a dropdown. The main area is divided into 'Sito' (set to 'Strato combusto') and 'Area' (set to 'struttura di focolare'). Below these are tabs for 'Definizione stratigrafica' (selected) and 'Definizione Interpretata'. Under the 'Definizione stratigrafica' tab, there are sub-tabs for 'Dati descrittivi', 'Periodizzazione - Rapporti Stratigrafici', and 'Dati Fisici - Dati Schedatore'. The 'Dati descrittivi' sub-tab is active, showing a large text area with the following description: 'Accumulo di residui di combustione. Copre parte dell'A9 e dell'A10. Si tratta di una struttura di residui della combustione, non associata a una vera e propria area di combustione, in quanto caratterizzata dalla concentrazione di carboni centimetrici, estesa al rq. 80g/d e in parte esposta durante lo scavo 1995. La concentrazione disegna un'area circolare, di diametro di circa 20cm, senza contorni precisi, ma delineati dalle zone a maggiore quantità di carboni. Lo spessore sembra ridotto, la superficie è resa irregolare, anche per la presenza di una placchetta che crea un gradino di 2 cm. Si trova un osso combusto, al margine S della struttura. Il limite ovest viene ricostruito d'ufficio.' Below this is a 'Descrizione' field containing the text 'struttura di focolare'. At the bottom is an 'Interpretazione' field.

Dati di scavo, Periodizzazione, Rapporti stratigrafici, struttura

Sezione per l'inserimento della Periodizzazione iniziale e finale, attività e sigla della struttura di appartenenza. Qui vengono anche inseriti altri dati come l'anno di scavo e il metodo di scavo utilizzato. Infine, con un formato totalmente innovativo, vengono segnalati i singoli rapporti stratigrafici, presentati in forma di tabella, dove ogni singola riga rappresenta un rapporto stratigrafico (Figura 7).

Figura 7: Scheda US sezione Periodizzazione - Rapporti stratigrafici.

The screenshot shows a software interface for managing stratigraphic reports. At the top, there is a 'DBMS Toolbar' with various navigation and action icons, and a 'DB Info' section showing 'Status: Usa' and 'Ordinamento: Not in order'. Below this, there are fields for 'record n.' (1) and 'record tot.' (1). The main form area is titled 'Fumane Cave' and includes dropdown menus for 'Sito' (Strato combusto), 'Area' (struttura di focolare), and 'US' (902). There are also tabs for 'Definizione stratigrafica' and 'Definizione Interpretata', with the current view being 'Periodizzazione - Rapporti Stratigrafici'. The 'Periodizzazione' section contains fields for 'Iniziale' (9, 2), 'Finale' (9, 2), 'Attività' (empty), and 'Struttura' (A9 SII). Below this, there are fields for 'Scavato' (Si), 'Anno' (2009), and 'Metodo di scavo' (Stratigrafico). At the bottom, there are buttons for 'inserisci riga' and 'rimuovi riga', and a table of stratigraphic reports.

	Tipo di rapporto	US
1	Coperto da	900
2	Copre	1000
3	Copre	999
4		

Il periodo e la fase sono divisi in periodo/fase iniziale e finale; se uno strato si genera e finisce la sua funzione all'interno di un periodo, solo la periodizzazione iniziale sarà compilata. Nel caso lo strato rimanga in vita per più fasi, avremo anche una periodizzazione finale. Uno *script* apposito prende dalla scheda di Periodizzazione i singoli codici e genera una stringa alfanumerica che può essere interrogata da *PyArchInit* per generare in automatico le piante di fase.

Si riporta un esempio semplificato per il significato di questa funzione.

Se una US rimane in vita per tre fasi, dalla 3-3 alla 3-1, riceverà 3 codici di periodo: 5/6/7.

Per le modalità di generazione del codice di periodo vedere la sezione Tools della scheda US.

Dati fisici e dati schedatura

Sezione per l'inserimento dei dati fisici dell'Unità Stratigrafica quali: formazione, colore, consistenza, stato di conservazione, inclusi e campionature. Sotto viene segnalato lo schedatore e la data di redazione della scheda (Figura 8).

Documentazione

In questa apposita sezione è possibile segnalare i singoli tipi di documentazione prodotti: piante, sezioni, fotografie, diapositive, ecc.. (Figura 9)

Funzioni della scheda US

La scheda US possiede una serie di funzioni che vanno ad automatizzare alcune delle operazioni che si compiono nel corso dell'elaborazione dei dati archeologici al fine di aumentare il controllo sull'integrità del dato e la validità dell'output (Figura 10-12).

Al momento per la scheda US sono disponibili le seguenti funzioni:

- sistema di generazione di piante composite a partire dalle query della scheda US;

- apertura delle schede US da selezione su base GIS;
- visualizzazione su GIS della planimetria dell'US del record corrente;
- visualizzazione della pianta all'interno della scheda US;
- creazione in automatico del codice di periodizzazione dell'US;
- creazione dell'indice di ordine di successione stratigrafica;
- controllo automatico dei rapporti stratigrafici;
- esportazione del matrix di Harris;
- esportazione schede e indice delle US in formato PDF.

Visualizzazione della pianta e delle immagini all'interno della scheda US

E' possibile visualizzare la pianta di una US andando nella sezione *Tools - Funzioni di controllo* e cliccando sul pulsante *"Preview pianta US"* apparirà un messaggio che avvertirà che ogni US consultata sarà caricata nell'apposita sezione. Allo stesso modo, cliccando sul pulsante *"Image"* è possibile visualizzare anche le immagini relative alle unità stratigrafiche.

Andando nella sezione *"Piante"* della scheda US sarà possibile visualizzare la pianta dell'US, con le caratterizzazioni e le quote. Posizionandosi sulla pianta è possibile zoomare con la rotella del mouse e selezionando lo strumento di spostamento (icona con la manina) è possibile navigare in ogni direzione (Figura 13). Invece nella sezione media saranno possibili visualizzare le immagini relative all'us visualizzata (Figura 14).

Creazione in automatico del codice di periodizzazione dell'US

Dalla scheda US è possibile creare il codice di periodizzazione dell'US. Come è possibile leggere nel paragrafo inerente la scheda di Periodizzazione⁶ e nella parte

⁶ Paragrafo 4.3.4

della scheda US riguardante la periodizzazione⁷, una volta assegnato un periodo/fase iniziale all'US e un eventuale periodo finale, basta cliccare nella sezione *Tools* il pulsante “*Crea codice Periodo*”.

Sarà assegnato il valore del codice periodo dalla periodizzazione finale all'iniziale, divisi da uno slash per motivi prettamente informatici.

Se uno strato vive dal periodo 1.1 fino al 2.1, il codice di periodizzazione sarà: 1/2/3 (Tabella 2)

Tabella 2: Schema periodizzazione

1	1	1
1	2	2
2	1	3
Risultato: 1/2/3		

La sintassi del valore inserito nel campo, serve a *PyArchInit* per poter realizzare le query di richiamo delle piante di fase, attraverso una sintassi specifica:

cont_per = '4' OR cont_per LIKE '4/%' OR cont_per LIKE '%/4' OR cont_per LIKE '%/4/%'

Sul campo *cont_per* viene cercato il codice di periodizzazione in quattro modalità:

1. *cont_per = valore*: trova tutte le US che vivono solo nel periodo preso in esame;
2. *cont_per LIKE 'valore/%'*: trova tutte le US che iniziano in un certo periodo e arrivano fino ai periodi successivi;
3. *cont_per LIKE '%/valore'*: trova tutte le US che finiscono in un certo periodo e iniziano nei periodi precedenti;

⁷ *Dati di scavo, Periodizzazione, Rapporti stratigrafici, struttura*

4. *cont_per LIKE '%/valore/%'*: trova tutte le US che afferiscono ad un periodo intermedio tra un periodo iniziale e uno finale.

Figura 8: Scheda US sezione Dati Fisici - Dati Schedatore.

DBMS Toolbar

Connection test

DB Info

Status: Usa

Ordinamento: Not in order

record n.: 1

record tot.: 1

Fumane Cave 1 902

Sito: Strato combusto Area: struttura di focolare US:

Definizione stratigrafica: Definizione Interpretata:

Processi di formazione

Formazione: Antropico

Consistenza: Compatta

Stato di conservazione: Buono

Colore: Red Darkwish

	Inclusi	Campioni
1	Carboni	
2	Terra	
3		

Peresani Marco 21-03-2013

Schedatore Data schedatura

Figura 9: Scheda US sezione Documentazione.

DBMS Toolbar **DB Info**

Connection test

Status **Ordinamento**

Usa **Not in order**

record n. 1

record tot. 1

Fumane Cave 1 902

Sito Area US

Strato combusto struttura di focolare

Definizione stratigrafica Definizione Interpretata

iodizzazione - Rapporti Stratigrafici Dati Fisici - Dati Schedatore **Documentazione**

inserisci riga rimuovi riga

	Tipo documentazione	Riferimenti
1	Fotografie	51-56

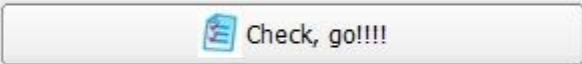
Figura 10: Scheda US sezione Tools - Sistemi di controllo.

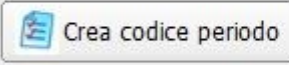
Sistemi di controllo

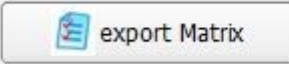
TOOLS

Selezione del sito per i controlli

Fumane Cave

Check rapporti stratigrafici 

Crea Codice Periodo  9

Esporta Matrix 

Ordine Stratigrafico 20

Figura 11: Scheda US sezione Tools - Funzioni di controllo.

Funzioni di controllo

Visualizzazione GIS 

Disegna US 

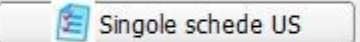
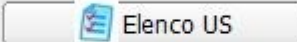
Apri schede US selezionate 

Attivazione Preview pianta US  

Mostra immagini 

Figura 12: Scheda US sezione Tools - Esportazioni.

Esportazioni

Esportazioni PDF/PNG  

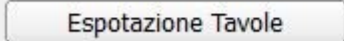


Figura 13: Scheda US preview della us interrogata.

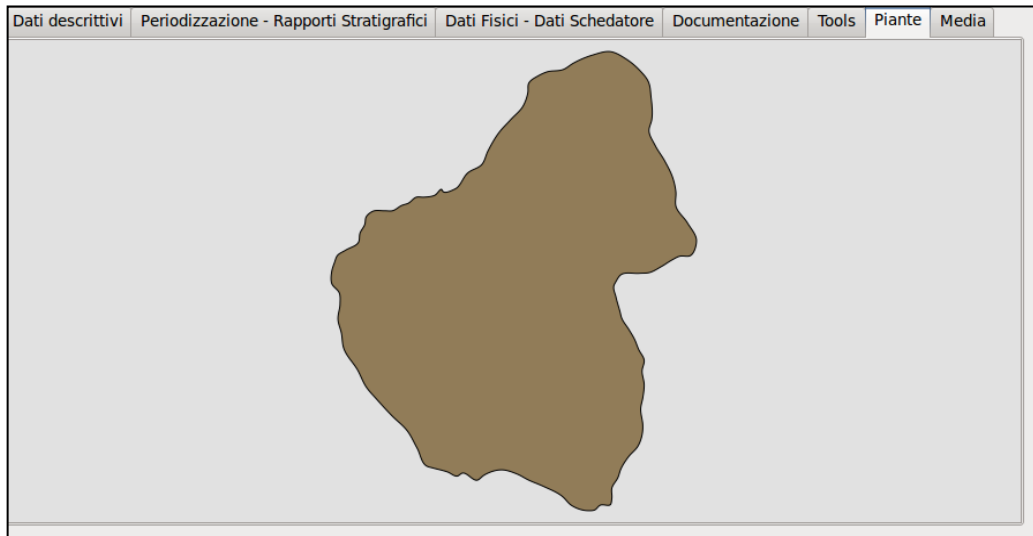


Figura 14: Scheda US Visualizzazione delle immagini relative all'unità stratigrafica interrogata.

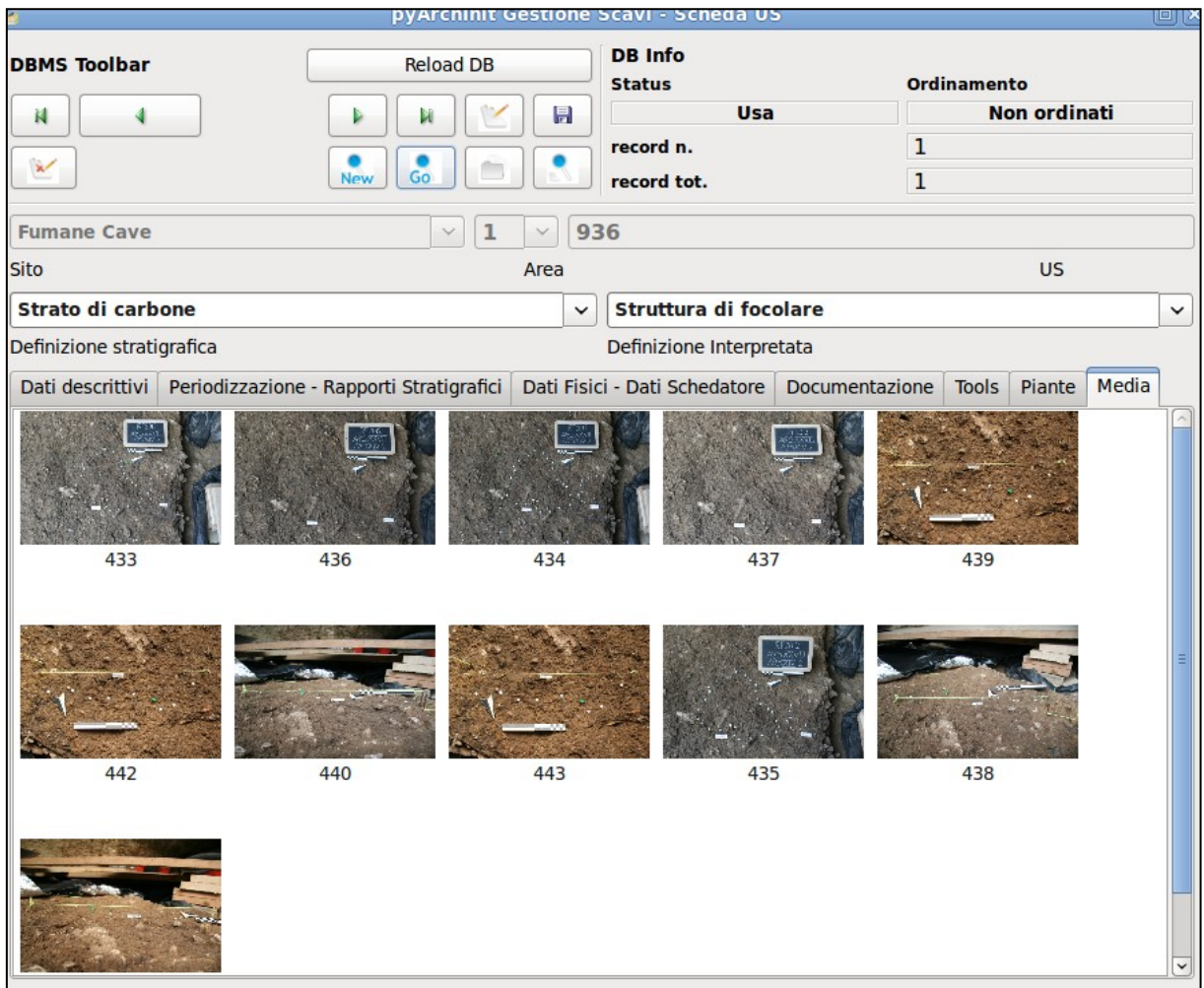


Tabella 3: Blocco di codice in cui è inserita la sintassi per richiamare le piante in base alla query effettuata. In blu la query.(in pyqgis.py linea 361-406)

```
def charge_vector_layers_periodo(self, cont_per):

    self.cont_per = str(cont_per)

    cfg_rel_path = os.path.join(os.sep,'pyarchinit_DB_folder', 'config.cfg')

    file_path = ('%s%s') % (self.HOME, cfg_rel_path)

    conf = open(file_path, "r")

    con_sett = conf.read()

    conf.close()

    settings = Settings(con_sett)

    settings.set_configuration()

    if settings.SERVER == 'sqlite':

        sqliteDB_path = os.path.join(os.sep,'pyarchinit_DB_folder',
'pyarchinit_db.sqlite')

        db_file_path = ('%s%s') % (self.HOME, sqliteDB_path)

        uri = QgsDataSourceURI()

        uri.setDatabase(db_file_path)

        cont_per_string = "cont_per = " + self.cont_per + " OR cont_per
LIKE " + self.cont_per + "/" OR cont_per LIKE '%" + self.cont_per + " OR cont_per
LIKE '%" + self.cont_per + "/"
```

```

        uri.setDataSource('',pyarchinit_us_view',
'the_geom',cont_per_string, "ROWID")

        layerUS=QgsVectorLayer(uri.uri(), 'SU', 'Spatialite')

        srs            =            QgsCoordinateReferenceSystem(self.SRS,
QgsCoordinateReferenceSystem.PostgisCrsId)

        if layerUS.isValid() == True:

            QMessageBox.warning(self, "OK", "Layer SU is
valid",QMessageBox.Ok)

            #self.USLayerId = layerUS.getLayerID()

            style_path            =            ('%s%s')            %
(self.LAYER_STYLE_PATH_SPATIALITE, 'us_view_splite.qml')

            layerUS.loadNamedStyle(style_path)

            QgsMapLayerRegistry.instance().addMapLayers([layerUS], True)

        else:

            QMessageBox.warning(self, "Attention", "Layer SU is not
valid",QMessageBox.Ok)

        uri.setDataSource('',pyarchinit_quote_view',            'the_geom',
cont_per_string, "ROWID")

        layerQUOTE=QgsVectorLayer(uri.uri(), 'Elevation', 'Spatialite')

```

```

        if layerQUOTE.isValid() == True:

            #self.USLayerId = layerUS.getLayerID()

            style_path = ('%s%s') %
(self.LAYER_STYLE_PATH_SPATIALITE, 'quote_us_view.qml')

            layerQUOTE.loadNamedStyle(style_path)

QgsMapLayerRegistry.instance().addMapLayers([layerQUOTE], True)

```

Creazione dell'indice di ordine di successione stratigrafica

L'indice di successione stratigrafica è stato ideato per poter ovviare alla visualizzazione del GIS, che sovrappone i poligoni in base al loro ordine di immissione all'interno del database. Viene generato in automatico cliccando nella sezione *Tools* sul pulsante “*Ordine Stratigrafico*”.

È stato realizzato un algoritmo (al momento in via di sviluppo) che crea un ordine di successione stratigrafica basato sui rapporti stratigrafici. Ogni US assume un valore univoco in base alla sua posizione nella stratigrafia e dai rapporti che ha con altre US.

Per esempio, se 1 copre 2, 2 copre 3 e 4, ma 3 e 4 non hanno rapporti tra di loro lo script genererà i seguenti valori (Tabella 4):

Tabella 4: Schema ordine stratigrafico

US	Rapporto	Ordine di successione stratigrafica
1	Copre 2	1

2	Copre 3 e 4	2
3	Coperto da 2	3
4	Coperto da 2	4

Questo permetterà di ordinare la view SQL che richiama le US nell'esatto ordine stratigrafico, che andrà a visualizzare su base GIS gli strati archeologici nel loro ordine stratigrafico, senza doversi preoccupare delle modalità di disegno delle US.

Nella sezione *Tools*, selezionando uno scavo, è possibile eseguire il controllo sui rapporti stratigrafici.

Al momento viene generato un semplice report di testo in cui si segnala se la scheda corrispondente esiste o se il rapporto stratigrafico è rispettato. Riportiamo di seguito un esempio di controllo (Tabella 5).

Tabella 5: Report check control sull'immissione delle relazioni stratigrafiche

Report controllo Rapporti Stratigrafici - Sito: Fumane Cave
Sito: 'Fumane Cave', #Area: '1', #US: 901 Coperto da US: 900: Rapporto non verificato
Sito: 'Fumane Cave', #Area: '1', #US: 2 Taglia US: 16: Rapporto non verificato
Sito: 'Fumane Cave', #Area: '1', #US: 977 Taglia US: 978: Scheda US non esistente
Sito: 'Fumane Cave', #Area: '1', #US: 987 Riempie US: 998: Scheda US non esistente
...

Il controllo lascia all'utente "l'incombenza" di dover andare a verificare se vi sia errore di immissione dati, di dimenticanza nell'aggiungere un rapporto o errori dovuti alla digitazione. Il rapporto viene salvato all'interno della cartella `pyarchinit_PDF_folder` all'interno del percorso utente.

Esportazione del matrix 'quasi' di Harris

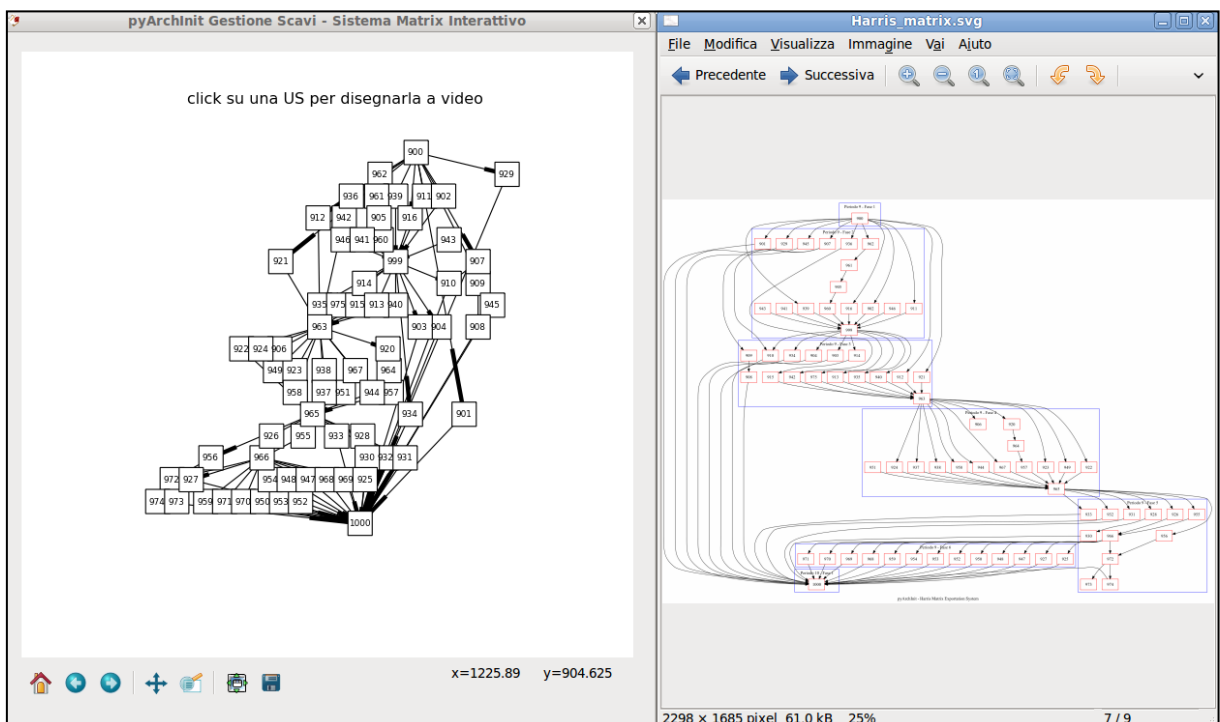
E' possibile realizzare dei diagrammi stratigrafici che esponano la successione stratigrafica di qualsiasi istanza del database dopo una ricerca.

Il sistema esporta due formati: un'immagine raster in *.png* e un vettoriale *.svg* modificabile.

L'aspetto del matrix di Harris ovviamente tende a essere più ordinato quante meno US sono presenti. Tuttavia un primo tentativo di migliorare l'aspetto del diagramma ottenuto è rappresentato dall'aggiunta del raggruppamento per insiemi delle US basati sulla periodizzazione.

Il matrix di Harris viene salvato all'interno della cartella *pyarchinit_Matrix_folder* all'interno del percorso utente (Figura 15).

Figura 15: Esportazione del matrix di Harris in file *.png* (sinistra) e matrix interattivo (destra).



Esportazione schede e indice delle US in formato PDF

E' possibile esportare sia le singole schede che l'indice delle US basandosi su qualsiasi ricerca o criterio di ordinamento. Alcuni dati vengono presi direttamente

dalla *us_table*, mentre altri, come la quota minima e massima sono ricavati per relazione dalle features dei layers (Figura 12; 16).

Figura 16: Esempio di Esportazione in pdf della scheda di unità stratigrafica.

SCHEDA DI UNITA' STRATIGRAFICA 15-02-2015					
Sito Fumane Cave		Area 1		US 912	
Definizione stratigrafica Strato di carbone			Definizione Interpretativa Struttura di combustione		
Stato di conservazione Buono		Consistenza Compatta		Colore Marrone	
Inclusi Carboni		Campioni		Formazione Naturale	
Descrizione Si tratta di una piccola struttura di combustione nel rq. 88 caratterizzata da un orizzonte arrossato coperto da un livelletto carbonioso. Lunga ca. 25cm, direttamente impostata sulle breccie sabbiose di A9, questa struttura si trova in una zona dove le sabbie diventano dominanti nella matrice e presentano labili arrossamenti dispersi soprattutto verso nord e verso sud. Alla luce dello scavo e della pulizia di A9 al tetto delle breccie in adiacenza alla struttura, risulta che gli arrossamenti dispersi sono estremamente labili e non possono essere ricondotti a una specifica struttura. Viene prelevato il campione MM10 che presenta alcune pietre.					
Interpretazione Livello carbonioso con orizzonte arrossato					
Attività		Struttura A9 SIX		Quota Min: Non inserita su GIS	
				Quota Max: Non inserita su GIS	
PERIODIZZAZIONE					
INIZIALE		Periodo 9	Fase 3	FINALE	
				Periodo 9	
				Fase 3	
RAPPORTI STRATIGRAFICI			Planimetrie US disegnata su base GIS		
Si lega a			Uguale a		
Copre 963			Coperto da 900		
Riempie			Riempito da		
Taglia			Tagliato da		
Si appoggia a			Gli si appoggia		
Documentazione Fotografie					
Scavato Si	Anno di scavo 2010	Metodo di scavo Stratigrafico		Data schedatura 21-03-2013	Schedatore Peresani Marco

4.3.4 Scheda Periodizzazione

La scheda di Periodizzazione serve a definire la cronologia relativa della stratigrafia, scomponendola in periodi e fasi (Figura 17).

Un periodo di un sito archeologico può essere variabile a seconda del contesto, ma in linea di massima serve a definire un luogo per la sua definizione d'uso all'interno di

un determinato lasso di tempo. Per spiegare meglio il concetto si riporta l'esempio di una villa di epoca romana che diviene in seguito un cimitero e infine una pieve, avrà sostanzialmente tre periodi:

Periodo I: VI – VIII secolo – Pieve con battistero e cimitero annesso

Periodo II: VI-VII secolo – Riuso cimiteriale del sito

Periodo III: I-V secolo d.C. - villa romana

All'interno di questi periodi potranno essere individuate le singole fasi di uso, in base ad espansioni o modifiche degli ambienti, aggiunta di infrastrutture, momenti di abbandono interni al periodo ecc.

Periodo 1: VI – VIII secolo – Pieve con battistero e cimitero annesso

Fase 1: abbandono;

Fase 2: modifica dell'orientamento della pieve;

Fase 3: primo insediamento plebano.

Periodo 2: VI-VII secolo – Riuso cimiteriale del sito;

Fase 1: massima di espansione;

Fase 2: impianto del primo cimitero.

Periodo 3: I-V secolo d.C. - villa romana

Fase 1: restringimento dell'insediamento;

Fase 2: espansione e aggiunta di nuovi ambienti;

Fase 3: primo impianto della villa.

Figura 17: Scheda di Periodizzazione.

DBMS Toolbar

Connection test

DB Info

Status Usa **Ordinamento** Non ordinati

record n. 1

record tot. 1

Fumane Cave

Sito

9 1

Codice periodo 8

PDF EXP

Periodo Fase

Visualizza il periodo sul GIS

Dati descrittivi

Tetto A9.

Descrizione

Cronologia

-47600 -44700

Iniziale Finale

Musteriano Discoide

Estesa letterale

Come si può intuire da questa scansione cronologica, i periodi sono definiti dal più recente al più antico da un numero intero che va da n a $n+1$ per poter sfruttare i numeri a livello informatico per gli algoritmi di ordinamento e per poter aggiungere periodi e fasi più antiche, lasciando aperta la ricerca.

Istintivamente infatti si tenderebbe ad assegnare il numero più basso al periodo più antico, tuttavia questo metterebbe un punto fermo nell'analisi, nel caso emergessero periodi più antichi che obbligherebbero o a rivedere l'ordinamento dei periodi oppure ad assegnare numeri negativi al di sotto Periodo 1.

All'interno di un periodo le fasi vengono definite con il numero più basso per la più

antica e con la cifra più alta la più recente. Alla periodizzazione relativa è possibile agganciare una cronologia assoluta: nel nostro caso dei numeri interi legati al sistema fissato sulla nascita di Cristo. Semplicemente i numeri avanti Cristo dovranno assumere un valore negativo. È possibile anche assegnare una cronologia assoluta di tipo alfanumerico in cui definire, tramite una stringa di testo, a quale cronologia vogliamo riferirci; per esempio un periodo/fase che data tra il -199 e il 150, potrà essere definito come *inizi II secolo a.C. - Prima metà del II secolo d.C.*

In un apposito campo è possibile andare a inserire la continuità periodo, un codice definito dall'utente in fase finale di interpretazione dei dati; è un numero intero positivo, che va dal numero 1 fino ad n, dal periodo più recente fino al più antico.

Tale numero permette, attraverso apposita query, di richiamare in automatico tutte quelle US formatesi in un certo periodo o che fino a quel periodo continuano ad esistere.

Mediante un pulsante unico è possibile richiamare tutte le US che afferiscono a tale continuità di periodo. Per esempio un pavimento della fase più antica che ha come codice di continuità periodo 5, continua ad essere utilizzato fino al periodo successivo che ha per numero 3. Uno script genera nella scheda US il codice per poter richiamare tale pavimentazione in tutte le fasi, dalla prima in cui compare e alle intermedie (Si veda a tal proposito la sezione periodizzazione della scheda US, in cui viene esposto il concetto di periodo iniziale e finale).

4.3.5 Scheda Struttura

La scheda di struttura, oltre ad assegnare una sigla e una definizione strutturale ad un raggruppamento di US, permette di specificare, in una serie di sezioni apposite, i singoli elementi che la costituiscono.

La parte alta dell'interfaccia presenta tre campi che fanno da identificatore: Sito, Sigla Struttura, Numero; la numerazione è progressiva a partire dalla coppia di valori Sito+Sigla struttura, del tipo:

Sito 1, TB1

Sito 1, TB2

Sito 1, TB3

Sito 1, ED1

Sito 1, ED2

Sito 1, FO1

Al di sotto dei campi che costituiscono l'identificatore di struttura, ci sono altre tre caselle in cui è possibile andare a categorizzare il tipo di struttura schedata. Al momento il sistema è in via di elaborazione e le liste sono lasciate aperte. Nel primo campo si esplicita la categoria alla quale si riferisce, nel secondo la tipologia di struttura e infine la sua definizione.

Un esempio che riportiamo qua sotto è riferito ad una Tomba con cassa:

Categoria: Struttura funeraria

Tipologia: Tomba

Definizione: Tomba a cassa

Dati descrittivi

Nella sezione dati descrittivi viene inserita la descrizione tecnica della struttura insieme alla sua interpretazione.

Periodizzazione e rapporti

In questa sezione si segnalano periodi e fasi iniziali e finali specificati nella scheda di Periodizzazione per meglio definire inizio e fine della struttura. Al di sotto è possibile inserire i rapporti diretti con altre strutture, segnalando tipo di rapporto, sito, sigla di struttura e numero (Figura 18).

Elementi costruttivi

E' una sezione altamente sperimentale, in cui è possibile elencare i singoli materiali

di cui è composta la struttura, gli elementi strutturali e tutti i tipi di misure (Figura 19).

Figura 18: Scheda Struttura sezione Periodizzazione.

Via Cavour 60, Ravenna

Sito

Struttura funeraria

Tomba

Tomba a cassa

Definizione

Periodizzazione

Iniziale

Finale

Periodo Fase

Periodo Fase

Prima meta' del VI secolo

Datazione estesa

Rapporti struttura

	Tipo di rapporto	Sito	Sigla	Numero
1	Si appoggia a	via Cavour 60, Ravenna	TB	2

Figura 19: Scheda Struttura sezione Elementi costruttivi.

pyArchNit Gestione Scavi - Scheda Struttura

DBMS Toolbar **Reload DB**

Status **DB Info**

Usa **Ordinamento**

record n. 1

record tot. 1

Via Cavour 60, Ravenna TB 1

Sito Sigla struttura N°

Struttura funeraria Tomba Tomba a cassa

Categoria Tipologia Definizione

Dati descrittivi Periodizzazione - Rapporti **Elementi costruttivi**

Materiali impiegati inserisci riga

Materiali	
1	Pietre
2	Laterizio

Elementi strutturali inserisci riga

Tipologia elemnto		Quantità
1	Cassone in laterizi	1
2	Copertura in tegole	1

Misurazione inserisci riga

Tipo misura		Unita' di misura	Valore
1	Lunghezza complessiva	m	2.30

4.3.6 Scheda Inventario Reperti

La scheda, al momento molto semplificata e in via di sviluppo, permette di schedare qualsiasi tipologia di materiale rinvenuto. L'identificatore è un numero progressivo e univoco all'interno di un singolo sito. Quindi ogni reperto riceve un numero indipendentemente dalla classe di materiale a cui appartiene. In futuro è previsto lo sviluppo di un sistema più complesso di identificatori. Una volta inserito sito e numero di inventario, è possibile definire Criterio di schedatura, Tipo di reperto e definizione (Tabella 6).

Tabella 6: Schema scheda Inventario Reperti.

Criterio di schedatura	Tipo di reperto	Definizione
Reperto ceramico	Aroma grezza	Olla
Reperto vitreo	Vetro blu	Bicchiere
Reperto litico	Selce	Raschiatoio

Dati descrittivi

Nella sezione dati descrittivi viene segnalato lo stato di conservazione del reperto, la datazione letterale estesa e la descrizione (Figura 20).

Figura 20: Scheda Inventario Reperti sezione Dati descrittivi.

The screenshot shows a web-based form interface for inventory management. At the top, there is a horizontal menu with tabs: 'Dati descrittivi', 'Dati quantitativi', 'Tecnologie', 'Rif Biblio', 'Rif. stratigrafici', 'Quantificazioni', and 'Tool'. The 'Dati descrittivi' tab is active. Below the menu, on the left, is a large, empty text box labeled 'Descrizione'. On the right side, there is a vertical stack of input fields: a dropdown menu, a text field labeled 'Repertato', another dropdown menu labeled 'Diagnostico', a text field labeled 'Stato di conservazione', a text field labeled 'Tipo', and a text field labeled 'Datazione reperto'.

Dati quantitativi

Sezione per l'inserimento dei dati quantitativi: nella prima tabella è possibile specificare il tipo di elementi rinvenuti (bordi, colli, fondi, pareti, frammenti compositi) insieme all'unità di misura e alla quantità.

Nella seconda tabella possono essere inserite le misurazioni: tipo di misura, unità di misura e quantità (Figura 21).

Figura 21: Scheda Inventario Reperti sezione Dati quantitativi.

Elementi reperto			
	elemento rinvenuto	Unita' di misura	Quantita'
1			

Misurazioni			
	Tipo di misura	Unita' di misura	Quantita'
1			

Forme minime

Forme massime

Totale frammenti

Peso grammi

Diametro orlo cm

E.v.e. orlo %

Tecnologie

Nella tabella possono essere inserite le tecnologie riconoscibili sul reperto; nell'ordine vengono segnalati il tipo di tecnologia, la posizione sul reperto, il tipo di reperto (intero, frammento, ecc.), unità di misura e quantità (Figura 22).

Riferimenti bibliografici

La tabella di questa sezione permette la schedatura di eventuali riferimenti bibliografici (Figura 23).

Riferimenti stratigrafici e magazzino

Sezione per la schedatura dell'US di provenienza dei reperti e dei dati di magazzino (Figura 24).

Esportazione pdf

Dalla sezione Tools, mediante la il pulsante di esportazione PDF, è possibile esportare le singole schede di reperto con allegato foto o disegno inserito dalla scheda di gestione immagini (Figura 25).

Figura 22: Scheda Inventario Reperti sezione Tecnologie.

Tecnologie		rimuovi riga		inserisci riga	
	Tipo tecnologia	Posizione	Tipo quantità	Unità di misura	Qtà
Corpo ceramico	1				

Rivestimento

Figura 23: Scheda Inventario Reperti sezione Riferimenti Bibliografici.

Rif. Bibliografici		inserisci riga		rimuovi riga	
	Autore	Anno	Titolo	Pag.	Fig.
1					

Figura 24: Scheda Inventario Reperti sezione Riferimenti Stratigrafici e Magazzino.

Dati descrittivi Dati quantitativi Tecnologie Rif Biblio **Rif. stratigrafici** Quantificazioni Tool

Dati stratigrafici

Area US

Dati magazzino

Lavato

Nr. Cassa

Luogo di conservazione

Figura 25: Scheda Inventario Reperti sezione Quantificazioni.

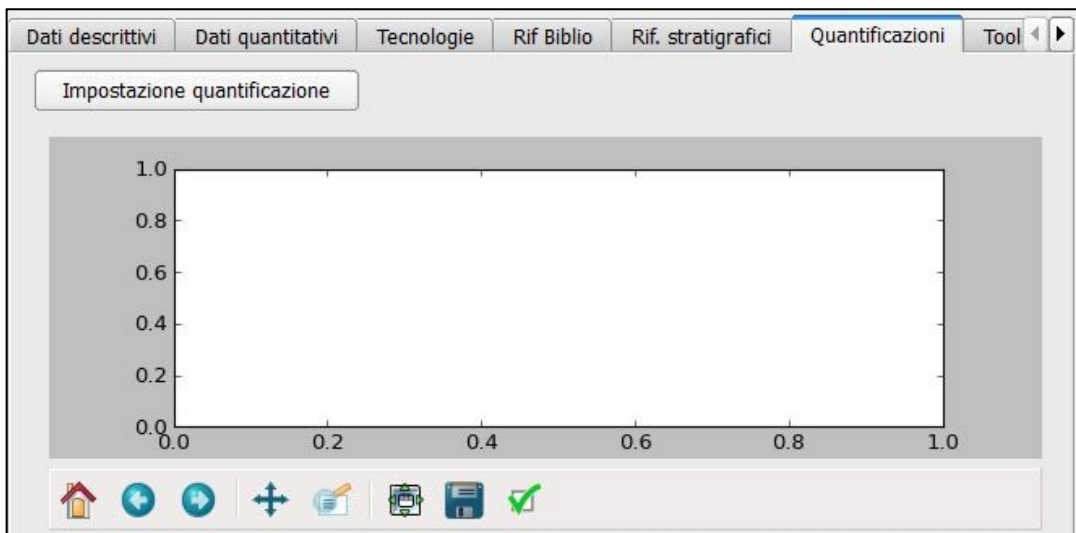


Figura 26: Scheda Inventario Reperti sezione Tools.

Dati descrittivi Dati quantitativi Tecnologie Rif Biblio Rif. stratigrafici Quantificazioni **Tools**

Exp schede Pdf

Exp indice Pdf

Elenco casse

Media Preview

qrcode

4.3.7 Scheda Tafonomica

La scheda tafonomica si configura al momento come una scheda intermedia tra la scheda di struttura e quella di individuo. Si compila la scheda di sepoltura, dopo aver definito la struttura in cui è stato deposto l'individuo (da una semplice fossa nel terreno a una monumentale tomba etrusca) e aver assegnato un numero di identificazione all'inumato nella scheda Individuo.

Dati descrittivi

I dati descrittivi contengono una serie di campi per la descrizione estesa di alcune caratteristiche della sepoltura: descrizione e interpretazione.

Una serie di caselle permette di segnalare vari dati puntuali: presenza di segnacoli, del canale libatorio, di oggetti depositati all'esterno della sepoltura, tipo di copertura e tipo di contenitore dei resti. Un ultimo campo è deputato allo stato di conservazione complessivo della tomba.

In basso due campi servono a segnalare l'asse della tomba e il suo azimut (Figura 27).

Corredo

Viene segnalata la presenza del corredo e nella tabella sottostante sono segnalati i singoli numeri di reperto, il tipo di corredo e una breve descrizione. Al di sotto un campo aperto permette di descrivere in maniera estesa l'intero corredo funerario (Figura 28).

Resti osteologici

Sezione dedicata ai resti osteologici dell'individuo presente nella sepoltura: lunghezza in metri dello scheletro se presente, posizione dell'inumato, posizione del cranio, tipo di composizione degli arti superiori e inferiori, oltre a campi per segnalare se lo scheletro è disturbato, completo e in connessione (Figura 29).

Caratteristiche

Si tratta di una sezione per la schedatura di tutte quelle caratteristiche non prevedibili di una sepoltura. E' possibile inserire le caratteristiche e segnalarne la posizione all'interno della sepoltura (Figura 30).

Figura 27: Scheda Tafonomia sezione Dati descrittivi.

The screenshot shows the 'Dati descrittivi' section of a form. It includes several dropdown menus for 'Segnacoli', 'Stato di conserv.', and 'Ogg. rinv. all'esterno'. There are also input fields for 'Tipo copertura' and 'Tipo contenitore resti'. Below these is the 'Orientamento' section with fields for 'Asse' and 'Azimut'. At the bottom, there are two large text areas labeled 'Descrizione' and 'Interpretazione'.

Figura 28: Scheda Tafonomia sezione Corredo.

The screenshot shows the 'Corredo' section of the form. It features a dropdown menu at the top, followed by a table with three columns: 'Nr. reperto', 'Tipo di corredo', and 'Descrizione'. The table contains one row with the number '1' in the first column. Below the table are two buttons labeled '+' and '-'. At the bottom, there is a large text area labeled 'Descrizione'.

Nr. reperto	Tipo di corredo	Descrizione
1		

Figura 29: Scheda Tafonomia sezione Resti Osteologici.

The screenshot shows the 'Resti osteologici' tab in a software interface. At the top, there are tabs for 'Dati descrittivi', 'Corredo', 'Resti osteologici', 'Misure', 'Periodizzazione', and 'Caratteristiche'. Below the tabs, there are several input fields and dropdown menus:

- Three empty dropdown menus at the top.
- 'Lunghezza scheletro' with a dropdown menu.
- 'Posizione scheletro' with a dropdown menu.
- 'Posizione cranio' with a dropdown menu.
- 'Posizione arti superiori' with a dropdown menu.
- 'Posizione arti inferiori' with a dropdown menu.
- 'Disturbato' with a checkbox and a dropdown menu.
- 'Completo' with a checkbox and a dropdown menu.
- 'In connessione' with a checkbox and a dropdown menu.

Figura 30: Scheda Tafonomia sezione Caratteristiche.

The screenshot shows the 'Caratteristiche' tab in a software interface. At the top, there are tabs for 'Dati descrittivi', 'Corredo', 'Resti osteologici', 'Misure', 'Periodizzazione', 'Caratteristiche', and 'Tools'. Below the tabs, there are two buttons: '-' and '+'. Below these buttons is a table with two columns: 'Tipo caratteristica' and 'Posizione'. The table has one row with the number '1' in the first column. A vertical scrollbar is visible on the right side of the table.

	Tipo caratteristica	Posizione
1		

4.3.8 Scheda Individuo

La scheda individuo presenta nell'interfaccia principale quattro campi da riempire obbligatoriamente che fungono da identificatori: sito, area, us, numero individuo. Il campo numero individuo è collegata direttamente alla scheda tafonomica.

Dati descrittivi

I dati descrittivi contengono una serie di campi a tendina in cui vengono inseriti le informazioni riguardanti la stima del sesso, la stima dell'età di morte espressa in anni, la classe di età. Questi dati possono essere ricavati mediante le due schede di determinazione età e di determinazione sesso compilandole mediante i parametri richiesti. Inoltre alla voce osservazioni si possono aggiungere note in testo libero (Figura 31).

Figura 31: Scheda Individuo.

The screenshot shows the 'Scheda Individuo' interface. At the top left is the 'DBMS Toolbar' with a 'Connection test' button and several navigation icons. To the right is the 'DB Info' section, which includes a 'Status' dropdown set to 'Usa', an 'Ordinamento' dropdown set to 'Non ordinati', and two input fields for 'record n.' and 'record tot.', both containing the value '0'. Below these are three input fields for 'Sito', 'Area', and 'US'. The main section is titled 'N. INDIVIDUO' and has two tabs: 'Dati descrittivi' (selected) and 'Tools'. Under 'Dati descrittivi', there are three dropdown menus: 'STIMA DEL SESSO', 'STIMA DELL'ETA' DI MORTE (in anni)', and 'CLASSI DI ETA''. At the bottom of the interface, there are three input fields labeled 'OSSERVAZIONI', 'DATA', and 'SCHEDATORE'.

4.3.9 Scheda Archeozoologica

Questa scheda è stata creata appositamente per questa tesi di dottorato e adattata al contesto del sito Grotta di Fumane per la gestione della fauna terrestre e l'avifauna: solo in questa scheda sono inserite delle funzioni speciali per le analisi geostatistiche. Al momento questa scheda funziona solamente con il database *PostgreSQL* a causa di alcune funzionalità gestionali a livello di trigger che al momento non sono implementate in *Spatialite*.

La schermata principale è costituita da otto campi principali (Figura 32): sito, US, area, periodo, fase, x, y, z. I primi cinque campi sono da riempire obbligatoriamente in quanto chiavi esterne che permettono le relazioni con la scheda sito, la tabella geometrica *pyarcheozoo*, e la tabella alfanumerica *fauna*. Inoltre questa scheda è divisa in sette sezioni:

- Parametri di connessione;
- Inserimento dati;
- Grafici;
- Statistica univariata;
- Statistica multivariata;
- Geostatistica
- Tool.

Figura 32: Scheda Archeozoologia. Campi di inserimento obbligatori.

The screenshot shows a software interface for the Archeozoology form. At the top, there is a 'DBMS Toolbar' with a 'Reload DB' button and several icons. To the right, 'DB Info' displays 'Status: Usa', 'Ordinamento: Non ordinati', 'record n.: 1', and 'record tot.: 5002'. Below this is a dropdown menu for 'Fumane Cave'. The main section is titled 'Sito' and contains seven input fields: '900', '60c', '9', '1', '4.831373', '2.825950', and an empty field. Below these fields are labels: 'US', 'Quadrato', 'Periodo', 'Fase', 'x', 'y', and 'z'.

Parametri di connessione

Questa sezione è stata inserita per favorire la connessione del database direttamente con programma statistico R (Tabella 7). Vengono inseriti tutti i parametri necessari per la connessione e sono: host, user, password, porta, nome del database. Il sistema sfrutta un modulo Python chiamato pyper, che serve per far dialogare R con il linguaggio Python, mentre si sfrutta la libreria RPostgreSQL per collegare R con il database.

Tabella 7: Blocco di codice per il collegamento di R con PostgreSQL (in pyarchinit_Archeozoology_mainapp.py linea 1088-1106).

```
from pyper import *

    for i in range(len(self.DATA_LIST)):

        temp_dataset = ()

        try:

            temp_dataset = (int(self.DATA_LIST[i].us))

            dataset.append(temp_dataset)

        except:

            pass

    r = R()

    r('library(RPostgreSQL)')

    r('drv <- dbDriver("PostgreSQL")')

    n = "r('con <- dbConnect(drv, host=\"%s\", dbname=\"%s\", port=\"%d\",
password=\"%s\", user=\"%s\")')" % (str(self.host.currentText()), str(self.db.text()),
int(self.port.currentText()), str(self.password.text()), str(self.user.currentText()))

    eval (n)
```

Inoltre va specificata la *path* dove salvare le immagini prodotte e la risoluzione in

pixel (Figura 33).

Figura 33: Scheda Archeozoologica sezione Parametri di connessione.

Parametri di connessione | Inserimento dati | Grafico | Statistica univariata | Statistica multivariata | Geostatistica | Tool

Parametri di connessione per R

US

127.0.0.1 host | password | postgres user | 5434 port | fumane DB

Settaggi esportazione

sers\user\pyarchinit_R_folder ... Scegli la path di esportazione immagini

3500 Set pixel size plot x-y (es: 3500)

Una volta impostati questi parametri il database è connesso automaticamente.

Inserimento dati

Questa sezione prevede l'inserimento dei dati riguardanti i singoli ossi rinvenuti e studiati (Figura 34). Le voci sono state estrapolate dal database preesistente con cui si soleva gestire questi dati. I dati sono inseriti nella tabella nominata fauna che attraverso dei trigger⁸ (Tabella 8) compila automaticamente altre tabelle che serviranno per il conteggio statistico. Le voci ordine, famiglia classe e specie sono dei campi precompilati e descrivono tutti gli elementi fin ora ritrovati. Al momento il sistema non prevede l'inserimento di nuove specie in quanto le relazioni tabellari create non permettono modifiche se non manuali. Il sistema è in via di sviluppo per generalizzare questa scheda e renderla adattabile a tutti i contesti di scavo archeologico.

Tabella 8: Codice di creazione dei vari trigger in PostgreSQL con la tabella fauna.

```
CREATE TRIGGER delete_fauna_azioni  
  
AFTER UPDATE OR DELETE  
  
ON fauna
```

⁸ Cfr il paragrafo Trigger 4.6.1

```
FOR EACH ROW
```

```
EXECUTE PROCEDURE delete_fauna_azioni();
```

```
CREATE TRIGGER delete_fauna_tipo_osso
```

```
AFTER UPDATE OR DELETE
```

```
ON fauna
```

```
FOR EACH ROW
```

```
EXECUTE PROCEDURE delete_fauna_tipo_osso();
```

```
CREATE TRIGGER delete_faunaterrestre_azioni
```

```
AFTER UPDATE OR DELETE
```

```
ON fauna
```

```
FOR EACH ROW
```

```
EXECUTE PROCEDURE delete_faunaterrestre_azioni();
```

```
CREATE TRIGGER delete_faunaterrestre_tipo_osso
```

```
AFTER UPDATE OR DELETE
```

```
ON fauna
```

```
FOR EACH ROW
```

```
EXECUTE PROCEDURE delete_faunaterrestre_tipo_osso();
```

```
CREATE TRIGGER delete_tot_classe
```

```
AFTER UPDATE OR DELETE
```

```
ON fauna
```

```
FOR EACH ROW
```

```
EXECUTE PROCEDURE delete_tot_classe();
```

```
CREATE TRIGGER delete_tot_elem
```

```
AFTER UPDATE OR DELETE

ON fauna

FOR EACH ROW

EXECUTE PROCEDURE delete_tot_elem();

ALTER TABLE fauna DISABLE TRIGGER delete_tot_elem;

CREATE TRIGGER delete_tot_elem_terrestre

AFTER UPDATE OR DELETE

ON fauna

FOR EACH ROW

EXECUTE PROCEDURE delete_tot_elem_terrestre();

ALTER TABLE fauna DISABLE TRIGGER delete_tot_elem_terrestre;

CREATE TRIGGER delete_tot_famiglia

AFTER UPDATE OR DELETE

ON fauna

FOR EACH ROW

EXECUTE PROCEDURE delete_tot_famiglia();

CREATE TRIGGER delete_tot_ordine

AFTER UPDATE OR DELETE

ON fauna

FOR EACH ROW

EXECUTE PROCEDURE delete_tot_ordine();

CREATE TRIGGER delete_tot_specie

AFTER UPDATE OR DELETE
```

```
ON fauna

FOR EACH ROW

EXECUTE PROCEDURE delete_tot_specie();

CREATE TRIGGER update_fauna_azioni

AFTER INSERT OR UPDATE

ON fauna

FOR EACH ROW

EXECUTE PROCEDURE update_fauna_azioni();

CREATE TRIGGER update_fauna_tipo_osso

AFTER INSERT OR UPDATE

ON fauna

FOR EACH ROW

EXECUTE PROCEDURE update_fauna_tipo_osso();

CREATE TRIGGER update_faunaterrestre_azioni

AFTER INSERT OR UPDATE

ON fauna

FOR EACH ROW

EXECUTE PROCEDURE update_faunaterrestre_azioni();

CREATE TRIGGER update_faunaterrestre_tipo_osso

AFTER INSERT OR UPDATE

ON fauna

FOR EACH ROW

EXECUTE PROCEDURE update_faunaterrestre_tipo_osso();
```

```

CREATE TRIGGER update_tot_classe
AFTER INSERT OR UPDATE
ON fauna
FOR EACH ROW
EXECUTE PROCEDURE update_tot_classe();

CREATE TRIGGER update_tot_famiglia
AFTER INSERT OR UPDATE
ON fauna
FOR EACH ROW
EXECUTE PROCEDURE update_tot_famiglia();

CREATE TRIGGER update_tot_ordine
AFTER INSERT OR UPDATE
ON fauna
FOR EACH ROW
EXECUTE PROCEDURE update_tot_ordine();

CREATE TRIGGER update_totale_elem
AFTER INSERT OR UPDATE
ON fauna
FOR EACH ROW
EXECUTE PROCEDURE update_totale_elem();

CREATE TRIGGER update_totale_elem_terrestre
AFTER INSERT OR UPDATE
ON fauna

```

```

FOR EACH ROW

EXECUTE PROCEDURE update_totale_elem_terrestre();

ALTER TABLE fauna DISABLE TRIGGER update_totale_elem_terrestre;

CREATE TRIGGER update_totale_specie

AFTER INSERT OR UPDATE

ON fauna

FOR EACH ROW

EXECUTE PROCEDURE update_totale_specie());

```

Figura 34: Scheda Archeozoologica sezione Inserimento dati.

Grafici e statistica univariata

La statistica descrittiva univariata ha come obiettivo lo studio della distribuzione di ogni variabile, singolarmente considerata, all'interno della popolazione (analisi per colonna) mentre la statistica descrittiva multivariata si occupa dello studio della distribuzione di due o più variabili congiuntamente considerate.

Nell'ambito dell'analisi univariata si intuisce come, nel caso in cui la numerosità

della popolazione (ovvero il numero di righe della matrice) sia elevata, diventi estremamente difficile per il ricercatore riuscire a avere un'idea di come la variabile oggetto di studio si distribuisca all'interno della popolazione. Per questo motivo risulta inevitabile la ricerca di strumenti per una visualizzazione immediata e compatta di tutte le modalità osservate (distribuzione di frequenza) e l'utilizzo di indici in grado di riassumere in un unico valore le caratteristiche salienti della variabile osservata: le sue manifestazioni "in media" (indici di posizione) e il grado di dispersione con cui esse ricorrono (indici di variabilità).

In questa sezione si possono produrre analisi di frequenza sotto forma di istogrammi su ciascuna specie presente nel database con gli indici di posizione⁹ (Tabella 9). Per rendere il grafico pronto per una documentazione c'è la possibilità di inserire un titolo, un nome per l'asse x e un nome per l'asse y.

Inoltre si possono creare cinque tipi di grafici a seconda dell'esigenza sfruttando una query in sql da scrivere manualmente nel campo sql e quindi interrogando direttamente il database (Figura 35). Si è voluto creare questa sezione in modo tale da rendere flessibile e particolareggiata l'estrapolazione dei dati statistici. I grafici che si possono creare sono istogrammi, bar, scatterplot, plot, grafici a torta e confronti a quattro variabili con istogrammi di frequenza, curve di densità e curve cumulative (Tabella 10) (vedi Capitolo VI).

Tabella 9: Blocco di codice per connettersi al PostgreSQL e eseguire la query scritta nell'apposito campo e creare un istogramma.

```
#modulo per accedere PostgreSQL databases
import psycopg2
import matplotlib.pyplot as plt

if self.lineEdit_sql.text() == "":
    lineEdit_sql = ""
else:
    lineEdit_sql = str(self.lineEdit_sql.text())
```

⁹ Gli indici di posizione rappresentano uno degli strumenti più utilizzati per questo scopo. Sono in grado di riassumere in un unico valore l'andamento generale dell'intera distribuzione. I principali indici di posizione sono la MODA, i QUANTILI di ordine p (ai quali appartiene la più famosa MEDIANA), e le MEDIE ANALITICHE (alle quali appartiene la più famosa MEDIA ARITMETICA).

```

# connessione al db
conn = psycopg2.connect("dbname='fumane' user='postgres'
host='localhost' password='postgres' port=5434")

# preparare il cursor
cur = conn.cursor()
# esegui la query
cur.execute('%s' % str(self.lineEdit_sql.text()))
data = cur.fetchall()
cur.close()
conn.close()

# graph code
a = zip(*data)
plt.hist(a)
plt.title('%s' % str(self.lineEdit_2.text()))
plt.xlabel('%s' % str(self.lineEdit_3.text()))
plt.ylabel('%s' % str(self.lineEdit_4.text()))
plt.show()

```

Tabella 10: Blocco di codice per mettere a confronto 4 variabili con istogramma di frequenza, curva di densità e curva cumulativa (in pyarchinit_Archeozoology_mainapp.py linea 1986-2033)

```

from pyper import *
for i in range(len(self.DATA_LIST)):
    temp_dataset = ()

    try:
        temp_dataset = (int(self.DATA_LIST[i].fase))

        contatore += int(self.DATA_LIST[i].fase) #conteggio
totale

        dataset.append(temp_dataset)

    except:
        pass

r = R()
r('library(RPostgreSQL)')
r('library(lattice)')
r('drv <- dbDriver("PostgreSQL")')
con = "r('con <- dbConnect(drv, host=\"%s\", dbname=\"%s\",
port=\"%d\", password=\"%s\", user=\"%s\")' % (str(self.host.currentText()),

```

```

str(self.db.text()),          int(self.port.currentText()),          str(self.password.text()),
str(self.user.currentText())
    eval (con)

    query = "r('archezoology_table<-dbGetQuery(con,\"select * from
tot_specie_terrestre where fase = %d\")')"%int(self.DATA_LIST[i].fase)
    eval (query)

    histogram1= "r('png(\"%s/A%d_test.png\", width=7000, height=3500,
res=400)')" %(str(self.lineEdit_esp_generale.text()),int(self.DATA_LIST[i].fase))
    eval(histogram1)

    r("")

op <- par(mfcol=c(2,4), #mfcol imposta 2 righe e 4 colonne di grafici
mar=c(3,2,2,4)+0.1) #mar imposta i margini, dal basso in senso orario
do.it <- function (x) {
  hist(x, col='light blue', xlab="", ylab="", main="") # istogrammi
  par(new = T) #impongo nuovi parametri per la stessa figura
  plot(density(x), type='l', col='red', lwd=2, axes=F, main="",
xlab="", ylab="") #curva di densità
  axis(4) #asse secondario (= asse verticale a destra)
  x <- sort(x) #ordina la variabile in maniera crescente
  q <- ppoints(length(x)) #genera la sequenza di probabilità per
#creare la curva cumulativa
  plot(q~x, type='l', xlab="", ylab="", main="") #curva cumulativa
  abline(h=c(.25,.5,.75), lty=3, lwd=3, col='blue') #3 linee orizzontali
})
#Ora applico la funzione appena creata a 4 variabili del dataframe "dati.na"
    histogram2="r('do.it(archezoology_table%s); title(\"%s\");
do.it(archezoology_table%s); title(\"%s\"); do.it(archezoology_table%s);
title(\"%s\"); do.it(archezoology_table%s); title(\"%s\"); par(op)')" %
(str(self.c1_2.currentText()),
str(self.c1_2.currentText()),str(self.c2_2.currentText()),str(self.c2_2.currentText()),
str(self.c3_2.currentText()),str(self.c3_2.currentText()), str(self.c4_2.currentText()),
str(self.c4_2.currentText()))
    eval(histogram2)

```

Figura 35: Scheda Archeozoologica sezione Grafico.

The screenshot shows a software window titled 'Grafico' (Graph) with several tabs: 'Parametri di connessione', 'Inserimento dati', 'Grafico', 'Statistica univariata', 'Statistica multivariata', 'Geostatistica', and 'Tool'. The 'Grafico' tab is active. On the left side, there is a vertical list of buttons: 'Histogram', 'Bar', 'Scatterplot', 'Plot', and 'Pychart'. The main workspace contains the following elements:

- A text input field for 'DB name'.
- A text input field for 'Titolo'.
- A text input field for 'asse x'.
- A text input field for 'asse y'.
- A large text area labeled 'Sql' for entering queries.

Statistica multivariata

Spesso è interessante studiare due o più variabili simultaneamente. L'osservazione contemporanea di due o più variabili sugli individui di una collettività consente di evidenziare le eventuali relazioni esistenti fra le variabili e di valutare il loro grado di correlazione.

In questa sezione si è applicata una funzione per la statistica descrittiva multivariata (Tabella 11) che si occupa dell'analisi di due variabili congiuntamente considerate; in particolare, risulta interessante sapere se, e in quale modo, le due variabili si influenzano o se, al contrario, si manifestano una indipendentemente dall'altra. A questo proposito verranno presentati, in seguito, alcuni indici in grado di interpretare il tipo di legame esistente tra due variabili. Prima di procedere risulta tuttavia indispensabile acquisire il concetto di distribuzione di frequenza multivariata. In definitiva, si tratta di raccogliere i dati in una tabella a doppia entrata (o tabella di contingenza) in grado di mostrare congiuntamente le modalità dei due caratteri.

La statistica multivariata che è possibile produrre in questa sezione è la matrice di correlazione. Questo sistema mette in correlazione tutte le variabili prese per coppie e definisce se all'aumentare di una variabile aumenta anche l'altra. Se le coppie di

variabili avranno un indice di correlazione (ρ) maggiore - uguale a 0.5 (coppie segnate in rosso nel grafico) e un p.value con il valore basso saranno correlate, questa sarà la prova statistica che indica una relazione di buona validità del parametro ρ con coefficiente di significatività pari al 95 %.

La matrice di correlazione può essere effettuata al momento sulle tabelle tot_famiglia e tot_ordine.

Tabella 11: Blocco di codice per la creazione della matrice di correlazione delle prime 10 specie presenti nella tabella tot_specie_terrestre. (in pyarchinit_Archeozoology_mainapp.py linea 2327-2399)

```
from pyper import *
    from pyarchinit_folder_installation import *
    for i in range(len(self.DATA_LIST)):
        temp_dataset = ()

        try:
            temp_dataset = (int(self.DATA_LIST[i].fase))

            contatore += int(self.DATA_LIST[i].fase) #conteggio
totale

            dataset.append(temp_dataset)

        except:
            pass

    r = R()
    r('library(RPostgreSQL)')
    r('library(lattice)')
    r('drv <- dbDriver("PostgreSQL")')
```

```

con = "r('con <- dbConnect(drv, host=\"%s\", dbname=\"%s\",
port=\"%d\", password=\"%s\", user=\"%s\")\" % (str(self.host.currentText()),
str(self.db.text()), int(self.port.currentText()), str(self.password.text()),
str(self.user.currentText()))

eval (con)

g = "r('png(\"%s/A%d_correlation_matrix.png\", width=2500,
height=2500, pointsize=20)\" %
(str(self.lineEdit_esp_generale.text()),int(self.DATA_LIST[i].fase))

eval(g)

h = "r('archezology_table<-dbGetQuery(con,\select * from
tot_specie_terrestre where fase = %d \")\" % int(self.DATA_LIST[i].fase)

eval (h)

r("
panel.hist <- function(x, ...) {
usr <- par("usr"); on.exit(par(usr))
par(usr = c(usr[1:2], 0, 1.5) )
h <- hist(x, plot = FALSE)
breaks <- h$breaks; nB <- length(breaks)
y <- h$counts; y <- y/max(y)
rect(breaks[-nB], 0, breaks[-1], y, col="cornsilk2", ...)
}

panel.cor <- function(x, y, digits=3, prefix="", cex.cor) {
usr <- par("usr"); on.exit(par(usr))
par(usr = c(0, 1, 0, 1))
r <- cor(x, y, use="complete.obs")
rabs <- abs(r)
txt <- format(c(r, 0.123456789), digits=digits)[1]
txt <- paste(prefix, "r=", txt, sep="")

```

```

cl = 0.95      ### Confidence limit = 1-(level of significance)
rtp <- cor.test(x,y,method="pearson",alternative="two.sided",
               conf.level=cl)
pp <- format(c(rtp$p.value, 0.123456789), digits=digits)[1]
pp <- paste(prefix, "p.val=", pp, sep="") ###p.value pearson cor.test
if ( rabs<0.25 ) {
  text(0.5, 0.6, txt, cex = 1.8, col="blue")
} else if ( rabs>0.4999 ) {
  text(0.5, 0.6, txt, cex = 1.8, col="red")
} else {
  text(0.5, 0.6, txt, cex = 1.8, col="green")
}
if(missing(cex.cor))
if ( rtp$p.value > (1-cl) ) {
  text(0.5, 0.4, pp, cex=1.8,col="hotpink") #p.val Pearson > alfa
} else {
  text(0.5, 0.4, pp, cex=1.8,col="green4") #p.val Pearson <= alfa
}}
pairs(archezoology_table[7:16],
      lower.panel = panel.smooth, # matrice inferiore: scatterplot
      upper.panel = panel.cor,    # matrice superiore: r Pearson e cor.test
      diag.panel = panel.hist)   # diagonale: istogrammi di frequenza
title(sub="Rosso = coppie con r>|0.5|, Verde = coppie con |0.25|<r<|0.5|;
       p.val verde scuro = coppie per cui si definisce r con una confidenza del 95%",
       cex.sub=0.7)")

```

Geostatistica

La sezione geostatistica si divide in due gruppi: costruzione di un semivariogramma

e automap.

Nel primo gruppo sono state inserite le funzioni per la costruzione di un semivariogramma (Figura 36). Questo tipo di statistica permette di fare delle correlazioni spaziali su coppie di variabili, fino a un massimo di 13 coppie, che possono essere scelte dai menu a tendina. Per questa funzione si utilizza il modulo *gstat* di *R* software. I parametri da utilizzare sono il cutoff, partial sill, model, range, nugget effect, lag, kappa (Tabella 12). Questi parametri verranno descritti nel dettaglio nel paragrafo Geostatistica del capitolo VII. Una volta costruito il semivariogramma è possibile visualizzarlo anche come mappa.

Tabella 12: Blocco di codice per la costruzione del semivariogramma (in `pyarchinit_Archeozoology_mainapp.py` linea 1440-1531).

```
from pyper import *
    for i in range(len(self.DATA_LIST)):
        temp_dataset = ()

        try:
            temp_dataset = (int(self.DATA_LIST[i].us))

            dataset.append(temp_dataset)

        except:
            pass

    r = R()
    r('library(RPostgreSQL)')
    r('library(gstat)')
    r('drv <- dbDriver("PostgreSQL")')
    n = "r('con <- dbConnect(drv, host=\"%s\", dbname=\"%s\", port=\"%d\",
password=\"%s\", user=\"%s\")')" % (str(self.host.currentText()), str(self.db.text()),
int(self.port.currentText()), str(self.password.text()), str(self.user.currentText()))
    eval (n)
    con = "r('archeozoology_table<-dbGetQuery(con,\"select * from
archeozoology_table where us = %d AND bos_bison IS NOT NULL\")')" %
int(self.DATA_LIST[i].us)
    eval (con)
    if self.bos.isChecked() == True:
        x1= "r('VGM_PARAM_A9 <- gstat(id=\"%s\",
formula=%s~1,locations=~coord_x+coord_y, data=archeozoology_table, nmax = 10)')"
% (str(self.lineEdit_bos_2.currentText()),str(self.c1.currentText()))
```



```

        eval (x1)
    else:
        pass
    if self.calcinati.isChecked() == True:
        x2="r('VGM_PARAM_A9 <- gstat(VGM_PARAM_A9, \"%s\", %s~1,
locations=~coord_x+coord_y, archezoology_table, nmax = 10)')"%
(str(self.lineEdit_calcinati_2.text()),str(self.c2.currentText()))
        eval (x2)
    else:
        pass
    if self.camoscio.isChecked() == True:
        x3="r('VGM_PARAM_A9 <- gstat(VGM_PARAM_A9, \"%s\", %s~1,
locations=~coord_x+coord_y, archezoology_table, nmax = 10)')"%
(str(self.lineEdit_camoscio_2.text()),str(self.c3.currentText()))
        eval (x3)
    else:
        pass
    if self.capriolo.isChecked() == True:
        x4="r('VGM_PARAM_A9 <- gstat(VGM_PARAM_A9, \"%s\", %s~1,
locations=~coord_x+coord_y, archezoology_table, nmax = 10)')"%
(str(self.lineEdit_capriolo_2.text()),str(self.c4.currentText()))
        eval (x4)
    else:
        pass
    if self.cervi.isChecked() == True:
        x5="r('VGM_PARAM_A9 <- gstat(VGM_PARAM_A9, \"%s\", %s~1,
locations=~coord_x+coord_y, archezoology_table, nmax = 10)')"%
(str(self.lineEdit_cervo_2.text()),str(self.c5.currentText()))
        eval (x5)
    else:
        pass
    if self.combuste.isChecked() == True:
        x6="r('VGM_PARAM_A9 <- gstat(VGM_PARAM_A9, \"%s\", %s~1,
locations=~coord_x+coord_y, archezoology_table, nmax = 10)')"%
(str(self.lineEdit_combusto_2.text()),str(self.c6.currentText()))
        eval (x6)
    else:
        pass
    if self.coni.isChecked() == True:
        x7="r('VGM_PARAM_A9 <- gstat(VGM_PARAM_A9, \"%s\", %s~1,
locations=~coord_x+coord_y, archezoology_table, nmax = 10)')"%
(str(self.lineEdit_coni_2.text()),str(self.c7.currentText()))
        eval (x7)
    else:

```

```

        pass
    if self.pdi.isChecked() == True:
        x8="r('VGM_PARAM_A9 <- gstat(VGM_PARAM_A9, \"%s\", %s~1,
locations=~coord_x+coord_y,archezoology_table,      nmax      =      10)')"%
(str(self.lineEdit_pdi_2.text()),str(self.c8.currentText()))
        eval (x8)
    else:
        pass
    if self.stambecco.isChecked() == True:
        x9="r('VGM_PARAM_A9 <- gstat(VGM_PARAM_A9, \"%s\", %s~1,
locations=~coord_x+coord_y,archezoology_table,      nmax      =      10)')"%
(str(self.lineEdit_stambecco_2.text()),str(self.c9.currentText()))
        eval (x9)
    else:
        pass
    if self.strie.isChecked() == True:
        x10="r('VGM_PARAM_A9 <- gstat(VGM_PARAM_A9, \"%s\",
%s~1, locations=~coord_x+coord_y,archezoology_table,      nmax      =      10)')"%
(str(self.lineEdit_strie_2.text()),str(self.c10.currentText()))
    else:
        pass
    if self.megacero.isChecked() == True:
        x11="r('VGM_PARAM_A9 <- gstat(VGM_PARAM_A9, \"%s\",
%s~1, locations=~coord_x+coord_y,archezoology_table,      nmax      =      10)')"%
(str(self.lineEdit_megacero_2.text()),str(self.c13.currentText()))
        eval (x11)
    else:
        pass
    if self.ursidi.isChecked() == True:
        x12="r('VGM_PARAM_A9 <- gstat(VGM_PARAM_A9, \"%s\",
%s~1, locations=~coord_x+coord_y,archezoology_table,      nmax      =      10)')"%
(str(self.lineEdit_ursidi_2.text()),str(self.c12.currentText()))
        eval (x12)
    else:
        pass
    if self.canidi.isChecked() == True:
        x13="r('VGM_PARAM_A9 <- gstat(VGM_PARAM_A9, \"%s\",
%s~1, locations=~coord_x+coord_y,archezoology_table,      nmax      =      10)')"%
(str(self.lineEdit_canidi_2.text()),str(self.c11.currentText()))
        eval (x13)
    else:
        pass
    c = "r('VGM_PARAM_A9 <- gstat(VGM_PARAM_A9, fill.all=TRUE,
model=vgm(%d,\"%s\",%s, nugget = %d, kappa= %s))' % (int(self.psill.text()),

```

```

str(self.model.currentText()),      str(self.rang.text()),      int(self.nugget_2.text()),
str(self.kappa.text()))
      eval(c)
      d = "r('ESV_A9 <- variogram(VGM_PARAM_A9, map=TRUE,
width=%s, cutoff=%d)'" % (str(self.lineEdit_width.text()), int(self.cutoff.text()))
      eval (d)
      r('VARMODEL_A9 = fit.lmc(ESV_A9, VGM_PARAM_A9)')
      a = "r('png(\"%s/A%d_semivariogram_map.png\", width=%d,
height=%d, res=400); plot(ESV_A9, threshold = 5, col.regions = terrain.colors,
model=vgm(%d,\"%s\",%s,%d),xlab=,ylab=,      main=\"Linear      Model      of
Coregionalization      A%d\")'" %
(str(self.lineEdit_esp_generale.text()),int(self.DATA_LIST[i].us),
int(self.set_size_plot.text()),      int(self.set_size_plot.text()),int(self.psill.text()),
str(self.model.currentText()),      str(self.rang.text()),
int(self.nugget_2.text()),int(self.DATA_LIST[i].us))
      eval(a)

```

Nel secondo gruppo invece è possibile costruire delle mappe di distribuzione per singola variabile. Con questo metodo si è riusciti a costruire tutte le distribuzioni delle singole variabili delle specie per fasi (Figura 37). I parametri da inserire sono gli stessi usati per la costruzione del semivariogramma. Possono essere lasciati invariati, e in questo caso saranno presi i valori in automatico, oppure si possono inserire manualmente nel momento in cui la deviazione standard non tende allo zero. Infatti, il sistema produrrà tre file di testo dove verranno scritti i risultati dell'errore medio (ME), dell'errore quadratico medio (MSE) e la deviazione standard (MSDR).

Figura 36: Scheda Archeozoologica sezione Geostatistica.

Costruisci un semivariogramma

			ID	formula		ID	formula
<input type="text"/>	Cutoff	<input type="checkbox"/>	calcinati	calcinati	<input type="checkbox"/>	pdi	bos_bison
<input type="text"/>	Psill	<input type="checkbox"/>	calcinati	bos_bison	<input type="checkbox"/>	stambecco	bos_bison
Sph	Model	<input type="checkbox"/>	camoscio	bos_bison	<input type="checkbox"/>	strie	bos_bison
<input type="text"/>	Range	<input type="checkbox"/>	capriolo	bos_bison	<input type="checkbox"/>	canidi	bos_bison
<input type="text"/>	Nugget	<input type="checkbox"/>	cervo	bos_bison	<input type="checkbox"/>	ursidi	bos_bison
0.1	Lag	<input type="checkbox"/>	combusto	bos_bison	<input type="checkbox"/>	megacero	bos_bison
0.1	Kappa	<input type="checkbox"/>	coni	bos_bison			

Genera Semivariogramma

map

Figura 37: Scheda Archeozoologica sezione Geostatistica.

Automap

Genera un mappa di predizione in automatico

calcinati

NA Sill

Sph Model

NA Range

NA Nugget

Automap

Clipper

Tabella 13 Blocco di codice per la costruzione di mappe di distribuzione spaziale (in pyarchinit_Archeozoology_mainapp.py linea 1605-1669)

```
.from pyper import *
    for i in range(len(self.DATA_LIST)):
        temp_dataset = ()

        try:
            temp_dataset = (int(self.DATA_LIST[i].us))

            dataset.append(temp_dataset)

        except:
            pass

    r = R()
    r('library(RPostgreSQL)')
    r('library(gstat)')
    r('library(automap)')
    r('library(raster)')
    r('drv <- dbDriver("PostgreSQL")')
    n = "r('con <- dbConnect(drv, host=\"%s\", dbname=\"%s\", port=\"%d\",
password=\"%s\", user=\"%s\")')" % (str(self.host.currentText()), str(self.db.text()),
int(self.port.currentText()), str(self.password.text()), str(self.user.currentText()))
    eval (n)
    con = "r('archeozoology_table<-dbGetQuery(con,\"select * from
archeozoology_table where us = %d AND bos_bison IS NOT NULL\")')" %
int(self.DATA_LIST[i].us)
    eval (con)

    r('coordinates(archeozoology_table) =~coord_x+coord_y')

    kr= "r('kriging_result = autoKrige(%s~1,
archeozoology_table,model=c(\"%s\"),fix.values = c(%s,%s,%s))')" %
(str(self.lineEdit_automap.currentText()), str(self.model_2.currentText()),
str(self.nugget_3.text()), str(self.rang_2.text()), str(self.p sill_2.text()))
    eval(kr)

    plotkr = "r('png(\"%s/A%d_kriging_%s.png\", width=3500, height=3500,
res=400); plot(kriging_result)'" %
(str(self.lineEdit_esp_generale.text()),int(self.DATA_LIST[i].us),
str(self.lineEdit_automap.currentText()))
    eval(plotkr)
    plot2= "r('png(\"%s/A%d_kriging_predict_%s.png\", width=3500,
height=3500, res=400); automapPlot(kriging_result$krige_output, \"var1.pred\",
```

```

sp.layout      =      list("\sp.points\",      archezoology_table)))"      %
(str(self.lineEdit_esp_generale.text()),int(self.DATA_LIST[i].us),
str(self.lineEdit_automap.currentText()))
      eval(plot2)
      raster=
"r('writeRaster(raster(kriging_result$krige_output),\"%s/A%d_kriging_predict_%s.tif\"
,\"GTiff\")\"      %      (str(self.lineEdit_esp_generale.text()),int(self.DATA_LIST[i].us),
str(self.lineEdit_automap.currentText()))
      eval(raster)

      add_map="self.iface.addRasterLayer(\"%s/A%d_kriging_predict_%s.tif\")\"      %
(str(self.lineEdit_esp_generale.text()),int(self.DATA_LIST[i].us),
str(self.lineEdit_automap.currentText()))
      eval(add_map)
      test=      "r('verifica_errore      <-      krige.cv(%s~1,      archezoology_table,
model=vgm(%s,\"%s\",%s,%s),nfold=nrow(archezoology_table))\")%
(str(self.lineEdit_automap.currentText()),      str(self.psil1_2.text()),
str(self.model_2.currentText()),str(self.rang_2.text()),str(self.nugget_3.text()))
      eval(test)
      r("")
ME <- function(xv.obj){

      tmp <- xv.obj$residual

      return(sum(tmp)/length(tmp))}
MSE <- function(xv.obj){

      tmp <- xv.obj$residual

      return(sqrt((sum(tmp^2)/length(tmp))))
}
MSDR <- function(xv.obj){
      e2 <- xv.obj$residual^2
      s2 <- xv.obj$var1.var
      msdr <- sum(e2/s2)/length(e2)

      return(msdr)}
""
      error=
"r('write.table(ME(verifica_errore),\"%s\ME.txt\");write.table(MSE(verifica_errore),\"%
s\MSE.txt\");write.table(MSDR(verifica_errore),\"%s\MSDR.txt\")\"      %
(str(self.lineEdit_esp_generale.text()),str(self.lineEdit_esp_generale.text()),str(self.line
Edit_esp_generale.text()))
      eval(error)

```

La mappa di distribuzione sarà salvata in raster tiff, georeferita e tramite lo strumento clipper¹⁰ sarà possibile ritagliare i bordi del raster, come nel caso in oggetto con poligono perimetrale della grotta, in modo tale da avere un raster combaciante con il perimetro dello scavo e quindi della parte indagata (Tabella 14).

Tabella 14: Blocco di codice per la funzione clipper (in pyarchinit_Archeozoology_mainapp.py linea 2233-2238).

```
def on_clipper_pressed(self):  
    from tools.doClipper import GdalToolsDialog as Clipper  
    d = Clipper( self.iface )  
    self.runToolDialog( d )  
    self.clipper = QAction( QIcon( ":icons/raster-clip.png" ),  
        QApplication.translate( "GdalTools", "Clipper" ), self.iface.mainWindow() )
```

Tool

In questa sezione ci sono due funzioni. La prima funzione permette di visualizzare a video i vettori puntuali della tabella geometrica pyarcheozoo, mentre la seconda funzione, altamente sperimentale permette di visualizzare i dati in 3D (Tabella 15). Per visualizzare i dati in 3D bisogna inserire il numero di colonna della tabella tot_specie_terrestre e comparirà in una finestra separata da Qgis i dati tridimensionali.

Tabella 15: Blocco di codice per la visualizzazione 3D in (pyarchinit_Archeozoology_mainapp.py linea 2548-2623).

```
def on_tre_d_pressed(self):  
    mylayer = self.iface.activeLayer()  
  
    if self.tab_5.text() == "":  
        tab_5 = 0  
    else:  
        tab_5 = int(self.tab_5.text())
```

¹⁰ Da notare che la funzione clipper è richiamata sfruttando degli strumenti interni a Qgis

```

from shapely.wkb import loads

x=[]
y=[]
z=[]
for elem in mylayer.selectedFeatures():

    geom= elem.geometry()
    wkb = geom.asWkb()
    data = loads(wkb)

    x.append(data.x)
    y.append(data.y)
    z.append(0)

x=[]
y=[]
z=[]
for elem in mylayer.selectedFeatures():

    geom= elem.geometry()
    x.append(geom.asPoint()[0])
    y.append(geom.asPoint()[1])
    tab      =      "(z.append(elem.attributes()[%d]))"      %
int(self.tab_5.text())
    eval (tab)

from mpl_toolkits.mplot3d.axes3d import *
import matplotlib.pyplot as plt
from matplotlib import cm
fig = plt.figure()
ax = Axes3D(fig)
ax.scatter3D(x,y,z,c=z,cmap=plt.cm.jet)
plt.show()

import visvis
# apre la finestra per visualizzare i punti
f = visvis.gca()
m = visvis.plot(x,y,z, lc='k', ls='', mc='g', mw=2, lw=2, ms='.')
f.daspect = 1,1,10 # z x 10

import numpy as np
from matplotlib.mlab import griddata
# creazione di una griglia 2d

```



```

xi = np.linspace(min(x), max(x))
yi = np.linspace(min(y), max(y))
X, Y = np.meshgrid(xi, yi)
# interpolation
Z = griddata(x, y, z, xi, yi)
f = visvis.gca()
m = visvis.grid(xi,yi,Z)
f.daspect = 1,1,10
m = visvis.surf(xi,yi,Z)
m.colormap = visvis.CM_JET

import scipy as sp
import scipy.interpolate
# costruzione della griglia
spline = sp.interpolate.Rbf(x,y,z,function='thin-plate')
xi = np.linspace(min(x), max(x))
yi = np.linspace(min(y), max(y))
X, Y = np.meshgrid(xi, yi)
# interpolazione
Z = spline(X,Y)
f = visvis.gca()
m = visvis.surf(xi,yi,Z)
m.colormap = visvis.CM_JET
f.axis.visible = True

```

4.3.10 Gis time controller

Questa scheda permette di visualizzare e costruire in automatico delle piante di scavo disegnate in base ai periodi e alle fasi. La visualizzazione può avvenire in due modi differenti: sia per cronologia assoluta che per cronologia relativa.

Per far funzionare il sistema di ricerca per cronologie assolute si richiede la creazione dei periodi di scavo nella scheda Periodizzazione. La cronologia assoluta qui utilizzata viene riferita ai termini "avanti Cristo" e "dopo Cristo". Per settare i valori avanti Cristo si utilizza segno "-" davanti all'anno (es: 268 a.C. = -268). Per settare, invece, i valori dopo Cristo non è necessario utilizzare alcun segno (1400 d.C. = 1400) (Figura 38)(Tabella 16: blocco di codice per la cronologia relativa del sistema (in `pyarchinit_gis_time_controller.py` linea 92-111). Ogni qual volta si richiamerà ,

attraverso la cronologia assoluta, una pianta di scavo, si caricheranno i layer¹¹ inerenti a quella cronologia, pertanto i layer caricati si sovrapporranno. Invece la cronologia relativa del sistema permette in modo dinamico di visualizzare le varie fasi sullo stesso layer. Una volta caricata la vista della mappa e selezionata la stessa, tramite *il widget dial-type control*¹², si farà apparire sullo stesso layer la sequenza delle stratigrafia disegnata in base all'ordinamento dei layer (Figura 39).

Tabella 16: blocco di codice per la cronologia relativa del sistema (in *pyarchinit_gis_time_controller.py* linea 92-111)

```
def define_order_layer_value(self,v):
    try:
        self.ORDER_LAYER_VALUE= v
        layer = self.iface.mapCanvas().currentLayer().dataProvider()
        originalSubsetString = layer.subsetString()
        #if originalSubsetString != "":
            newSubSetString = "order_layer <= %s" %
(self.ORDER_LAYER_VALUE) #4D dimensione
            layer.setSubsetString(newSubSetString)
            self.iface.mapCanvas().refresh()
    except:
        QgsMessageLog.logMessage("Devi prima caricare
pyarchinit_us_view e/o selezionarlo dal GeoDatabase ")
        self.iface.messageBar().pushMessage("Help", "Devi prima
caricare pyarchinit_us_view e/o selezionarlo dal GeoDatabase",
level=QgsMessageBar.WARNING)
    def reset_query(self):
        self.ORDER_LAYER_VALUE = v
```

¹¹ I layer caricati sono in modalità vista e quindi non editabili.

¹² Widget di QT per combinare elementi d'immagini.

Figura 38: GIS Time Controller sezione Cronologia assoluta.

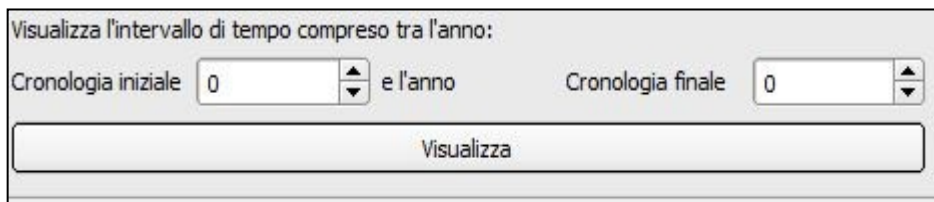
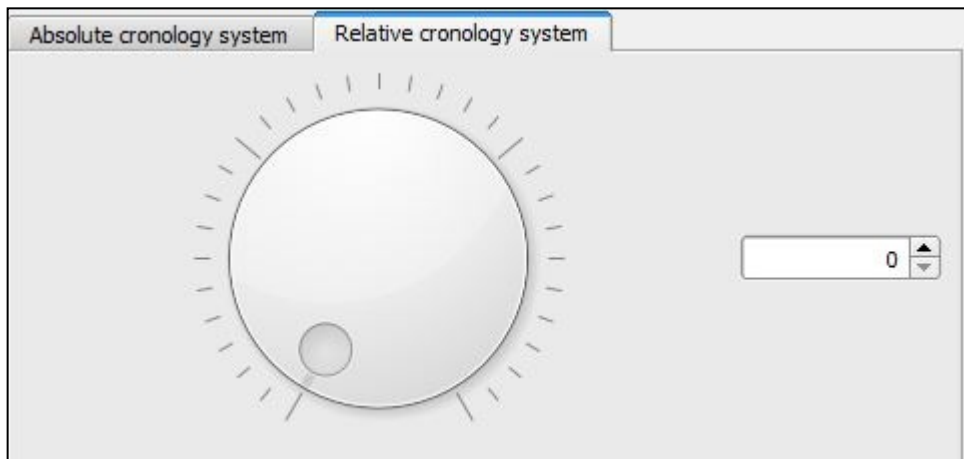


Figura 39: GIS Time Controller sezione Cronologia relativa.

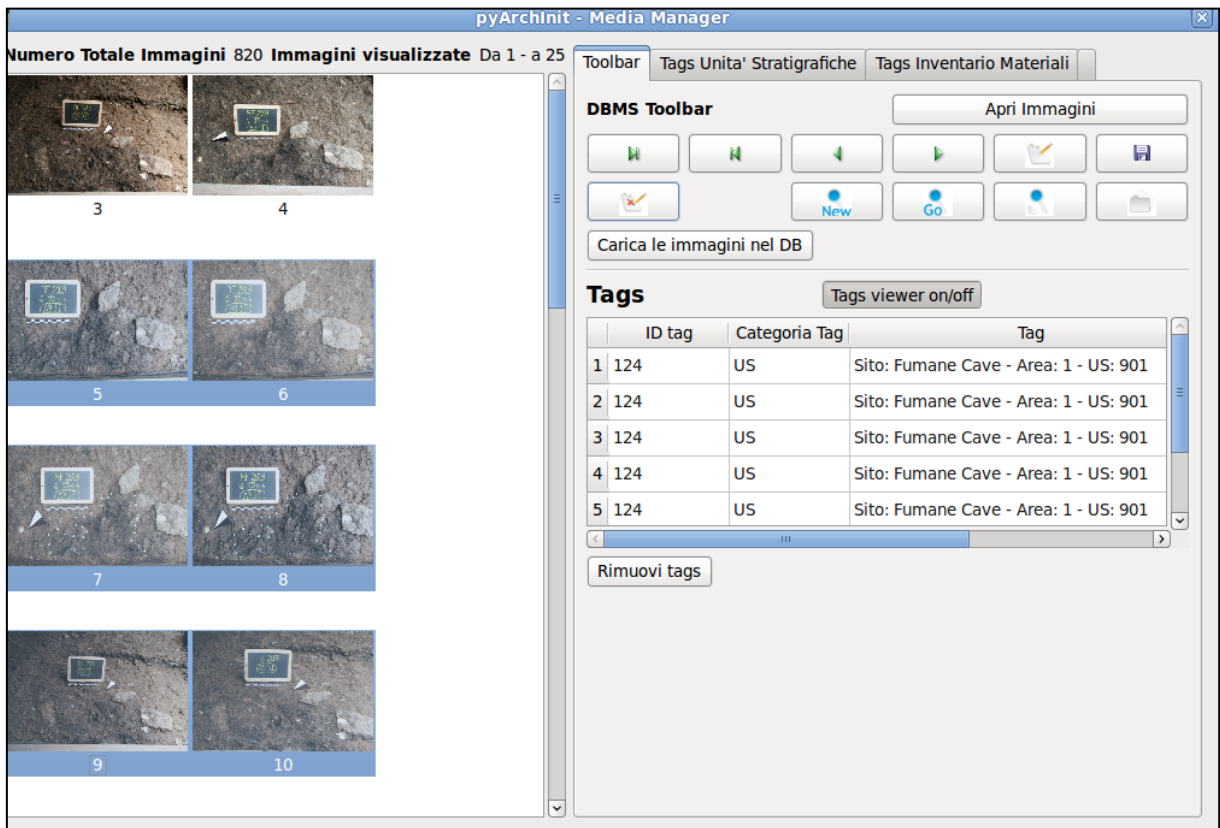


4.3.11 Scheda Gestione immagini

La scheda di gestione immagini al momento gestisce solo le immagini relative all'inventario materiali e alle unità stratigrafiche. La scheda è strutturata in modo tale da assegnare dei link alle immagini che si taggano creando anche delle preview definite *thumbnail*. La scheda si presenta divisa in due pannelli. Nel pannello di sinistra vengono mostrate le immagini caricate, mentre il pannello di destra è diviso in 3 sezioni. La prima sezione è composta dalla toolbar per navigare nei record e da un riquadro che mostra i tag delle immagini a cui si è assegnato un link. Attraverso il bottone "carica immagine" si sceglie la cartella in cui sono contenute tutte le immagini che si vogliono importare. Nella seconda e terza sezione si assegnano i tags per le unità stratigrafiche e i materiali. Per esempio selezionando dal pannello di sinistra le immagini a cui si assegneranno i tags, nel pannello di destra della sezione "Tag unità stratigrafica", si inseriranno i dati che renderanno univoco quel percorso. Nel caso specifico si dovranno inserire il nome del sito, l'area e il numero di unità

stratigrafica (Figura 40). In questo modo sarà possibile visualizzare nella scheda delle unità stratigrafiche le immagini relative a quella US. Invece per la sezione "Tag inventario materiali" si inseriranno i dati inerenti al sito e al numero di inventario. Se un'immagine (che ha lo stesso nome) è già presente nel database, un messaggio comparirà avvertendo della presenza.

Figura 40: Scheda Gestione Immagini.



4.3.12 Scheda Determinazione sesso

La scheda Determinazione sesso permette il calcolo della stima del sesso di un individuo seguendo alcuni parametri che riguardano il cranio e il bacino. I parametri seguiti per il cranio sono stati estrapolati dagli indici proposti da Acsadi&Nemeskeri (1970), mentre per il bacino gli indici sono stati estrapolati da Bruzek (2002). I valori da inserire, tramite menu a tendina, vanno da 2 a -2; per il cranio riguardano la glabella, il processo mastoideo, il piano nucale, il processo zigomatico, l'arcata sopraciliare, la tuberosità frontale, la protuberanza occipitale, l'inclinazione frontale,

l'osso zigomatico, il margine sopraorbitale, il palato, la morfologia mandibola, il mento, l'angolo mandibolare, il margine inferiore, la branca montante e il condilo mandibolare. Una volta inseriti questi parametri è possibile effettuare il calcolo ottenendo il valore dell'indice di sessualizzazione (Figura 41).

Differente è il calcolo che si vorrà fare usando i parametri del bacino, infatti, i parametri da inserire è il sesso stimato in base a dei a dei valori i cui caratteri di riferimento sono: superficie parauricolare, grande incisura ischiatica, arco composito, ramo ischio-pubico, proporzioni ischio- pubiche (Figura 42).

In entrambe le sezioni, cranio e bacino, sono state inserite delle tavole con riferimenti agli ossi presi in considerazione per un maggiore supporto di comprensione.

Figura 41: Scheda Determinazione Sesso sui caratteri del cranio.

Cranio					
Acsadi e Nemeskeri, 1970		<input type="button" value="Apri tavola"/>			
Caratteri	Grado imp	Valori	Caratteri	Grado imp	Valori
Glabella	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value=""/>	Palato	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value=""/>
Processo mastoideo	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value=""/>	Morfologia mandibola	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value=""/>
Piano nucale	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value=""/>	Mento	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value=""/>
Processo zigomatico	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value=""/>	Angolo mandibolare	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value=""/>
Arcata sopraaliare	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value=""/>	Margine inferiore	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value=""/>
Tuberosità front. e par.	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value=""/>	Branca montante	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value=""/>
Protuberanza occipitale est.	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value=""/>	Condilo mandibolare	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value=""/>
Inclinazione frontale	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value=""/>			
Osso zigomatico	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value=""/>			
Margine sopraorbitale	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value=""/>			
			Valore totale	<input type="text" value=""/>	
			Indice sessualizzazione	<input type="text" value=""/>	
				<input type="button" value="calcola"/>	

Figura 42: Scheda Determinazione Sesso sui caratteri del bacino.

Bacino			
Caratteri	Indice di sessualizzazione	Sesso stimato	Sesso stimato
Superficie preauricolare	I: sviluppo negativo dei rilievi	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	II: aspetto incavo o puntinato	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	III: sviluppo positivo dei rilievi	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Grande inc. ischiatica	I: proporz. della lunghezza dell'arco incisura ischiatica	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	II: forma contorno dell'arco incisura ischiatica	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	III: contorno della corda dell'arco posteriore relativo alla linea dal punto A all'incisura ischiatica	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Arco composito	Relazione tra il contorno dell'arco dell'ischio e della sup. auricolare	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Ramo ischio-pubico	I: caratterizzazione del margine inf. dell'osso coxale	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	II: assenza o presenza della cresta fallica	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	III: aspetto del ramo ischio-pubico	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Prop. ischio-pubiche	Relazione tra la lunghezza dell'ischio e del pube	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Indice di sessualizzazione		<input type="text"/>	<input type="text"/>

4.3.13 Scheda Determinazione età

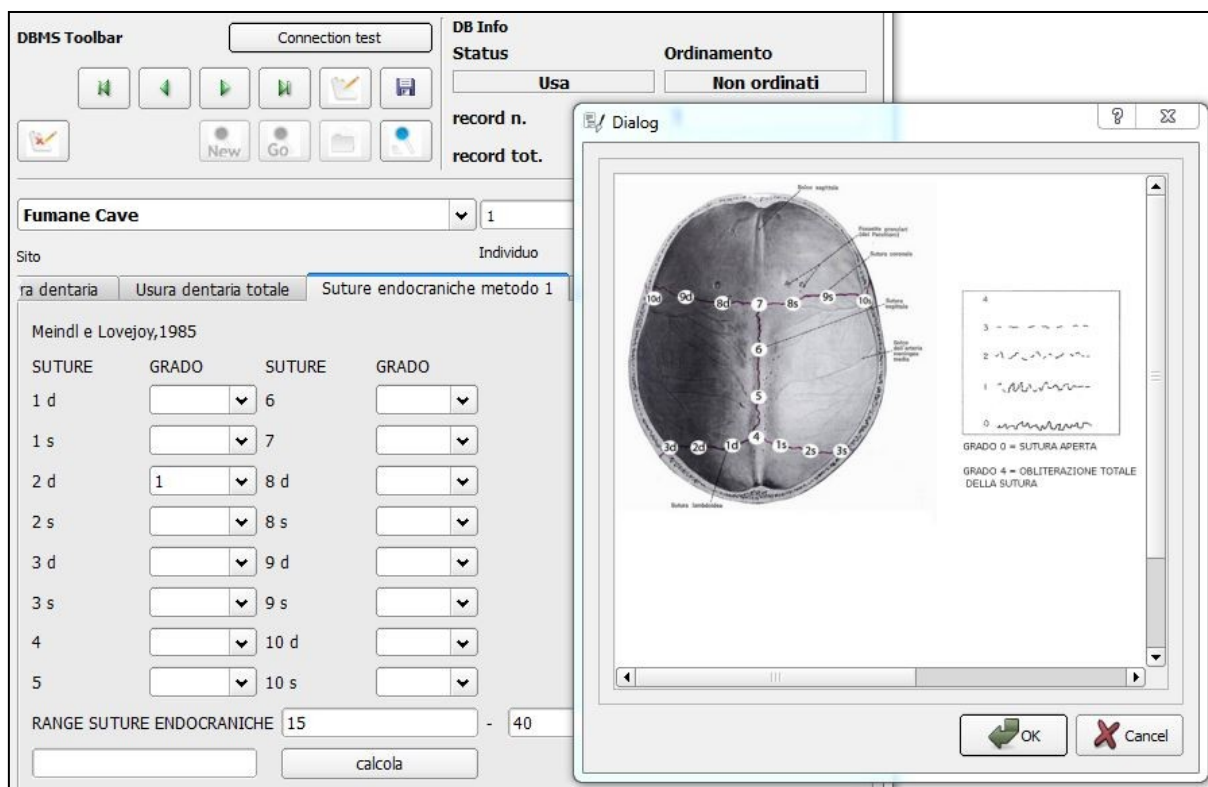
Questa scheda presenta vari metodi per determinare l'età di morte dell'individuo. Due metodi proposti si basano sul riconoscimento della sinfisi pubica, per poter procedere bisogna prima aver riempito la scheda individuo, inserendo la stima del sesso nell'apposita casella. I due metodi proposti sono stati estrapolati da Suchey&Brooks (1990) e Kimmerle *et al* (2008). Gli altri metodi si basano sull'osservazione di parametri che riguardano la superficie auricolare¹³, l'usura dentaria¹⁴ e infine le suture endocraniche¹⁵ (Figura 43). Come nella scheda determinazione sesso, anche in questa scheda tutti i parametri sono supportati da tavole di supporto per il riconoscimento degli ossi con le rispettive morfometrie.

¹³ Parametri estrapolati da Schmitt (2005).

¹⁴ Parametri estrapolati da Lovejoy (1985).

¹⁵ Parametri estrapolati da Meindl e Lovejoy (1985); Acsadi e Nemeskéri (1970).

Figura 43: Scheda Determinazione Età di morte con metodo1 sinfisi pubica.



4.3.14 Scheda Thesaurus

La scheda Thesaurus permette di rendere flessibili e customizzabili le voci di alcune schede del plugin. Questa scheda si presenta con una singola interfaccia avente 4 campi e un riquadro di testo per le annotazioni e descrizioni della nuova voce che inserire verrà inserita. I campi da riempire sono: sigla, sigla estesa, tipologia sigla, nome tabella (Figura 44).

- Nel campo "sigla" si inserirà un codice alfanumerico di massimo 3 caratteri. Le voci di questo campo compariranno nel campo "Sigla struttura" della Struttura.
- Nel campo "sigla estesa" si inserirà un elemento alfanumerico che equivale allo scioglimento del codice inserito nel campo "sigla".

- Nel campo "tipologia sigla" si sceglierà in quale campo dovrà essere inserita la nuova voce (Tabella 17). Al momento i campi che posso essere modificati¹⁶sono:

Scheda delle unità stratigrafiche

- Definizione stratigrafica, Definizione interpretata e colore.

Scheda sito

- Interpretazione del sito.

Scheda inventario reperti

- Tipo reperto, Classe materiali e Definizione reperto.

Scheda Tafonomica

- Rito, Tipo copertura, Tipo contenitore resti.

Scheda Struttura

- Sigla struttura, Categoria, Tipologia, Definizione.

Figura 44: Scheda Thesaurus.

The screenshot shows a software interface for a Thesaurus. At the top left is a 'DBMS Toolbar' with a 'Connection test' button and several navigation icons. To the right is a 'DB Info' section with 'Status' set to 'Usa' and 'Ordinamento' set to 'Non ordinati'. Below this, 'record n.' is 1 and 'record tot.' is 35. The main area contains a search bar with the text 'Strato di terreno concottato'. Below the search bar are two dropdown menus: 'Sigla' with the value 'definizione stratigrafica' and 'Sigla estesa' with the value 'us_table'. Below these are labels for 'Tipologia sigla' and 'Nome tabella'. At the bottom is a section titled 'Dati descrittivi' with a large empty text area.

¹⁶ Con il termine modificare si intende aggiornare, inserire, cancellare la voce dal campo.

Nel campo “nome tabella” si sceglieranno le rispettive tabelle del database in cui verranno salvati i dati. Le tabelle prese in considerazione sono rispettivamente: *us_table*, *site_table*, *inventario_materiali_table*, *tafonomia_table*, *struttura_table*.

Di seguito si riporta un esempio di inserimento per una nuova voce nella scheda di unità stratigrafica nel campo Definizione stratigrafica.

sigla: BR

sigla estesa: Brecce

tipologia sigla: Definizione stratigrafica

nome tabella: *us_table*.

Tabella 17: Esempio di inserimento dati nella Scheda Thesaurus.

id_thesaurus_sigle	nome_tabella	sigla	sigla_estesa	descrizione	tipologia_sigla
12	<i>us_table</i>	SI	Strato di intonaco	Strato di intonaco bianco presente sulle strutture murarie	Definizione stratigrafica

Infine bisognerà inserire una breve descrizione nel campo "Dati descrittivi". Qualora uno di questi campi non venga riempito un messaggio di "Alert" comparirà a indicare la mancata immissione del dato senza la quale sarà impossibile salvare il record e di conseguenza aggiornare il campo (Tabella 18).

Nel caso della scheda US, e in particolare per quanto riguarda i valori assegnabili alla definizione stratigrafica, è in corso di elaborazione una collezione di termini che uniformino il linguaggio e permettano una caratterizzazione dinamica degli strati. Inoltre *Qgis* permette tramite il “gestore di stili” di realizzare delle texture personalizzate, incrociando colori e immagini *.svg*. In questo modo si è creato un file *.xml* che contiene una texture per ogni definizione stratigrafica creata nella tabella

pyarchinit_thesaurus_definizioni. Il plugin, quando richiama la view preposta a disegnare una pianta di fase, di struttura o di altro tematismo, carica il file *.qml* in cui sono definite le regole per caratterizzare lo strato: In questo modo non sarà necessario andare a caratterizzare manualmente alcuni tipi di strato e si avranno delle planimetrie con caratteristiche omogenee.

Tabella 18: Blocco di codice per l'inserimento delle nuove voci nella scheda Thesaurus (in Pyarchinit_Thesaurus_mainapp.py linea 332-355).

```
def insert_new_rec(self):  
  
    try:  
  
        data = self.DB_MANAGER.insert_values_thesaurus(  
  
            self.DB_MANAGER.max_num_id(self.MAPPER_TABLE_CLASS,  
self.ID_TABLE)+1,  
  
            unicode(self.comboBox_nome_tabella.currentText()),  
            #1 - nome tabella  
  
            unicode(self.comboBox_sigla.currentText()),  
            #2 - sigla  
  
            unicode(self.comboBox_sigla_estesa.currentText()),  
            #3 - sigla estesa  
  
            unicode(self.textEdit_descrizione_sigla.toPlainText()),  
            #4 - descrizione  
  
            unicode(self.comboBox_tipologia_sigla.currentText()))  
            #5 - tipologia sigla  
  
    try:  
  
        self.DB_MANAGER.insert_data_session(data)  
  
    return 1
```

```

        except Exception, e:

            e_str = str(e)

            if e_str.__contains__("Integrity"):

                msg = self.ID_TABLE + " gia' presente nel database"

            else:

                msg = e

            QMessageBox.warning(self, "Errore", "Attenzione 1 ! \n"+
str(msg), QMessageBox.Ok)

            return 0

    except Exception, e:

        QMessageBox.warning(self, "Errore", "Attenzione 2 ! \n"+str(e),
QMessageBox.Ok)

        return 0

```

4.3.15 Configurazione parametri di connessione al database

La scheda di configurazione di connessione al database presenta 2 sezioni.

La prima sezione prevede i parametri di connessione sia al database *Spatialite* che al database *PostgreSQL*. I campi che compongono questa sezione sono (Tav....):

- Database;
- Host;
- Port;
- DBname;
- User;
- Password;
- Thumbnail path;

- Logo path.

Nel campo Database si sceglierà quale tipo di database si vorrà utilizzare : *PostgreSQL* o *Spatialite*. Nel campo Host si inserirà l'indirizzo ip dove è installato il database (questo vale solamente per il database PostgreSQL). Nel campo Port si inserirà il numero di porta su cui il database è stato registrato. Nel campo DBname si inserirà il nome del database. Nel campo User e Password si inseriranno i nome utente e password con cui il database è stato registrato.

Di default la connessione è settata per connettersi al database *Spatialite* nominato `pyarchinit_db.sqlite`¹⁷. I parametri necessari per la connessione a *Spatialite* sono solamente Database e DBname. Mentre per la connessione a PostgreSQL vanno inseriti tutti i campi.

Nei campi Thumbnail path e Logo path vanno inseriti i percorsi personalizzati nelle quali si salveranno rispettivamente le miniature delle immagini gestite dalla Scheda gestione immagini e il logo¹⁸ che si vorrà utilizzare nelle stampe pdf prodotte dalle varie schede.

Nella seconda sezione è possibile installare il database *PyArchInit* in PostgreSQL con l'estensione spaziale *PostGIS* 1.x o 2.x. Questo processo viene effettuato in due step: nel primo step si crea il database e si inseriscono come parametri il nome del database, il nome del template *PostGIS* che si utilizzerà e la porta su cui è registrato PostgreSQL; il secondo step prevede l'installazione del geodatabase sull'estensione spaziale scelta (Tabella 19).

Tabella 19: Blocco di codice per l'installazione del database PostgreSQL e l'estensione spaziale PostGIS (in *PyArchInitConfigDialog.py* linea 112-173).

```
def on_pushButton_crea_database_pressed(self):
    import time
```

¹⁷ Il database Spatialite è un singolo file con estensione `.sqlite` che viene creato alla prima installazione di PyArchInit nella cartella `pyarchinit_DB_folder` situato, nel caso si usi il sistema operativo Windows, in `C:/User/percorso_utensente/`, mentre nel caso si usi il sistema operativo linux in `/home/percorso_utente/`

¹⁸ Il logo che si utilizza deve essere nominato `logo.jpg`.

```

        try:
            db = os.popen("createdb -U postgres -p %s -h localhost -E UTF8
-T      %s      -e      %s"      %      (str(self.lineEdit_port_db.text()),
str(self.lineEdit_template_PostGIS.text()), str(self.lineEdit_dbname.text()))
            barra = self.pyarchinit_progressBar_db
            #barra.show()
            barra.setMinimum(0)
            barra.setMaximum(9)
            for a in range(10):
                time.sleep(1)
                barra.setValue(a)
            QMessageBox.warning(self, "ok","Installazione avvenuta con
successo", QMessageBox.Ok)
        except Exception,e:
            QMessageBox.warning(self, "opss", u"qualcosa non va" + str(e),
QMessageBox.Ok)

def on_pushButton_crea_layer_pressed(self):
    from pyarchinit_OS_utility import *
    import time

    if os.name == 'posix':
        home = os.environ['HOME']
    elif os.name == 'nt':
        home = os.environ['HOMEPATH']

    try:
        module_path_rel = os.path.join(os.sep, '.qgis2', 'python','plugins',

```

```

'PyArchInit', 'modules', 'utility', 'DBfiles', 'pyarchinit_postgis15_empty.dump')
        module_path = ('%s%s') % (home, module_path_rel)
        postgis15 = os.popen ("pg_restore --host localhost --port %s --
username postgres --dbname %s --role postgres --no-password --verbose %s" %
(str(self.lineEdit_port_db.text()), str(self.lineEdit_dbname.text()), str(module_path)))
        barra2 = self.pyarchinit_progressBar_template
        barra2.setMinimum(0)
        barra2.setMaximum(9)
        for a in range(10):
            time.sleep(1)
            barra2.setValue(a)
        QMessageBox.warning(self, "ok", "Installazione avvenuta con
successo", QMessageBox.Ok)
    except Exception,e:
        QMessageBox.warning(self, "opss", u"qualcosa non va" + str(e),
QMessageBox.Ok)

def on_pushButton_crea_layer_2_pressed(self):
    from pyarchinit_OS_utility import *
    import time

    if os.name == 'posix':
        home = os.environ['HOME']
    elif os.name == 'nt':
        home = os.environ['HOMEPATH']

    try:
        module_path_rel = os.path.join(os.sep, '.qgis2', 'python', 'plugins',

```

```

'PyArchInit', 'modules', 'utility', 'DBfiles', 'pyarchinit_postgis20_empty.dump')
        module_path = ('%s%s') % (home, module_path_rel)
        postgis15 = os.popen ("pg_restore --host localhost --port %s --
username postgres --dbname %s --role postgres --no-password --verbose %s" %
(str(self.lineEdit_port_db.text()), str(self.lineEdit_dbname.text()), str(module_path)))
        barra2 = self.pyarchinit_progressBar_template
        barra2.setMinimum(0)
        barra2.setMaximum(9)
        for a in range(10):
            time.sleep(1)
            barra2.setValue(a)
        QMessageBox.warning(self, "ok", "Installazione avvenuta con
successo", QMessageBox.Ok)
    except Exception,e:
        QMessageBox.warning(self, "opss", u"qualcosa non va" + str(e),
QMessageBox.Ok)

```

4.3.16 Scheda di Backup

La scheda di backup (Figura 45) prevede il backup del singolo database in una cartella creata appositamente alla prima installazione del plugin¹⁹ (questa funzione viene effettuata su tutti i sistemi operativi), oppure il backup totale di tutti i database presenti in *PostgreSQL* (questa funzione è valida solamente per il sistema operativo Linux (**Errore. L'autoferimento non è valido per un segnalibro.**)). Inoltre è possibile effettuare anche il ripristino di un database esistente.

Tabella 20: 2 blocchi di codice per il backup del singolo database e del backup totale di tutti i

¹⁹ La cartella è nominata *pyarchinit_db_backup* ed è situata, nel caso si usi il sistema operativo Windows, in *C:/User/percorso_utensente/* , mentre nel caso si usi il sistema operativo linux in */home/percorso_utente/*.

database (dbmanagment.py linea 112-135 & 163-189).

```
for db_name in db_names:
    try:
        #app = QtGui.QApplication(sys.argv)
        barra = QtGui.QProgressBar(self)
        barra.show()
        barra.setMinimum(0)
        barra.setMaximum(9)
        for a in range(10):
            time.sleep(1)
            barra.setValue(a)
            #app.exec_()
        file_path = ""
        dumper = " -U %s -Z 9 -f %s -F c %s "
        # os.putenv('PGPASSWORD', db_password)
        bkp_file = '%s_%s.sql' % (db_name,
time.strftime('%Y%m%d_%H%M%S'))
        # glob_list = glob.glob(dump_dir + db_name + '*' + '.pgdump')
        file_path = os.path.join(dump_dir, bkp_file)
        command = 'pg_dump' + dumper % (db_username, file_path, db_name)
        subprocess.call(command, shell=True)
        subprocess.call('gzip ' + file_path, shell=True)

        QMessageBox.warning(self, "Messaggio", "Backup completato",
QMessageBox.Ok)
    except Exception, e:
        QMessageBox.warning(self, "Messaggio", "Backup fallito!!" +
str(e), QMessageBox.Ok)
.....
```



```

# DB NAMES

    get_db_names="psql -U%s -d%s -p%s --tuples-only -c '\l' | awk -F\| '{
print $1 }' | grep -E -v '(template0|template1|^\$)" % (username, defaultdb, port)

# BACKUP del SYSTEMGRANTS

os.popen("pg_dumpall -p%s -g|gzip -9 -c > %s/system.%s.gz" % (port,
backupdir, date))

# DB BACKUP

for base in os.popen(get_db_names).readlines():
    try:
        #app = QtGui.QApplication(sys.argv)
        barra = QtGui.QProgressBar(self)
        barra.show()
        barra.setMinimum(0)
        barra.setMaximum(9)
        for a in range(10):
            time.sleep(1)
            barra.setValue(a)
        #app.exec_()
        base = base.strip()
        fulldir = backupdir + base
        if not os.path.exists(fulldir):
            os.mkdir(fulldir)
        filename = "%s/%s-%s.sql" % (fulldir, base, date)
        os.popen("nice -n 19 pg_dump -C -F c -U%s -p%s %s > %s" %
(username, port, base, filename))
        QMessageBox.warning(self, "Messaggio", "Backup completato",

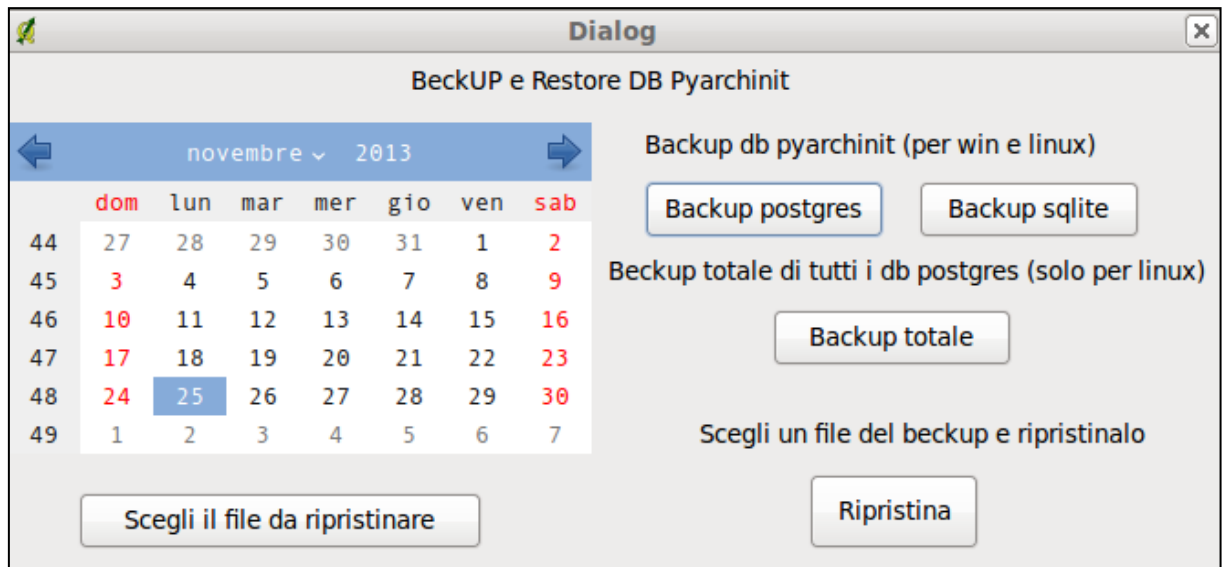
```

```
QMessageBox.Ok)
```

```
except Exception, e:
```

```
    QMessageBox.warning(self, "Messaggio", "Backup fallito!!" +  
str(e), QMessageBox.Ok)
```

Figura 45: Scheda Backup.



4.4 Il sistema dei livelli informativi

PyArchInit è stato pensato per poter gestire i dati cartografici necessari all'interno della ricerca archeologica. Sono stati elaborati una serie di livelli informativi immagazzinati all'interno di *PostgreSQL* che servono a definire siti, linee di riferimento, ripartizioni spaziali e tutto il necessario per documentare al meglio un sito archeologico.

Alcuni di questi livelli sono legati alle schede alfanumeriche per mezzo delle view in modo da poter sfruttare tutti i dati schedati e trasformali in ricerche incrociate a qualsiasi livello e in piante tematiche per l'analisi dei contesti.

I livelli informativi creati sono:

- *pyarchinit_ripartizioni_spaziali*

- pyarchinit_sondaggi
- pyarchinit_linee_rif
- pyarchinit_punti_rif
- pyarchinit_sezioni
- pyarchinit_strutture_ipotesi
- pyarcheofoo

Livelli per la gestione diretta della stratigrafia:

- pyunitastratigrafiche
- pyarchinit_quote

pyarchinit_ripartizioni_spaziali

Livello di tipo poligonale per la definizione di tutte quelle ripartizioni spaziali utili nella ricerca: dalla definizione di quartieri storici di una città fino ai singoli quadrati di scavo.

È necessario inserire il nome in ID per la ripartizione in modo da poterlo distinguere dagli altri, il sito di riferimento, possibilmente il medesimo utilizzato a livello della scheda di sito, e la tipologia di ripartizione.

A ogni geometria sono legati i seguenti campi:

1. gid: identificatore della geometria;
2. id_riparti: viene indicata l'area: Area 1;
3. sito: sito archeologico indagato;
4. tipologia_ripartizione: viene indicata la tipologia dell'area: Area d'indagine;

5. descrizione: viene descritta l'area.

pyarchinit_sondaggi

Livello di tipo poligonale utilizzato per disegnare i sondaggi di scavo quali: trincee, saggi, approfondimenti, ecc.

A ogni geometria sono legati i seguenti campi:

1. gid: identificatore della geometria;
2. sito: sito archeologico indagato;
3. id_sondaggio: viene inserita la sigla che identifica il sondaggio: Trincea 1, Saggio 2, ecc..

pyarchinit_linee_rif

Livello di tipo lineare per disegnare varie tipologie di linee di riferimento: viabilità storiche, progetti architettonici, ecc..

A ogni geometria sono legati i seguenti campi:

1. gid: identificatore della geometria;
2. sito: sito archeologico indagato;
3. definizione: viene definita la linea: Edificio odierno;
4. descrizione: viene descritta la linea.

pyarchinit_punti_rif

Livello di tipo puntuale in cui inserire tutti i punti di riferimento: punti di sezione, punti fissi per il disegno degli strati, localizzazione di reperti, ecc.

A ogni geometria sono legati i seguenti campi:

1. gid: identificatore della geometria;
2. sito: sito archeologico indagato;

3. *def_punto*: viene nominato il punto: Picchetto, Punto di sezione;
4. *id_punto*: viene definito il punto: F, Quota di fondo;
5. *quota*: valore della quota;
6. *unita_di_misura*: unità di misura della quota;
7. *area*: viene indicata l'area: Area 1.

pyarchinit_sezioni

Livello di tipo lineare contiene tutte le linee di sezione tracciate sul cantiere di scavo.

A ogni geometria sono legati i seguenti campi:

1. *gid*: identificatore della geometria;
2. *id_sezioni*: viene indicato il nome della sezione: E-E', A-A';
3. *sito*: sito archeologico indagato;
4. *area*: viene indicata l'area: Area 1;
5. *descrizione*: viene descritta la linea: Sezione, Prospetto.

pyarchinit_strutture_ipotesi

Livello di tipo poligonale viene utilizzato per disegnare l'ipotetica forma di una struttura, definirne le suddivisioni e le funzioni interne.

A ogni geometria sono legati i seguenti campi:

1. *gid*: identificatore della geometria;
2. *scavo*: sito archeologico indagato;
3. *id_struttura*: viene inserito l'identificatore della struttura per il join (al momento non realizzato) con la scheda di Struttura: TB03, ED01;
4. *per_iniz*: sigla del periodo iniziale;
5. *per_fin*: sigla del periodo finale;

6. fase_iniz: sigla della fase iniziale;
7. fase_fin: sigla della fase iniziale;
8. dataz_ext: datazione estesa: Fine XV secolo;
9. descrizione: descrizione generica della geometria.

I livelli informativi per il disegno delle Unità Stratigrafiche

Un set di livelli è al momento in fase di sviluppo, per poter rappresentare al meglio la stratigrafia che emerge dagli scavi archeologici.

A oggi gli strati vengono disegnati all'interno del livello informativo *pyunitastratigrafiche*; questo livello contiene sia i limiti di tutte le US scavate, sia le singole caratterizzazioni (malta, ciottoli, laterizi, ecc.). È necessaria una breve precisazione: fino a poco tempo fa, nella prima versione di *PyArchInit*, si era scelto di disegnare le caratterizzazioni di strato (frammenti di laterizi, coppi, carboni, pietre, ecc.) all'interno di un livello che ancora è presente nel database; tale scelta però, nel caso di stratigrafie complesse, porta ad avere due livelli informativi sovrapposti difficilmente gestibili quando due o più livelli condividono a quote differenti il medesimo spazio. Si è optato quindi per inserire tutto all'interno di un unico layer informativo, *pyunitastratigrafiche*; unico accorgimento è utilizzare il codice 1 per tutte le caratterizzazioni nel campo *stratigraph_index_us* e il codice 2 per i limiti di strato. Infine se vi sono caratterizzazioni che si sovrappongono, come un muro con ciottoli legati da malta, sarà necessario disegnare prima quelle più basse (la malta) poi quelle che coprono (i ciottoli).

Lo *stratigraph_index_us* è utilizzato dalla simbologia per poter caratterizzare le geometrie e per permettere alla view delle US di ordinare le singole features con gli strati sotto e le caratterizzazioni relative al di sopra.

I restanti due livelli informativi per disegnare le US sono *pyarchinit_quote* e *pyuscarlinee*, di cui parleremo più avanti.

Infine per visualizzare la stratigrafia in maniera corretta questi 4 layer sono collegati con la scheda di Unità Stratigrafica per mezzo di apposite view in postgres, che

eseguono un join dinamico tra dati alfanumerici di strato e geometrie relative:

- `pyarchinit_us_view`;
- `pyarchinit_quote_view`;
- `pyarchinit_us_carlinee_view`;

pyunitastrigrafiche – Disegnare una US

Nel livello vengono disegnati sia i limiti dell'US che le caratterizzazioni al suo interno.

A ogni geometria sono legati i seguenti campi:

1. `gid`: identificatore della geometria;
2. `area_s`: viene indicata l'area: Area 1;
3. `scavo_s`: sito archeologico indagato;
4. `us_s`: il numero di US;
5. `stratigraph_index_u`: assume valore 1 se la geometria è una caratterizzazione; assume il valore 2 se si tratta del perimetro dell'US;
6. `tipo_us_s`: definisce la tipologia dell'US disegnata, positiva negativa o struttura, oppure il tipo di caratterizzazione: laterizio, pietra, reperto osteologico, ecc.;
7. `rilievo_originale`: riferimento al supporto sul quale è stata digitalizzata la pianta;
8. `disegnatore`: responsabile della digitalizzazione dell'US;
9. `data`: data di digitalizzazione.

pyarchinit_quote

Livello di tipo puntuale per l'inserimento delle singole quote di una US.

A ogni geometria sono legati i seguenti campi:

1. gid: identificatore della geometria;
2. area_q: viene indicata l'area: Area 1;
3. sito_q: sito archeologico indagato;
4. us_q: il numero di US;
5. unita_misu_q: unità di misura della quota;
6. quota_q: valore di quota.

pyuscarlinee

Livello di tipo lineare per caratterizzare le Unità Stratigrafiche con curve di livello, fratture, barbe, ecc.

Ad ogni geometria sono legati i seguenti campi:

1. gid: identificatore della geometria;
2. area_l: viene indicata l'area: Area 1;
3. sito_l: sito archeologico indagato;
4. us_l: il numero di US;
5. tipo_us_l: descrizione della linea: barba, frattura.

4.5 Il database

Come già è stato illustrato precedentemente, *PyArchInit* ha la possibilità di sfruttare due tipi di database: *PostgreSQL* e *Spatialite* con estensione spaziale (Mandolesi, Cocca 2013).

In ambito GIS uno Spatial DBMS rappresenta il mezzo più indicato per la memorizzazione dei dati geografici. Uno Spatial DBMS è essenzialmente costituito da un DBMS di tipo convenzionale che deve però anche essere in grado di supportare

lo speciale data-type GEOMETRY. Tramite Spatial Index RTree²⁰, uno Spatial DBMS è infine in grado di ottimizzare i tempi di accesso ai dati GEOMETRY. Le specifiche OGC-SFS (Open Geospatial Consortium - Simple Features Interface Standard) definiscono i formati WKT e WKB per la rappresentazione dei dati GEOMETRY, e definiscono inoltre un esteso set di funzioni SQL che consentono l'analisi geometrico-spaziale dei dati. Tradizionalmente PostgreSQL supporta in modo eccellente lo standard OGC-SFS tramite l'estensione *PostGIS*.

Invece *Spatialite* rappresenta un'estensione Spatial assai simile a *PostGIS*: tuttavia *Spatialite* si basa su il DBMS SQLite. In questo modo si ottiene un vero e proprio Spatial DBMS che supporta praticamente l'intera gamma delle specifiche SQL e OGC-SFS, ma che è anche nel contempo assai leggero, strutturalmente semplice e privo di qualsiasi complessità. Ovviamente non esiste nessuna competizione tra *PostgreSQL+PostGIS* vs. *SQLite+Spatialite*: semplicemente si tratta di due strumenti differenti in termini architetturali, ma assai affini in termini funzionali. *PostgreSQL+PostGIS* è largamente consigliabile laddove un'architettura client-server è indispensabile, mentre un minimo di complessità sistemistica non rappresenta un problema. Viceversa *SQLite+Spatialite* è fortemente indicato per tutti gli usi di tipo Desktop/Personal: cioè dove la massima leggerezza, semplicità e immediatezza d'uso rappresentano un indiscutibile vantaggio. L'estrema semplicità strutturale di *SQLite+Spatialite* rende addirittura possibile l'installazione di un vero e proprio Spatial DBMS anche in dispositivi caratterizzati da estrema limitazione delle risorse HW quali gli *smart-phone* e i *mobile devices*. Inoltre un DB *Spatialite* consiste semplicemente in un unico file monolitico e con architettura *cross-platform*²¹, e può quindi essere utilmente impiegato anche come medium per la redistribuzione di contenuti geografici anche estremamente complessi.

Entrambi i database hanno una struttura gerarchica simile tranne per la gestione dei

²⁰ Gli RTree o R-alberi sono un tipo di albero (grafo) simile al B-Albero, ma sono usati per indicizzare spazi multidimensionali, a esempio le coordinate spaziali (X, Y) per dati geografici (Manolopoulos et al 2005).

²¹ Architettura indipendente da terze parti.

dati archeozoologici in quanto nel database *Spatialite* non sono state implementate le funzioni trigger e quindi non sono state create le tabelle per l'inserimento dei dati faunistici. Pertanto Per una maggiore completezza di descrizione ci si riferirà al database *PostgreSQL*.

PyArchInit per poter funzionare con il database PostgreSQL ha bisogno che sia installata anche l'estensione spaziale *PostGIS*. A seconda della versione del database *PostgreSQL* installato sulla macchina è possibile scegliere la versione *PostGIS* da installare²². La differenza sostanziale tra *PostGIS* 1.x e *PostGIS* 2.x risiede nella tabella "geometry_Attributi" che a partire dalla versione 2.x diventa una view. Per questo lavoro si è utilizzato la versione PostgreSQL 9.3 e *PostGIS* 2.01.

4.5.1 Le tabelle

Il database installato contiene 59 tabelle e 12 viste (Tabella 21).

Le tabelle così precostituite saranno riempite dalle apposite interfacce del plugin.

Tabella 21: Elenco delle tabelle del geo database di *PyArchInit*. Si evidenziano in grassetto le viste, in corsivo le tabelle geometriche e in carattere normale le tabelle alfanumeriche.

Tabelle	Colonne
<u>campioni_table</u>	10
<u>deteta_table</u>	57
<u>detsesso_table</u>	54
<u>documentazione_table</u>	9
<i>fauna</i>	30
<i>fauna_azioni</i>	10
<i>fauna_tipo_osso</i>	8
<i>fauna_tot_azioni</i>	34
<i>fauna_tot_tipo_osso</i>	49
<i>faunaterrestre_azioni</i>	10
<i>faunaterrestre_tipo_osso</i>	8
<i>faunaterrestre_tot_azioni</i>	34

²² Vedi paragrafo 4.3.15.

<u>faunaterrestre_tot_tipo_osso</u>	49
geography_Attributis	7
geometry_Attributis	7
<u>individui_table</u>	12
<u>inventario_materiali_table</u>	29
<u>layer_styles</u>	13
<u>litica</u>	22
<u>media_table</u>	7
<u>media_thumb_table</u>	7
<u>media_to_entity_table</u>	7
<u>pdf_administrator_table</u>	5
<u>periodizzazione_table</u>	9
<u>pyarcheozoo</u>	8
<u>pyarchinit_archeozoo_view</u>	30
<u>pyarchinit_ipotesi_strutture</u>	11
<u>pyarchinit_linee_rif</u>	6
<u>pyarchinit_punti_rif</u>	9
<u>pyarchinit_pyuscarlinee_view</u>	22
<u>pyarchinit_quote</u>	8
<u>pyarchinit_quote_view</u>	23
<u>pyarchinit_reperti_e_us_e_poligoni_view</u>	9
<u>pyarchinit_reperti_e_us_view</u>	43
<u>pyarchinit_reperti_us_poligoni_grouped</u>	2
<u>pyarchinit_reperti_view</u>	45
<u>pyarchinit_ripartizioni_spaziali</u>	7
<u>pyarchinit_sezioni</u>	7
<u>pyarchinit_siti</u>	5
<u>pyarchinit_thesaurus_sigle</u>	6
<u>pyarchinit_us_view</u>	24
<u>pyunitastratigrafiche</u>	8
<u>pyuscaratterizzazioni</u>	8
pyuscaratterizzazioni.view	8
<u>pyuscarlinee</u>	7
<u>site_table</u>	9
<u>spatial_ref_sys</u>	5
<u>struttura_table</u>	18
<u>tafonomia_table</u>	36
<u>tot_classe</u>	9
<u>tot_elem</u>	48
<u>tot_elem_terrestre</u>	48
<u>tot_famiglia</u>	29
<u>tot_litica</u>	10
<u>tot_ordine</u>	19

<u>tot_specie_terrestre</u>	71
<u>us_strati_view</u>	10
<u>us_table</u>	30

Le tabelle create si possono dividere in tre gruppi: tabelle alfanumeriche, tabelle geometriche e viste.

Le tabelle alfanumeriche sono riempite direttamente dalle schede del plugin e sono:

- campioni_table

Attributi	Type
id_campione	serial
sito	text
nr_campione	int4
tipo_campione	text
descrizione	text
area	int4
us	int4
numero_inventario_materiale	int4
nr_cassa	int4
luogo_conservazione	text

- deteta_table

Attributi	Type
id_det_sesso	serial
sito	text
num_individuo	int4
glab_grado_imp	int4
pmast_grado_imp	int4
pnuc_grado_imp	int4
pzig_grado_imp	int4
arcsop_grado_imp	int4
tub_grado_imp	int4
pocc_grado_imp	int4
inclfr_grado_imp	int4
zig_grado_imp	int4
msorb_grado_imp	int4
glab_valori	int4

Attributi	Type
pmast_valori	int4
pnuc_valori	int4
pzig_valori	int4
arcsop_valori	int4
tub_valori	int4
pocc_valori	int4
inclfr_valori	int4
zig_valori	int4
msorb_valori	int4
palato_grado_imp	int4
mfmand_grado_imp	int4
mento_grado_imp	int4
anmand_grado_imp	int4
minf_grado_imp	int4
brmont_grado_imp	int4
condm_grado_imp	int4
palato_valori	int4
mfmand_valori	int4
mento_valori	int4
anmand_valori	int4
minf_valori	int4
brmont_valori	int4
condm_valori	int4
sex_cr_tot	float4
ind_cr_sex	varchar
sup_p_I	varchar
sup_p_II	varchar
sup_p_III	varchar
sup_p_sex	varchar
in_isch_I	varchar
in_isch_II	varchar
in_isch_III	varchar
in_isch_sex	varchar
arco_c_sex	varchar
ramo_ip_I	varchar
ramo_ip_II	varchar

Attributi	Type
ramo_ip_III	varchar
ramo_ip_sex	varchar
prop_ip_sex	varchar
ind_bac_sex	varchar

- detsesso_table

Attributi	Type
id_det_sesso	serial
sito	text
num_individuo	int4
glab_grado_imp	int4
pmast_grado_imp	int4
pnuc_grado_imp	int4
pzig_grado_imp	int4
arcsop_grado_imp	int4
tub_grado_imp	int4
pocc_grado_imp	int4
inclfr_grado_imp	int4
zig_grado_imp	int4
msorb_grado_imp	int4
glab_valori	int4
pmast_valori	int4
pnuc_valori	int4
pzig_valori	int4
arcsop_valori	int4
tub_valori	int4
pocc_valori	int4
inclfr_valori	int4
zig_valori	int4
msorb_valori	int4
palato_grado_imp	int4
mfmmand_grado_imp	int4
mento_grado_imp	int4
anmand_grado_imp	int4
minf_grado_imp	int4
brmont_grado_imp	int4

condm_grado_imp	int4
palato_valori	int4
mfmand_valori	int4
mento_valori	int4
anmand_valori	int4
minf_valori	int4
brmont_valori	int4
condm_valori	int4
sex_cr_tot	float4
ind_cr_sex	varchar
sup_p_I	varchar
sup_p_II	varchar
sup_p_III	varchar
sup_p_sex	varchar
in_isch_I	varchar
in_isch_II	varchar
in_isch_III	varchar
in_isch_sex	varchar
arco_c_sex	varchar
ramo_ip_I	varchar
ramo_ip_II	varchar
ramo_ip_III	varchar
ramo_ip_sex	varchar
prop_ip_sex	varchar
ind_bac_sex	varchar

- fauna

Attributi	Type
id_	serial
code	int4
n_rilievo	varchar
n_codice	varchar
anno	text
sito	varchar
quadrato	text
us	int4

periodo	int4
fase	int4
specie	varchar
classe	varchar
ordine	varchar
famiglia	varchar
elemnto_anat_generico	varchar
elem_specifici	varchar
note_elem_spec	text
taglia	varchar
eta	varchar
lato	varchar
lunghezza	varchar
larghezza	varchar
spessore	varchar
porzione	varchar
peso	numeric
coord_x	numeric
coord_y	numeric
coord_z	numeric
azione	text
modulo_osso	text

- individui_table

Attributi	Type
id_scheda_ind	serial
sito	text
area	int4
us	int4
nr_individuo	int4
data_schedatura	varchar
schedatore	varchar
Sesso	varchar
eta_min	int4
eta_max	int4
classi_eta	varchar
osservazioni	text

- inventario_materiali_table

Attributi	Type
id_invmat	serial
sito	text
numero_inventario	int4
tipo_reperto	text
criterio_schedatura	text
definizione	text
descrizione	text
area	int4
us	int4
lavato	varchar
nr_cassa	int4
luogo_conservazione	text
stato_conservazione	varchar
datazione_reperto	varchar
elementi_reperto	text
misurazioni	text
rif_biblio	text
tecnologie	text
forme_minime	int4
forme_massime	int4
totale_frammenti	int4
corpo_ceramico	varchar
rivestimento	varchar
diametro_orlo	numeric
peso	numeric
tipo	varchar
eve_orlo	numeric
repertato	varchar
diagnostico	varchar

- layer_styles

Questa tabella non viene creata dal sistema di *PyArchInit* ma direttamente da Qgis e

memorizza e gestisce gli stili creati.

- litica

Attributi	Type
id	serial
code	int4
sito	varchar
quadrato	text
us	int4
periodo	int4
fase	int4
or_	varchar
in_	varchar
materia_prima	varchar
f_	varchar
debitage_a	varchar
tipo_debitage	varchar
cortex	varchar
porzione	varchar
strumento	varchar
tipo_strumento	varchar
tipologia_note	text
stacchi	varchar
note	text
x	numeric
y	numeric

- media_table

Attributi	Type
id_media	serial
mediatype	text
filename	text
filetype	varchar
filepath	text
descrizione	text
tags	text

- media_thumb_table

Attributi	Type
id_media_thumb	serial
id_media	int4
mediatype	text
media_filename	text
media_thumb_filename	text
filetype	varchar
filepath	text

- media_to_entity_table

Attributi	Type
id_mediaToEntity	serial
id_entity	int4
entity_type	text
table_name	text
id_media	int4
filepath	text
media_name	text

- periodizzazione_table

Attributi	Type
id_perfas	serial
sito	text
periodo	int4
fase	int4
cron_iniziale	int4
cron_finale	int4
descrizione	text
datazione_estesa	varchar
cont_per	int4

- pyarchinit_thesaurus_sigle

Attributi	Type
id_thesaurus_sigle	serial

nome_tabella	text
sigla	varchar
sigla_estesa	text
descrizione	text
tipologia_sigla	text

- site_table

Attributi	Type
id_sito	serial
sito	text
nazione	varchar
regione	varchar
comune	varchar
descrizione	text
provincia	text
definizione_sito	varchar
find_check	int4

- struttura_table

Attributi	Type
id_struttura	serial
sito	text
sigla_struttura	text
numero_struttura	int4
categoria_struttura	text
tipologia_struttura	text
definizione_struttura	text
descrizione	text
interpretazione	text
periodo_iniziale	int4
fase_iniziale	int4
periodo_finale	int4
fase_finale	int4
datazione_estesa	varchar
materiali_impiegati	text
elementi_strutturali	text

rapporti_struttura	text
misure_struttura	text

- tafonomia_table

Attributi	Type
id_tafonomia	serial
sito	text
nr_scheda_taf	int4
sigla_struttura	text
nr_struttura	int4
nr_individuo	int4
rito	text
descrizione_taf	text
interpretazione_taf	text
segnacoli	text
canale_libatorio_si_no	text
oggetti_rinvenuti_esterno	text
stato_di_conservazione	text
copertura_tipo	text
tipo_contenitore_resti	text
orientamento_asse	text
orientamento_azimut	float4
riferimenti_stratigrafici	text
corredo_presenza	text
corredo_tipo	text
corredo_descrizione	text
lunghezza_scheletro	float4
posizione_scheletro	varchar
posizione_cranio	varchar
posizione_arti_superiori	varchar
posizione_arti_inferiori	varchar
completo_si_no	varchar
disturbato_si_no	varchar
in_connesione_si_no	varchar
caratteristiche	text
periodo_iniziale	int4

fase_iniziale	int4
periodo_finale	int4
fase_finale	int4
datazione_estesa	text
misure_tafonomia	text

- us_table

Attributi	Type
id_us	serial
sito	text
area	int4
us	int4
d_stratigrafica	varchar
d_interpretativa	varchar
descrizione	text
interpretazione	text
periodo_iniziale	int4
fase_iniziale	int4
periodo_finale	int4
fase_finale	int4
scavato	varchar
attivita	varchar
anno_scavo	varchar
metodo_di_scavo	varchar
inclusi	text
campioni	text
rapporti	text
data_schedatura	varchar
schedatore	varchar
formazione	varchar
stato_di_conservazione	varchar
colore	varchar
consistenza	varchar
struttura	varchar
cont_per	varchar
order_layer	int4
documentazione	text

PF	varchar
----	---------

Le tabelle geometriche sono quelle tabelle che, caricate manualmente come layer in Qgis, si relazionano alle tabelle alfanumeriche tramite delle chiavi esterne; nel paragrafo successivo verrà dettagliata questa procedura. Le tabelle gemetriche a loro volta si dividono in due gruppi: tabelle geometriche relazionate alle tabelle alfanumeriche e le tabelle geometriche a se stanti²³.

Le tabelle geometriche relazionate sono:

- pyarcheozoo

Attributi	Type
gid	serial
id	int4
area_s	int4
scavo_s	varchar
us_s	int4
quadrato_s	text
tipo_fauna_s	varchar
the_geom	geometry

- pyarchinit_ipotesi_strutture

Attributi	Type
gid	serial
id	int4
scavo	varchar
ID_strutt	varchar
per_iniz	int4
per_fin	int4
dataz_ext	varchar
fase_iniz	int4
fase_fin	int4
descrizion	varchar

²³ Vedi paragrafo 4.4.

the_geom	geometry
----------	----------

- pyarchinit_quote

Attributi	Type
gid	serial
id	int4
sito_q	varchar
area_q	int4
us_q	int4
unita_misu_q	varchar
quota_q	float8
the_geom	geometry

- pyarchinit_siti

Attributi	Type
gid	serial
id	int4
siti	varchar
link	varchar
the_geom	geometry

- pyunitastratigrafiche

Attributi	Type
gid	serial
id	int4
area_s	int4
scavo_s	varchar
us_s	int4
stratigraph_index_us	int4
tipo_us_s	varchar
the_geom	geometry

- pyuscaratterizzazioni

Attributi	Type
gid	serial
id	int4
area_c	int4
scavo_c	varchar
us_c	int4
stratigrap	int4
tipo_us_c	varchar
the_geom	geometry

- pyuscarlinee

Attributi	Type
gid	serial
id	int4
sito_l	varchar
area_l	int4
us_l	int4
tipo_us_l	varchar
the_geom	geometry

Mentre le tabelle geometriche a se stanti sono:

- pyarchinit_linee_rif

Attributi	Type
gid	serial
id	int4
sito	varchar
definizion	varchar
descrizion	varchar
the_geom	geometry

- pyarchinit_punti_rif

Attributi	Type
-----------	------

gid	serial
id	int4
sito	varchar
def_punto	varchar
id_punto	varchar
quota	float8
unita_misu	varchar
area	int4
the_geom	geometry

- pyarchinit_sezioni

Attributi	Type
gid	serial
id	int4
ID_SEZIONE	varchar
SITO	varchar
AREA	int4
DESCR	varchar
the_geom	geometry

- pyarchinit_ripartizioni_spaziali

Attributi	Type
gid	serial
id	int4
scavo	varchar
ID_strutt	varchar
per_iniz	int4
per_fin	int4
dataz_ext	varchar
fase_iniz	int4
fase_fin	int4
descrizion	varchar
the_geom	geometry

4.6 Relazioni ed entità

Perché dovremmo essere interessati al modello dati di un sistema? In primo luogo perché le strutture di dati e le relazioni possono essere così complesse che vogliamo evidenziarle ed esaminarle indipendentemente dall'elaborazione che avrà luogo. In effetti, ciò è particolarmente vero quando il modello del sistema viene mostrato agli utenti esecutivi di livello superiore in un'organizzazione (a esempio le soprintendenze). Tali utenti sono spesso interessati ai dati: quali dati servono per condurre i lavori? In che modo i dati sono correlati ad altri dati? Chi possiede i dati? A chi è consentito l'accesso ai dati? La risposta ad alcune di queste domande – per esempio l'accesso ai dati e l'identificazione dei proprietari – è fornita dai DA²⁴. Ogni volta che si inizia a costruire un nuovo sistema informativo, si ha bisogno di parlare con queste persone in modo da poter coordinare le proprie informazioni sul sistema col loro modello di informazioni globale a livello aziendale. Il diagramma entità-relazione è un utile strumento per svolgere tale conversazione.

Si dovrà altresì conversare con il gruppo dei DBA²⁵, situato solitamente nel reparto di elaborazione dati (mentre i DA non vi appartengono necessariamente), il cui compito è garantire che i database computerizzati siano organizzati, gestiti e controllati efficacemente. Quindi essi costituiscono spesso la squadra di implementazione che ha la responsabilità di prendere un modello essenziale (cioè un modello indipendente dalla tecnologia specifica) e convertirlo in un progetto di database fisico efficace ed efficiente. Il diagramma di entità-relazione è un efficace strumento di modellamento per comunicare col gruppo di DBA. In base alle informazioni presentate dal diagramma E-R, il gruppo di amministrazione del database può iniziare a determinare i tipi di chiave o di indici o di puntatori che servono per accedere efficientemente ai record del database. Quindi il modello dei dati fornisce, oltre alla rappresentazione dei dati del sistema che si vuole gestire, un utile strumento di

²⁴ Data Administrator - funzionario che si occupa dell'amministrazione dei dati.

²⁵ Data Base Administrator - funzionario che si occupa dei dati come patrimonio del sistema informativo aziendale, indipendentemente dalla loro localizzazione all'interno di un DB.

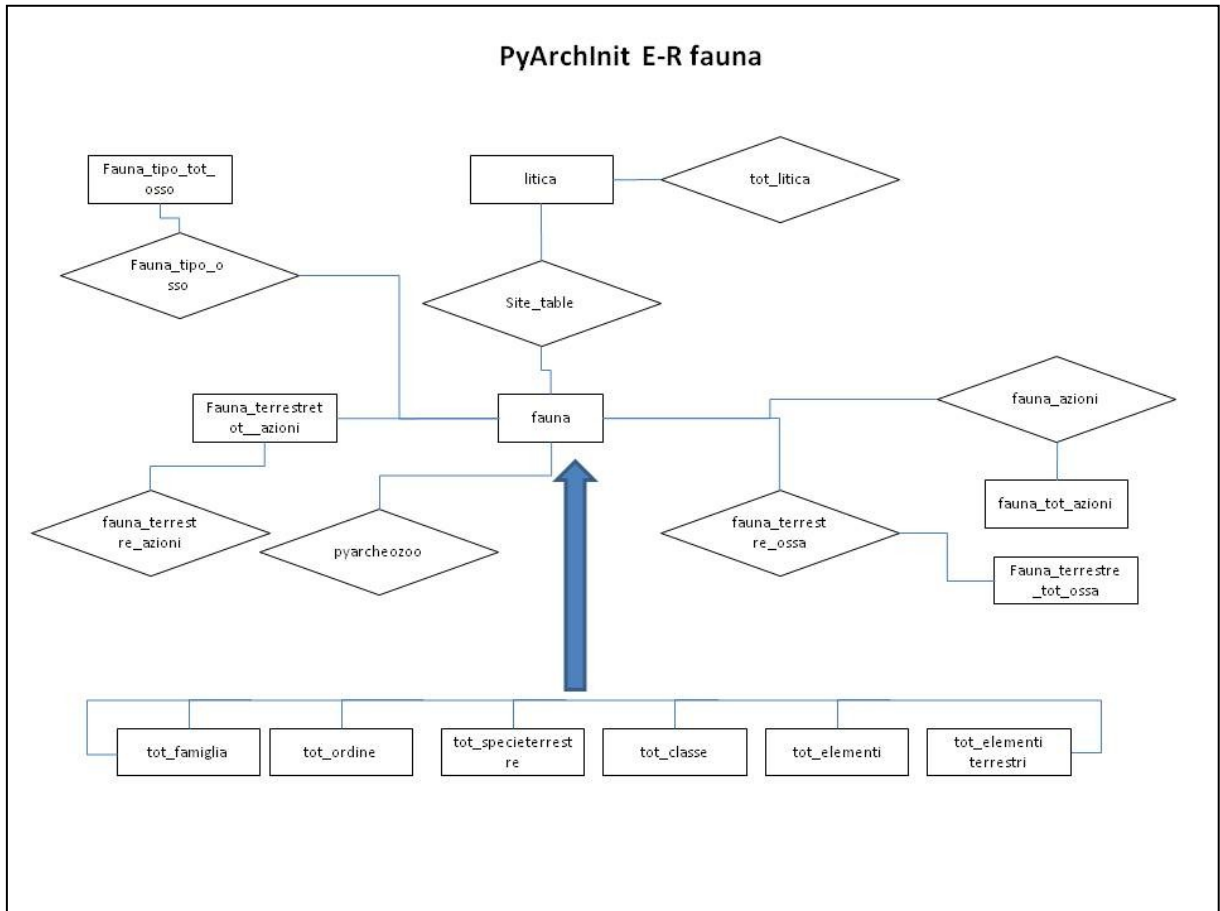
conversazione con gli altri gruppi di lavoro che interagiscono in un progetto. Ma riguarda esclusivamente dati e relazioni tra i dati, senza fornire alcuna informazione sulle funzioni che creano e utilizzano i dati. Queste informazioni sono fornite da un altro tipo di diagramma, chiamati *Data Flow Diagram* (DFD), che modellano le funzioni svolte da un sistema. La costruzione delle relazioni nel geodatabase di *PyArchInit* avviene tramite codice python con l'ausilio del modulo *sqlalchemy*. Tramite questo modulo è possibile relazionare le entità geometriche con le tabelle alfanumeriche attraverso i campi *sito*, *area* e *us*, che sono per tutti le chiavi esterne che rendono univoca la tupla. Inoltre la tabella *site_table* è la tabella che è relazionata (1,n) con tutte le altre tabelle tramite il campo *sito*. Mentre le singole tabelle alfanumeriche sono relazionate alle corrispondenti tabelle geometriche tramite i campi *sito*, *us*, *area*. L'unica entità ad avere una relazione strutturata all'interno del database è la tabella *fauna* (Figura 46). Questa tabella attraverso delle funzioni trigger si relaziona a tutte le tabelle corrispondenti (Tabella 22).

Tabella 22 :Elenco delle tabelle relazionate con la tabella fauna.

fauna_azioni
fauna_tipo_osso
fauna_tot_azioni
fauna_tot_tipo_osso
faunaterrestre_azioni
faunaterrestre_tipo_osso
faunaterrestre_tot_azioni
faunaterrestre_tot_tipo_osso
tot_classe
tot_elem
tot_elem_terrestre
tot_famiglia
tot_litica

tot_ordine
tot_specie_terrestre

Figura 46: Schema concettuale tabella fauna in PyArchInit.



4.6.1 Trigger

Il trigger, nelle basi di dati, è una procedura eseguita in maniera automatica in coincidenza di un determinato evento, come per esempio la cancellazione di un record di una tabella. In questo modo si ha a disposizione una tecnica per specificare e mantenere vincoli di integrità anche complessi. I trigger permettono agli utenti di specificare vincoli di integrità più complessi dato che un trigger è essenzialmente una procedura. Tale procedura è quindi associata a una tabella ed è automaticamente richiamata dal motore del database quando una certa modifica (o evento) avviene all'interno della tabella. Le modifiche sulla tabella possono includere

operazioni insert, update, e delete. Al fine di programmare i trigger efficientemente (e correttamente), è stato adottato il sistema trigger a livello di riga sfruttando il linguaggio plpgsql²⁶.

Un trigger a livello di riga viene definito utilizzando la clausola *for each row* (Matthew&Stones 2008)(cfr.Tabella 8).

I trigger di riga hanno alcune speciali caratteristiche: è possibile accedere ai valori degli attributi di una tupla (riga) prima e dopo la modifica, perché il trigger è eseguito una volta per ogni tupla (riga) (Krosing et al 2014).

Per questo lavoro sono stati creati venti trigger nella tabella "fauna", due trigger nella tabella fauna_azioni, due trigger nella tabella fauna_tipo_osso e due trigger nella tabella litica. Le azioni che si effettuano con questi trigger sono di delete-update dati esistenti e update-insert dati nuovi. Infatti, inserendo i dati nella tabella fauna automaticamente si riempiranno i campi nelle tabelle collegate. I dati immessi automaticamente sono i conteggi delle varie voci presenti nella tabella fauna.

Alcune tabelle però si appoggiano ad una una terza tabella per sciogliere quei campi multipli.

Per esempio il campo azioni della tabella fauna prevede l'inserimento di più voci. Al fine di poter sciogliere queste voci nella tabella fauna si sono creati dei trigger con la funzione solamente di incolonnare i dati (Tabella 23)

Tabella 23: Trigger update sulla tabella fauna_azioni per l'incolonnamento dei dati.

```
CREATE OR REPLACE FUNCTION update_fauna_azioni()  
  RETURNS trigger AS  
$BODY$  
DECLARE  
  myRec RECORD;  
BEGIN
```

²⁶ Il linguaggio plpgsql è un linguaggio di scripting SQL. Distribuito in postgresql come linguaggio standard e quindi non vi è necessità di nessuna installazione, consente di utilizzare nelle query costrutti tipici dei linguaggi di programmazione quali IF ELSE END IF, cicli FOR (Krosing et al 2014).

```

/*--if NEW.sito!= NEW.sito or NEW.quadrato!= NEW.quadrato then
--RAISE EXCEPTION 'non puoi farlo baby';
--END if;

EXECUTE 'SELECT count(*) AS cnt '
  || 'FROM fauna_azioni '
  || 'WHERE sito = $1 and us = $2 and quadrato= $3 and periodo = $4'
INTO STRICT myRec
USING NEW.sito, NEW.us, NEW.quadrato, NEW.periodo;*/

if NEW.azione is null then
  --IF (tg_op='update') THEN -- il record in tabella totale_specie esiste
  update fauna_azioni set
  azione = NEW.azione
  where code = NEW.code and sito = NEW.sito and azione = NEW.azione and
quadrato=NEW.quadrato and us=NEW.us and periodo =NEW.periodo AND
fase=NEW.fase;

  ELSE
  INSERT INTO
  fauna_azioni
  (
code, sito,us,quadrato,periodo,fase,azione)
  select distinct
  code, sito,us,quadrato,periodo,fase,
  unnest(string_to_array(azione, ',')) AS azione
from fauna where code = NEW.code and sito = NEW.sito and azione=NEW.azione

```

```

and quadrato=NEW.quadrato and us = NEW.us and periodo =NEW.periodo AND
fase=NEW.fase AND classe='aves';
--USING NEW.code, NEW.sito, NEW.azione;
END IF;
RETURN NEW;
END;

$BODY$
LANGUAGE plpgsql VOLATILE
COST 100;
ALTER FUNCTION update_fauna_azioni()
OWNER TO postgres;

```

Grazie alla funzione "unnest" è possibile espandere un array in una serie di righe (Tabella 24):

```

select distinct code, sito,us,quadrato,periodo,fase,
unnest(string_to_array(azione, ',')) AS azione
from fauna where code = NEW.code and sito = NEW.sito and azione=NEW.azione and
quadrato=NEW.quadrato and us = NEW.us and periodo =NEW.periodo AND
fase=NEW.fase AND classe='aves';

```

A esempio avendo la tabella fauna con un campo Azione, eseguendo prima la funzione di Unnest sul campo azione e poi di insert nella tabella fauna_azione, come risultato avrò l'espansione degli attributi compositi in singole righe. A questo punto eseguendo un nuovo trigger sulla tabella fauna_azione con la funzione di insert nella tabella fauna_tot_azione il risultato sarà una matrice di numeri che si utilizzeranno per le analisi statistiche.

Con questa procedura si sono potuti semplificare problemi di gestioni del dato sia dal punto di vista statistico che gestionale.

Tabella 24: Esempio di espansione in righe degli attributi tramite la funzione "unnest".

tabella fauna

id	Azione
1	strie, combuste, digerite
2	eroso, combuste

tabella fauna_azione

id	Azione
1	strie
2	combuste
3	digerite
4	eroso
5	combuste

Tramite un secondo trigger di update-insert (

Tabella 25) sulla tabella "fauna_azioni" è possibile conteggiare gli attributi.

tabella fauna_tot_azione

Tabella 25: Risultato del conteggio della tabella fauna_azione.

id	strie	combuste	digerite	eroso
Count	1	2	1	1

Nella tabella che segue si riporta un esempio di codice in linguaggio plpgsql, scritto per

la tabella fauna_azione, che si analizzerà.

Per comodità di semplificazione si dividerà il trigger in vari blocchi. Nel primo blocco si scrive l'istruzione per creare la funzione dichiarata precedentemente nella tabella fauna azione (cfr. Tabella 8 del paragrafo 4.3.9).

Nel secondo blocco è stato messo un RAISE EXCEPTION se il valore di una delle chiavi esterne cambi. Se ciò avviene il sistema darà errore. nel terzo blocco si esegue un count sulla tabella fauna_tot_azioni per l'inserimento dei nuovi dati con la clausola INTO. Se esiste più di un sito, quadrato, periodo e fase con lo stesso nome , oppure se non esistono, il sistema darà errore grazie alla parola chiave STRICT. Nel quarto blocco c'è l'istruzione IF che indicherà se il record da inserire è maggiore di zero. In caso positivo si procederà con l'update altrimenti si procederà con l'inserimento dei nuovi dati (quinto blocco) utilizzando un select distinct sulla tabella fauna_azioni e l'istruzione CASE WHEN per trasformare la stringa in valore numerico.

Tabella 26: Esempio di trigger update-insert per il conteggio degli attributi nella tabella fauna_tot_azioni.

```

CREATE OR REPLACE FUNCTION update_fauna_tot_azioni()
  RETURNS trigger AS
$BODY$
DECLARE
  myRec RECORD;
BEGIN
  --if NEW.sito!= NEW.sito or NEW.quadrato!= NEW.quadrato then
  --RAISE EXCEPTION 'non puoi farlo baby';
  --END if;

  EXECUTE 'SELECT count(*) AS cnt '
    || 'FROM fauna_tot_azioni '
    || 'WHERE sito = $1 AND quadrato = $2 and periodo = $3 AND fase = $4'
  INTO STRICT myRec
  USING NEW.sito, NEW.quadrato,NEW.periodo, NEW.fase;

  IF myRec.cnt::integer >0 THEN -- il record in tabella totale_specie esiste
  EXECUTE 'UPDATE fauna_tot_azioni SET '
    || NEW.azione
    || '= val +1 '
    || 'FROM (SELECT '
    || NEW.azione
    || ' AS val FROM fauna_tot_azioni'
    || ' WHERE sito = '
    || quote_literal(NEW.sito)
    || ' and quadrato = '
    || quote_literal(NEW.quadrato)
    || ' and us = '
    || quote_literal(NEW.us)
    || ' and periodo = '

```

primo
blocco

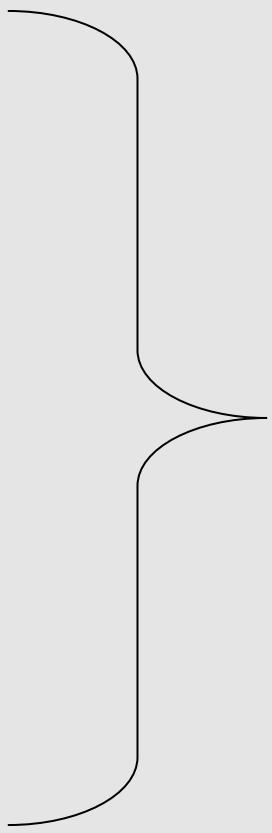
secondo
blocco

terzo
blocco

quarto
blocco

```
|| quote_literal(NEW.periodo)
  || ' and fase = '
|| quote_literal(NEW.fase)
||') AS a'
|| ' WHERE fauna_tot_azioni.sito = '
|| quote_literal(NEW.sito)
  || ' and fauna_tot_azioni.quadrato = '
|| quote_literal(NEW.quadrato)
--|| ' and fauna_tot_azioni.us = '
--|| quote_literal(NEW.us)
|| ' and fauna_tot_azioni.periodo = '
|| quote_literal(NEW.periodo)
|| ' and fauna_tot_azioni.fase = '
|| quote_literal(NEW.fase);

ELSE
INSERT INTO
    fauna_tot_azioni
    (
    sito,
    quadrato,
    periodo,
    fase,
    stria,
    pdi,
    combuste,
    calcinate,
    cono_im,
    lavorato,
    ritoccatore,
    ritoccato,
```



quinto
blocco

calpestio,
t_carnivori,
t_roditori,
alterazione,
corrosione,
concrezione,
esfoliazione,
fluitazione,
manganese,
radici,
whetering,
nd,
peeling,
rosicatura,
fof,
digerito,
incerto,
eroso,
arrotondato)

SELECT Distinct

sito,

quadrato,

periodo,

fase,

CASE WHEN azione = 'strie' THEN 1 ELSE 0 END AS strie,

CASE WHEN azione = 'pdi' THEN 1 ELSE 0 END AS pdi,

CASE WHEN azione = 'combuste' THEN 1 ELSE 0 END AS combuste,

CASE WHEN azione = 'calciate' THEN 1 ELSE 0 END AS calciate,

CASE WHEN azione = 'cono_imp' THEN 1 ELSE 0 END AS cono_imp,

```
CASE WHEN azione = 'lavorato' THEN 1 ELSE 0 END AS lavorato,  
CASE WHEN azione = 'ritoccatore' THEN 1 ELSE 0 END AS ritoccatore,  
CASE WHEN azione = 'ritoccato' THEN 1 ELSE 0 END AS ritoccato,  
CASE WHEN azione = 'calpestio' THEN 1 ELSE 0 END AS calpestio,  
CASE WHEN azione = 't_carnivori' THEN 1 ELSE 0 END AS t_carnivori,  
CASE WHEN azione = 't_roditori' THEN 1 ELSE 0 END AS t_roditori,  
CASE WHEN azione = 'alterazione' THEN 1 ELSE 0 END AS alterazione,  
CASE WHEN azione = 'corrosione' THEN 1 ELSE 0 END AS corrosione,  
CASE WHEN azione = 'concrezione' THEN 1 ELSE 0 END AS concrezione,  
CASE WHEN azione = 'esfoliazione' THEN 1 ELSE 0 END AS esfoliazione,  
CASE WHEN azione = 'fluitazione' THEN 1 ELSE 0 END AS fluitazione,  
CASE WHEN azione = 'manganese' THEN 1 ELSE 0 END AS manganese,  
CASE WHEN azione = 'radici' THEN 1 ELSE 0 END AS radici,  
CASE WHEN azione = 'whetering' THEN 1 ELSE 0 END AS whetering,  
CASE WHEN azione = 'nd' THEN 1 ELSE 0 END AS nd,  
CASE WHEN azione = 'peeling' THEN 1 ELSE 0 END AS peeling,  
CASE WHEN azione = 'rosicatura' THEN 1 ELSE 0 END AS rosicatura,  
CASE WHEN azione = 'fof' THEN 1 ELSE 0 END AS fof,  
CASE WHEN azione = 'digerito' THEN 1 ELSE 0 END AS digerito,  
CASE WHEN azione = 'incerto' THEN 1 ELSE 0 END AS incerto,  
CASE WHEN azione = 'eroso' THEN 1 ELSE 0 END AS eroso,  
CASE WHEN azione = 'arrotondato' THEN 1 ELSE 0 END AS arrotondato  
FROM  
    fauna_azioni  
WHERE  
    sito = NEW.sito  
AND  
    quadrato = NEW.quadrato  
AND periodo =NEW.periodo
```

```

        AND fase =NEW.fase

        and azione = NEW.azione
    ;
END IF;
RETURN null;
END;$BODY$
LANGUAGE plpgsql VOLATILE
COST 100;
ALTER FUNCTION update_fauna_tot_azioni()
OWNER TO postgres;

```

4.7 View

Le View sono una sorta di query memorizzate in tabelle virtuali, per questo vengono definite anche "pseudo-tabelle". Si rivelano utili in diverse situazioni, in modo particolare quando si vuole concedere agli utenti l'accesso a determinati dati e solo a quelli.

Tramite *PyArchInit*, quando si interroga il database e si richiama a video per esempio una pianta di fase, il sistema caricherà i layers presenti nelle view che sono il risultato di un join fatto tra le tabelle alfanumeriche e le loro corrispettive tabelle geometriche. Questi layer sono solo consultabili ma non editabili dal punto di vista geometrico.

Le view presenti nel geodatabase sono:

- pyarchinit_archeozoo_view
- pyarchinit_pyuscarlinee_view
- pyarchinit_quote_view

- pyarchinit_reperti_e_us_e_poligoni_view
- pyarchinit_reperti_e_us_view
- pyarchinit_reperti_us_poligoni_grouped
- pyarchinit_reperti_view
- pyarchinit_us_view
- pyuscaratterizzazioni.view
- us_strati_view

Di seguito si riporta un esempio d'istruzione sql per la creazione della view "us_strati_view":

```
CREATE OR REPLACE VIEW us_strati_view AS
SELECT us_table.id_us, us_table.sito, us_table.area, us_table.us, us_table.struttura,
pyunitastratigrafiche.scavo_s, pyunitastratigrafiche.area_s, pyunitastratigrafiche.us_s,
pyunitastratigrafiche.gid, pyunitastratigrafiche.the_geom
FROM us_table
JOIN pyunitastratigrafiche ON pyunitastratigrafiche.scavo_s::text = us_table.sito AND
pyunitastratigrafiche.area_s::text = us_table.area::text AND pyunitastratigrafiche.us_s =
us_table.us;
ALTER TABLE us_strati_view
OWNER TO postgres;
```

Nella prima parte si crea la view inserendo un nome, poi si SELECT sui campi chiave e la colonna, "the_geom" della tabella "us_table" e "pyunitastratigrafiche" e infine con il risultato di questa SELECT si fa un JOIN tra la tabella "pyunitastratigrafiche", dichiarando il tipo di campo (::text) e la tabella "us_table".

Capitolo V: Gestione dei dati archeologici di Grotta di Fumane attraverso PyArchInit

5.1 La Grotta di Fumane (introduzione al sito)

La Grotta di Fumane fu segnalata nel XIX secolo, e a partire dal 1964 fu oggetto di una prima importante indagine stratigrafica da parte del Museo di Storia Naturale di Verona, i cui responsabili furono F. Mezzena e A. Pasa. Dopo questa prima indagine seguì un lungo periodo di abbandono durante il quale ci furono degli scavi clandestini dei depositi inferiori. Dopo un intervento di ripristino realizzato dal Museo Civico di Storia Naturale di Verona nel 1982 (Cremaschi et al., 1986), la Soprintendenza per i Beni Archeologici del Veneto diede avvio a una nuova e importante fase di indagini affidata al coordinamento dell'Università di Ferrara (A. Broglio) e dell'Università di Milano (M. Cremaschi). Gli scavi da allora sono tuttora in corso.

La parte superiore della grotta è sormontata da una parete di calcari dolomitizzati e si apre a 350 m di quota s.l.m. sul versante sinistro del Vajo di Manune nei Monti Lessini Occidentali (VR). È collegata a un complesso insieme di cavità carsiche fossili non ancora completamente indagate, che hanno contribuito in diversa misura alla costruzione di un riempimento di oltre 10 metri di spessore. I depositi costituiscono un'importante fonte di informazioni per la ricostruzione dell'ambiente dei Lessini durante l'ultima glaciazione (Pleistocene Superiore). I numerosi strati, le loro caratteristiche e il contenuto paleontologico, scandiscono infatti gli eventi climatici manifestatisi in un intervallo temporale di circa 90.000 anni, includendo la fine dell'ultimo Interglaciale e attraversando il I Pleniglaciale, l'Interpleniglaciale e il II Pleniglaciale, con vari avvicendamenti di climi da temperato-umidi a climi freddi-aridi.

6.2 I depositi

Come accennato precedentemente, i depositi di riempimento del complesso carsico della Grotta di Fumane raggiungono uno spessore di oltre 10 metri, che comprendono la massima estensione del corpo di frana che si è depositato all'entrata

della cavità. Gli scavi archeologici ne hanno messo in luce le relazioni stratigrafiche, soprattutto nel settore orientale, ricavando una spessa sezione verticale e rimuovendo quasi completamente il corpo di frana. La suddivisione dei depositi in numerose unità di scavo accorpate in quattro macro-unità è stata operata sulla base della variazione delle caratteristiche litologiche oltre che della tipologia e classificazione dei contenuti archeologici. L'intera successione poggia su un corpo sedimentario di base costituito da sabbie dolomitiche residuali con orizzonti disturbate da radici e tane di animali, ricoperte da un crollo di breccie con massi distaccatesi dalla parte superiore della grotta. Al di sopra del corpo di base, si succedono quattro macro-unità (Figura 47):

- **La macro-unità S**, formata da prevalenti sabbie dolomitiche colluviali miste ad abbondanti clasti calcarei con spigoli smussati, che si articola in una serie di strati, dapprima decisamente inclinati verso l'esterno della cavità, poi planari, in parte antropizzati e con strutture di combustione. Il limite superiore è ripido;
- **La macro-unità BR**, che marca un netto cambiamento litologico rispetto alla precedente, determinato dalla scomparsa delle sabbie dolomitiche residuali e dalla massiccia presenza di *loess* misto a breccie calcaree di origine crioclastica. Essa ha una matrice del terreno più grossolana rispetto all'unità superiore. Sono assenti le evidenze di apporti colluviali o di attività di erosione idrica. La stratificazione è prevalentemente planare, leggermente inclinata verso l'esterno della cavità, fatta eccezione per il suolo di frequentazione antropica dell'unità più antica, BR11, in cui l'antropizzazione musteriana appare nel complesso minore.
- **La macro-unità A**, litologicamente non molto differenziata rispetto alla precedente, che si caratterizza sostanzialmente per l'elevata antropizzazione musteriana (unità A12-A5), uluzziana (A4 e A9) e aurignaziana (unità A2-A1).

Questa macro-unità, il cui livello A9 è soggetto di questa tesi, è suddivisa in un insieme di strati piano-paralleli con leggera immersione verso l'esterno, di spessore centimetrico o al massimo decimetrico, relativamente continui su tutta la superficie finora scavata, ma che nella parte inferiore a partire dall'unità A7, hanno andamento lenticolare e discontinuo. Il limite con la sovrastante parte della sequenza è piano.

- **La macro-unità D**, chiude al tetto la sequenza obliterando la cavità principale e due gallerie secondarie. Si tratta di una successione di corpi sedimentari differenziati o per la presenza di grossi massi accumulati al margine esterno oppure scivolati lungo il pendio verso l'interno della grotta o per la prevalenza di sedimenti franco-sabbiosi con debole aggregazione poliedrica e sostanza organica. Entrambi i corpi si arricchiscono di pietrisco crioclastico all'interno della grotta, talora organizzato in allineamenti inclinati verso l'interno e deformati dal peso dei massi sovrastanti. L'origine di questa macro-unità è imputabile principalmente ad una serie di eventi franosi e di riassetamento dei detriti avvenuti tra l'Interpleniglaciale würmiano e l'ultimo Massimo Glaciale. L'antropizzazione è ancora marcata nelle unità di base (D3d, D3a e b, Aurignaziano) e diventa sporadica superiormente (D1d, Gravettiano).

Le unità musteriane presentano le seguenti caratteristiche (Figura 47):

- S9 - Livello sabbioso bruno rossastro scuro con sacche argillose bruno-rossastre, disposto sul substrato sterile; discontinuo in mezzo ai massi di crollo, presenta limiti diffusi. Nella zona più esterna, su una superficie di ca. 1 mq si trova un suolo d'abitato con resti faunistici in connessione anatomica associati a manufatti litici.
- S8 - Unità dai limiti diffusi, composta di pietre largamente dominanti, con grandi massi, immerse in una matrice poliedrica subangolare, friabile, bruno

rossastra. Alla base, limitato contro la sezione, si trova un piccolo livello di terreno scuro denominato S8a.

- S7 - Strato a pietre dominanti con massi; vuoti parzialmente riempiti da matrice sabbiosa di colore bruno-chiaro, rari manufatti litici e ossa frammentarie.
- S6 - Sabbia bruna giallo-arancione alla base delle pietre nel settore settentrionale (rq. 11 e 12). Rari manufatti litici ed ossa frammentarie.
- S5 - Lente di pietrisco di media pezzatura immerso in matrice sabbiosa gialla, limitata al lato meridionale dello scavo (rq 502, 02).
- S4 - Lente di breccia alterata, cementata nel settore interno dello scavo, con matrice sabbioso-argillosa rubefatta ed elementi millimetrici da spigolosi a sub-arrotondati. Si immerge regolarmente verso l'esterno e sutura le irregolarità dei crolli dell'unità inferiore; chiude nel riquadro 12 con limite diffuso, dove acquisisce un tono più scuro per la presenza di sostanza organica. Alla base si distingue S4 base, terreno bruno rossastro scuro, con arrossamenti di origine termica. Nei riquadri 05, 11 e 01 viene messa in luce a ridosso della sezione la porzione di una struttura di combustione, ampia, semicircolare.
- S3 - Sottile strato centimetrico, inclinato verso l'esterno, con matrice a luoghi concrezionata, da bruno scura a nera, ricco di sostanza organica, manufatti e ecofatti. Limite superiore con S2 graduale, probabilmente bioturbato.
- S2 - Strato molto concrezionato a sabbia prevalente, con pochi reperti. Si distingue S2 base per la presenza dei sottostante S3.
- S1 (BRI2) - Strato sensibilmente inclinato ad W, a prevalente matrice sabbiosa, con clasti calcarei e friabili; aggregazione poliedrica molto debolmente sviluppata. Include lenti discontinue antropizzate, con qualche piccola fovea. Si distingue BR12a, un livello centimetrico alla base, limitato allo spigolo NW del riquadro 11, per la maggiore antropizzazione.
- **BR11** - Breccia localmente cementata, con scarsa matrice eolica, fortemente

antropizzata. Si tratta di un suolo d'abitato decimetrico, con strutture di combustione, suddiviso in livelli discreti (sottounità da BR11a a BR11e) che nella parte inferiore si presentano sotto forma di modeste lenti suborizzontali. Dal basso verso l'alto, si distinguono:

- **BR11d (+Br11e)** - Costituisce la base delle lenti del suolo d'abitato, che include alcune fove e con arrossamento del terreno sottostante; si ispessisce al centro formando una specie di depressione; verso il margine esterno confina con una breccia fortemente cementata. La sottounità **BR11e** - corrisponde a BR11d nella zona esterna dello scavo, in cui la cementazione è importante;
- **BR11c** - Breccia con abbondante pietrisco, manufatti litici ed ecofatti;
- **BR11b** - Strato sottostante a BR11a, con manufatti litici ed ecofatti;
- **BR11a** - Superficie con manufatti litici ed ecofatti.
- **BR10** - Breccia angolare fortemente concrezionata, suddivisa in due porzioni:
 - **BR10b** - Costituita da grandi pietre e massi, con maggiore quantità di reperti rispetto alla sottounità soprastante;
 - **BR10a** - che corrisponde alla base concrezionata della soprastante unità Br9.
- **BR9** - Breccia a supporto clastico con matrice sabbioso-argillosa, non eolica.
- **BR8** - Breccia a supporto clastico con matrice eolica; suddivisa in BR8a e BR8b, contiene alcune chiazze carboniose concave, di spessore decimetrico, associate a terreno rubefatto.
- **BR7** - Spessa coltre massiva di loess con grosse pietre a spigoli subangolari; include un livello di concrezioni calcaree. Suddivisa in 8 tagli arbitrari (BR7, BR7a÷BR7f), contiene pochi manufatti litici ed ecofatti ubiquitari; i manufatti hanno patine biancastre e sbrecciature lungo i margini.
- **BR6** - Indagata su un'area di circa 6 m², questa unità corrisponde a un suolo d'abitato con superficie piana leggermente inclinata verso S, che conserva strutture di combustione, resti faunistici e manufatti litici. Questi sono ubicati

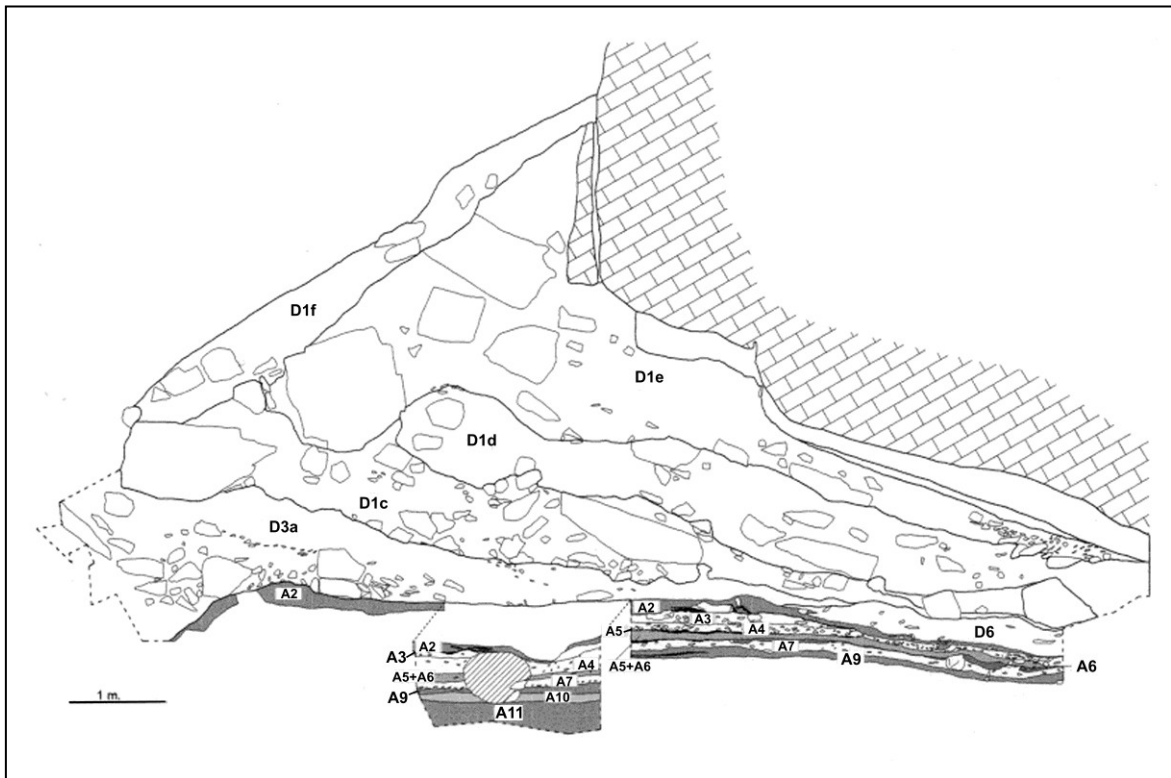
prevalentemente nella metà occidentale dell'area indagata, più prossima all'originaria imboccatura della cavità, mentre si rarefanno nella zona est, più esterna della precedente. Tale disposizione riflette una variazione di *facies* data da una maggiore quantità di pietrisco nel settore occidentale, e da un aumento della matrice in quello orientale, dove inoltre affiorano due massi.

- **BR5, BR4, BR3** – Breccie a prevalente supporto clastico grossolano, con qualche masso specie verso il margine esterno; scarsi manufatti ed ecofatti.
- **BR2, BR1** – Breccie sciolte a prevalente supporto clastico, con arricchimento di loess in BR1; scarsi manufatti ed ecofatti; limite superiore abrupto.
- **A13, A12** – Strato a pietre tabulari e angolari, con matrice sabbiosa abbondante; i clasti risultano in gran parte verticalizzati e definiscono deformazioni dell'unità di stretto raggio che coinvolgono anche la sovrastante unità A11.
- **A11, A10** - Lenti fortemente antropizzate ed estremamente ricche di materiale archeologico, alternate a livelli di pietrisco, quasi privi di matrice fine e sterili dal punto di vista archeologico; il pietrisco, costituito prevalentemente da placchette gelive, risulta spesso verticalizzato, per azione del gelo; i manufatti litici portano chiari segni di *concassage*; il limite con la sottostante unità è fortemente ondulato. A10, livello meno antropizzato, bene evidente nei riquadri 85, 86, 95, 96, 105, 106, meno evidente, forse mancante nei riquadri più interni (115, 116, 125, 126) dove sembra affiorare A10I.
- **A9+A8** - Breccia termoclastica con scarsa frazione loessica, ricca di materia organica. Alla base, nei riquadri 85 e 86, è stato identificato A9I, un livello antropico discontinuo poggiante su A10 separato da A9 da una lente centimetrica di limo grigio. Nel settore interno della cavità sono presenti lenti di cenere centimetriche, cementate da carbonato di calcio. Limite superiore con A7 chiaro, suborizzontale, regolare.
- **A7** - Breccia angolare con limo bruno chiaro, sterile. Interessato da crioturbazioni, particolarmente nei riquadri 115 e 125, contiene manufatti

litici ed ecofatti profondamente pseudoritoccati e con bordi arrotondati. Limite superiore abrupto, ondulato, che delinea alcune depressioni larghe e poco profonde, non connesse ad alcuna struttura evidente della soprastante unità antropica.

- **A6** – Strato tabulare fortemente antropizzato, con spessore crescente da 3-4 cm (all'esterno fino ai riquadri 95, 96 e in parte 86) a 10 cm verso l'interno della cavità dove, nei riquadri 115 e 125 si trova una fascia di placchette gelive subparallela alla parete; ricco di sostanza organica, manufatti litici, ecofatti con distribuzione spaziale indifferenziata, preserva una struttura di combustione nei riquadri 96 e 106 caratterizzata da un livello carbonioso centimetrico. Sempre nell'area interna della cavità, in prossimità della parete, sono evidenziati fenomeni di disturbo post deposizionale dovuti a gelo-disgelo: verticalizzazione delle placchette, ondulazioni nella geometria degli strati, sbrecciatura dei margini dei manufatti litici. Il limite superiore è suborizzontale con lieve inclinazione verso l'interno della grotta, concordante con la disposizione delle placchette gelive di A5+A6.
- **A5+A6** – Strato tabulare di breccia sciolta con matrice eolica esteso a tutta l'area indagata. Nei riquadri 85, 86, 95, 96 è coperto da A5; lo spessore diminuisce gradualmente verso l'interno, fino a scomparire nei riquadri 125 e 126; limite superiore chiaro.
- **A5** – Livello carbonioso centimetrico, orizzontale, limitato ai riquadri 85, 86, 95, 96, presenza di strutture evidenti; in pianta presenta un limite abrupto nel riquadro 76 e più graduale nel riquadro 96; limite superiore abrupto.

Figura 47: Grotta di Fumane. Sezione parete ovest.



Dal punto di vista geologico i livelli A9 e A4 sono per la maggior parte costituiti prevalentemente da pietre prodotte dall'azione del gelo-disgelo, con contenuto variabile in sabbia e sedimento di apporto eolico, che diventa prevalente dall'interno all'esterno della Grotta, di cui si dirà nel dettaglio.

Lo scavo delle due unità è stato condotto in tempi ed estensioni diversi fin dal 1989, sino al limite della linea di pioggia odierna, e all'imboccatura della Grotta, anche se una più estensiva esplorazione è stata portata avanti nelle ultime campagne di scavo, in un'area di circa 20 metri quadrati, nel lato sinistro della cavità, affrontata in questa tesi.

Per quanto riguarda A4 e A9, delle annotazioni descrittive delle due sottounità oggetto di questo studio sono state redatte da M. Cremaschi e M. Peresani sui giornali di scavo e presentate in rapporto all'avanzamento delle campagne di ricerca dal 1988 al 2007. L'unità stratigrafica A9 viene esposta e definita per la prima volta nel 1988 in occasione dell'apertura delle ricerche a Fumane con la prima campagna di scavo. La sezione di riferimento è quella esposta tra i rq. 51 e 53, rivolta a S,

limitata dalla parete rocciosa sinistra nell'area atriale della cavità.

In particolare US A9 viene descritta da M. Cremaschi in quello stesso anno come: “ *di tessitura F-L, friabile, senza struttura; 7,5YR5/6, qualche poro, contiene clasti di varia pezzatura prevalentemente disposti orizzontalmente, spigoli vivi; contiene inoltre, specialmente nell'area delle strutture della precedente unità (A2), lenti di sabbie chiare sciolte, ad andamento piano. In genere è povera di materiale archeologico, che si fa tuttavia più frequente sul lato E. Si distingue bene dalla sottostante unità (A4) per un chiaro passaggio di colore. Contiene livelli ricchi di lumache rotte e compresse, quasi per calpestio.*”²⁷

6.3 La geologia

Sulla base dei dati estratti dalle analisi granulometriche, dei minerali pesanti, micro-morfologiche e suscettività magnetica, M. Cremaschi e F. Ferraro (2006) affermano che le diverse caratteristiche litologiche e tessiturali delle unità documentano episodi pedo-sedimentari strettamente controllati da precise condizioni climatiche. I diversi eventi deposizionali – individuati con buon dettaglio grazie al notevole spessore dei depositi – sono stati inseriti nel quadro delle variazioni climatiche a scala globale.

Successivamente a una prima fase di alterazione del substrato carbonatico, si verifica un evento pedogenetico stabile e abbastanza lungo che altera la roccia sottostante (unità S8 e S9), determinando anche la messa in posto di patine di argilla; a questo evento si intercala, nell'unità S9, un primo ma molto limitato episodio di deposizione eolica evidenziato dalla micromorfologia. Sulla base della data TL dell'unità S7, le unità S8 e S9 sono attribuite ad una delle ultime fasi dello stage 5, presumibilmente al substage 5^a.

La frazione grossolana indica fenomeni di termoclastismo, anche molto intenso, tanto da portare al distacco di grossi massi dalle pareti della grotta. Perché il macro-

²⁷ Riferimento bibliografico

termoclastismo si attivi, sono necessarie condizioni climatiche marcatamente fredde, che interrompono la fase di stabilità registrata alla base della stratigrafia. Questo momento anaglaciale, può quindi esser identificato con una delle prime fasi del Primo Pleniglaciale (stage 4). Le sabbie dolomitiche che vanno a coprire i massi di frana, segnalano un ritorno a condizioni umide e fresche: infatti esse provengono dalla degradazione del substrato roccioso e la loro pendenza verso l'esterno della grotta, assieme all'andamento talora lenticolare, è indice di trasporto idrico da parte del sistema carsico in cui la grotta si apre e che oggi non è più attivo.

Questo momento di miglioramento climatico è segnalato anche dal record paleozoologico, che segnala, per l'unità S7, un picco dei cervidi. I piccoli livelli rossi contenuti nelle sabbie possono essersi formati in seguito a fenomeni di infiltrazione delle acque all'interno dei sedimenti e conseguente deposizione di residui ferrosi, prodotti dell'alterazione della roccia carbonatica. La disponibilità idrica necessaria alla deposizione dei sedimenti sabbiosi è ulteriormente confermata dai clasti, i cui spigoli smussati segnalano fenomeni di alterazione ed erosione post-deposizionali, legati all'instaurarsi di un regime climatico meno severo. La presenza di placchette gelive è indice di momenti a clima freddo e umido. I sedimenti delle unità da S5 a S7 segnalano un brusco cambiamento rispetto alle unità sottostanti, in cui il suolo indicava un momento di stabilità; queste unità si depositano in un periodo caratterizzato da una forte variabilità climatica, fluttuante da un clima glaciale a uno fresco e umido; livelli analoghi ai sottostanti, ma con prevalenza della frazione sabbiosa (unità da S2 a S4), che diventa dominante verso l'alto, dove è talora cementata. In queste unità si assiste nuovamente ad una fase di relativa stabilità climatica, in clima fresco e umido, probabilmente di maggior durata rispetto alla precedente, tanto da aver permesso, oltre alla deposizione delle sabbie dolomitiche, anche la formazione di concrezioni carbonatiche, che necessitano di una percolazione o movimento di acque attraverso i sedimenti.

L'unità S1 è un livello di piccoli massi disposti in piano, indicante nuovamente un fenomeno di termoclastismo, più modesto episodio di clima freddo e umido, che sembra essere seguito da un breve episodio di colluvio che ha disposto in piano i

clasti; il limite abrupto con le sovrastanti unità delle breccie indica un radicale cambiamento di regime sedimentario. L'unità risulta cronologicamente compresa tra i 79.000 ± 13.000 (unità S7) e i 55.000 ± 7.000 (unità BR11) anni dal presente; per tale motivo l'evento freddo in essa testimoniato può essere correlato all'evento di Heinrich H 6, posto a circa 69.000 anni dal presente.

Le unità da BR8 a BR 11 sono livelli di breccia angolare, talora cementata, indicanti un intenso episodio di termoclastismo in clima freddo ed umido, tipicamente legato ad una fase di apice glaciale, che la data di 55.000 ± 7.000 anni dal presente (unità BR11) e permette di correlare con il Primo Pleniglaciale. A questo momento climaticamente severo, seguono delle fasi sufficientemente umide e stabili da permettere la formazione delle concrezioni calcaree che localmente cementano le unità; la presenza di livelli d'uso e di fovee testimonia che la deposizione di queste unità è avvenuta nel corso di più riprese, intervallate da fasi stabili meno severe; anche in queste unità, il segnale paleoclimatico più evidente è relativo ad un periodo spiccatamente glaciale, in cui hanno luogo fluttuazioni in senso essenzialmente termico, dato che questo tratto di deposito registra sempre una discreta, se non buona, disponibilità idrica.

L'unità BR7 è una spessa coltre di limi, con grosse pietre dagli spigoli smussati e concrezioni carbonatiche; la frazione limosa, per le sue caratteristiche tessiturali, mineralogiche e micromorfologiche, non presenti nel substrato, è indubbiamente di natura eolica; il loess si deposita tipicamente nelle fasi cataglaciali, a clima freddo ed arido. La deposizione eolica, solo debolmente registrata nella porzione inferiore della stratigrafia (unità S9), si sostituisce, quasi totalmente o in parte, alla deposizione delle sabbie dolomitiche, che avevano caratterizzato le unità sottostanti. La presenza di massi indica che alla prevalente deposizione del loess, si alternano fasi più rigide, in cui si riattivano i fenomeni termoclastici; a queste si alternano anche fasi più temperate che permettono invece la formazione dei pavimenti concrezionari. Gli episodi sedimentari registrati in questo tratto di stratigrafia, anch'essi riferibili al Primo Pleniglaciale, segnalano nuovamente delle fluttuazioni

climatiche, soprattutto in senso arido/umido che, diversamente dalle unità sottostanti, vedono anche la deposizione di loess, indicante l'instaurarsi di condizioni aride, tipicamente connesse alla fasi successive all'apice glaciale; in corrispondenze dell'unità BR7, le analisi paleozoologiche segnalano un incremento di stambecco e camoscio;

Le unità BR 6 sono suoli di abitato, che testimoniano una consistente frequentazione antropica, in un momento di relativa stabilità, correlabile ad una fase interstadiale del Primo Pleniglaciale o alle prime fasi dell'Interpleniglaciale.

Le unità da BR2 a BR5, livelli a netta prevalenza di clasti spigolosi che segnalano nuovamente l'instaurarsi di un clima freddo e umido, che, solo con l'unità BR2, sembra mutare verso condizioni più aride, con la conseguente ripresa della sedimentazione eolica; anche il record paleozoologico segnala un clima piuttosto freddo, caratterizzato da una riduzione dei cervidi. L'unità BR1 presenta una coltre di *loess* contenente clasti angolosi, che testimoniano il riaffermarsi delle condizioni spiccatamente fredde ed aride che già erano segnalate nell'unità BR2

Le unità da A10 ad A13 sono composte da pietrisco termoclastico spesso verticalizzato dal gelo; la matrice, praticamente assente nella porzione superiore, è costituita da sabbia proveniente dalla degradazione del substrato; queste unità segnalano fenomeni di microtermoclastismo, in clima freddo e umido, seguito da condizioni molto fredde, che hanno portato alla profonda crioturbazione segnalata dalle pietre verticalizzate e dalle locali deformazioni riscontrate nelle unità A12 e A13. Queste unità segnalano una netta ripresa delle condizioni glaciali, caratterizzata da sedimentazione influenzata da un clima marcatamente glaciale, anche nei fenomeni post-deposizionali di crioturbazione; diversamente, il record paleobiologico indica un ambiente un meno estremo, caratterizzato da foreste alternate ad ampie praterie alpine, dove prevalgono, tra gli ungulati, i cervidi, ma con una discreta percentuale di fauna più fredda. Seppure non siano disponibili datazioni per queste unità, è presumibile che questo episodio marcatamente freddo possa corrispondere ad una delle ultime fasi del Primo Pleniglaciale o, più presumibilmente, a una delle prime fasi dell'Interpleniglaciale (Stage 3) che diversi

record hanno indicato essere caratterizzato da eventi particolarmente severi.

Le unità da A9 ad A10 presentano pietrisco termoclastico in matrice loessica, la cui abbondanza aumenta verso l'alto, indicando il passaggio da condizioni fredde e umide a condizioni fredde e aride, segnalato anche dal progressivo aumento di stambecco e camoscio nella fauna a ungulati e dalla netta predominanza di larice; nelle unità da A4 ad A7, ricche in loess, compaiono Pinus e Betula, con percentuali significative (maggiori del 10%), che segnalano un'espansione dell'ambiente di steppa arborata (Cattani, 1990), conseguente ad un inaridimento climatico.

Gli ultimi livelli dell'unità A e la porzione inferiore dell'Unità D registrano le ultime fasi del Paleolitico medio e il passaggio al Paleolitico superiore. Il giacimento ricopre dunque un ruolo di primo piano riguardo la transizione, permettendo di esplorare alcuni aspetti connessi all'estinzione dell'Uomo di Neanderthal e all'arrivo e diffusione degli Uomini anatomicamente moderni (Broglia, 1997; Peresani, 2008). La deposizione delle unità studiate avviene tra i 38.200 ± 700 (unità A9) ed i 51.000 ± 10.000 (unità A9) anni dal presente. L'episodio freddo registrato nelle unità più basse, potrebbe essere correlato con l'evento di Heinrich H 5, datato a circa 52.000 anni dal presente, mentre l'episodio delle unità più alte all'evento di Heinrich H 4, datato a circa 35.500 anni dal presente; le unità superiori che vedono frequentazioni attribuibili all'Aurignaziano e al Gravettiano inquadrano la loro deposizione rispettivamente nell'Interpleniglaciale (stage 3) e in prossimità dell'ultimo LGM (stage 2).

Numerose datazioni ^{14}C AMS negli ultimi anni sono state realizzate su campioni provenienti dalle unità musteriane più recenti, A6, A5 e uluzziane A4, presso i laboratori di Utrecht e di Oxford. In questo ultimo, integrati in un progetto internazionale (Brock e Higham, 2008; Higham et al., 2009) di ri-datazione con il metodo ABOx (Bird et al., 1999) della transizione UMP/EUP in Europa si sono analizzati alcuni campioni di ossa di ungulati e cervo recanti evidenti tracce di macellazione e di conseguenza direttamente collegabili alla fase di occupazione

umana del sito. Oggi infatti campioni con queste caratteristiche sono più affidabili e riconosciute come tali dalla comunità scientifica internazionale (Zilhao e d'Errico, 2003). Le date ottenute vengono convenzionalmente espresse in anni BP e non calibrate (Tabella 27).

Tre campioni di carboni sono stati datati con la tecnica convenzionale presso il laboratorio di Roma. Si segnala infatti che alcuni di questi non sembrano aver subito alcuna contaminazione e restituiscono risultati identici indipendentemente dal pre-trattamento chimico (Higham et al., 2009). Risultati simili utilizzando il metodo ABOx-SC si sono ottenuti anche in altri giacimenti italiani ed europei (Brock e Higham, 2008; Higham et al., 2009). L'unità A6 che, si ricorda, è un livello planare continuo, antropizzato e ricco di carboni, poggia con limite abrupto sulla sottostante unità sterile A7. Per la prima unità si dispone di una data TL di 50 ± 8 Kyr (Martini et al., 2001) e di due date ottenute col metodo convenzionale (R-2759 35.400 e R-2758 29.000). L'unità sovrapposta A5 rappresenta un sottile livello planare antropizzato, distinguibile a tratti, ma che nella maggior parte dell'area scavata si confonde con un livello più sfumato, coincidente con la porzione superiore della sottostante unità A6, e denominato A5+A6. Il limite tra i due è graduale.

Il Laboratorio di Oxford ha realizzato quattro datazioni AMS su carboni, in due momenti differenti. Le prime due datazioni si riferiscono ad A5+A6 (OxA-6464: 34.950 ± 700) e ad A5 (OxA-6463: 33.700 ± 600). Le due più recenti si riferiscono ad A5+A6, e sono state realizzate sul medesimo carbone (OxA-8023: 38.250 ± 700) e ad A5+A6 (OxA-8022: 38.800 ± 750). Considerate separatamente, ciascuna coppia di datazioni conferma le osservazioni fatte in corso di scavo circa l'appartenenza dei due piccoli strati carboniosi A6 ed A5 a due momenti vicini nel tempo. Sovrapposta all'insieme A5+A6 si trova l'unità A4 (Uluzziano), una breccia tabulare a matrice eolica, meno antropizzata rispetto alle due precedenti, suddivisa a sua volta in 4 livelli (da A4I a A4IV) a seconda delle caratteristiche di facies, che rappresenta il livello più recente dell'occupazione musteriana. A essa si riferiscono due datazioni quasi coincidenti, realizzate a Oxford su carboni in due momenti diversi: per la sottounità A4II OxA-6462 33.150 ± 600 ; per tutta l'unità A4 OxA-8021 33.300 ± 400

(Peresani, 2008). Superiormente si trova l'unità A9 (Uluzziano). Per tale unità si sono analizzati campioni delle strutture SI, SII e SIV, le date sono non congruenti con i livelli aurignaziani soprastanti (troppo recenti).

In effetti, alcune delle date si sovrappongono largamente nell'intervallo 40 – 30 Kyr (Giaccio et al., 2006; Peresani et al., 2008), ma si scontrano con le evidenze stratigrafiche che smentiscono ogni evidenza di dispersione, contatto invasivo, scambi o relazioni tra i Musteriani, gli Aurignaziani e gli Uluzziani, o alternanza tra i diversi livelli culturali. Le sei date riferibili alle unità musteriane e uluzziane, quattro (Tabella 27) per le unità A5+A6, due per l'unità A4II, rivelano: una divergenza tra le misure effettuate nel 1997 (OxA - 6463 e OxA-6464) ed i risultati del 1998 (OxA -8022 e OxA-8023) che appartengono a un carbone unico, diviso in due parti presso il laboratorio, e sono praticamente coincidenti e stratigraficamente congruenti con le datazioni dell'unità A5-A6. Le date delle unità musteriane di Fumane costituiscono, allo stato attuale della ricerca, una tra le più recenti evidenze delle occupazioni neandertaliane nel Veneto durante lo stadio isotopico 3. Esse vanno ad arricchire il quadro cronologico di questa regione, che sinora contava sull'unica data TL dell'unità A6 e due date 14 C dello strato I ($46,4 \pm 1,5$ Kyr; $40,0 \pm 1,27$ Kyr B.P.) della Grotta del Broion nei Colli Berici (Leonardi, Broglio, 1963), la cui industria litica levalloisiana è caratterizzata dalla presenza quasi esclusiva di strumenti ritoccati e di supporti predeterminati. La stessa esclusività è stata osservata anche tra gli insiemi litici delle due unità datate di Fumane, che attestano in tal modo la massiccia persistenza di questo metodo nelle fasi finali del Musteriano, contrariamente a quanto documentato dai tagli superiori della serie interna del Riparo Tagliente (Bartolomei et al., 1982).

Tabella 27: Elenco delle datazioni effettuate al c14 sui vari livelli di Grotta di Fumane.

RF	Unità	Rif.to lab	C14 data	BP
	D1e	R-2784	26890 ± 530	
	D1d	OxA-11348	31490 ± 250	

D1d base LTL374A 29828 ± 390

D1d base UtC-2050 30700 ± 400

D3b UtC-1775 31700 + 1200 / -1100

D3b UtC-2045 32300 ± 400

D3ba str. 15 - liv. A OxA-8050 30320 ± 320

D3ba str. 15 - liv. A (ABOx) OxA-17981 33890 ± 220

D6 UtC-2046 32300 ± 500

D6 OS-5872 37100 ± 240

A1 UtC-2049 31900 ± 500

A2 UtC-2047 32100 ± 500

A2 (ABOx) OxA-17569 35640 ± 220

A2 (ABOx) OxA-17570 35180 ± 220

A2 UtC-2048 36500 ± 600

A2 OxA-8054 33160 ± 400

A2 OS-5999 32000 ± 90

A2 OS-5871 32700 ± 140

A2R LTL375A 34312 ± 347

A2 str. 10 UtC-2051 32800 ± 400

A2 str. 16 Ly-9920 31300 ± 395

A2 str. 19 Ly-1286 OxA 32415 ± 1045

A2 str. 19 GrA-16231 33140 ± 460

A2 str. 14 - top OxA-6566 31900 ± 1100

A2 str. 14 - top OxA-8052 34120 ± 460

A2 str. 14 - liv. A UtC-2688 36800 + 1200 / - 1400

A2 str. 14 - liv. B1 UtC-2689 35400 + 1100 / - 1300
A2 str. 14 - liv. B2 UtC-2690 34200 + 900 / - 1100
A2 str. 14 - base OxA-6465 31620 ± 500
A2 str. 14 - base OxA-8053 33640 ± 440
A9 – str. I LTL-1830A 29,602 ± 240
A9 – str. II LTL-1831A 29,233 ± 350
A9 – str. IV LTL-1796A 29,361 ± 320
A9 – str. IV LTL-1795A 37,828 ± 430
A4 OxA-8021 33,300 ± 400
A4II OxA-6462 33,150 ± 600
A5 OxA-6463 33700 ± 600
A5 (ABOx) OxA-17980 40150 ± 350
A6 OxA-6464 34950 ± 700
A6 OxA-11331 34400 ± 800
A6 R-2759 > 35000
A5+A6 OxA-8023 38.250±700
A5+A6 OxA-8022 38800 ± 750
A5+A6 (ABOx) OxA-17566 40460 ± 360
A9 OxA-11346 39950 ± 550
A9 LTL-376A 42715 ± 720
A9 R-2757 > 31400
A10 LTL-377A 41327 ± 730
A11 LTL-378A 42004 ± 760

5.4 Problematiche di gestione del dato archeologico

Come già espresso nell'introduzione di questo lavoro, quando più operatori cambiano nel corso delle varie campagne di scavo, uno dei maggiori rischi è il cambiamento delle metodologie adottate, sia per la raccolta dei materiali e sia per l'indagine archeologica. Questo fattore, nell'ambito delle ricerche archeologiche in fase di analisi e poi interpretazione dei dati, provoca non poche problematiche. Per esempio, a Grotta di Fumane, solo da pochi anni si è adottata una stazione totale, con la quale si raccolgono i dati in modo puntuale, mentre prima la raccolta era fatta sistematicamente per quadrati. Inoltre, in una prima fase, la raccolta è stata fatta per quadrati di un metro per un metro e in una seconda fase per quadrati di 33x33 cm. Nell'ambito di una analisi geostatistica e statistica, queste metodologie di raccolta differenti non sempre possono essere raggruppate, in quanto i risultati attesi mostreranno andamenti incongrui e l'obiettivo finale, come può essere l'analisi spaziale e la costruzione di mappe tematiche, sarebbe errato. Per omogeneizzare il dato raccolto sia puntuale che settoriale, si è preferito raggruppare i dati in quadrati di 33x33cm (Figura 48). Quindi ogni quadrato avrà una coordinata x-y²⁸, presa al centro con i valori totali dei vari elementi raccolti (Tabella 28)

Tabella 28: Schema di esempio per la raccolta dati.

id	sito	quadrato	X	Y	Aves	Mammifera
1	Fumane	100f	4.831373	2.825950	23	45
2	Fumane	105f	5.830373	5.822950	32	56

Un'altra problematica affrontata è stata la gestione delle unità stratigrafiche. Questo

²⁸ Nel caso specifico di Grotta di Fumane, non essendo il sito georiferito a livello globale, si utilizza un sistema cartesiano su coordinate metriche relative.

problema è stato affrontato sia dal punto di vista della denominazione delle unità e sia dal punto di vista delle suddivisioni in periodi e fasi. Come è stato scritto nel paragrafo 6.2, la stratigrafia è stata suddivisa in varie unità stratigrafiche chiamate con una lettera e un numero (esempio: A9). Questo tipo di nomenclatura non si adattava al sistema in quanto il campo us nella tabella us_table è di tipo numerico. Anche le varie strutture di focolari rinvenuti, bioturbazioni, depressioni, accumuli e depositi ponevano il problema di una rinominazione. Inoltre, il sistema prevede anche la gestione di periodi e fasi, si è perciò preceduto a una rilettura della stratigrafia e a una sua rinominazione delle us in numeri. L'unità presa in considerazione per questo lavoro è l'unità A9.

Tutte le us presenti in questa unità andranno, come sequenza numerica, da 900 a 999. Il periodo, per questa unità è definito con il numero 9 e le fasi sono scandite in base a i depositi geologici che compongono questa unità (**Errore. L'origine iferimento non è stata trovata.**). Le fasi che compongono l'unità A9 sono 6 (Figure 49-54)

Tabella 29: Esempio schema di rinominazione us.

unità	periodo	fase	us	sito
A9 tetto	9	1	900	Fumane
A9 br	9	2	967	Fumane
A9 sabbie	9	3	987	Fumane
A9 SIII	9	1	903	Fumane
A8 br	8	1	804	Fumane
A7 tetto	7	1	701	Fumane

In questo modo si sono potute revisionare le unità stratigrafiche scandendole anche secondo una successione cronostatigrafia ed è stato possibile formulare un matrix di Harris (Tavola 1) diviso per fasi e periodi. La scansione della stratigrafia in fasi ha portato anche a riconsiderare la distribuzione di alcuni elementi, che fin ora erano stati considerati in una unica unità, come per esempio la pochissima fauna presente

nella terza e sesta fase.

Figura 48: Pianta della Grotta di Fumane con la suddivisione dei quadrati in 33x33 cm

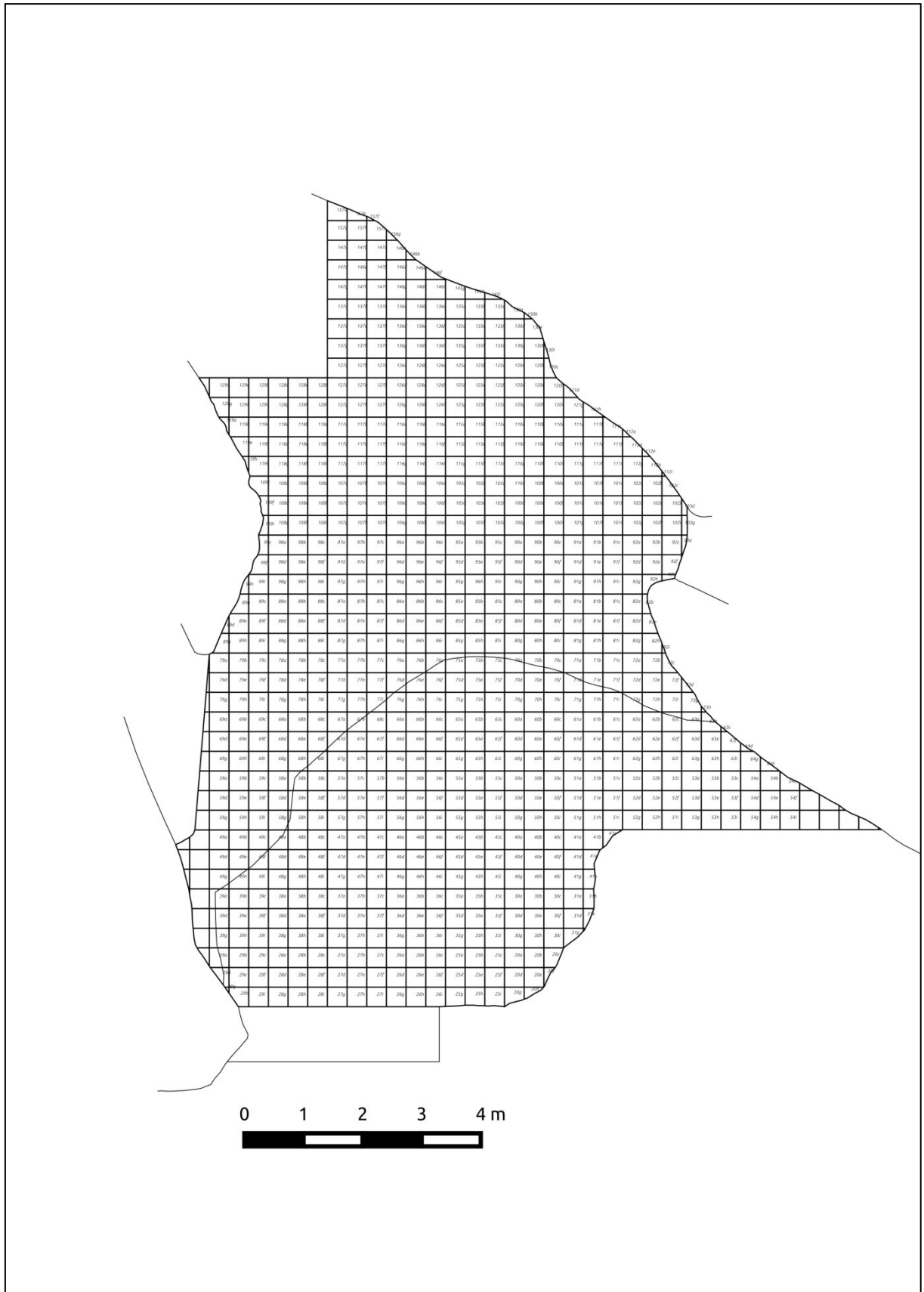


Tavola 1: Matrix di Harris di grotta di Fumane dell'unità A9.

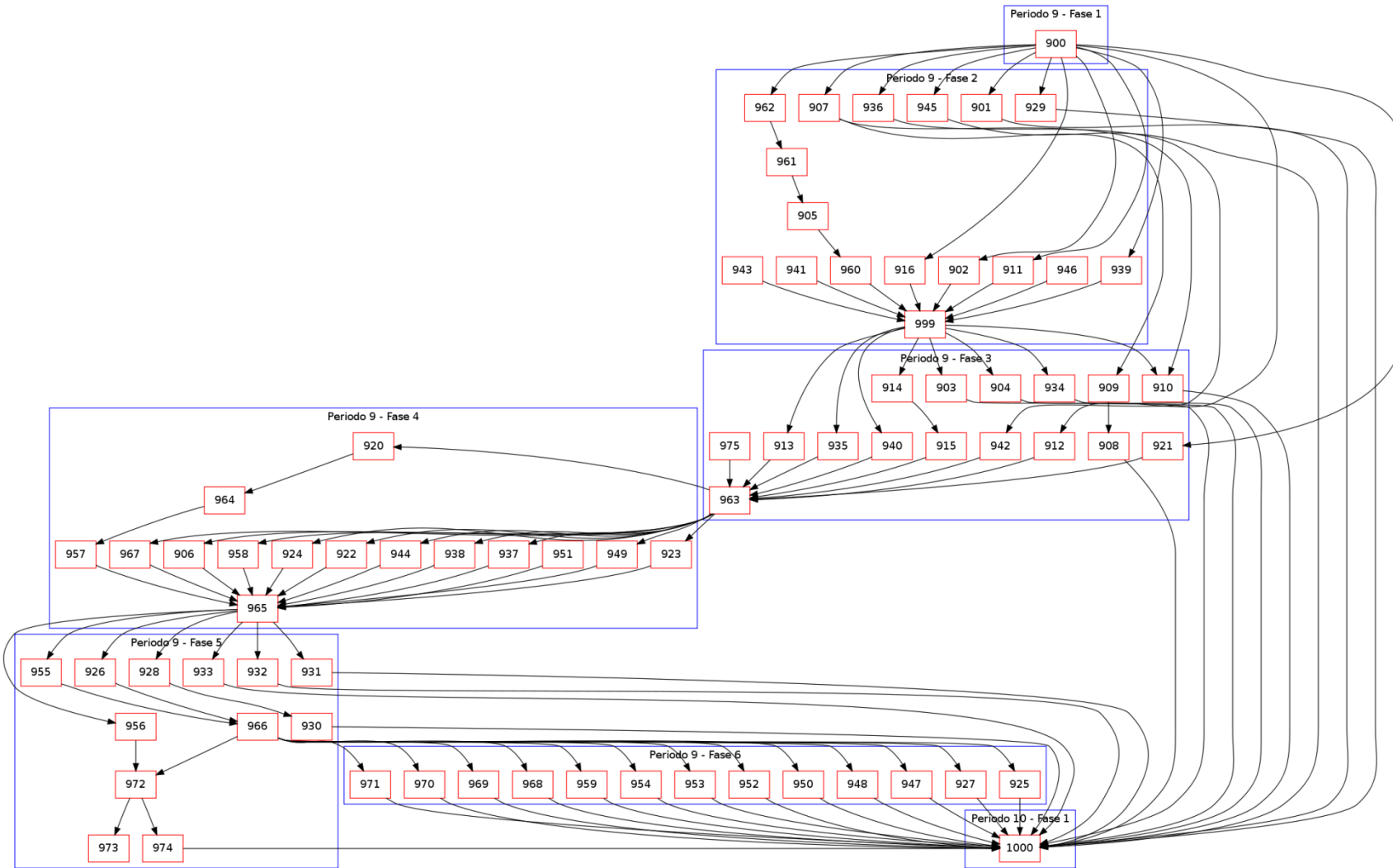


Figura 49: Pianta Grotta di Fumane Fase 1



Figura 50: Pianta Grotta di Fumane Fase2

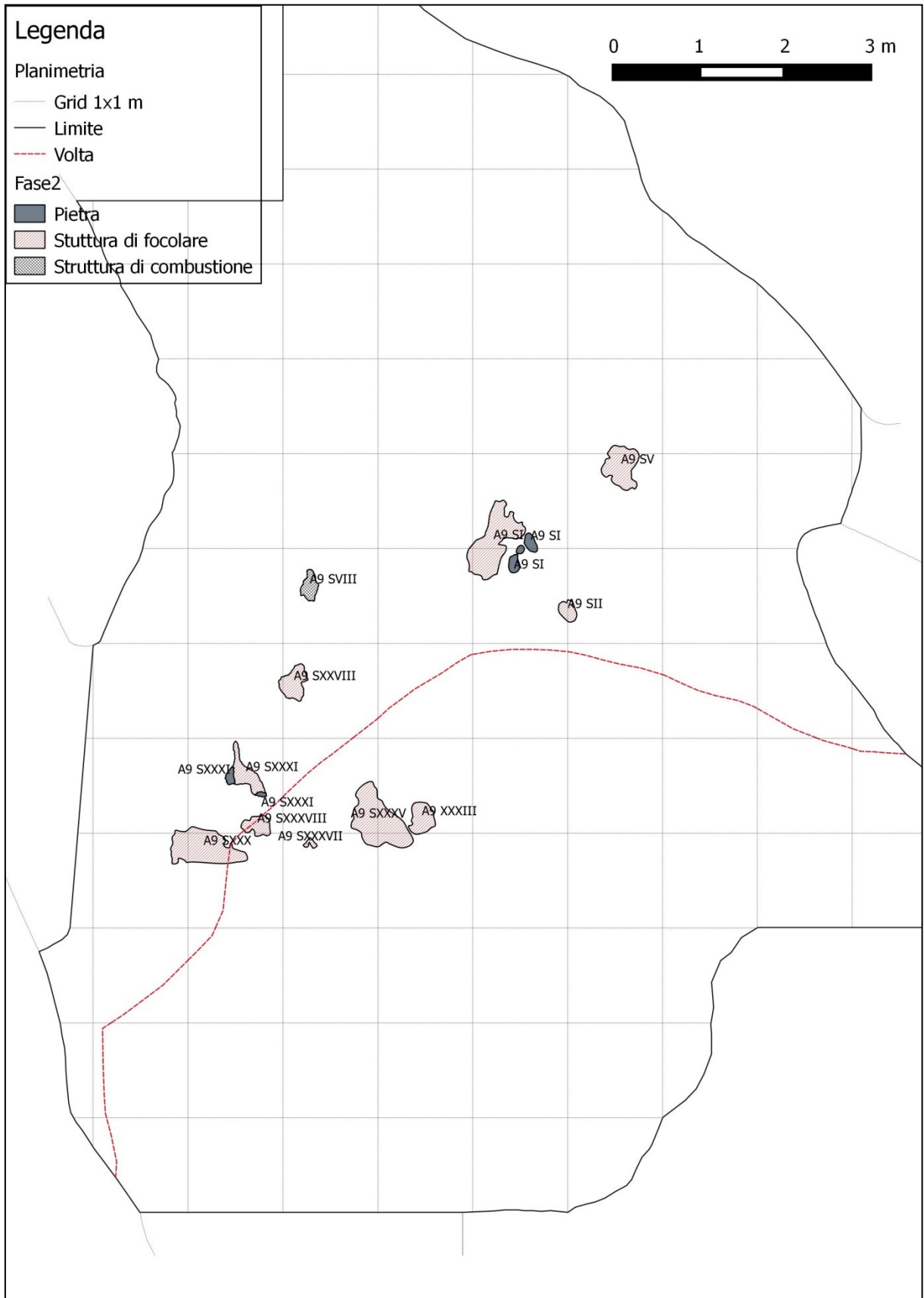


Figura 52: Pianta Grotta di Fumane Fase 4

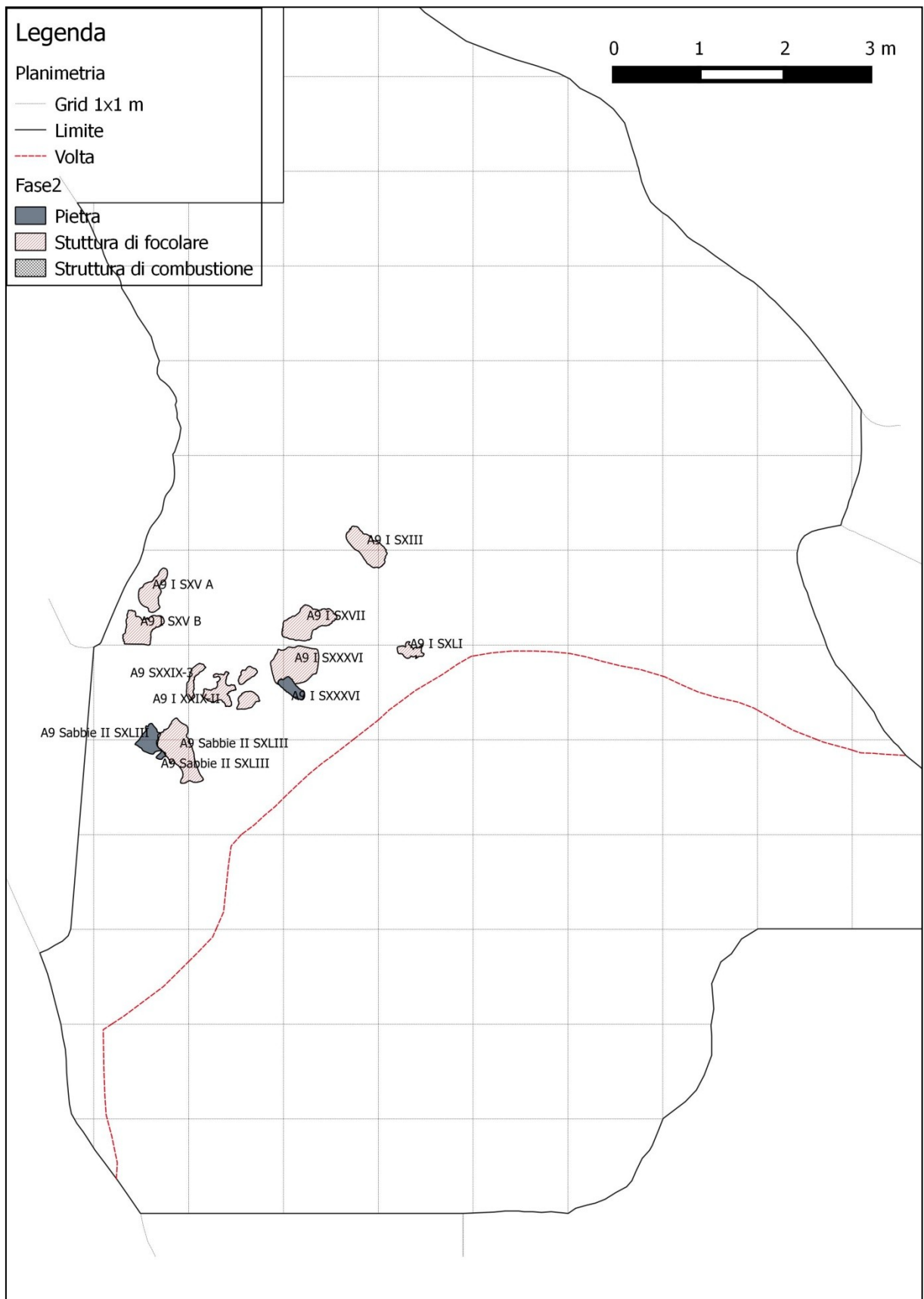


Figura 53: Pianta Grotta di Fumane Fase 5

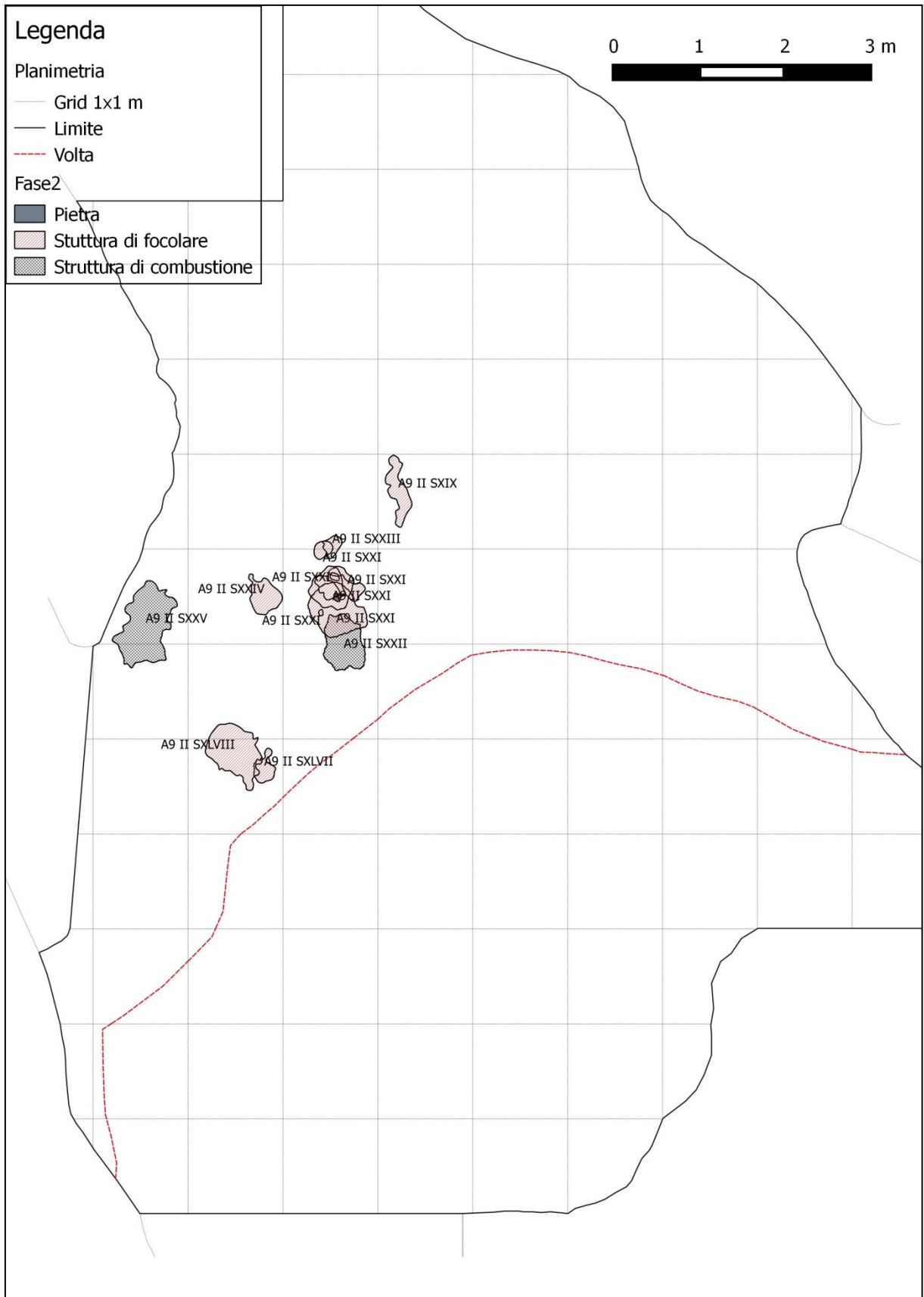
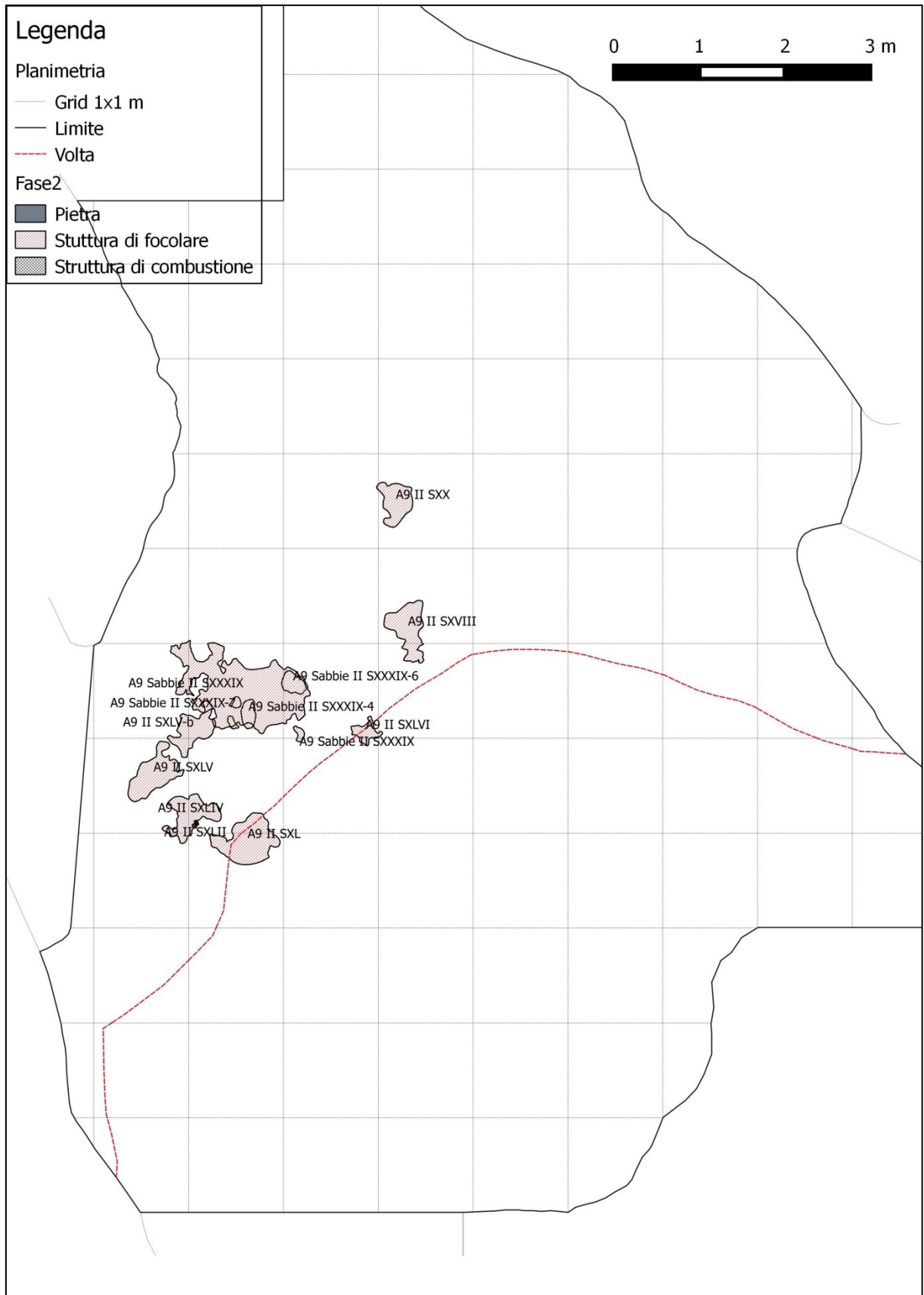


Figura 54: Pianta Grotta di Fumane Fase 6



La prima fase é costituita dalla US 900 che sarebbe il tetto della unità A9. In esso non sono evidenziate strutture e la maggior parte dei campioni raccolti provengono da questa fase. Questa fase non viene definita come una fase di frequentazione.

Nella seconda fase si localizzano le strutture di combustione e strutture di focolari interpretate come attività antropiche. In questa fase, anche se il numero dei campioni decresce, vi è un considerevole numero di reperti rappresentativi.

Nella terza fase si nota che le strutture di combustione e i focolari sono localizzati nella zona centro-nord della grotta. In questa fase, come vedremo i resti faunistici sono molto esigui. Nella quarta, quinta e sesta fase le strutture di focolari si localizzano a ridosso della parete ovest. Sebbene nella quarta e quinta fase i campioni faunistici aumentano rispetto alla fase precedente, nella sesta fase sono quasi del tutto assenti.

5.5 Inserimento dati

I dati presi in considerazione per questo lavoro si possono dividere in due gruppi:

- dati topografici
- dati materiali

I dati topografici sono tutti i dati che riguardano la planimetria del sito, disegni delle strutture di combustione e dei focolari. La base di partenza di questi dati erano sia in formato vettoriale (.dwg²⁹) che disegni planimetrici cartacei. Per poter utilizzare questi dati e inserirli nel geodatabase di *PyArchInit* si è dovuto procedere a convertire i dati vettoriali in un formato shapefile (.shp³⁰) tramite un software open source (gvsig³¹) capace di leggere formati proprietari e commutarli in formati open. Una volta convertito il dato vettoriale in shapefile si è provveduto a modificare la tabella degli attributi con gli stessi campi dei layer utilizzati da *PyArchInit* per la

²⁹ Il .dwg è un formato proprietario Autodesk.

³⁰ Lo shapefile è un formato proprietario free ESRI.

³¹ Applicazione GIS (<http://www.gvsig.com/>).

gestione delle geometrie. In questo modo è stato possibile importare i dati vettoriali esistenti nel geodatabase. Invece i dati presenti sul cartaceo sono stati georiferiti come raster tiff e poi digitalizzati (Figura 55).

I database esistenti in formato Excel (.xl) della fauna e della litica sono stati dapprima modificati soprattutto i campi us e quadrato, ma è stata fatta anche una omogeneizzazione dei dati in quanto non tutti gli attributi erano stati scritti allo stesso modo. Poi sono stati convertiti in un file di testo e infine importati nella tabella fauna tramite una istruzione sql:

```
COPY fauna(nome colonne,...)
FROM '/path/db_fauna.csv'
WITH DELIMITER ','
```

In questo modo si sono potuti importare tutti i dati sia della fauna che della litica e dopo avendo creato dapprima le funzioni trigger sulla tabella fauna e litica, automaticamente si sono riempite tutte le tabelle correlate.

Figura 55: Digitalizzazione di un raster.



Capitolo VI: Gestione del dato per le analisi geostatistiche attraverso *PyArchInit* e *R*: caso studio Grotta di Fumane

6.1 Breve introduzione al software *R*

R è un programma per la statistica e la grafica. Consiste principalmente in un linguaggio e in un insieme di librerie che consentono di svolgere la maggior parte delle analisi statistiche necessarie per la descrizione di un fenomeno (Agostinelli et al. 2000). *R* consente di manipolare dati, eseguire calcoli e procedure complesse nonché rappresentare graficamente i risultati. Possiede numerose funzioni dedicate al calcolo matematico avanzato (calcolo su matrici, operazioni con numeri complessi, ecc.) e all'analisi statistica. Consente di realizzarne, con un minimo di sforzo nella programmazione, nuove funzioni e procedure da richiamare all'occorrenza. Fra i suoi numerosi pregi vi è quello di trattare dati, risultati e programmi come oggetti facilmente richiamabili e manipolabili. *R* è stato inizialmente creato da Robert Gentleman e da Ross Ihaka del Dipartimento di Statistica dell'Università di Auckland (Ihaka e Gentleman, 1996). Tra il 1997 e il 1999 si sono aggiunti 16 ricercatori costituendo così il principale gruppo di sviluppo. Oggi sono molti i ricercatori che contribuiscono fornendo aggiornamenti e implementazioni. La filosofia di *R* è quella di un ambiente di sviluppo "aperto", di libero utilizzo e dove chiunque può contribuire e condividere le proprie esperienze e applicazioni (Venables e Smith, 2002). *R* è sostanzialmente un interprete di comandi che esegue passo dopo passo le istruzioni che gli vengono impartite. Può essere utilizzato in modo interattivo, impartendo un comando e ottenendo un risultato. Conserva in memoria i dati e i risultati e fornisce un output solo quando richiesto.

La versione di *R* che è stata utilizzata per questo lavoro è la 3.1.2.

6.2 Introduzione alla geostatistica

Inizialmente la geostatistica era un metodo di analisi applicato alle scienze legate al terreno (scienza del suolo e agronomia), anche se negli anni '60 del è stata portata

alla ribalta come una metodologia applicata per l'industria mineraria. Al momento, le applicazioni geostatistiche sono molto comuni negli studi ambientali e geologici, e meno comuni in archeologia (Castillejo, Romero 2010; Castillejo 2008). Strettamente connesso con il GIS, la geostatistica fornisce la base per la comprensione, con l'utilizzo di varie tecniche per la stima, del valore di una variabile spaziale (regionalizzata) in aree in cui la variabile non è stata misurata. Questo significa che la geostatistica è uno strumento per ipotizzare nel modo più accurato possibile la continuità spaziale.

L'archeologia è intrinsecamente una disciplina spaziale, per questo motivo si è pensato all'utilizzo di un approccio quantitativo spaziale come la geostatistica multivariata, che viene tradizionalmente impiegata nel settore minerario e analisi ambientale (Cocca et al. 2011). L'applicazione della geostatistica multivariata, come fatto in questo caso studio, consente di gestire le informazioni quantitative come variabili regionalizzate e valutare le correlazioni spaziali imponendo modelli lineari di corregionalizzazione (LMC), modelli di semivariogrammi sperimentali e cross-semivariogrammi (che sono gli strumenti tradizionalmente utilizzati in geostatistica). Questo processo permette anche correlazioni spazio-temporali tra i diversi strati di attività umana.

Tale analisi è stata effettuata attraverso la creazione di uno strumento che integra diverse librerie R potenti come *Gstat* per l'analisi della distribuzione spaziale dei dati implementate in DBMS *PostgreSQL* con estensione *PostGIS*. Le analisi effettuate sulla fauna della Grotta di Fumane e sulle diverse fasi di frequentazione mostrano interessanti e molteplici modi per gestire spazialmente la grotta e aprono nuove prospettive agli studi quantitativi in archeologia.

Il presente lavoro si propone di offrire un approccio sperimentale per l'analisi della distribuzione territoriale, integrando tecniche geostatistiche, database e GIS in un unico strumento.

La metodologia geostatistica applicata al sito archeologico di Grotta di Fumane rappresenta un primo approccio "sperimentale" finalizzato a verificare la

correlazione spaziale che esiste nella fauna sia dal punto di vista delle specie (terrestri e volatili), sia dal punto di vista dell'ordine, classe e famiglia di queste specie, rispetto alle fasi di frequentazione e che può soddisfare i criteri di casualità (distribuzione casuale), di uniformità (distribuzione normale) o con particolari concentrazioni (distribuzione cluster).

La raccolta dei dati è stata eseguita su ogni fase dell'unità A9. La griglia per la raccolta di materiali comprende 753 quadrati di 33x33 centimetri. Va ricordato che, avendo scavato tutta la superficie, nei quadrati in cui non sono stati trovati elementi il valore dato è zero in quanto, a livello geostatistico, il valore zero è importante per l'identificazione di una correlazione spaziale accurata. Infatti dire che in una zona è stata scavata ma non è stato raccolto materiale ha un significato, mentre non indagare una zona ne ha un altro. Per questo motivo, se si immettesse lo stesso il valore zero per una zona non indagata questo assumerebbe un altro significato e pertanto dovrebbe essere escluso dal conteggio statistico.

6.3 Semivariogramma

L'approccio quantitativo come variabili regionalizzate è stato valutato costruendo dei semivariogrammi sperimentali sulla base delle tabelle di matrici presenti nel geodatabase (cfr. paragrafo 4.3.9).

Il semivariogramma è un metodo geostatistico che viene impiegato per valutare l'autocorrelazione spaziale di dati osservati in punti georiferiti (Shine&Wakefield 1999). Esso quantifica il grado di variabilità di punti a distanza crescente e rappresenta la distanza tra i dati di input (*lag*³²) sull'asse orizzontale e la semivarianza³³ sull'asse verticale. La funzione che interpola la semivarianza dei valori osservati in gruppi di coppie di punti a determinate distanze è pari a:

³² Rappresenta la distanza tra i dati di input

³³ La semivarianza è la metà della varianza (quadrato della deviazione standard) tra ogni valore z e ognuno dei punti alla stessa distanza; è una misura della interdipendenza dei valori di z basata su quanto vicini essi sono (una misura del grado di dipendenza spaziale tra i campioni)

$$\gamma(h) = \sum_{i=1}^{n(h)} \frac{(z(x+h) - z(x))^2}{n(h)}$$

in cui z è il valore di una misura in un particolare punto, h è una classe di distanza tra punti di misurazione e $n(h)$ è pari al conteggio del numero di coppie di osservazioni effettuate alla distanza h .

In questo modo si ottiene una fitta nuvola di punti che corrisponde alla semivarianza di ogni singola coppia con i rispettivi *lag*. La nuvola di punti contiene quindi tutte le relazioni spaziali nei dati per tutte le possibili distanze tra i campioni, ma non è una funzione continua.

E' praticamente impossibile interpretarla e comprendere l'esistenza di correlazioni spaziali. Si rende necessario pertanto prendere in considerazione un numero ristretto di *lag*. In questo modo sono più riconoscibili gli *outlier*³⁴ ed è possibile modellizzare la distribuzione spaziale.

Da notare bene che la scelta del *lag* influenza fortemente il variogramma così questa distanza va definita con cura.

Lag troppo piccoli = troppe semivarianze medie (una per ogni *lag*) e alta probabilità di variogramma inesatto.

Lag troppo grandi = poche stime di varianza, perdita di dettaglio ed eccessivo *smoothing* del variogramma.

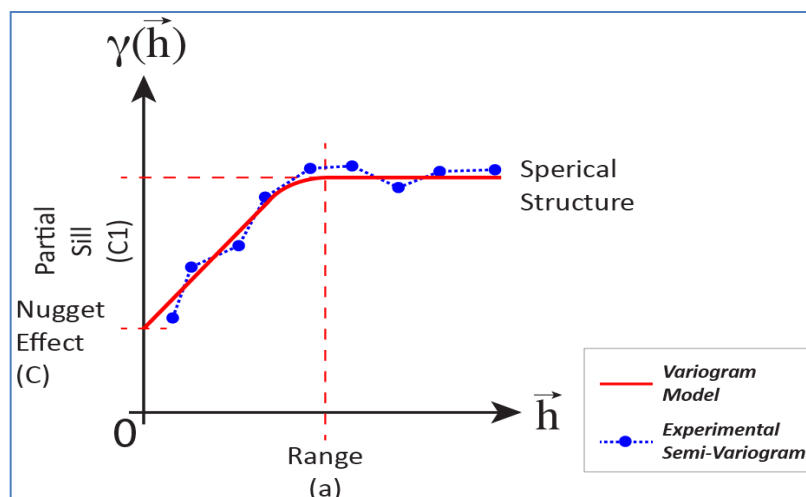
Il semivariogramma pertanto è il grafico della semivarianza sulla distanza tra i dati e normalmente viene interpolato con diverse funzioni in modo da determinare la tipologia di autocorrelazione spaziale della variabile misurata (Figura 56) (Shine & Wakefield 1999). Per misurare i dati sperimentali bisogna prima costruire un modello di variogramma che permette tali misurazioni. La parte più importante del variogramma è la sua forma nei pressi dell'origine poiché ai punti più vicini verrà dato un peso maggiore durante l'interpolazione.

³⁴ Si definisce *outlier*, in un insieme di osservazioni, un valore anomalo e aberrante ovvero un valore distante dalle altre osservazioni disponibili.

I parametri del modello di base sono definiti come segue:

- **Nugget:** descrive il livello di variabilità casuale ovvero il comportamento del modello all'origine. Questo parametro quantifica la variabilità spaziale per campioni separati da distanze molto piccole, vicino a zero. Quindi, si descrive la quantità di variabilità casuale che non è correlata con lo spazio campione;
- **Partial Sill:** descrive il livello di variabilità spaziale, cioè quella porzione di varianza che si osserva in funzione della distanza ovvero la quantità di variabilità spaziale raggiunta dopo la distanza di autocorrelazione (= range). Quando si raggiunge il valore massimo i campioni non sono più simili e quindi si può affermare che la distribuzione diventa casuale;
- **Range:** distanza massima alla quale si osserva la correlazione spaziale (campioni più vicini sono simili, campioni più lontani sono diversi);
- **Model:** tipo di sistema utilizzato per fittare i dati sperimentali. Il modello più utilizzato (l'unico modello utilizzato in questo lavoro in quanto il nugget è presente ma non rilevante) è quello sferico, che descrive una coefficiente crescente della variabilità spaziale γ in funzione alla distanza h fino al range di distanza, dopodiché il modello diventa costante. Altri modelli sono quelli gaussiano, esponenziale.

Figura 56: Esempio di semivariogramma sperimentale.



6.4 Problematiche di distribuzione spaziale

Il set di campione analizzato è costituito da 5002 records. In realtà questo campione (ci si riferisce solo alla fauna terrestre) non è il campione totale raccolto fin ora. Per il momento solo l' 80% del campione è stato inserito nel geodatabase di *PyArchInit*. Comunque questo dato non dovrebbe incidere molto sull'andamento generale e quindi dovrebbe rispecchiare quella che è la situazione attuale.

Dopo aver analizzato i dati statisticamente, si è proceduto alla costruzione dei semivariogrammi sperimentali (ESV) su quelle coppie di variabili che dalla analisi statistiche si sono rilevati interessanti. Il semivariogramma sperimentale è strumento fondamentale per le analisi geostatistiche. In questo modo si è potuto quantificare la variabilità spaziale tra i campioni separati da una crescente classe di distanza (*lag*) e quindi verificare se a livello spaziale le coppie di campioni hanno una correlazione spaziale tra di loro. In pratica, per ogni singola classe di distanza il ESV quantifica la variabilità spaziale media tra tutte le coppie di campioni separate da quella distanza. Generalmente i campioni più vicini sono quelli più simili. Questo è un riflesso del principio di autocorrelazione.

Quindi, una volta che si calcola il semivariogramma sperimentale, si cerca ogni possibile valore di variabilità spaziale adattando un modello (un sistema di funzioni) sul ESV, facendo una previsione sulla continuità della variabile spaziale.

La corretta stima della variabilità spaziale deve essere valutata per qualsiasi distanza e qualsiasi direzione, al fine di trovare le relazioni spaziali dei valori di una variabile regionalizzata. Questo è utile per capire quante volte i campioni raccolti sono simili. Per avere un modello di variogramma soddisfacente bisogna fare dei test sui parametri da utilizzare (nugget, partial sill, range e model), affinché il modello sia il più possibile accurato e si fa una validazione in cui l'errore medio deve tendere allo zero mentre lo *standard deviation* a uno.

Il motivo per cui si è scelto di utilizzare l'analisi spaziale su elementi che in linea

teorica "camminano"³⁵ è dettata dal fatto che alcuni degli elementi faunistici sono stati ritrovati in connessione e pertanto si da per assunto che dall'ultima deposizione degli elementi presi in considerazione non ci siano stati spostamenti.

6.5 La fauna

Le analisi geostatistiche effettuate sulla popolazione faunistica di Grotta di Fumane sono state condotte sulla base delle analisi statistiche effettuate in precedenza.

I campioni presi in considerazione sono stati divisi in specie, ordine, classe e famiglia per ogni fase riconosciuta all'interno dell'unità A9 e suddivisi per gruppi tafonomici.

Di seguito i dati statistici e geostatistici in ordine di fase.

Matrice dei dati

Le matrici dei dati su cui si sono effettuate le analisi statistiche e geostatistiche sono riportate di seguito.

Tabella 30: Totale classe divisi per fase

<i>Classe</i>	<i>Fase</i>					
	1	2	3	4	5	6
aves	474	136	11	20	29	2
mammifera	3019	726	87	219	224	14

Tabella 31: Totale ordini divisi per fase.

<i>Ordine</i>	<i>Fase</i>					
	1	2	3	4	5	6
nd	1332	288	38	112	66	1
carnivora	53	10	0	2	1	1
ungulata	1772	472	56	145	171	1
lagomorfa	1	0	0	0	0	0
anseriformes	1	0	0	0	0	0
charadriformes	1	0	0	0	0	0
columbiformes	2	0	0	0	0	0
falconiformes	4	5	0	0	0	0
galliformes	29	5	1	0	0	0

³⁵ Tutti gli elementi in un sito archeologico sono soggetti a spostamento dovuti a smottamenti del terreno, azioni antropiche, ecc.. Questi fattori rendono nullo l'obbiettivo finale dell'analisi spaziale: la correlazione spaziale tra coppie di campioni.

gruiformes	64	14	0	1	1	0
passeriformes	225	67	3	10	13	2
strigiformes	6	1	0	0	1	0
accipitriformes	4	0	0	0	0	0

Tabella 32: Totale famiglia divisi per fase.

<i>Famiglia</i>	<i>Fase</i>					
	1	2	3	4	5	6
nd	1953	478	72	176	148	4
bovide	40	11	2	2	7	3
canide	14	4	0	1	0	0
cervide	1049	263	16	82	81	6
felide	2	0	0	0	0	0
ienide	1	1	0	0	0	0
urside	17	3	0	0	1	1
suidi	0	0	0	0	0	0
mustelidi	0	0	0	0	0	0
caprine	162	36	4	10	6	0
accipitridae	4	0	0	0	0	0
anatidae	1	0	0	0	0	0
columbidae	2	0	0	0	0	0
corvidae	141	41	2	5	6	2
falconidae	4	5	0	0	0	0
fringilliade	1	0	0	1	1	0
hirundinidae	0	0	0	2	1	0
phasianidae	5	0	1	0	0	0
rallidae	64	14	0	1	1	0
scolopacidae	1	0	0	0	0	0
strigidae	6	1	0	0	1	0
tetraonidae	24	4	0	0	0	0
turdidae	2	1	1	0	0	0

Tabella 33: Totale specie divisi per fasi.

<i>Specie</i>	<i>Fase</i>					
	1	2	3	4	5	6
nd	2541	622	84	211	189	10
alectoris graeca	2	0	0	0	0	0
anas cf crecca	1	0	0	0	0	0
aquila cranga	1	0	0	0	0	0
aquila sp	0	0	0	0	0	0
asio cf flammeus	4	0	0	0	0	0
asio otus	2	1	0	0	0	0
asio sp	0	0	0	0	1	0
cf aegyptius monachus	2	0	0	0	0	0
cf gipaeus barbatus	1	0	0	0	0	0
columba livia oenas	2	0	0	0	0	0
corvus cf corax	0	1	0	0	0	0

corvus cf corone	1	0	0	0	0	0
corvus monedula	2	0	0	0	0	0
coturnix coturnix	1	0	1	0	0	0
crex crex	53	11	0	1	0	0
falco cf tinniculus	2	1	0	0	0	0
falco columbarius	0	1	0	0	0	0
falco columbarius vespertinus	0	3	0	0	0	0
falco vespertinus	2	0	0	0	0	0
garrulis glandarius	3	0	0	1	0	0
p graculus c monedula	4	0	1	0	0	0
perdix perdix	2	0	0	0	0	0
pica pica	2	0	0	0	0	0
ptynoproge rupestris	0	0	0	2	1	0
pyrrochorax graculus	114	35	1	4	4	2
pyrrochorax pyrrochorax	0	1	0	0	0	0
pyrrochorax sp	7	2	0	0	1	0
pyrrula pyrrula	1	0	0	1	1	0
rallus aquaticus	2	0	0	0	0	0
scolopax rusticola	1	0	0	0	0	0
tetrao sp	2	0	0	0	0	0
tetrao tetrix	22	4	0	0	0	0
turdus pilaris	0	0	1	0	0	0
turdus pilaris viscivorus	1	0	0	0	0	0
turdus sp	1	1	0	0	0	0
bos bison	18	5	0	1	4	1
bison priscus	1	0	0	0	0	0
bos primigenius	1	1	0	0	0	0
cfr bos priscus	3	1	0	0	1	0
cfr bos primigenius	1	0	1	1	1	0
alces alces	1	2	0	0	0	0
alces megaloceros	3	0	0	1	0	0
canis lupus	1	2	0	0	0	0
capra ibex	22	3	1	1	2	0
capreolus capreolus	171	35	0	17	7	1
cervus elaphus	227	62	4	12	17	1
cervus megaloceros	4	0	0	0	1	0
cfr alces alces	8	2	0	0	2	0
cfr capra ibex	8	4	0	0	1	0
cfr capreolus capreolus	24	11	0	3	6	0
cfr cervus elaphus	102	31	1	10	8	0
cfr megaloceros giganteus	37	6	0	2	3	0
cfr rupicapra rupicapra	13	5	0	2	0	0
cfr ursus arctos	1	0	0	0	0	1
cfr ursus speleus	2	0	0	0	0	0
cfr vulpes vulpes	1	0	0	1	0	0
crocuta crocuta	1	1	0	0	0	0
lepus sp	1	0	0	0	0	0
megaloceros giganteus	19	1	2	1	1	0
rupicapra rupicapra	30	5	1	5	1	0
ursus arctos	0	2	0	0	0	0
ursus spelaeus	8	0	0	0	1	0
vulpes vulpes	5	0	0	0	0	0
phantera leo speleus	1	0	0	0	0	0

Tabella 35: Totale tafonomia, antropica e naturale dei mammiferi divisi per fase.

<i>Tipo di azioni - mammiferi</i>	<i>Fase</i>					
	1	2	3	4	5	6
strie	653	177	17	54	55	5
combuste	409	111	33	51	47	8
t_carnivori	28	12	0	3	3	0
t_roditori	5	2	0	0	0	0
whetering	2	5	0	0	0	0
concrezione	288	72	2	25	25	2
alterazione	21	7	0	0	0	0
corrosione	54	4	0	2	2	1
esfoliazione	35	4	1	1	2	0
fluitazione	22	9	0	0	2	0
cono	203	83	7	22	25	3
calpestio	385	85	6	11	20	0
ritoccato	1	0	0	0	0	0
ritoccatore	29	3	0	0	1	0
pdi	85	24	2	6	6	2
manganese	428	55	14	14	21	0
radici	757	180	9	42	44	0
calciate	57	13	5	15	9	0

Tabella 36: Totale tafonomia antropica e naturale dell'avifauna divisi per fase.

<i>Tipo di azione - aves</i>	<i>Fase</i>					
	1	2	3	4	5	6
strie	11	2	0	0	0	0
fof	37	2	0	0	0	0
rosicature	27	8	0	0	0	0
peeling	7	1	0	0	0	0
combuste	17	5	0	0	0	0

Tabella 34: Totale elementi ossei divisi per fase.

<i>Elementi ossei</i>	<i>Fase</i>					
	1	2	3	4	5	6
sterno	7	2	0	0	1	0
tarso	9	1	0	0	0	0
telemetacarpo	4	0	0	1	0	0
tibia	185	39	4	14	12	0
ulna	57	18	0	3	3	0
vertebra	66	25	0	0	7	0
metapodiale	63	13	3	5	6	1
metatarso	125	25	2	9	9	1
axis	1	0	0	0	0	0

becco	4	6	0	0	0	0
cu	0	1	0	0	0	0
carpometacarpo	34	8	2	2	1	0
coracoide	27	10	0	1	2	0
costa	2	2	0	0	0	0
fa	14	3	0	1	0	0
fp	77	22	3	1	4	0
fu	32	6	3	0	4	0
furcula	3	2	0	0	0	0
metatarsale	3	0	0	0	0	0
ol	9	1	0	8	2	0
oq	5	4	0	0	1	0
pelvis	11	4	0	0	0	0
tersometatarso	48	6	1	1	5	1
tibiotarso	26	5	0	0	0	0
fibula	0	1	0	0	0	0

Queste matrici di dati sono state estrapolate dal database effettuando delle query sul database.

La query generali per l'estrapolazione dei dati statistici dal database, che è inserita nel codice di pyarchinit, viene effettuata tramite l'interfaccia grafica della scheda "pyarchinit_archeozoology". Di seguito si ripropone la query per l'estrapolazione dei qqplot e delle matrici di correlazione:

```
select sum(variabili) as nome varibili "
from nome tabella where fase=numero fase group by fase, nome variabili
```

Dapprima sono state fatte delle analisi statistiche di correlazione per avere una visione d'insieme dei dati e poi sulla base dei risultati ottenuti sono stati scelti i campioni più interessanti su cui effettuare le analisi spaziali.

Analisi di frequenza

Dalle prime analisi statistiche effettuate si nota che le fasi con una maggior numero di frequenza di campioni divisi tra mammiferi e avifauna sono le prime cinque fasi di frequentazione (Figura 57-61).

Figura 57: Fase 1

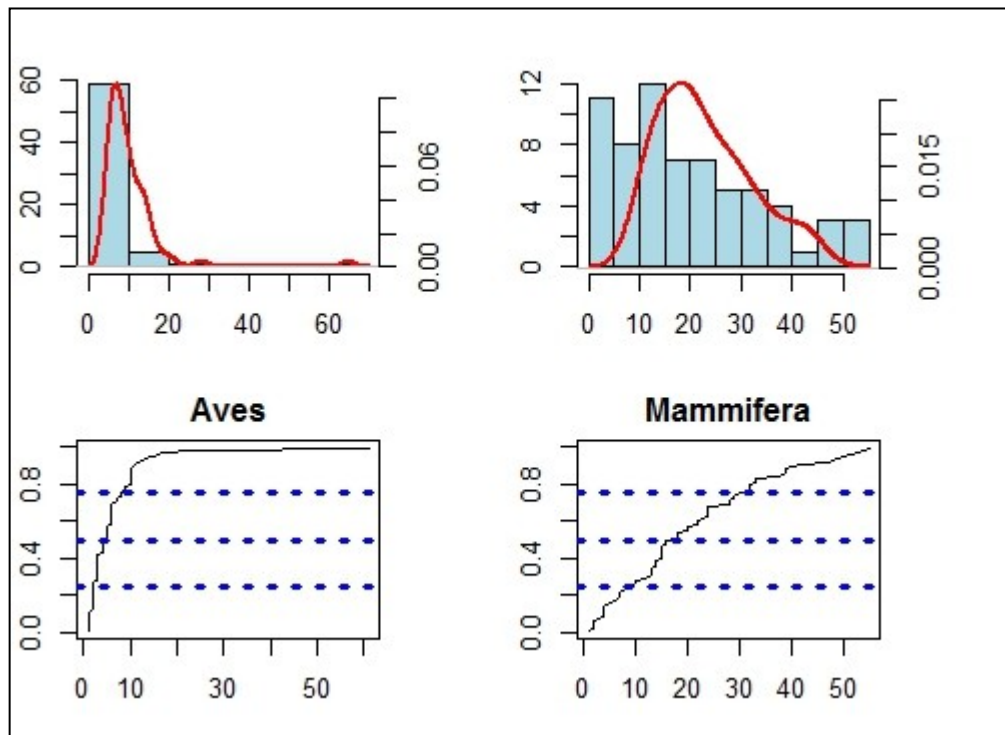


Figura 58: Fase 2

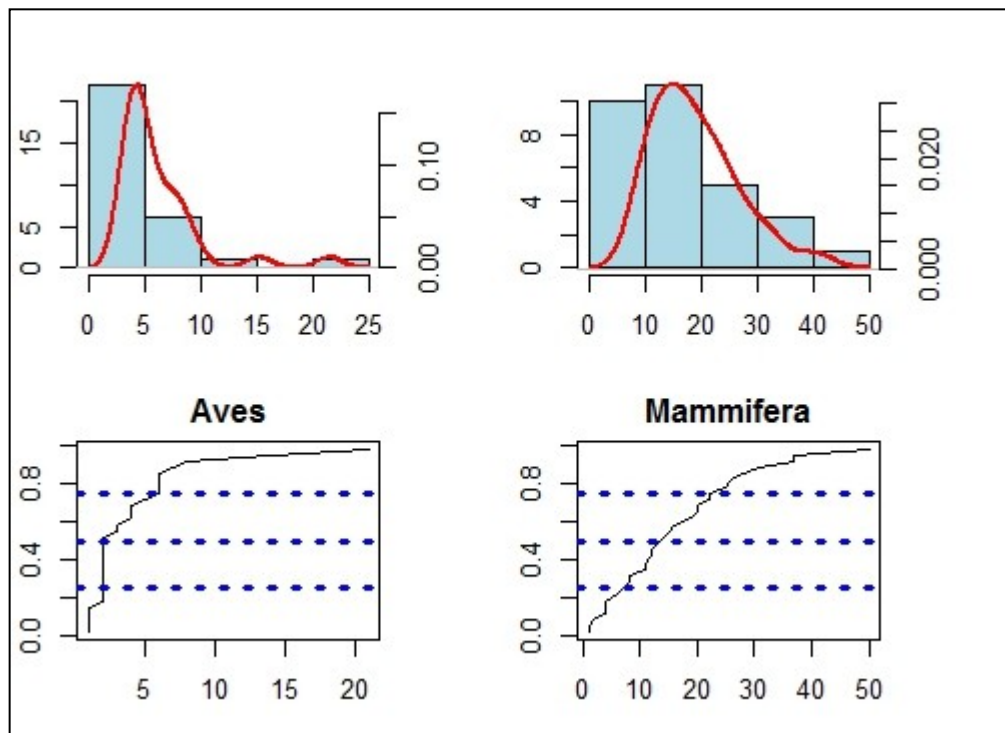


Figura 59: Fase 3

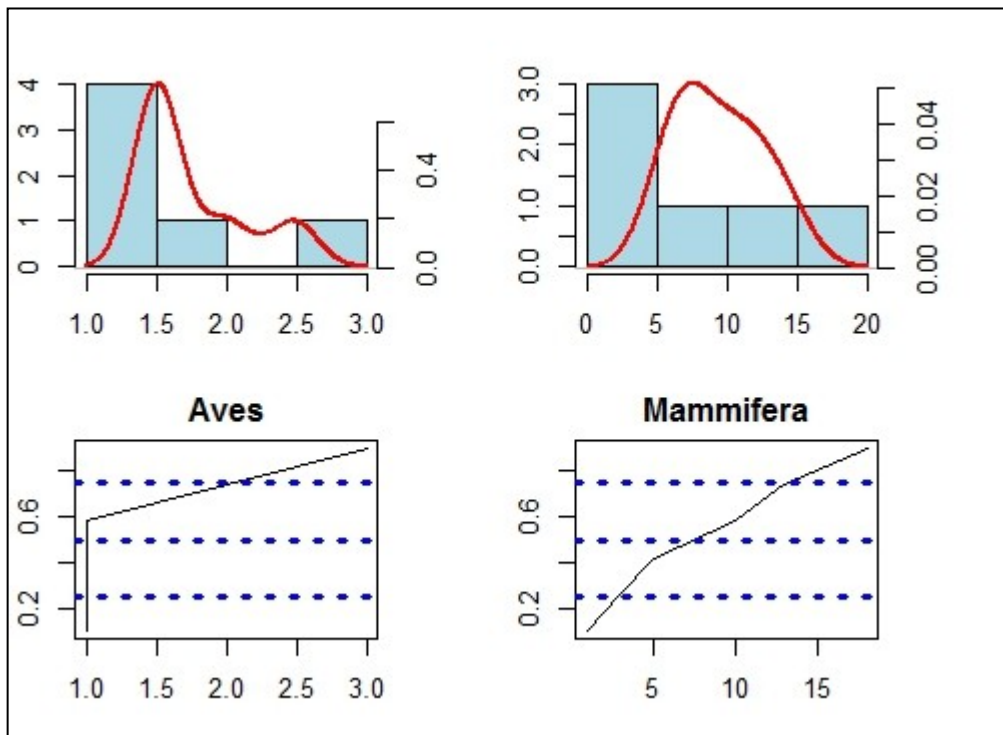


Figura 60: Fase 4

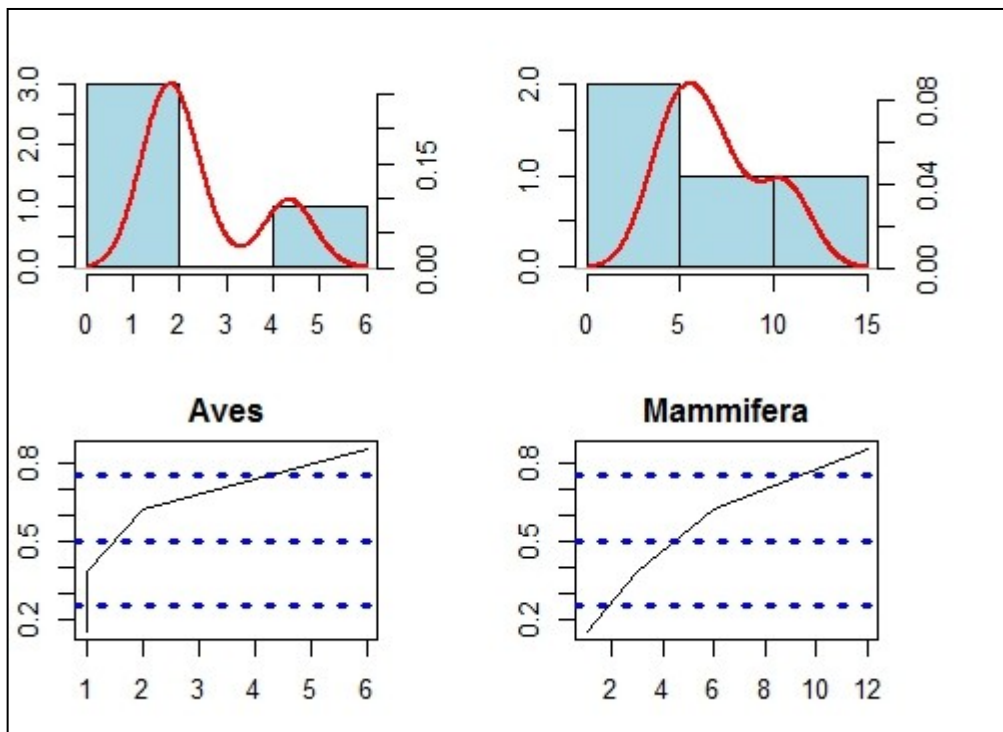
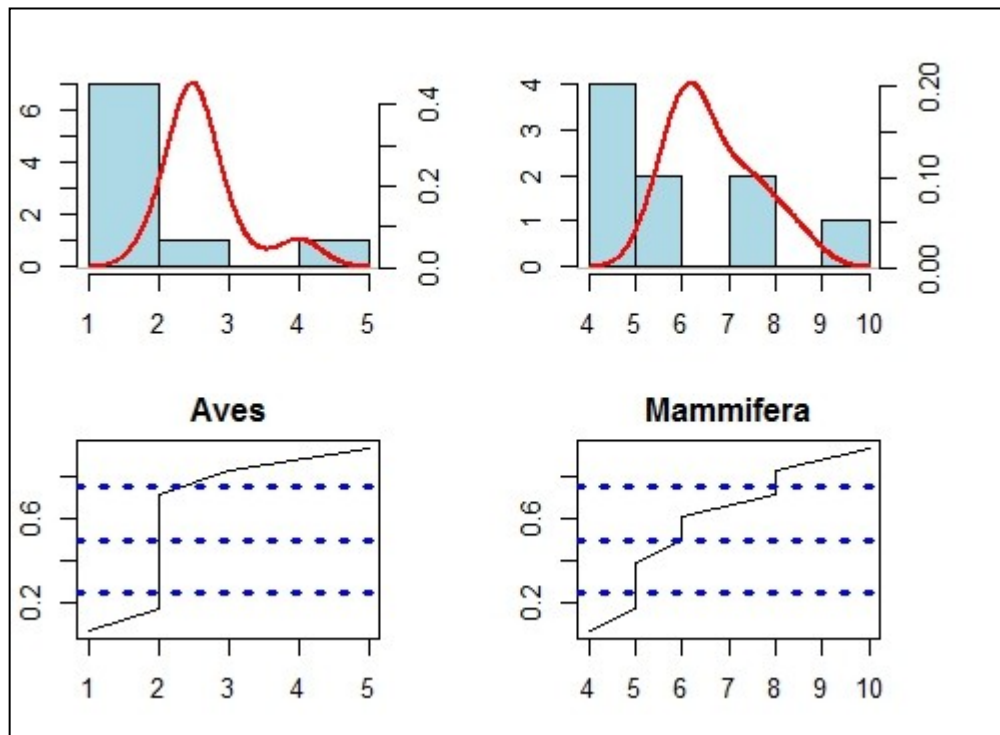


Figura 61: Fase 5



La sesta fase a pochissimi elementi per poterli prendere in considerazione e pertanto questa fase sarà scartata dal resto delle analisi successive.

Prendendo in considerazione le metriche di correlazione si può notare che solo nella fase 2 vi è una correlazione statistica tra l'avifauna e la fauna terrestre (Figura 63), in cui il ρ assume un valore pari a 0.8 e il p.value è pari a 0.00000104. Questo dato significa che le due variabili prese in considerazione in questa fase variano simultaneamente. Mentre nelle altre fasi (Figure 62; 64-66), anche se con una popolazione maggiore (fase 1), non mostrano correlazioni statistiche, tranne nella fase 4 (Figura 65) in cui il ρ assume un valore pari a 0.81 ma il p.value ci indica che il numero di campioni messi a confronto sono pochi per definire una confidenza con ρ pari al 95%.

Figura 62: Fase 1

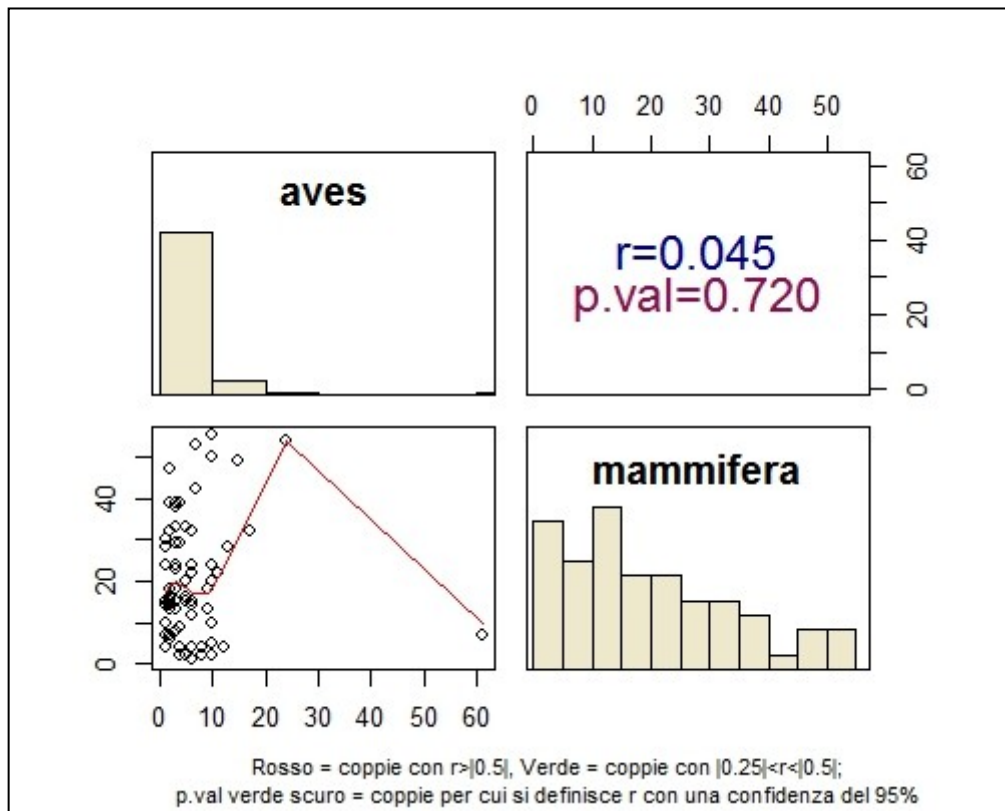


Figura 63: Fase 2

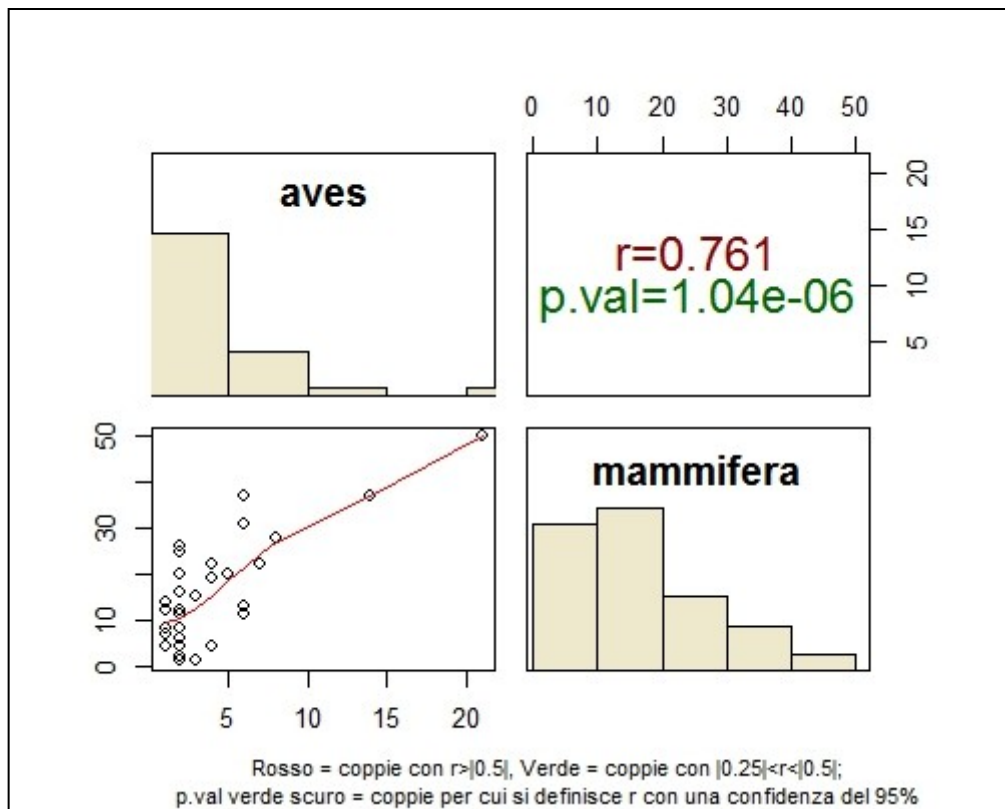


Figura 64: Fase 3

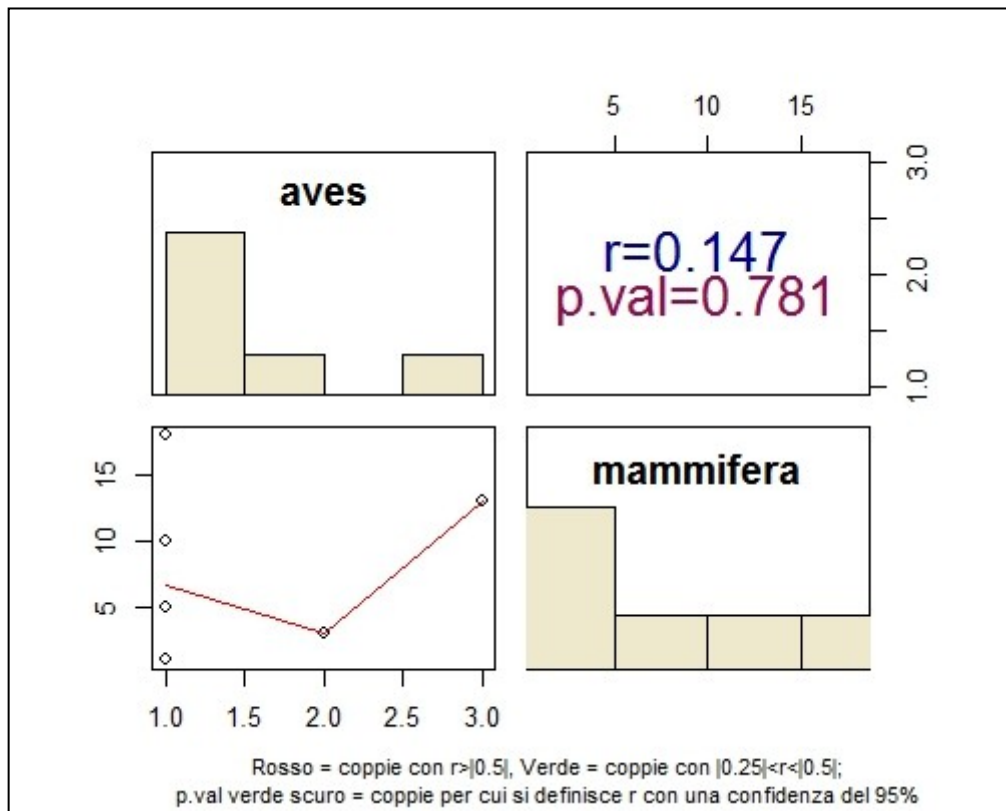


Figura 65: Fase 4

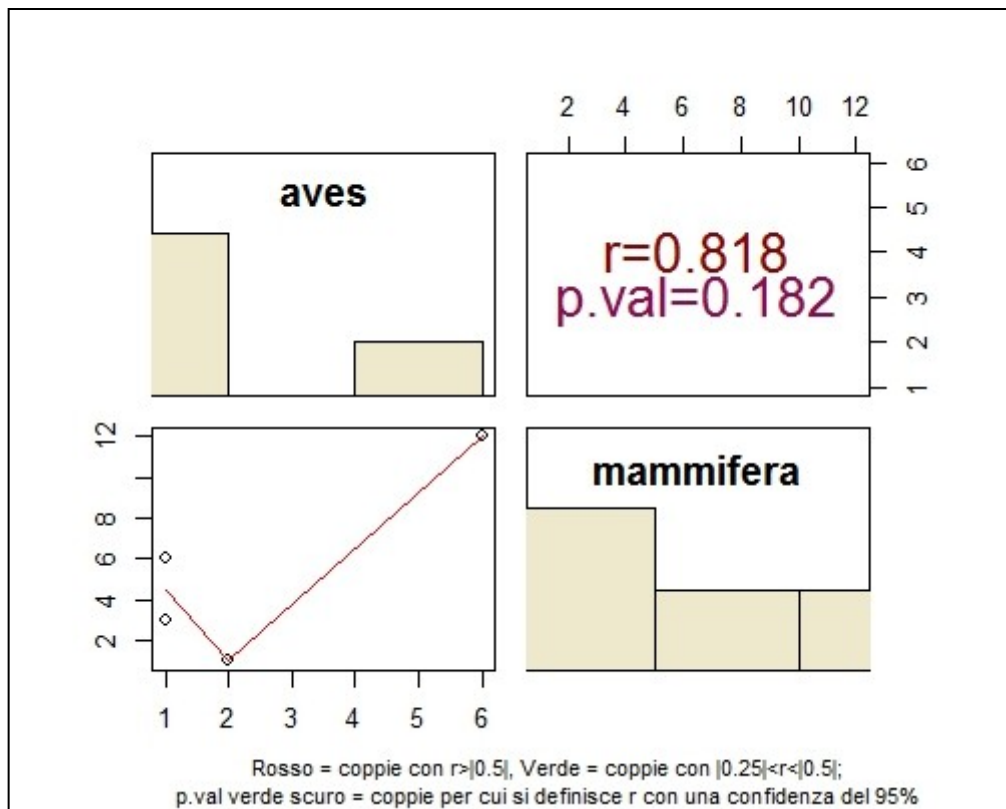
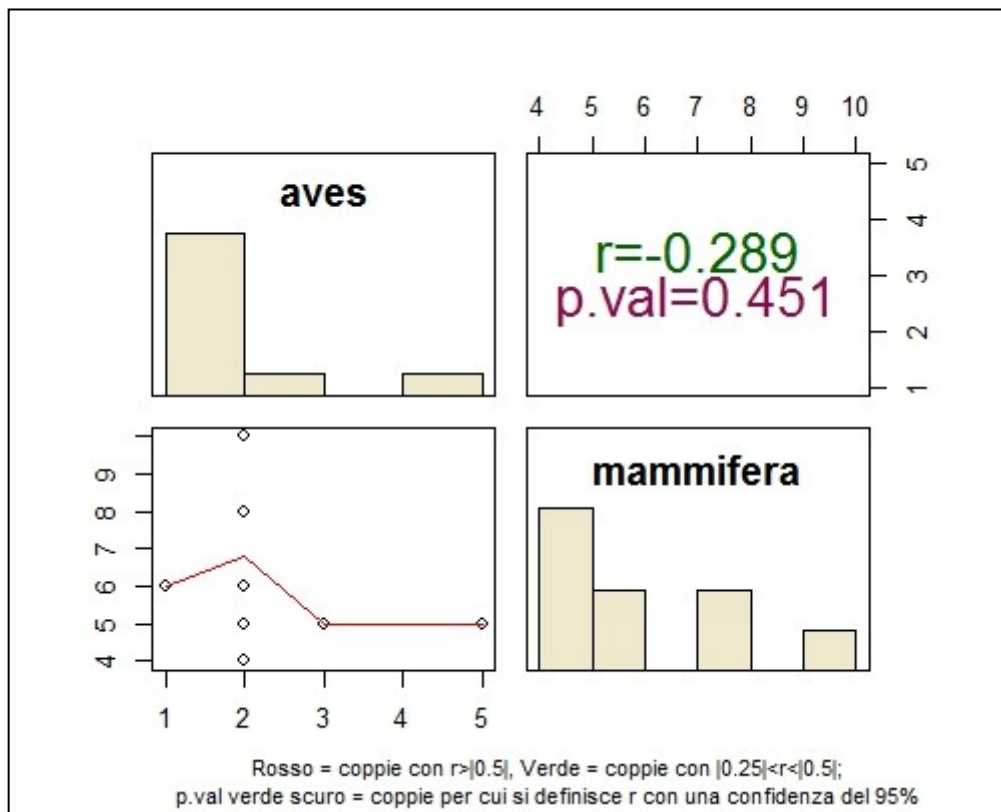


Figura 66: Fase 5



Da questa prima analisi, il passo successivo è stato di verificare nella fase 2 quali tipi di ordini, in termini faunistici, hanno una correlazione statistica. Sulla base delle analisi di frequenza (Figure 67-71) quasi tutta la fauna può essere confrontata tranne per i lagomorpha in quanto è stato ritrovato solo un resto.

Nella prima fase, non sembrano esserci correlazioni tra gli elementi raccolti (Figura 72). Ci sono delle tendenze inferiori allo 0.5ρ tra gli ungulati, columbiformi, galliformi, passeriformi, accipitriformi, ma non verranno prese in considerazione. Più interessante invece è la seconda fase in cui la matrice di correlazione si è potuta effettuare solamente tra gli ungulati, i galliformi e i passeriformi, mostrando una correlazione tra gli ungulati e i passeriformi (Figura 73). Questa tendenza mostra come gli ungulati e i passeriformi siano prediletti in questa fase di frequentazione. Ma tutti gli ungulati e i passeriformi sono correlabili? Il terzo passo successivo è stato analizzare il dato dal punto di vista delle famiglie faunistiche.

Figura 67: Fase 1

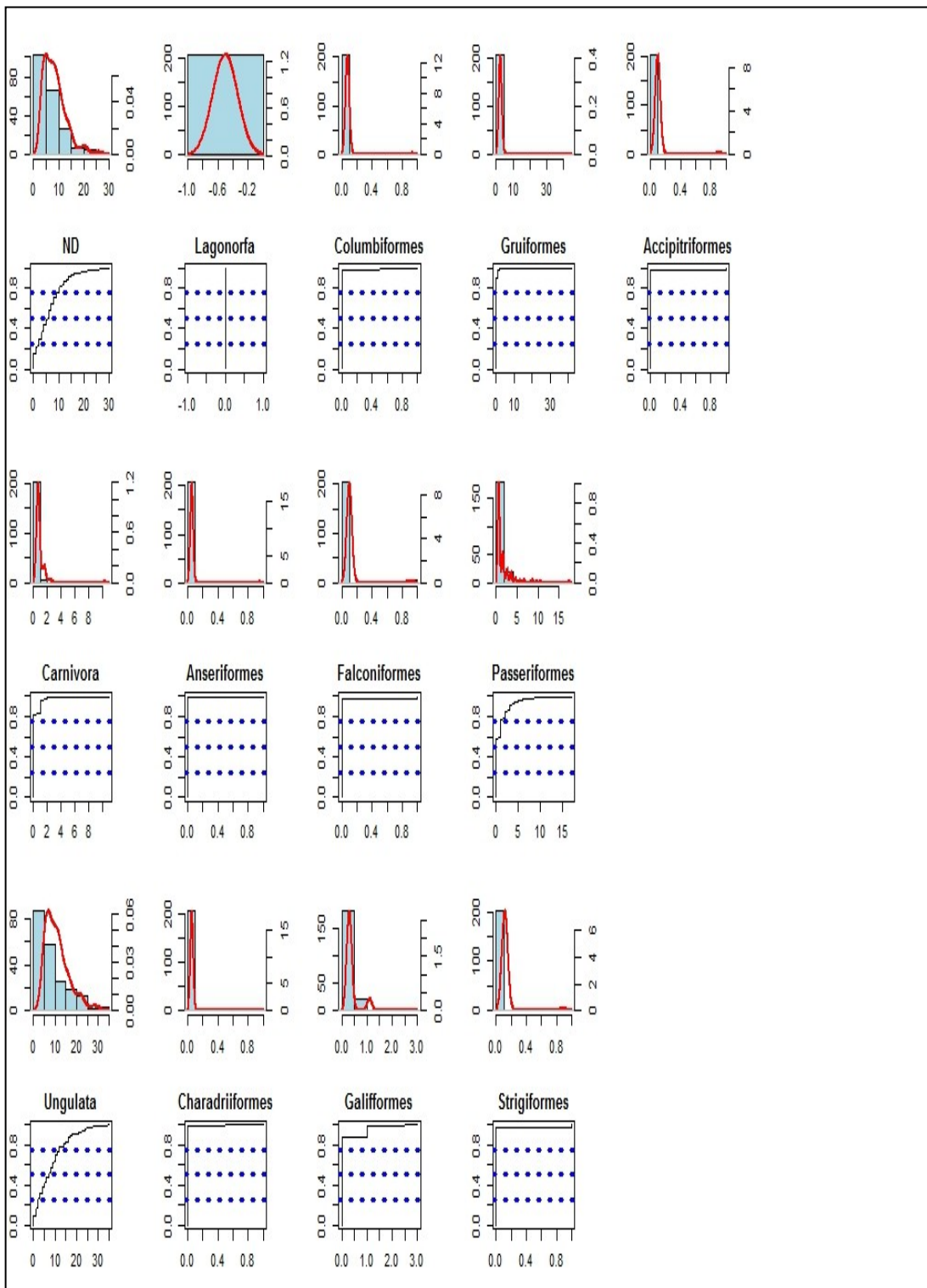


Figura 68: Fase 2

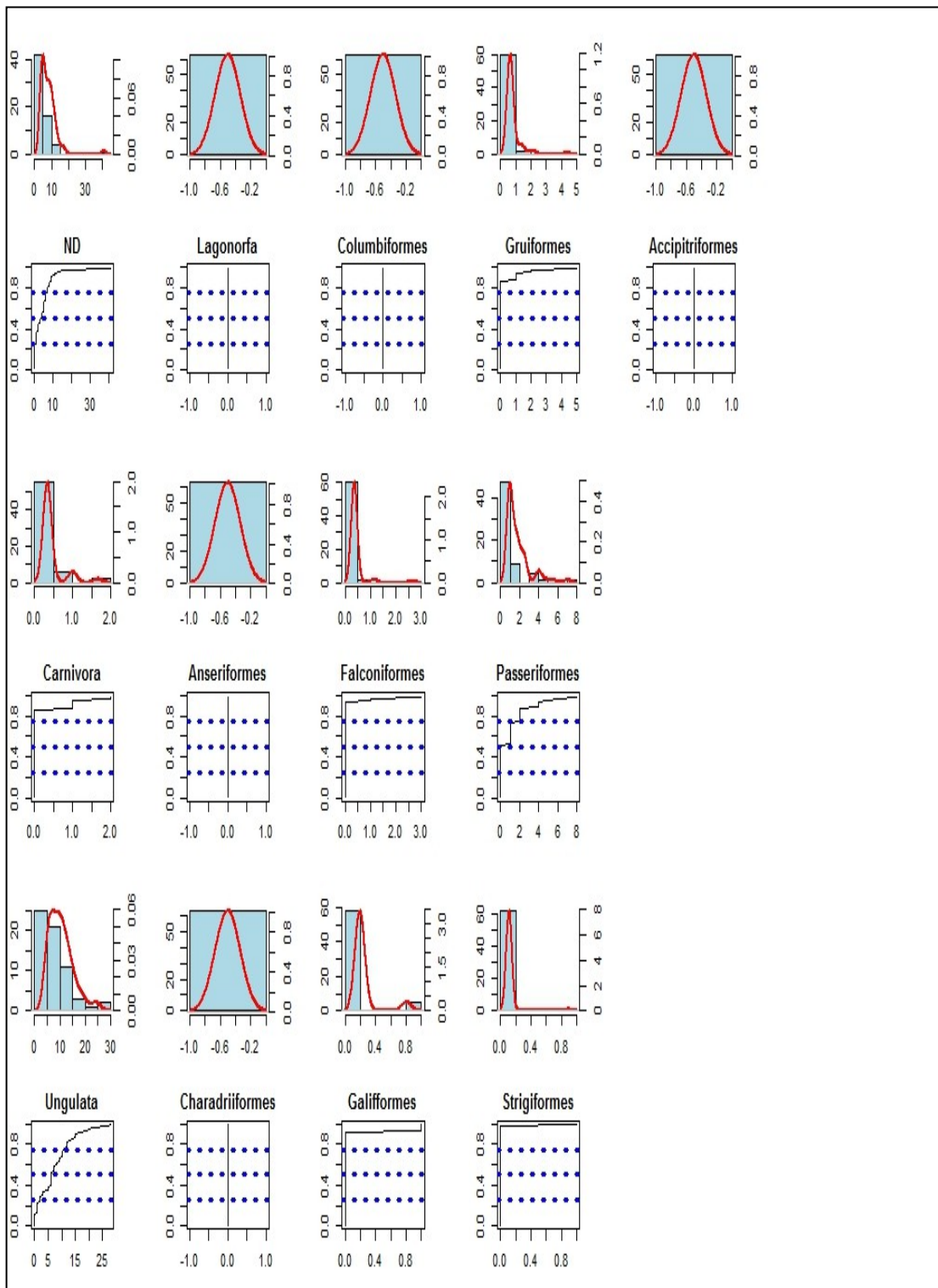


Figura 69: Fase 3

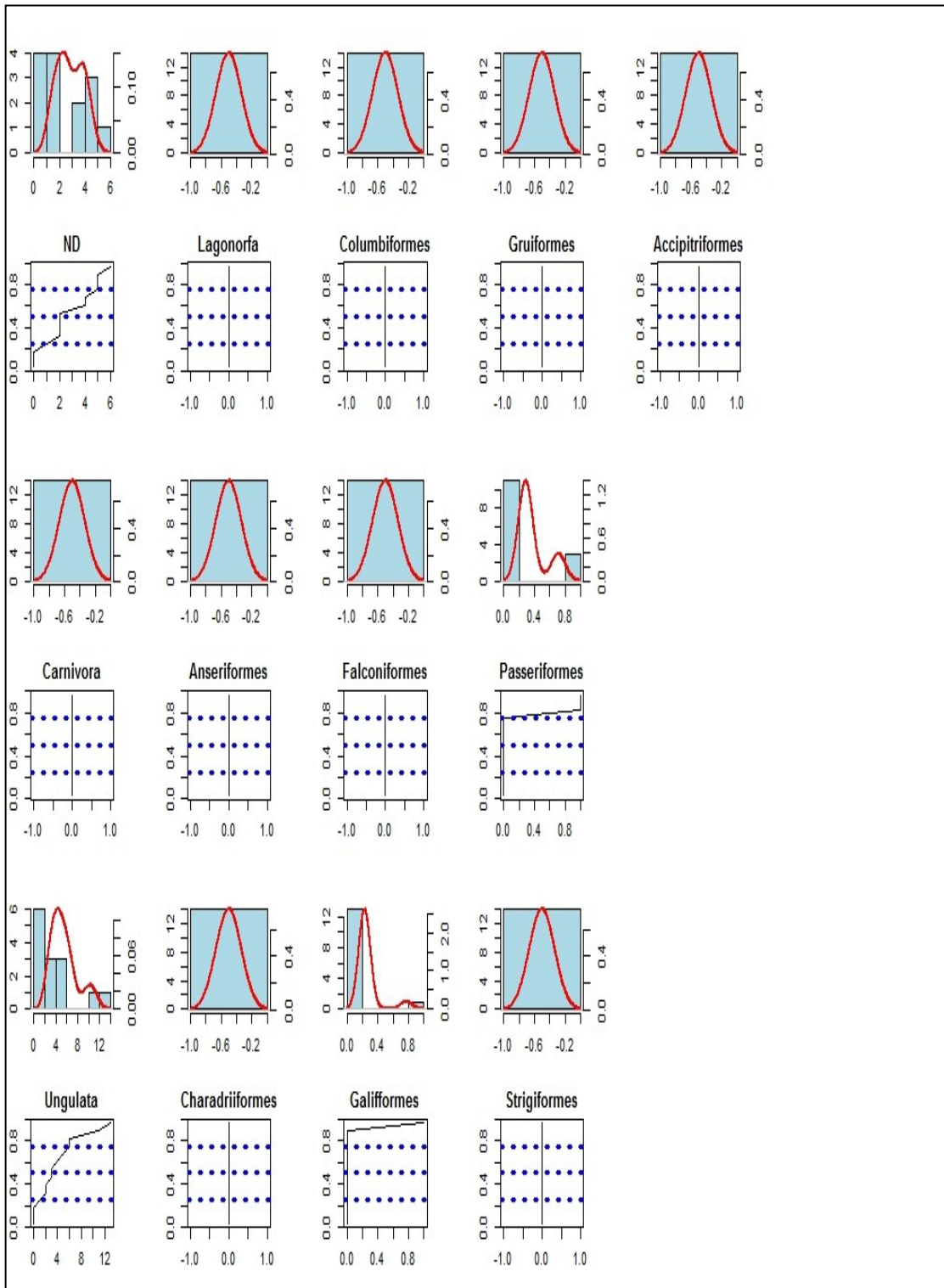


Figura 70: Fase 4

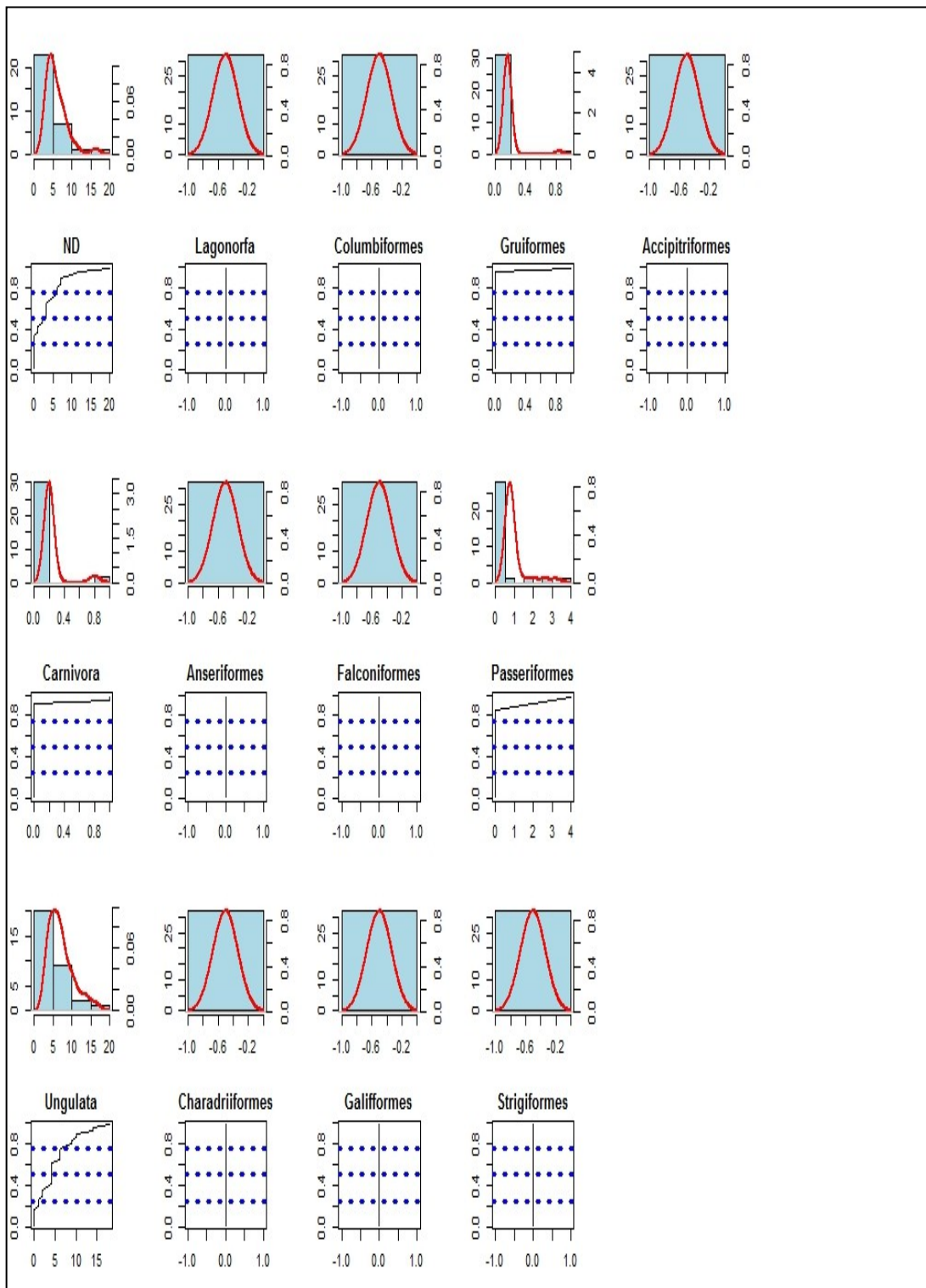


Figura 71: Fase 5

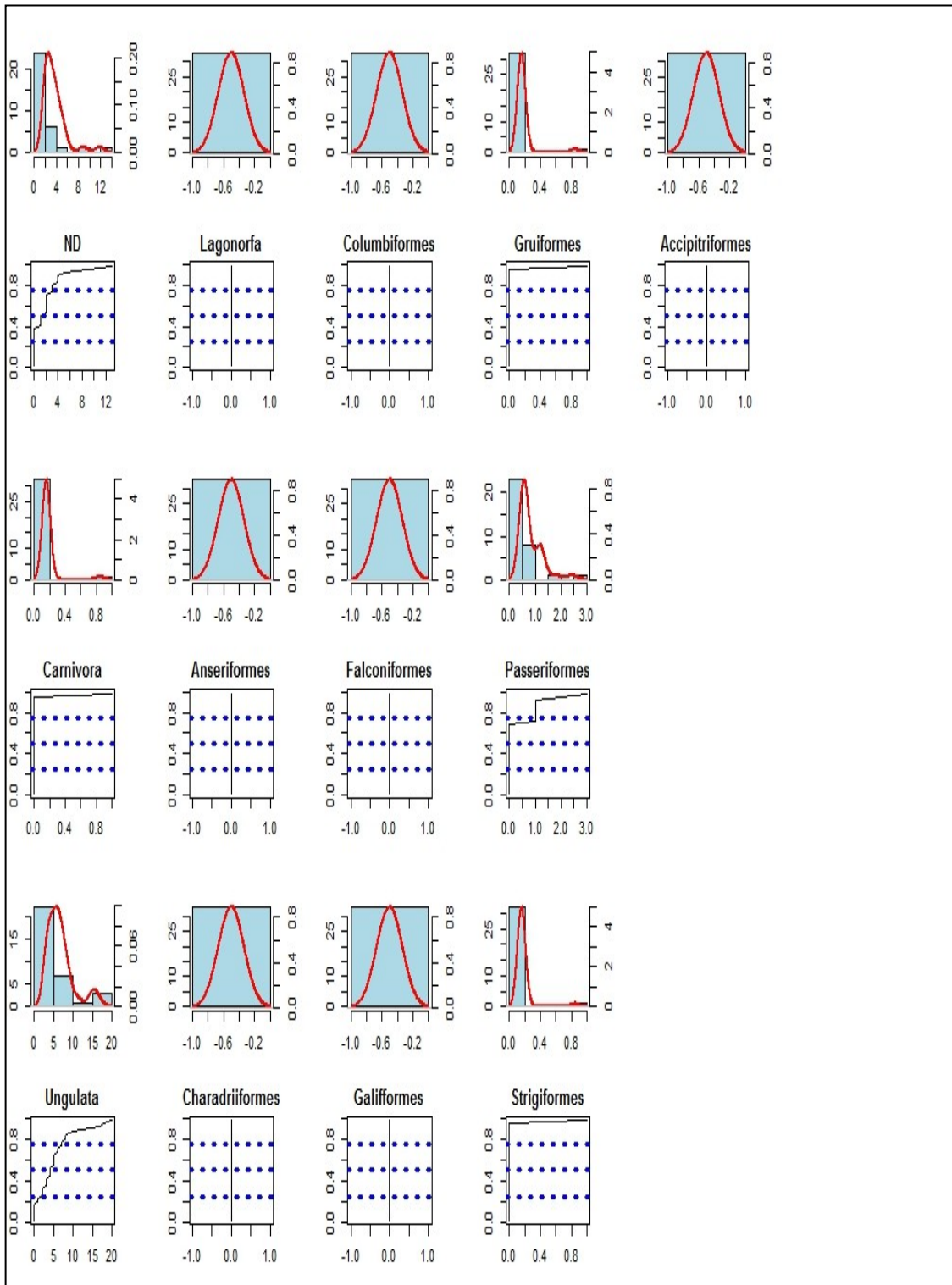
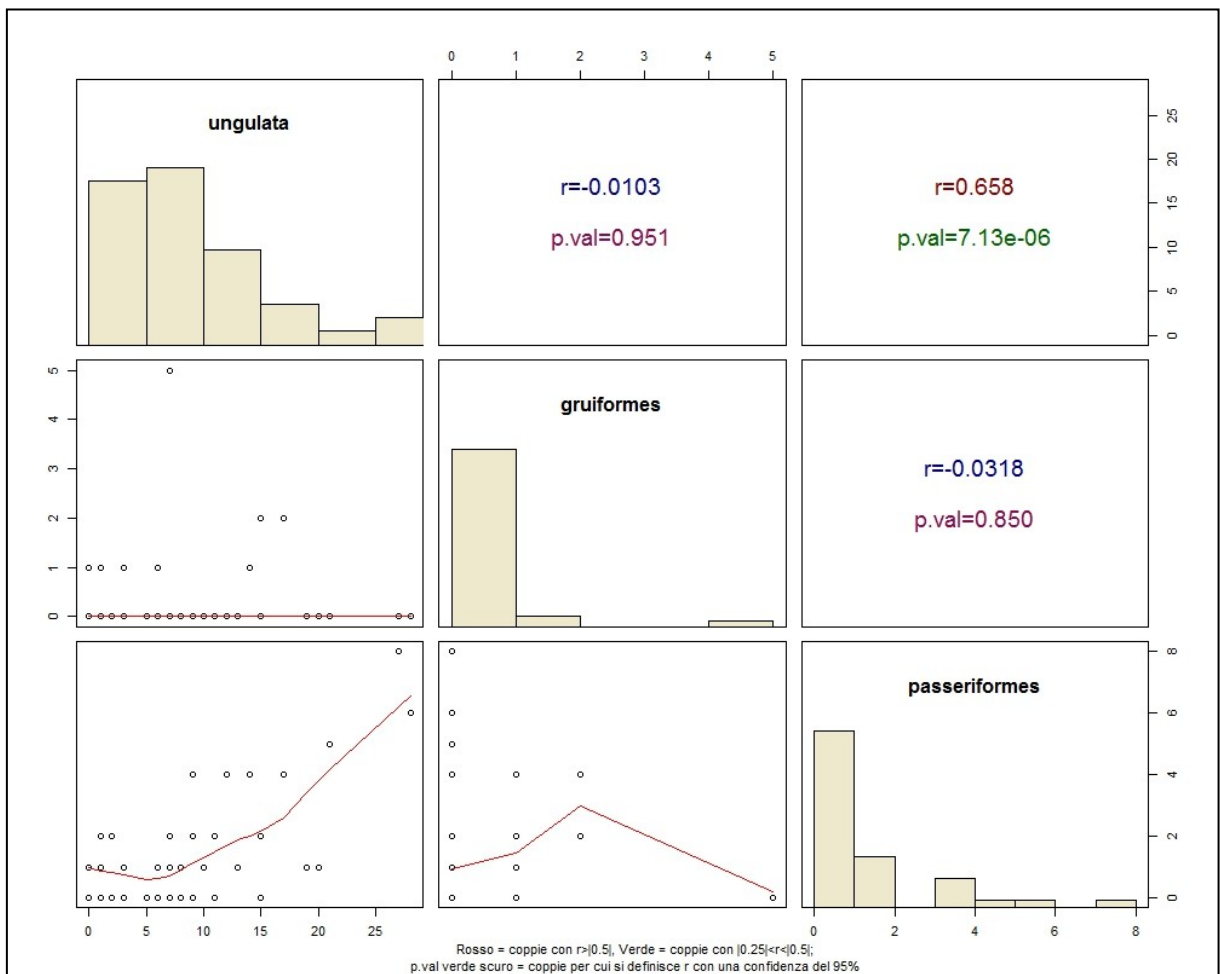


Figura 72: Fase 1 matrice di correlazione sul totale dell'ordine faunistico.



Figura 73: Fase 2 matrice di correlazione sul totale dell'ordine faunistico



La famiglia dell'ordine degli ungulati si divide in bovidi, cervidi e caprini. Mentre all'ordine dei passeriformi appartengono le famiglie dei corvidi e turdi. Le seguenti analisi sono state effettuate su queste famiglie.

Le analisi di frequenza mostrano come le prime due fasi siano le più popolate con un aumento del campione di cervidi e corvidi nella quinta fase rispetto alla terza e quarta fase (Figure 74-78).

Figura 74: Fase 1

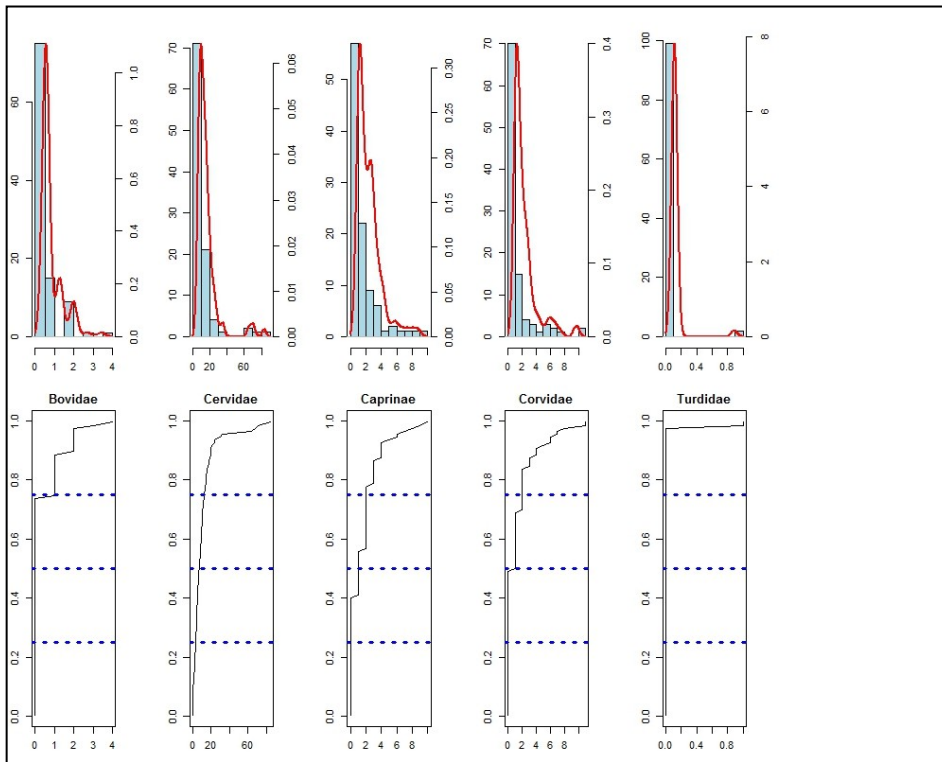


Figura 75: Fase 2

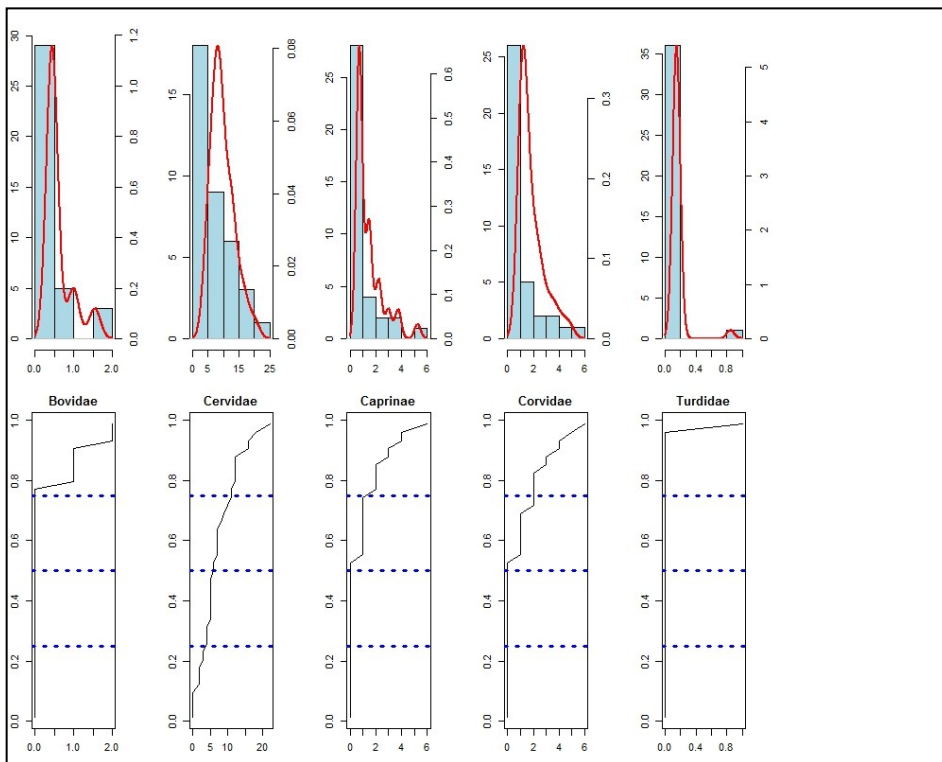


Figura 76: Fase 3

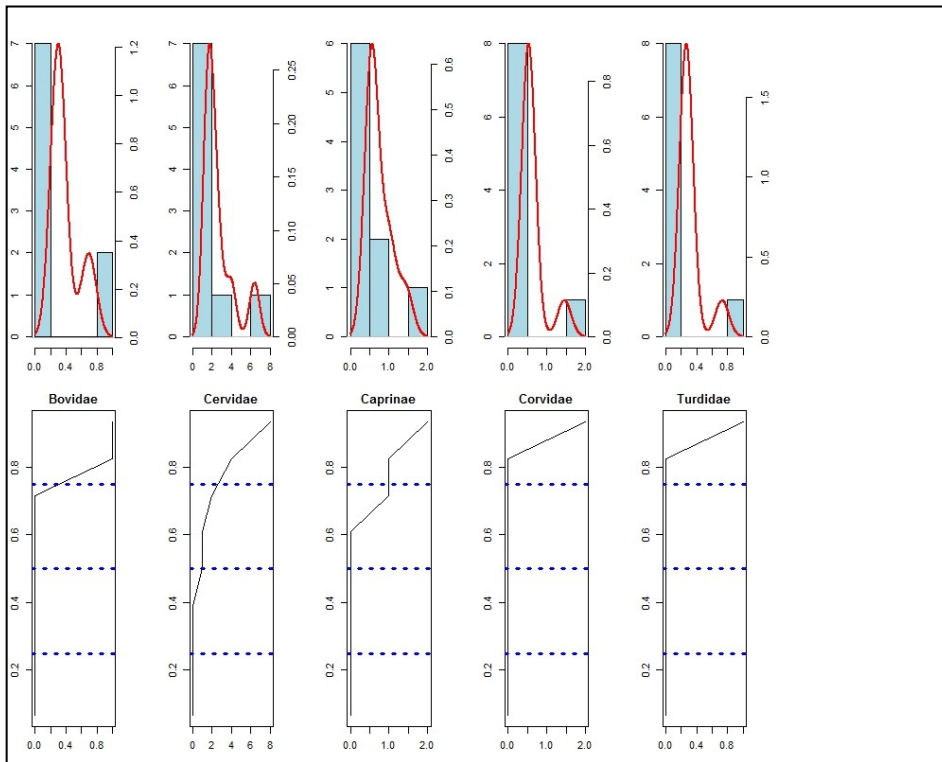


Figura 77: Fase 4

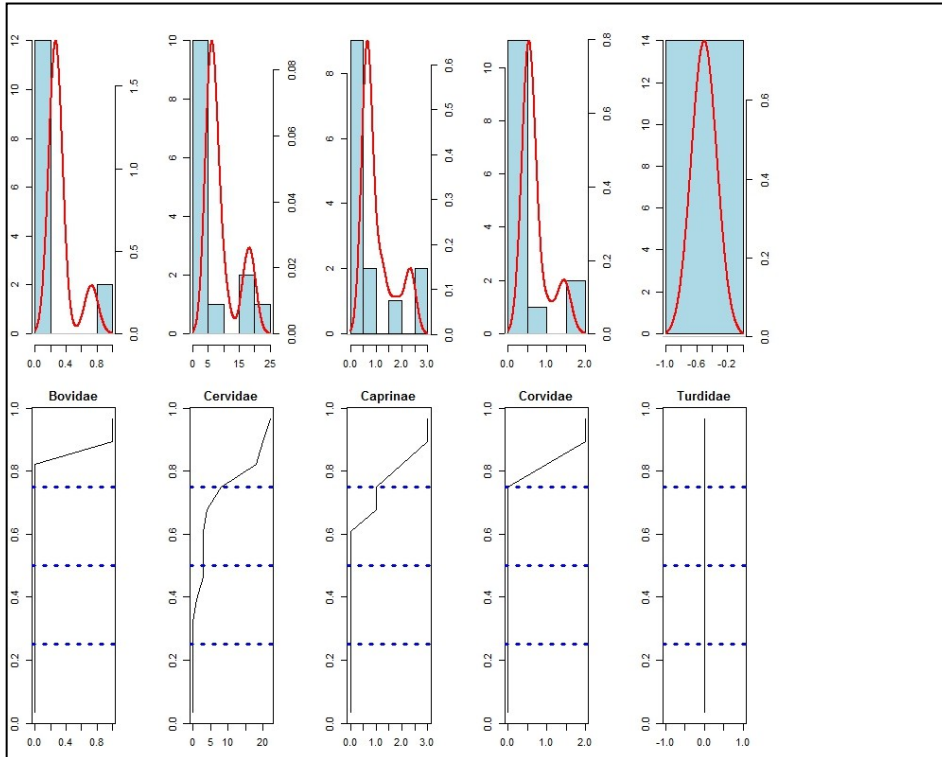
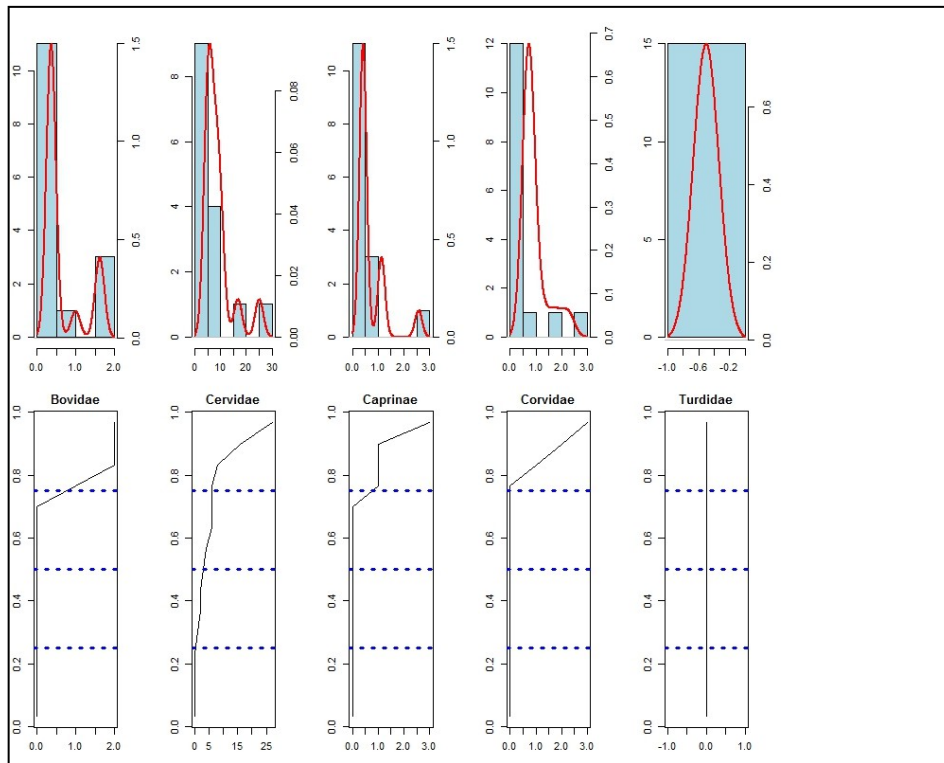


Figura 78: Fase 5



La matrice di correlazione, invece, si mostra che nella prima fase (Figura 79) i cervidi hanno una correlazione con i caprini, mentre nella seconda fase i cervidi hanno una correlazione con i corvidi (Figura 80). I turdidi, in quest'analisi perdono di significato e quindi la rappresentazione importante dei passeriformi è data dai corvidi. Pertanto l'ultima analisi statistica che si effettuerà sarà sulle specie dei cervidi, dei caprini e dei corvidi.

Analizzando la Tabella 33: Totale specie divisi per fasi. sulla base di maggiore popolazione delle specie che appartengono alle famiglie dei cervidi, caprini e corvidi si sono scelte le specie per le analisi di frequenza (Figure 81-82). Le specie analizzate che appartengono alla famiglia dei cervidi e caprini sono:

- *Cervus elaphus*
- *cfr Cervus elaphus*
- *Capra ibex*

- *Capreolus capreolus*
- *cfr Capreolus capreolus*
- *cfr Rupicapra rupicapra*
- *Rupicapra rupicapra*

Infine l'unica specie che appartiene alla famiglia dei corvidi con una popolazione adeguata per il confronto è il *Pyrrhonorax graculus*.

Analizzando i dati di frequenza si nota che le specie più rappresentate sono dal punto di vista avifaunistico il *Pyrrhonorax graculus*, mentre dal punto di vista della fauna terrestre il *Capreolus capreolus* e il *Cervus helaphus*. Sia nella prima che nella seconda fase. Le altre specie sono poco rappresentate. La matrice di correlazione evidenzia che nessuna specie presenta una particolare correlazione statistica, tranne per il *Pyrrhonorax graculus* e il *Cervus helaphus* ma solo nella prima fase (Figure 83-84).

79: Fase 1 matrice di correlazione sul totale delle famiglie.

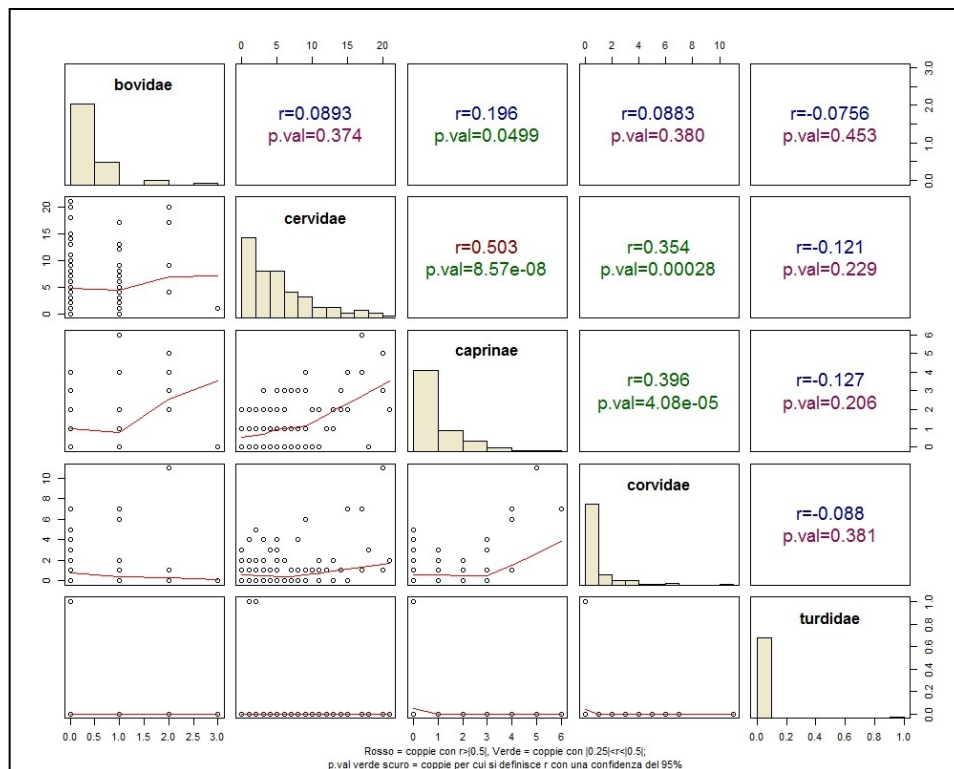


Figura 80: Fase 1 matrice di correlazione sul totale delle famiglie

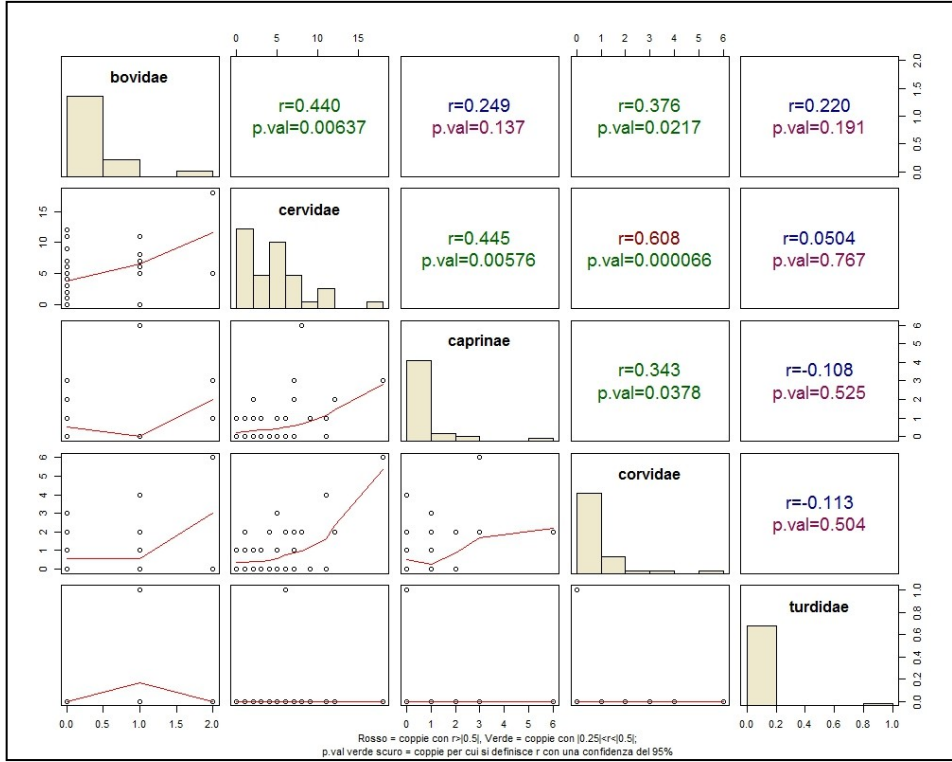


Figura 81: Fase 1.

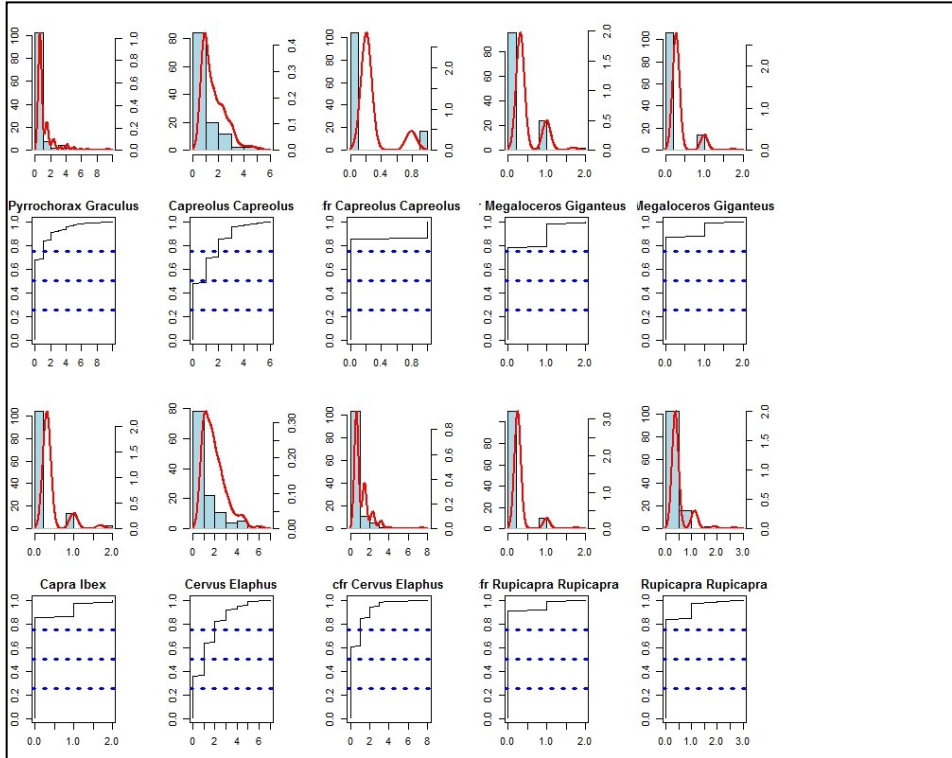


Figura 82: Fase 2.

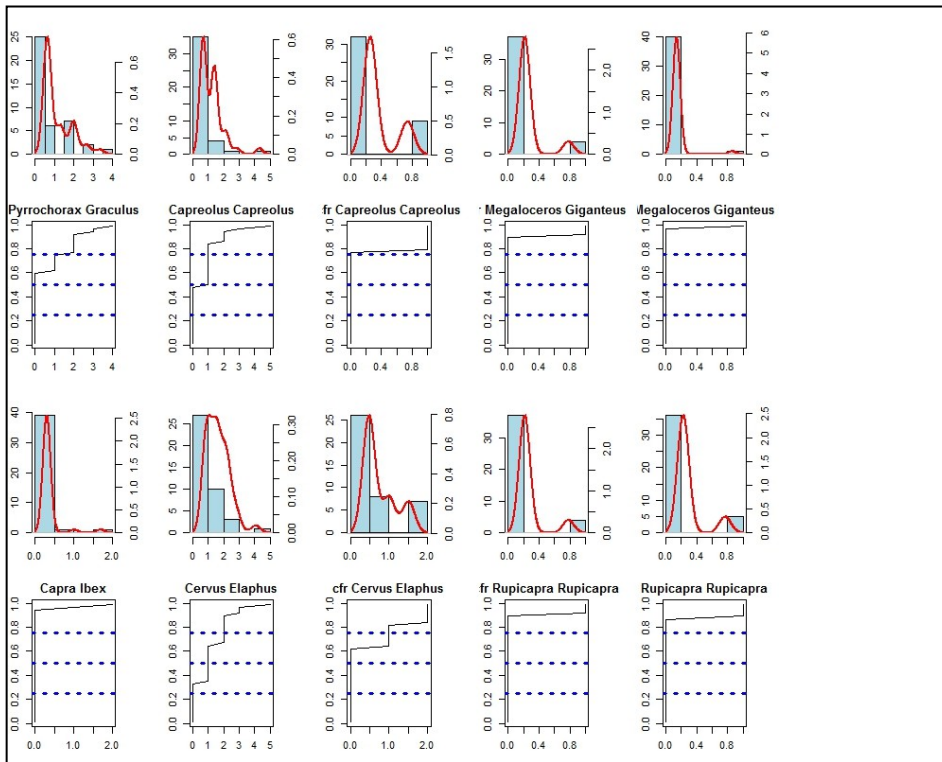


Figura 83: Fase 1 matrice di correlazione sul totale delle specie.

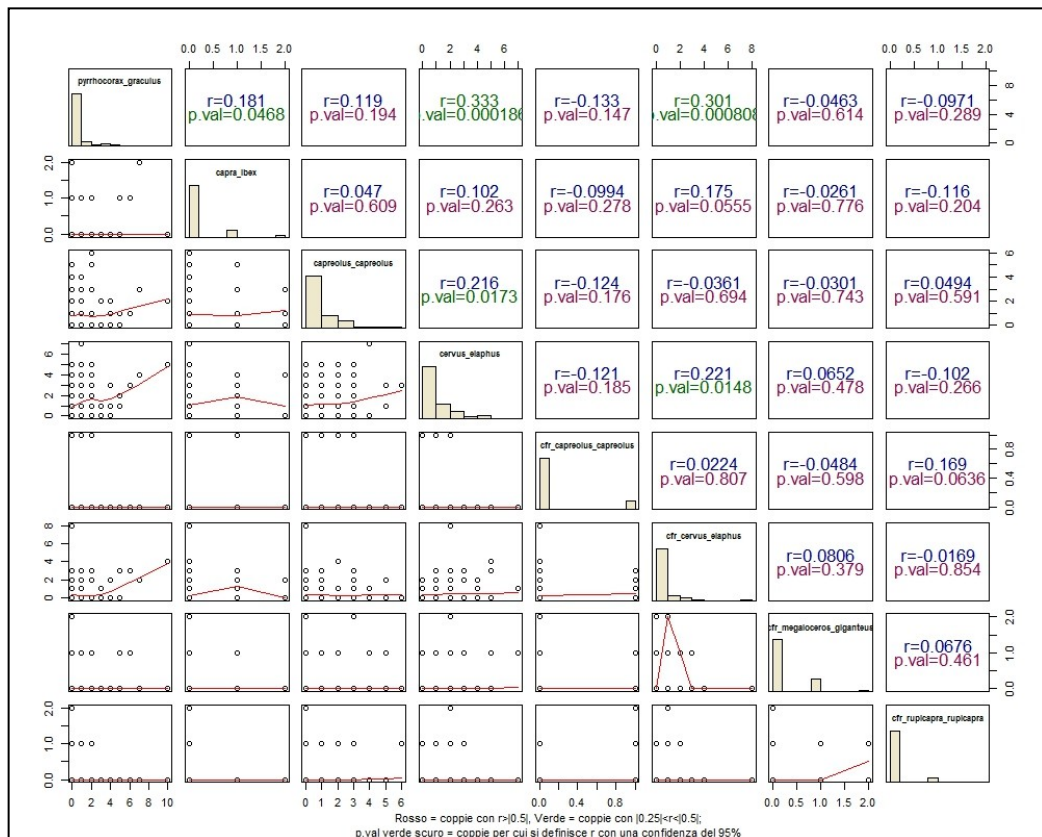
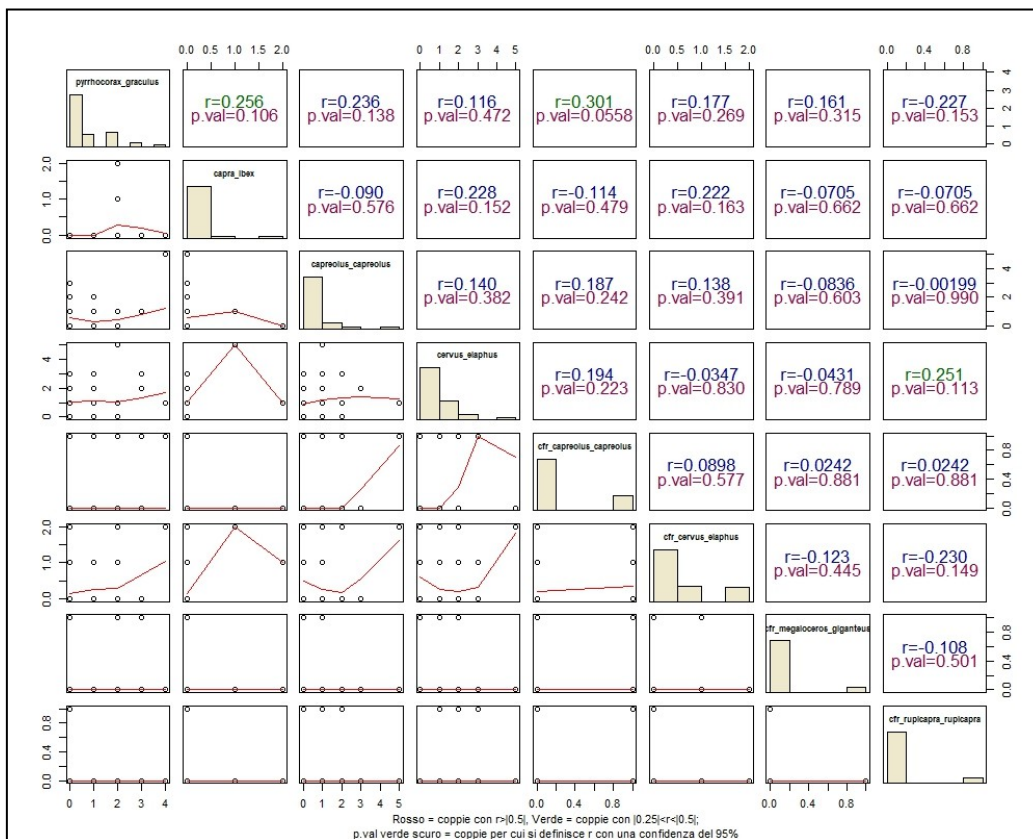


Figura 84: Fase 2 matrice di correlazione sul totale delle specie.



Le analisi effettuate fin ora, applicando questa metodologia, mostrano differenze di frequenza dei campioni a seconda della fase cronostratigrafica rappresentata. Le fasi più interessanti sono le prime due, mentre la terza e la sesta fase sono poco rappresentate. Tra la quarta e la quinta fase sembra esserci un incremento della popolazione campionata. Inoltre da queste prime analisi si constata che fare una distribuzione con il metodo geostatistico sulle specie faunistiche di Grotta di Fumane al momento non è significativo in quanto la popolazione rappresentata è troppo esigua nei punti in cui è stata raccolta, mentre acquista maggiore significato fare una distribuzione per classi, ordine e famiglia.

Di seguito si riportano le distribuzioni spaziali effettuate sulle due classi rappresentate dai campioni: aves e mammifera.

Nella prima fase, le analisi effettuate sulle due classi faunistiche, si nota che in un range di quattro metri le due classi sono correlabili spazialmente. Dopodichè diventa tutto casuale.

Figura 85: Distribuzione aves fase 1.

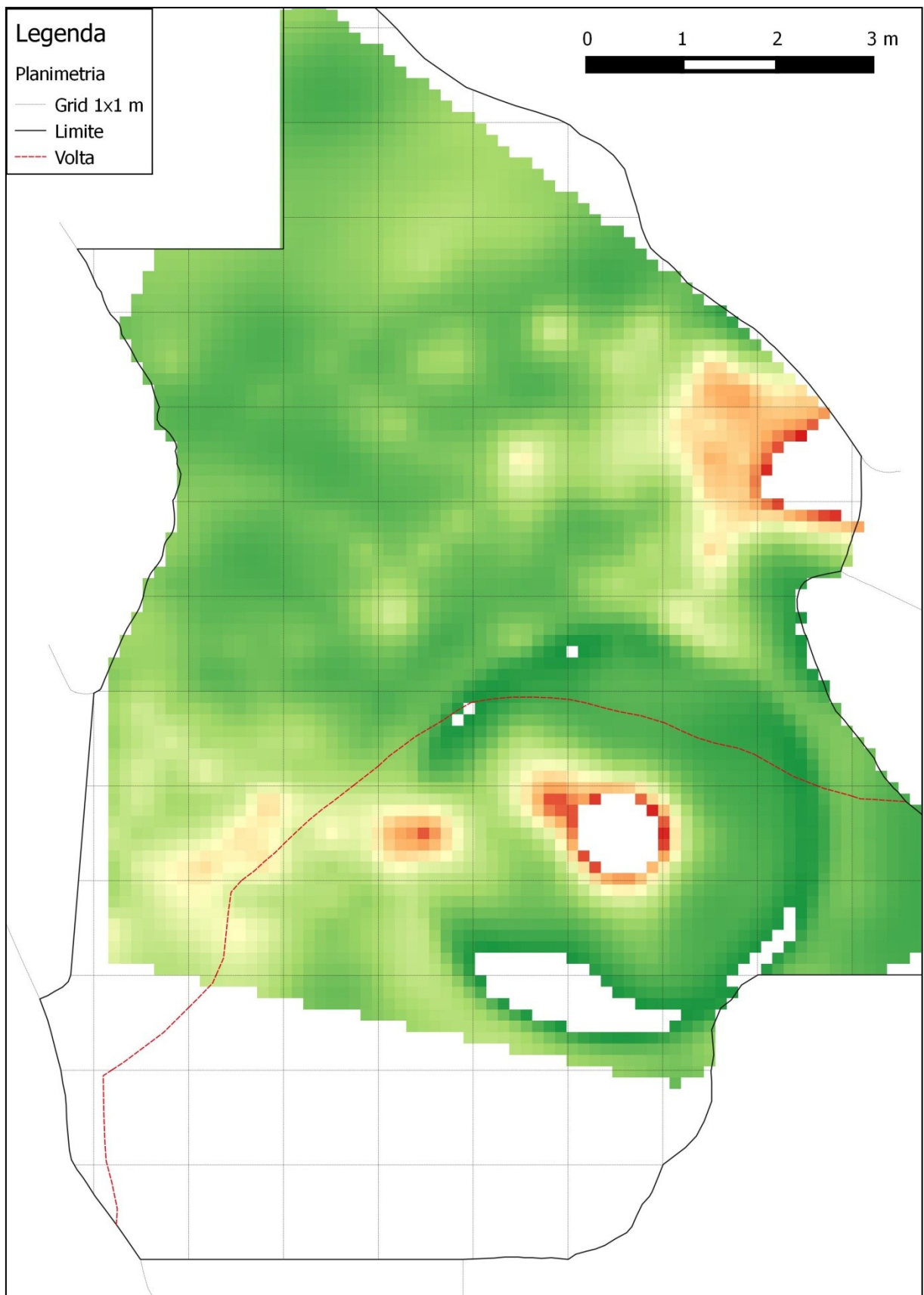


Figura 86: Distribuzione mammifera fase 1

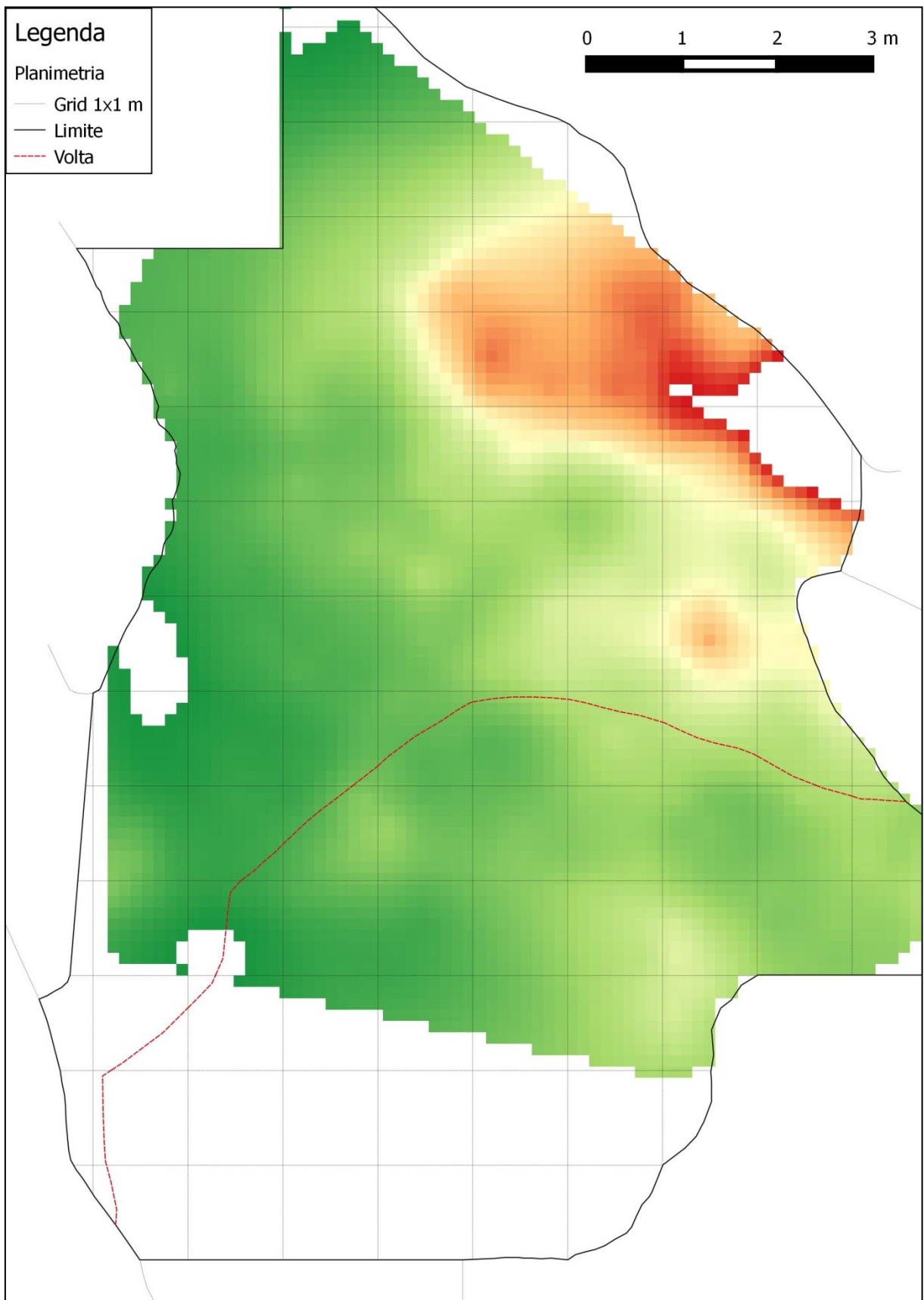


Figura 88: Distribuzione mammifera fase 2.

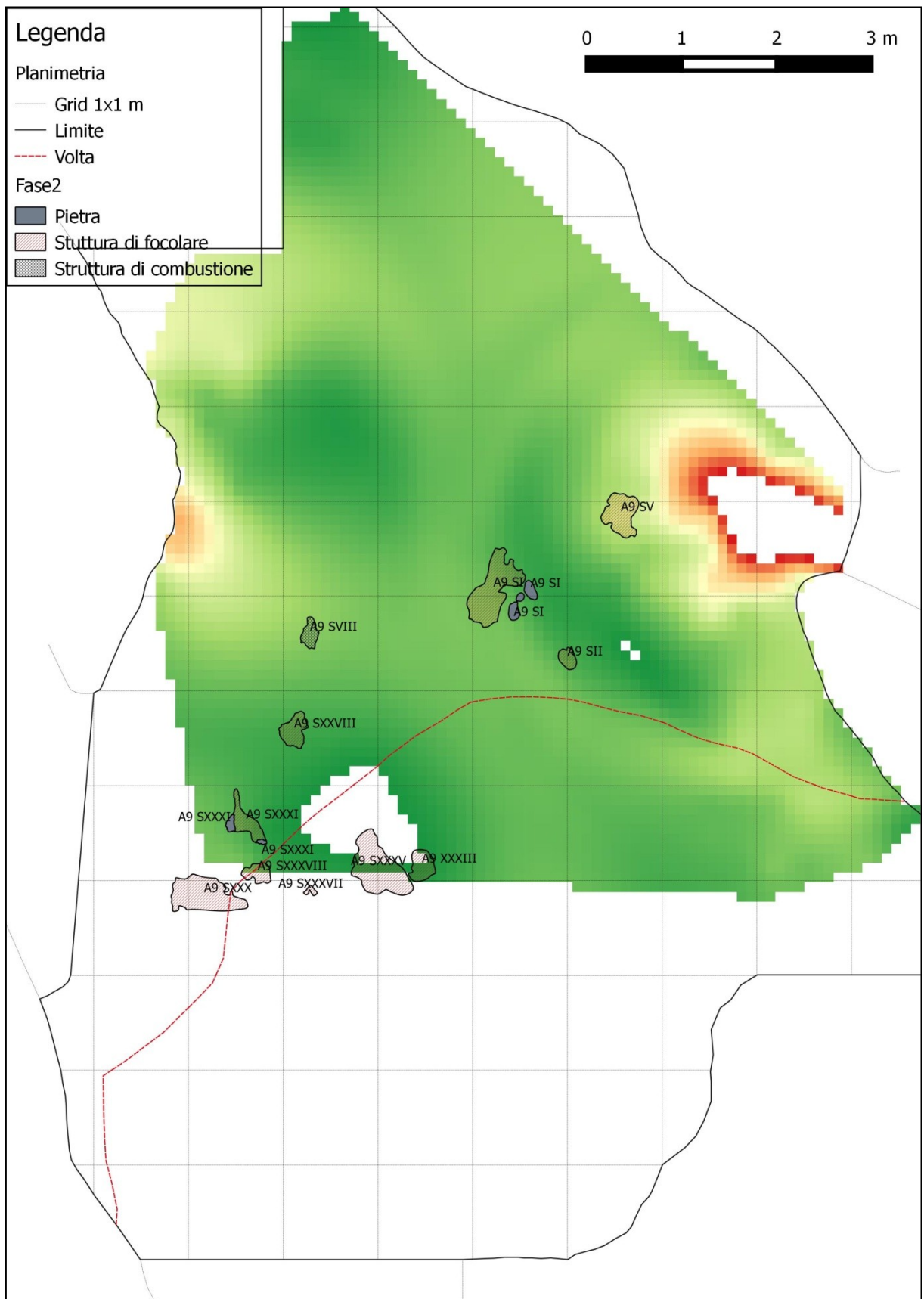
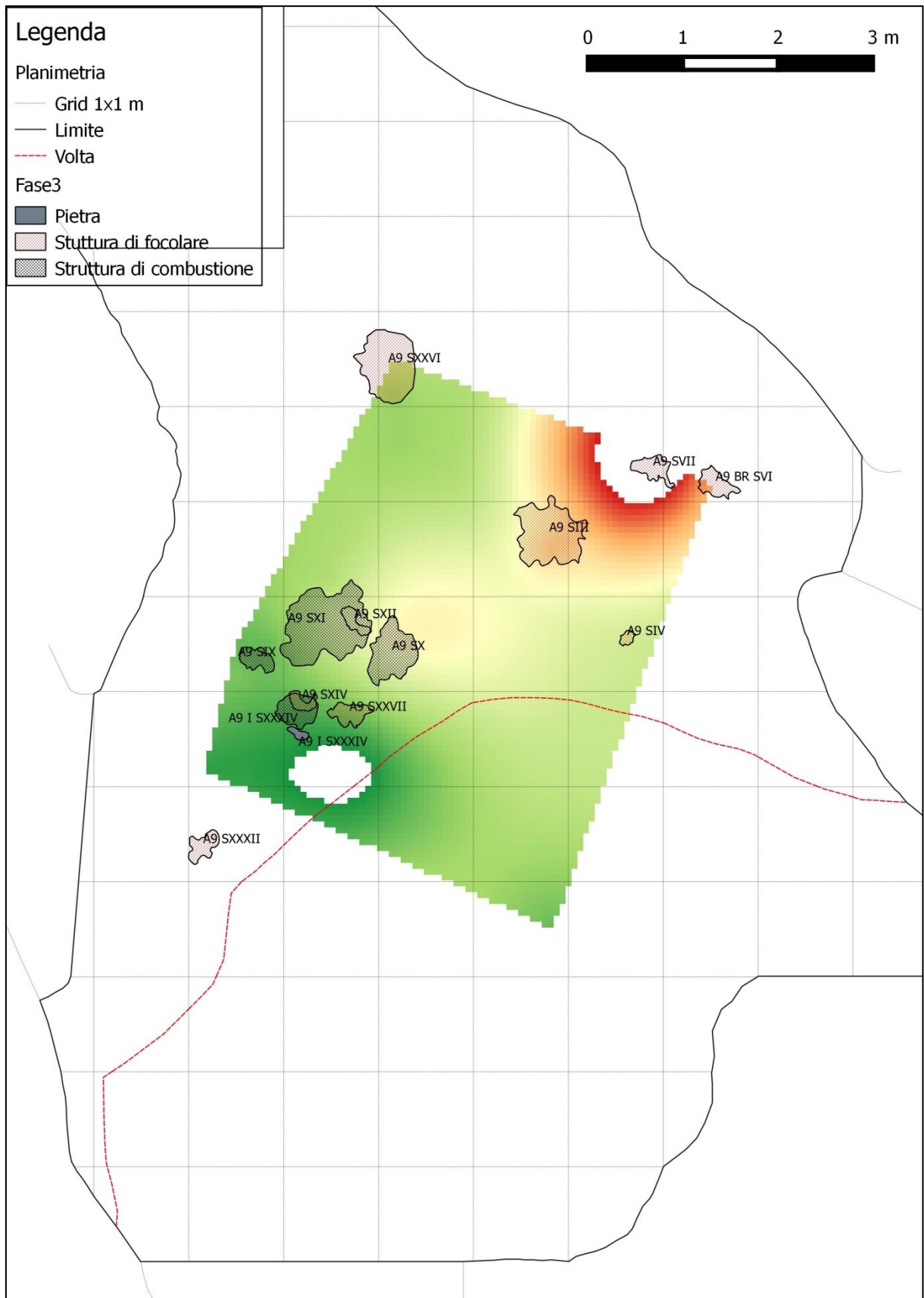


Figura 89: Distribuzione mammiferi fase 3.



Quarta fase

Figura 90: Distribuzione aves fase 4.

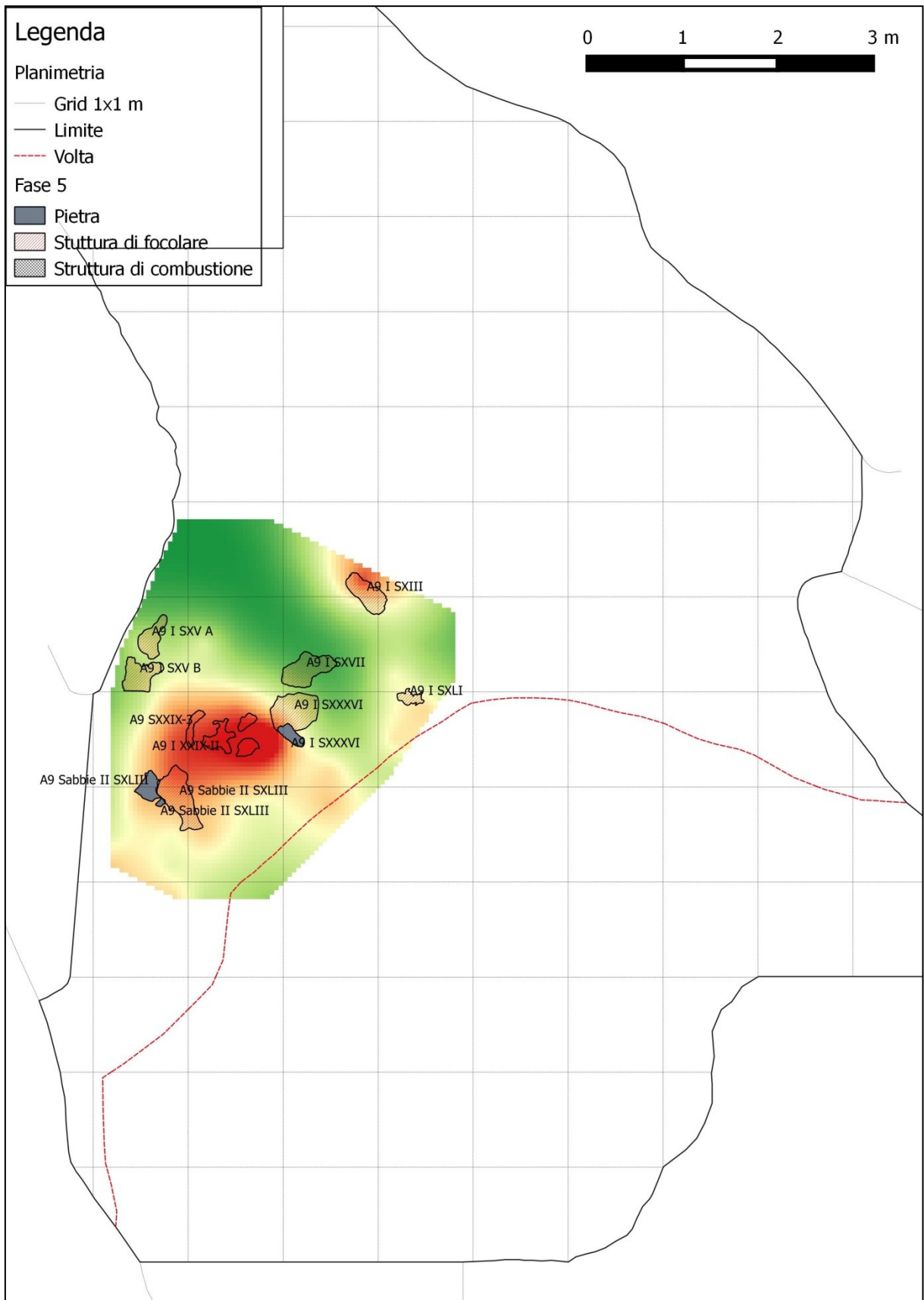
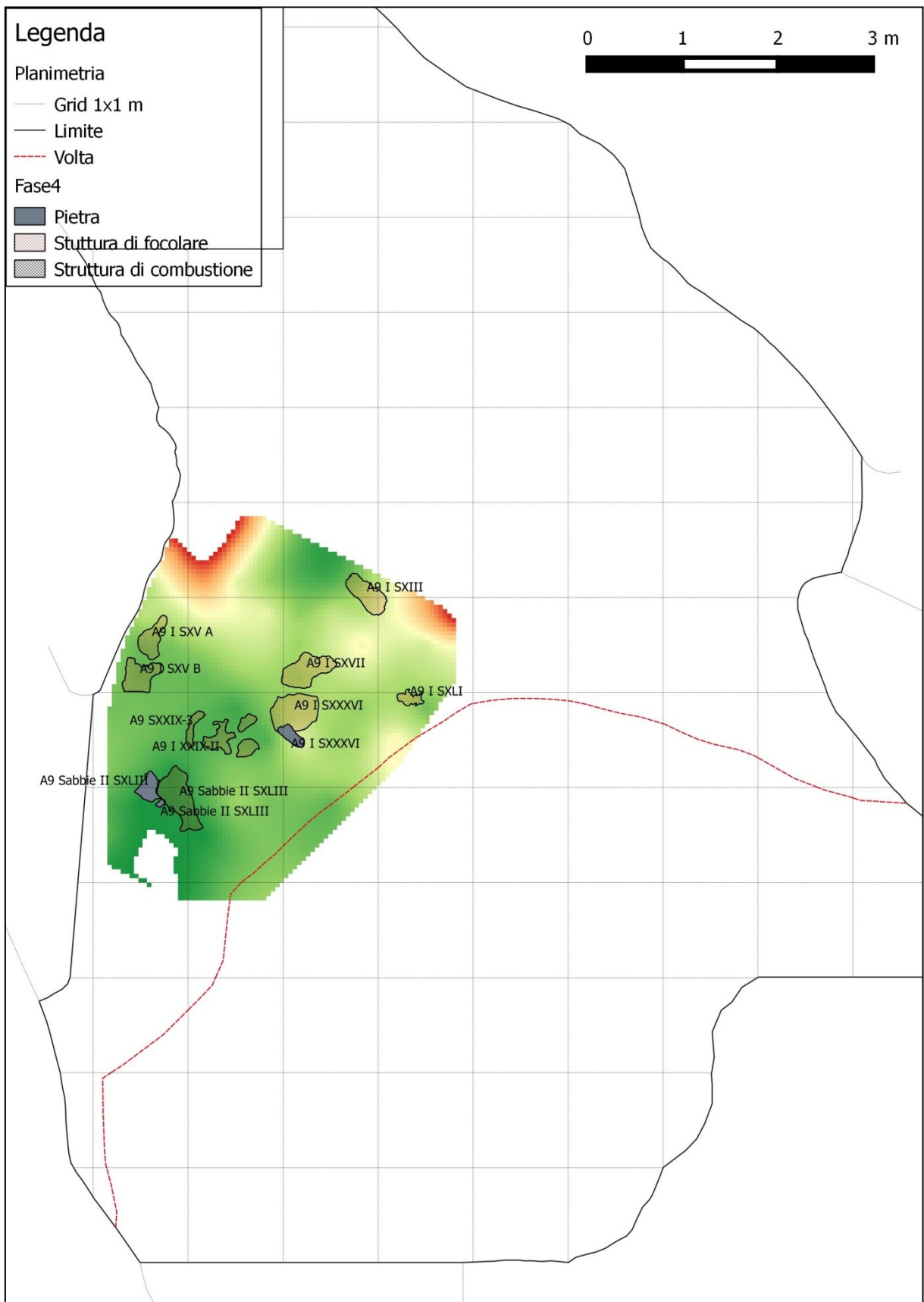


Figura 91: Distribuzione mammiferi fase 4



Quinta fase

Figura 92: Distribuzione aves fase 5.

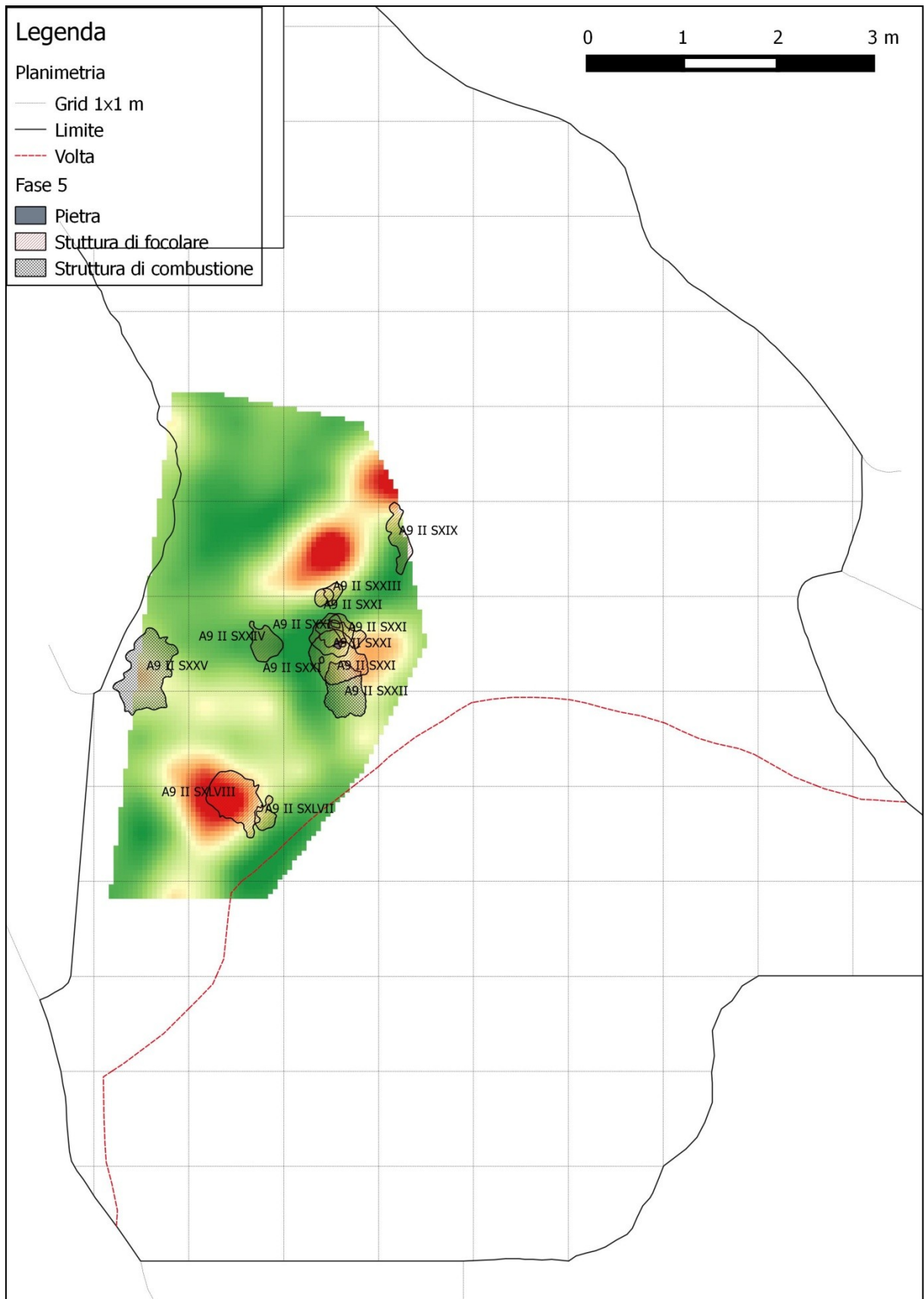
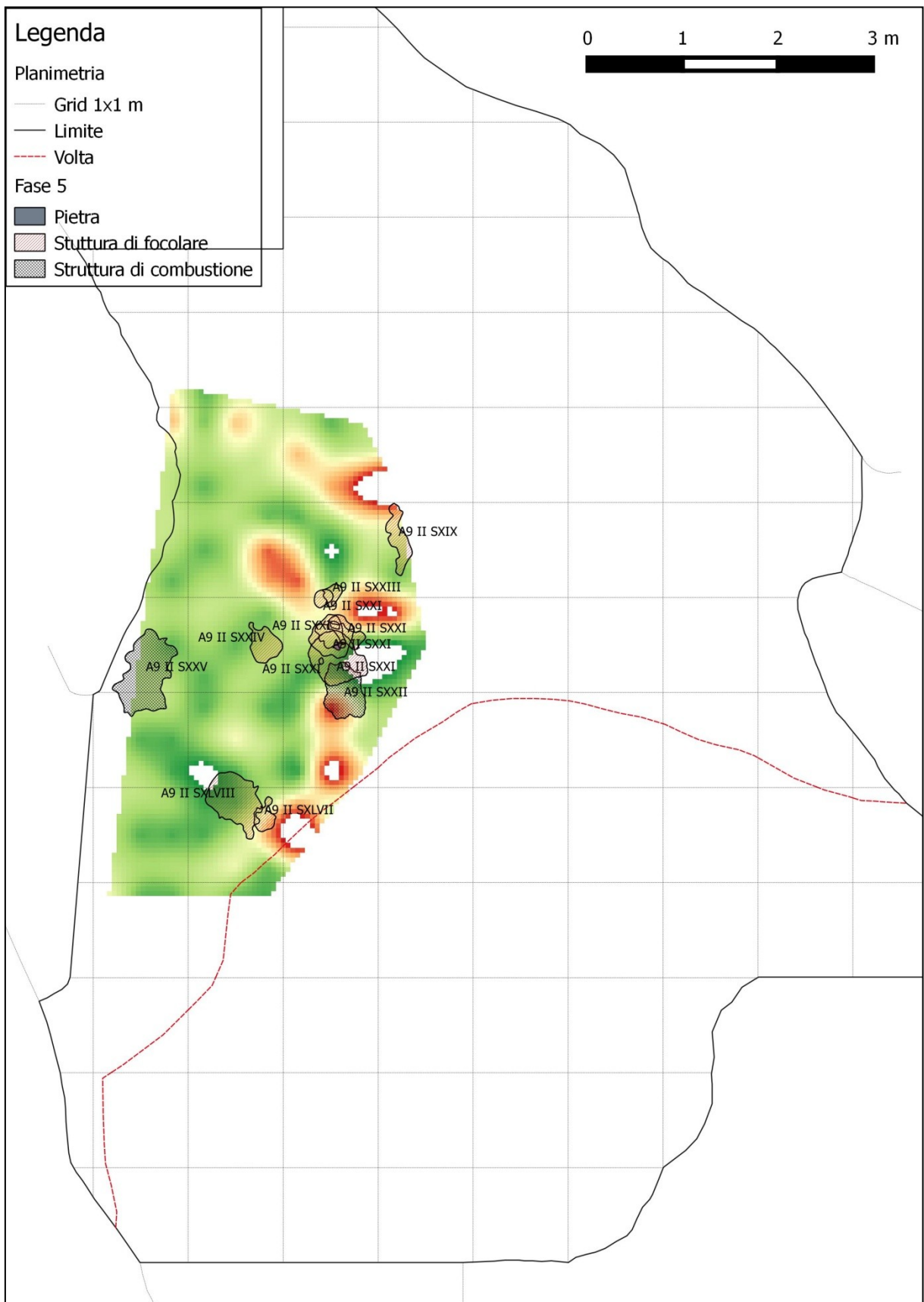


Figura 93: Distribuzione mammifera fase 5.



6.7 Conclusioni

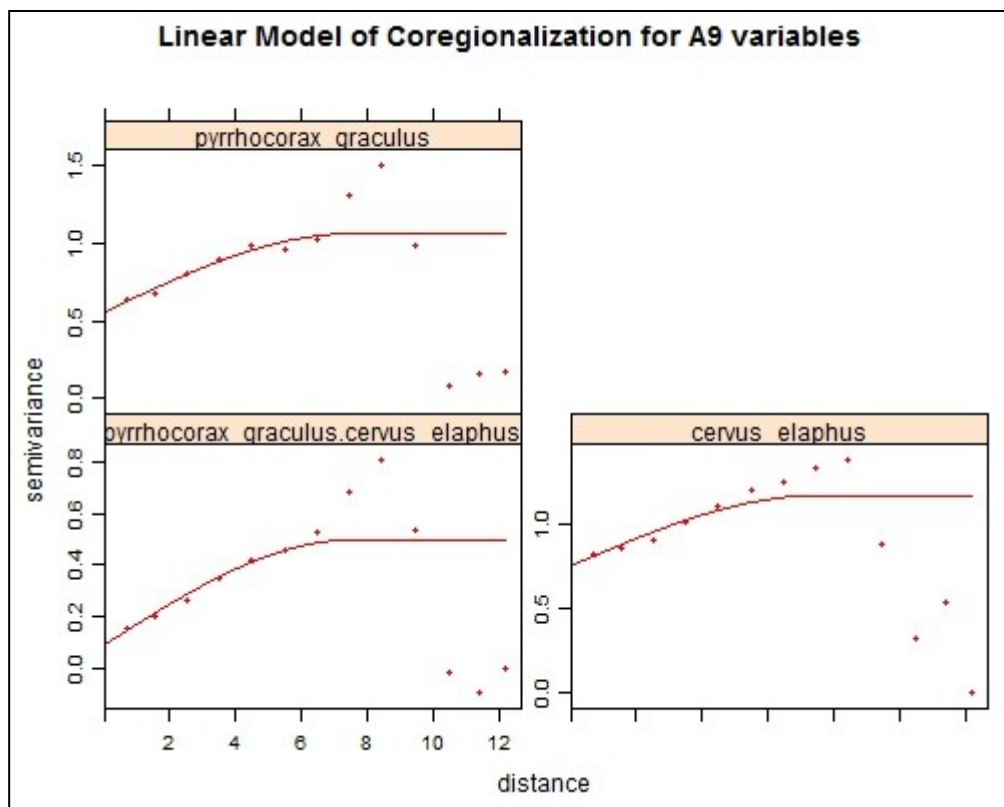
L'oggetto di questa tesi non è la discussione sui dati estrapolati, e sul loro significato ma sul metodo usato per farlo. Pertanto ci si limiterà in questa fase a fare solamente alcune osservazioni sui risultati statistici ottenuti.

Dalle analisi statistiche effettuate sulla fauna di Grotta di Fumane si possono fare alcune considerazioni che sono importanti per effettuare le analisi spaziali.

A seconda del tipo di raggruppamento che si è fatto durante queste analisi si possono evidenziare in modo sempre più accurato, il grado di dettaglio che si vuole raggiungere. Partendo dal raggruppamento in classi, passando attraverso i gruppi di ordine e famiglia, si è riuscito a evidenziare quali specie tra fauna terrestre e avifauna hanno un grado di correlazione.

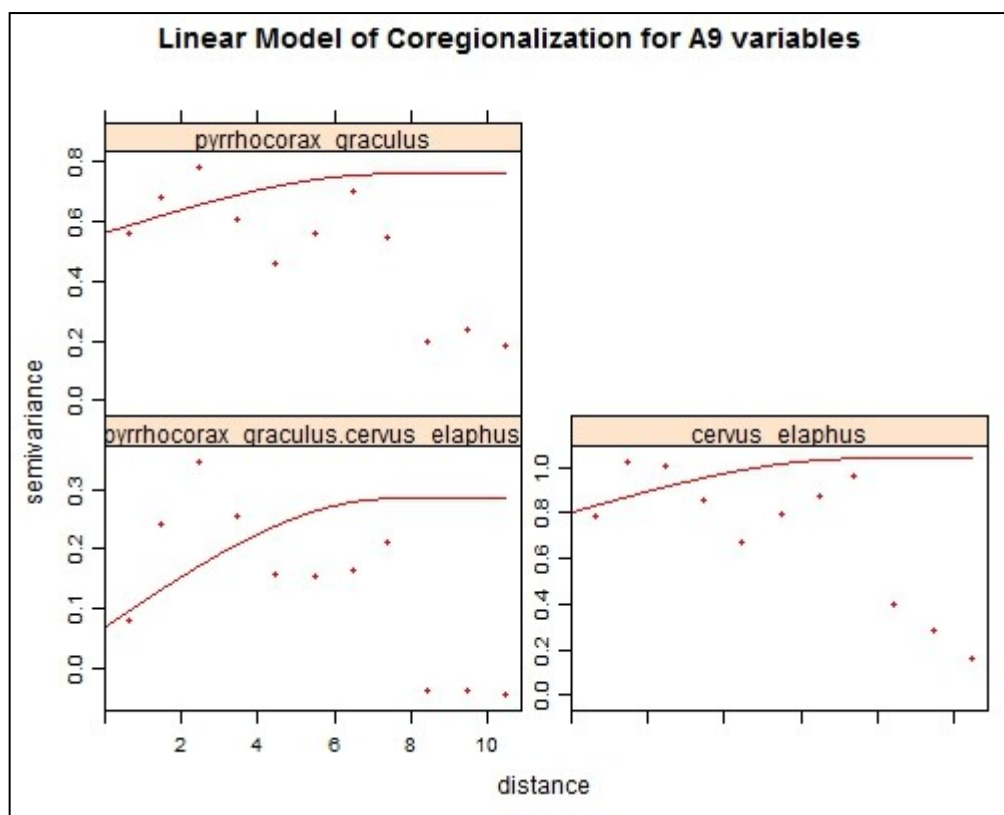
Sulla base di questi risultati è stato possibile effettuare un'analisi geostatistica e confrontare se esiste una correlazione spaziale tra le variabili prese in considerazione (Figura 94-95).

Figura 94: Semivariogramma sperimentale fase 1.



1. Dal risultato ottenuto si evidenzia che il *Pyrrhocorax Graculus* in un range di sette metri e mezzo, in qualsiasi punto in cui si osserva la grotta ha una correlazione spaziale con il *Cervus Elaphus*. Oltre questa distanza diventa tutto casuale.

Figura 95: Semivariogramma sperimentale fase 2.



2. Nella seconda fase le correlazioni spariscono. Questi risultati sono influenzati soprattutto dal livello quantitativo raccolto.
3. Creando una mappa di distribuzione per le due specie rispetto alla prima fase notiamo che entrambe le specie sono localizzate nello stesso posto, distanti da quelle che sono definite come strutture di combustione e focoli (figure 96-97).

Figura 96: Distribuzione del *Cervus elaphus* - fase 1.

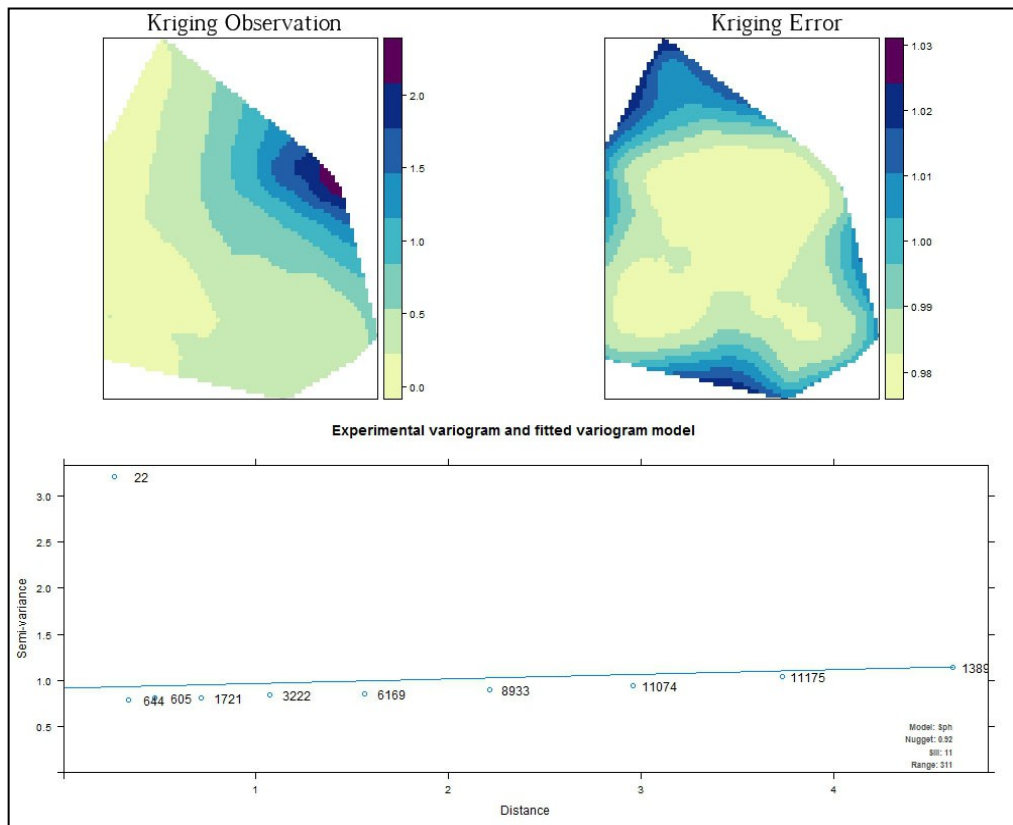
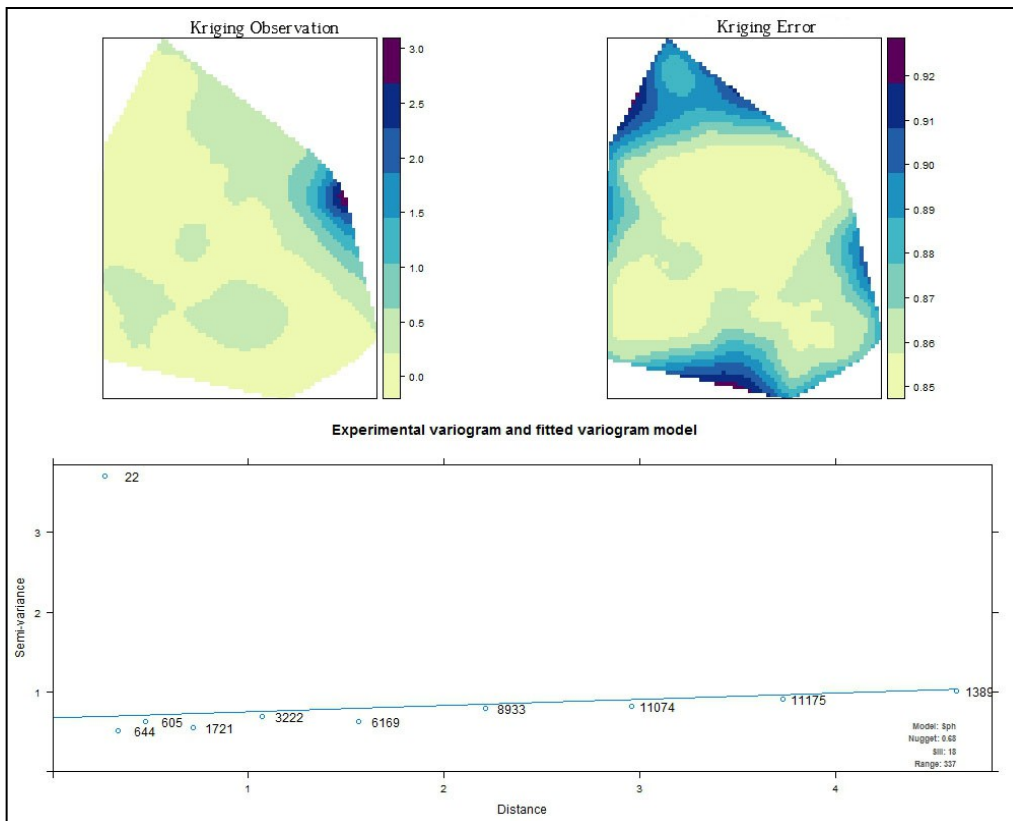


Figura 97: Distribuzione del *Pyrrhocorax graculus* - fase 1.



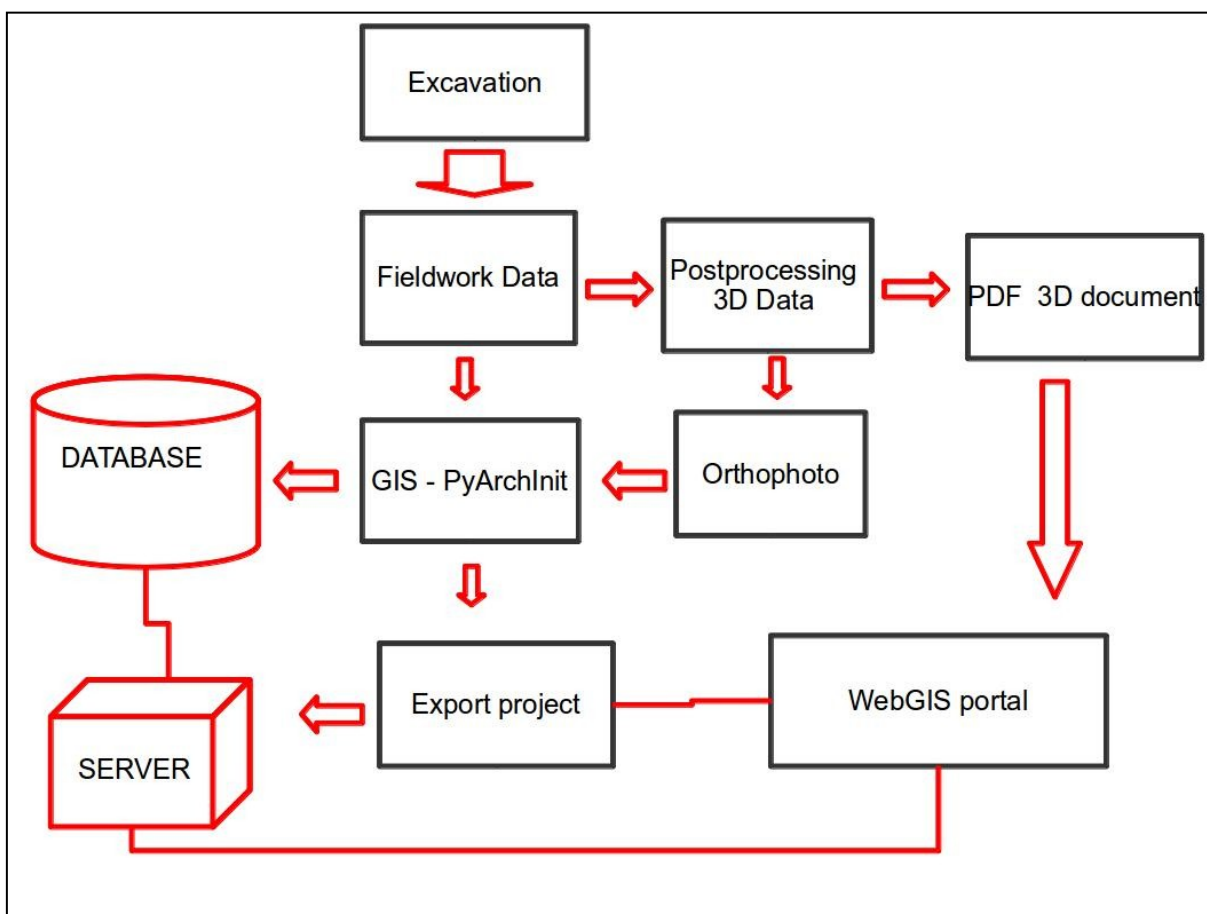
Capitolo VII: Implementazioni e quale futuro

7.1 Implementazione 3d e il workflow di PyArchInit negli scavi archeologici.

Una delle caratteristiche di PyArchInit è la sua flessibilità ad adattarsi a contesti differenti di scavo archeologico. Questo fattore permette al sistema di poter modellare un workflow che possa implementare anche innovazioni tecnologiche, come il 3D e i webGIS.

Il modello che si presenta è in fase di sperimentazione sul sito di Falaj as Souq in Oman, sul sito di Kojtepa in Uzbekistan e sul sito di Lalar-seymareh in Iran (Figura 98)

Figura 98: Schema generale per la produzione e pubblicazione dei dati utilizzando *PyArchInit*.



Il presente schema prevede l'elaborazione dei dati di scavo in laboratorio. I dati vengono suddivisi in:

- informazioni geometriche
- informazioni alfanumeriche

Le informazioni geometriche vengono estratte e processate da ortofoto estratte da modelli 3D, che a loro volta sono ricavate da una sequenza di fotografie (Cocca 2014) usando l'algoritmo dello *Structure from Motion* e inserite tramite *PyArchInit* nel geodatabase che risiederà in un server remoto. Inoltre il dato 3D prodotto verrà utilizzato per redarre una documentazione in pdf 3D da pubblicare sul WebGIS.

Il dato alfanumerico invece verrà gestito tramite le interfacce di *PyArchInit* che si relazioneranno con i dati geometrici.

Il progetto verrà esportato da *Qgis* e inserito sul server che aggiornerà automaticamente i dati. In questo modo si avrà una visualizzazione in tempo reale del dato scavato (Figure 99-105³⁶).

Figura 99: Acquisizione immagini per rilievo 3D.



³⁶ Le seguenti immagini si riferiscono al lavoro svolto sul sito di Falaj as Souq in Oman a Ottobre-Dicembre 2014.

Figura 100: Elaborazione immagini 3D e disegno sugis con PyArchInit.

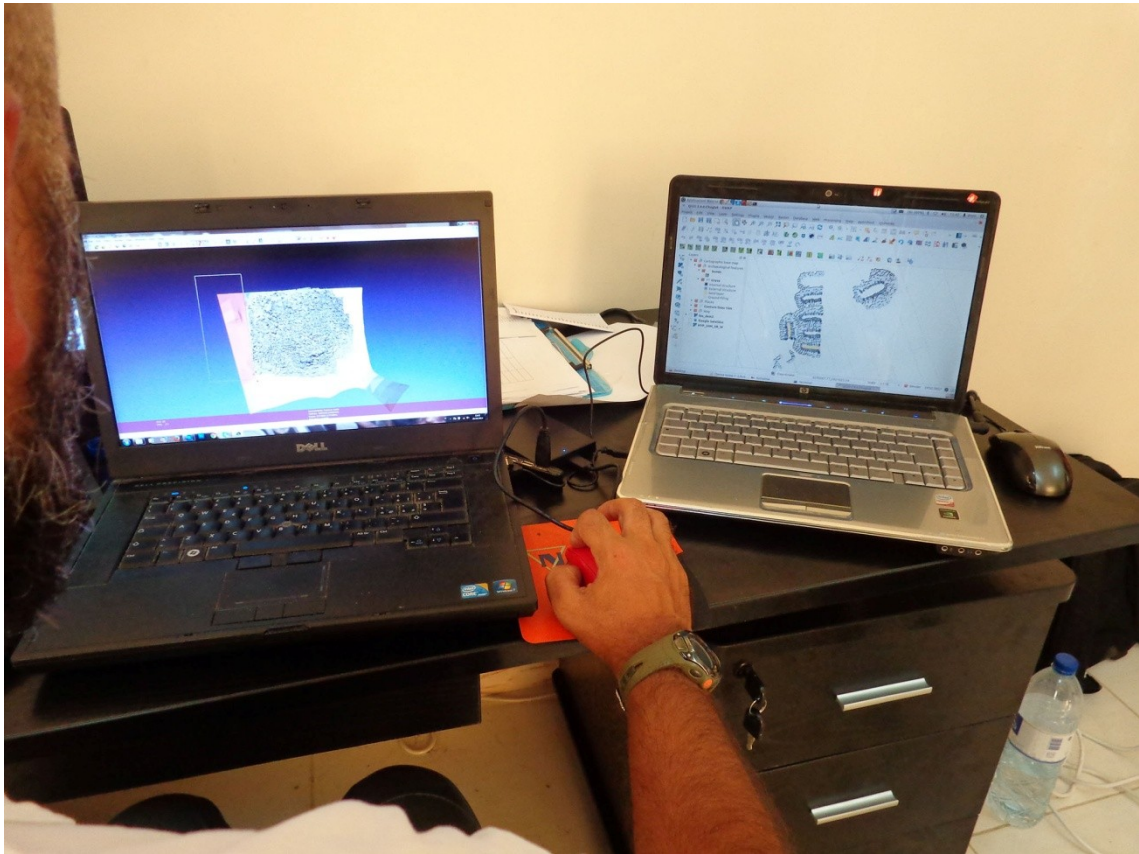


Figura 101: 3D testurizzato e georeferito.

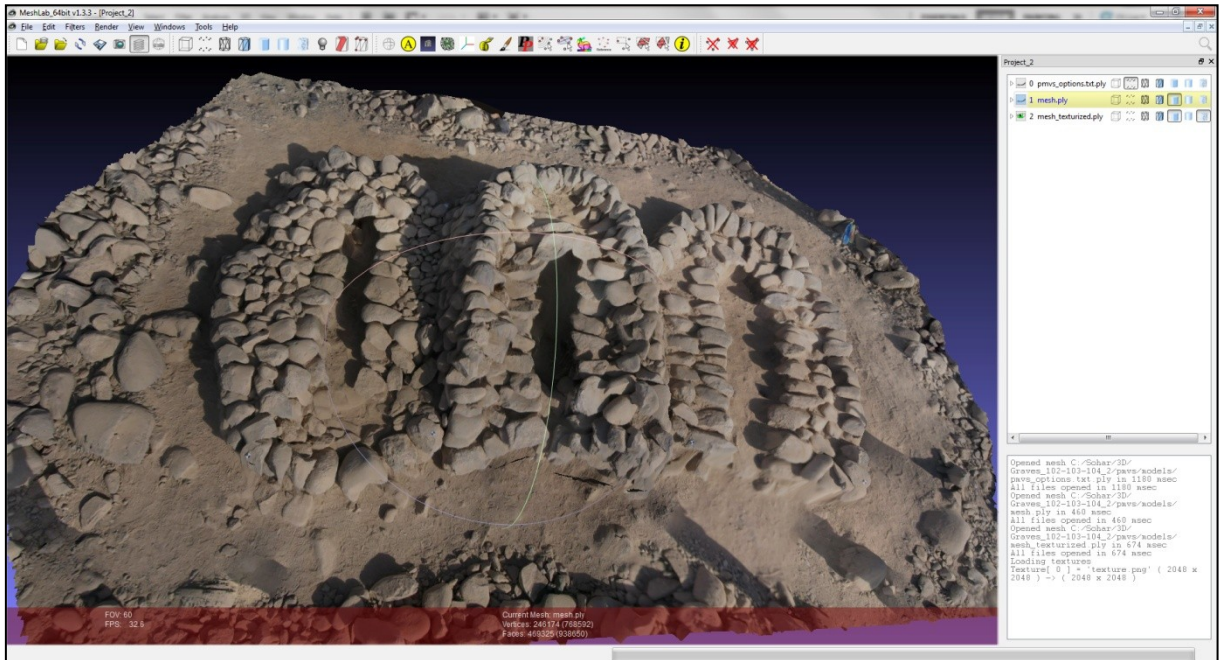


Figura 102: Disegno e inserimento dati con PyarchInit.

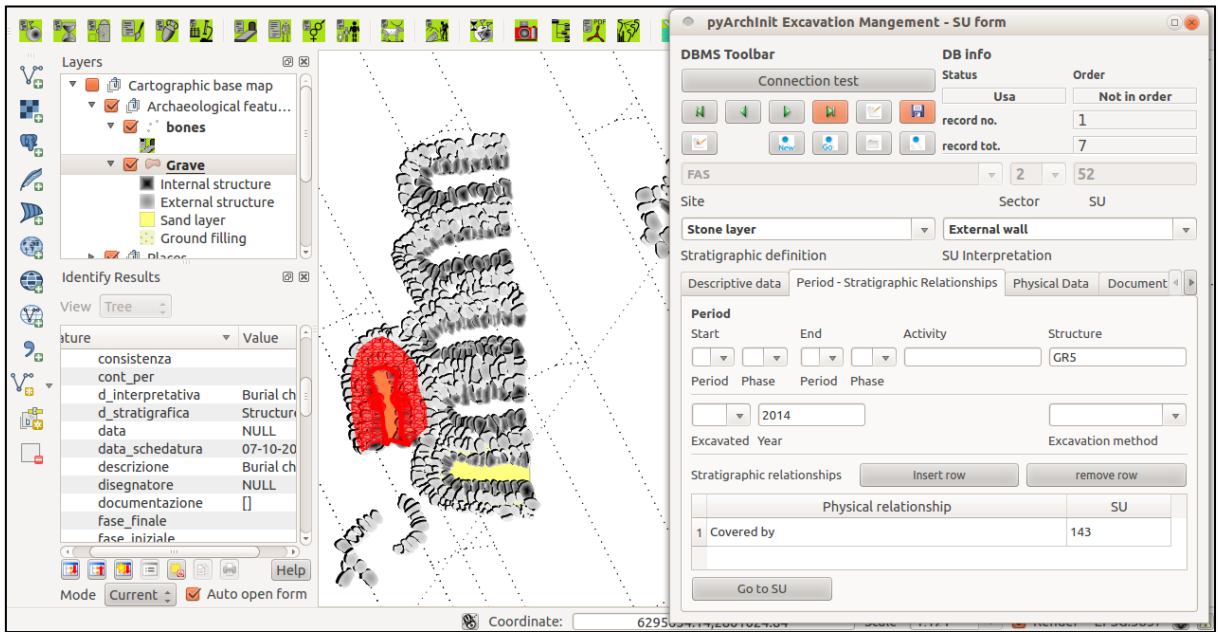


Figura 103: Progetto salvato in Qgis con tutti i livelli informativi.

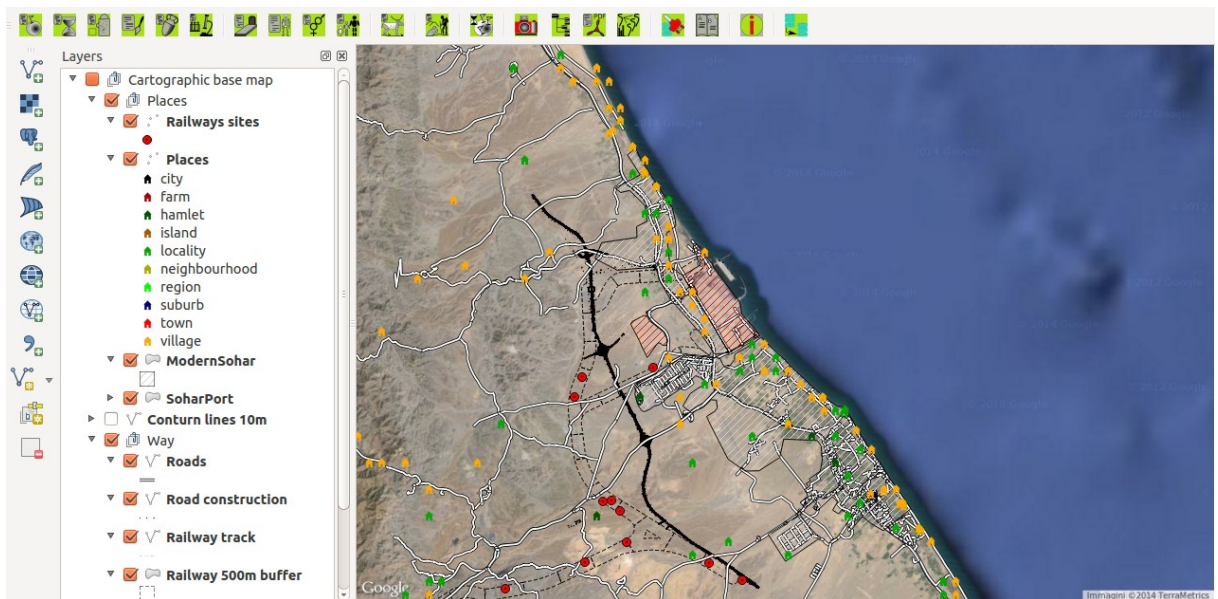
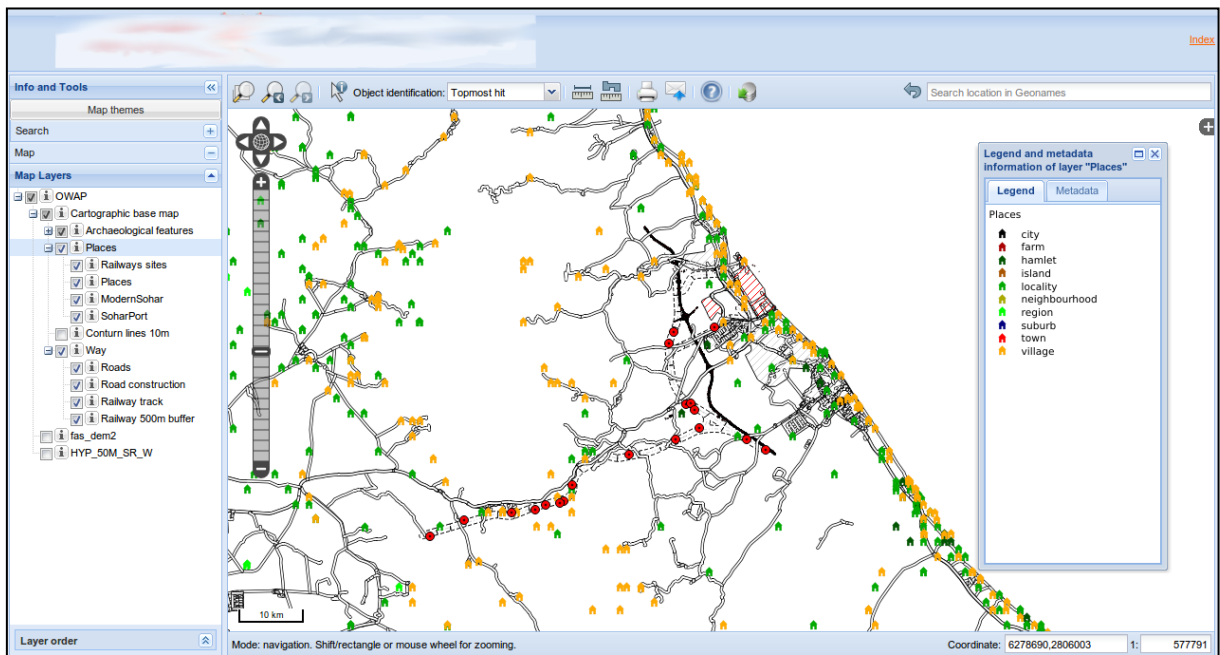


Figura 104: Progetto Qgis salvato sul server e letto direttamente dal webGIS.



Questo modello di lavoro è stato proposto nell'ambito della Batina Express Way. In questo progetto si propone un modello gestionale informativo che nasce come esigenza interna del sistema informativo archeologico territoriale del sultanato dell'Oman per favorire la conoscenza, lo sviluppo e la salvaguardia dei beni archeologici e culturali del paese.

Gli utenti interessati che usufruiranno del servizio saranno

1. Ministry of Heritage
2. Constructors
3. Archaeology Operator

Tale modello gestionale informativo, che in questo caso è intitolato OWeGAP(Oman Web and GIS Archaeological Project) è diviso in due moduli:

1. WebGIS
2. GIS

Il modulo WebGIS è uno strumento gestionale che consentirà, a 4 livelli di accesso protetto (tramite login):

- la visualizzazione cartografica e tematica del territorio omanita,
- la localizzazione e censimento dei siti archeologici (extra site)
- la localizzazione con le relative features di ogni singolo sito scavato e in corso di scavo (intra site) con relativo andamento dello stato dell'arte dei lavori
- ricerca e interrogazione delle features
- stampa pdf in varie scale con template personalizzati
- download dei dati in formato shape file
- invio segnalazioni di aree a rischio archeologico.

Level Access Data:

1. full access: (Administrator only) L'amministratore è l'unico che può interagire completamente con il sistema. Esso può visualizzare tutti i progetti e scaricare, cancellare, inserire, dati nel database centralizzato. Gestire i progetti prodotti tramite GIS. Lo stesso amministratore avrà l'onere di inserire i dati inviati tramite segnalazione.
2. Accesso di primo livello: Il ministero potrà visualizzare tutti i progetti, inviare segnalazioni, scaricare dati,
3. Accesso di secondo livello: visualizzare tutti i progetti, scaricare dati territoriali
4. Accesso di terzo livello: visualizzare tutti i progetti finiti, scaricare dati geometrici dei progetti finiti, scaricare dati territoriali, inserire dati alfanumerici e geometrici tramite QGIS(Archaeology Operator only)

Il modulo GIS è uno strumento rivolto all'operatore archeologico per il data entry alfanumerico e geometrico dei siti archeologici. Tramite questo strumento si propone uno standard informativo con duplice finalità: da una parte darà al Ministero dei Beni Culturali omanita la possibilità di monitorare in tempo reale lo stato dell'arte dei lavori e dall'altra sarà possibile standardizzare i dati rendendoli

omogenei.

Questo modulo permette al singolo team archeologico di inserire i dati in locale e poi sincronizzare nel geodatabase centralizzato sul server, in modo tale da poter digitalizzare anche sul campo, senza interferire sul geodatabase degli altri operatori.

Il sistema metodologico di scavo segue lo standard italiano.

I progetti di scavo saranno resi disponibili giornalmente, grazie alla possibilità di salvare solamente il progetto in Qgis e aggiornandolo sul server.

Lista Figure

Figura 1: Scheda Metadati in PyArchInit.....	33
Figura 2: Simbologia delle schede in PyArchInit.	45
Figura 3: DBMS Toolbar.....	45
Figura 4: Scheda Sito.....	47
Figura 5: Sezione Tools in scheda sito.....	47
Figura 6: Scheda US sezione Dati descrittivi.	48
Figura 7: Scheda US sezione Periodizzazione - Rapporti stratigrafici.....	49
Figura 8: Scheda US sezione Dati Fisici - Dati Schedatore.....	53
Figura 9: Scheda US sezione Documentazione.	54
Figura 10: Scheda US sezione Tools - Sistemi di controllo.....	55
Figura 11: Scheda US sezione Tools - Funzioni di controllo.	55
Figura 12: Scheda US sezione Tools - Esportazioni.....	55
Figura 13: Scheda US preview della us interrogata.....	56
Figura 14: Scheda US Visualizzazione delle immagini relative all'unità stratigrafica interrogata.	56
Figura 15: Esportazione del matrix di Harris in file .png (sinistra) e matrix interattivo (destra).....	61
Figura 16: Esempio di Esportazione in pdf della scheda di unità stratigrafica.	62
Figura 17: Scheda di Periodizzazione.	64
Figura 18: Scheda Struttura sezione Periodizzazione.....	67
Figura 19: Scheda Struttura sezione Elementi costruttivi.	68
Figura 20: Scheda Inventario Reperti sezione Dati descrittivi.....	69
Figura 21: Scheda Inventario Reperti sezione Dati quantitativi.	70
Figura 22: Scheda Inventario Reperti sezione Tecnologie.	71
Figura 23: Scheda Inventario Reperti sezione Riferimenti Bibliografici.	71
Figura 24: Scheda Inventario Reperti sezione Riferimenti Stratigrafici e Magazzino.	72
Figura 25: Scheda Inventario Reperti sezione Quantificazioni.....	72
Figura 26: Scheda Inventario Reperti sezione Tools.....	72

Figura 27: Scheda Tafonomia sezione Dati descrittivi.....	74
Figura 28: Scheda Tafonomia sezione Corredo.....	74
Figura 29: Scheda Tafonomia sezione Resti Osteologici.....	75
Figura 30: Scheda Tafonomia sezione Caratteristiche.....	75
Figura 31: Scheda Individuo.....	76
Figura 32: Scheda Archeozoologia. Campi di inserimento obbligatori.	77
Figura 33: Scheda Archeozoologica sezione Parametri di connessione.	79
Figura 34: Scheda Archeozoologica sezione Inserimento dati.....	84
Figura 35: Scheda Archeozoologica sezione Grafico.....	88
Figura 36: Scheda Archeozoologica sezione Geostatistica.	96
Figura 37: Scheda Archeozoologica sezione Geostatistica.	96
Figura 38: GIS Time Controller sezione Cronologia assoluta.	103
Figura 39: GIS Time Controller sezione Cronologia relativa.	103
Figura 40: Scheda Gestione Immagini.	104
Figura 41: Scheda Determinazione Sesso sui caratteri del cranio.	105
Figura 42: Scheda Determinazione Sesso sui caratteri del bacino.....	106
Figura 43: Scheda Determinazione Età di morte con metodo1 sinfisi pubica.....	107
Figura 44: Scheda Thesaurus.....	108
Figura 45: Scheda Backup.....	118
Figura 46: Schema concettuale tabella fauna in PyArchInit.	145
Figura 47: Grotta di Fumane. Sezione parete ovest.	164
Figura 48: Pianta della Grotta di Fumane con la suddivisione dei quadrati in 33x33 cm	176
Figura 49: Pianta Grotta di Fumane Fase 1.....	178
Figura 50: Pianta Grotta di Fumane Fase2.....	179
Figura 51: Pianta Grotta di Fumane Fase 3.....	180
Figura 52: Pianta Grotta di Fumane Fase 4.....	181
Figura 53: Pianta Grotta di Fumane Fase 5.....	182
Figura 54: Pianta Grotta di Fumane Fase 6.....	183

Figura 55: Digitalizzazione di un raster.....	185
Figura 56: Esempio di semivariogramma sperimentale.	190
Figura 57: Fase 1.....	197
Figura 58: Fase 2.....	197
Figura 59: Fase 3.....	198
Figura 60: Fase 4.....	198
Figura 61: Fase 5.....	199
Figura 62: Fase 1.....	200
Figura 63: Fase 2.....	200
Figura 64: Fase 3.....	201
Figura 65: Fase 4.....	201
Figura 66: Fase 5.....	202
Figura 67: Fase 1.....	203
Figura 68: Fase 2.....	204
Figura 69: Fase 3.....	205
Figura 70: Fase 4.....	206
Figura 71: Fase 5.....	207
Figura 72: Fase 1 matrice di correlazione sul totale dell'ordine faunistico.	208
Figura 73: Fase 2 matrice di correlazione sul totale dell'ordine faunistico	209
Figura 74: Fase 1.....	210
Figura 75: Fase 2.....	210
Figura 76: Fase 3.....	211
Figura 77: Fase 4.....	211
Figura 78: Fase 5.....	212
Figura 79: Fase 1 matrice di correlazione sul totale delle famiglie	213
Figura 80: Fase 1 matrice di correlazione sul totale delle famiglie	214
Figura 81: Fase 1.....	214
Figura 82: Fase 2.....	215
Figura 83: Fase 1 matrice di correlazione sul totale delle specie.	215
Figura 84: Fase 2 matrice di correlazione sul totale delle specie.	216

Figura 85: Distribuzione aves fase 1.	217
Figura 86: Distribuzione mammifera fase 1.....	218
Figura 87: Distribuzione aves fase 2.	219
Figura 88: Distribuzione mammifera fase 2.....	220
Figura 89: Distribuzione mammiferi fase 3.	221
Figura 90: Distribuzione aves fase 4.	222
Figura 91: Distribuzione mammiferi fase 4	223
Figura 92: Distribuzione aves fase 5.	224
Figura 93: Distribuzione mammifera fase 5.....	225
Figura 94: Semivariogramma sperimentale fase 1.....	226
Figura 95: Semivariogramma sperimentale fase 2.....	227
Figura 96: Distribuzione del <i>Cervus elaphus</i> - fase 1.	228
Figura 97: Distribuzione del <i>Pyrrhocorax graculus</i> - fase 1.....	228
Figura 98: Schema generale per la produzuione e pubblicazione dei dati utilizzando <i>PyArchInit</i>	229
Figura 99: Acquisizione immagini per rilievo 3D.....	230
Figura 100: Elaborazione immagini 3D e disegno sugis con <i>PyArchInit</i>	231
Figura 101: 3D testurizzato e georeferito.	231
Figura 102: Disegno e inserimento dati con <i>PyarchInit</i>	232
Figura 103: Progetto salvato in Qgis con tutti i livelli informativi.....	232
Figura 104: Progetto Qgis salvato sul server e letto direttamente dal webGIS.	233

Lista Tabelle

Tabella 1: Schema struttura di <i>PyArchInit</i>	42
Tabella 2: Schema periodizzazione	52
Tabella 3: Blocco di codice in cui è inserita la sintassi per richiamare le piante in base alla query effettuata. In blu la query.(in <i>pyqgis.py</i> linea 361-406).....	57
Tabella 4: Schema ordine stratigrafico	59
Tabella 5: Report check control sull'immissione delle relazioni stratigrafiche	60
Tabella 6: Schema scheda Inventario Reperti.....	69
Tabella 7: Blocco di codice per il collegamento di R con PostgreSQL (in <i>pyarchinit_Archeozoology_mainapp.py</i> linea 1088-1106).	78
Tabella 8: Codice di creazione dei vari trigger in PostgreSQL con la tabella fauna....	79
Tabella 9: Blocco di codice per connettersi al PostgreSQL e eseguire la query scritta nell'apposito campo e creare un istogramma.	85
Tabella 10: Blocco di codice per mettere a confronto 4 variabili con istogramma di frequenza, curva di densità e curva cumulativa (in <i>pyarchinit_Archeozoology_mainapp.py</i> linea 1986-2033)	86
Tabella 11: Blocco di codice per la creazione della matrice di correlazione delle prime 10 specie presenti nella tabella <i>tot_specie_terrestre</i> . (in <i>pyarchinit_Archeozoology_mainapp.py</i> linea 2327-2399)	89
Tabella 12: Blocco di codice per la costruzione del semivariogramma (in <i>pyarchinit_Archeozoology_mainapp.py</i> linea 1440-1531).	92
Tabella 13 Blocco di codice per la costruzione di mappe di distribuzione spaziale (in <i>pyarchinit_Archeozoology_mainapp.py</i> linea 1605-1669)	97
Tabella 14: Blocco di codice per la funzione clipper (in <i>pyarchinit_Archeozoology_mainapp.py</i> linea 2233-2238).	99
Tabella 15: Blocco di codice per la visualizzazione 3D in (<i>pyarchinit_Archeozoology_mainapp.py</i> linea 2548-2623).	99
Tabella 16: blocco di codice per la cronologia relativa del sistema (in <i>pyarchinit_gis_time_controller.py</i> linea 92-111)	102
Tabella 17: Esempio di inserimento dati nella Scheda Thesaurus.	109

Tabella 18: Blocco di codice per l'inserimento delle nuove voci nella scheda Thesaurus (in <i>Pyarchinit_Thesaurus_mainapp.py</i> linea 332-355).	110
Tabella 19: Blocco di codice per l'installazione del database PostgreSQL e l'estensione spaziale <i>PostGIS</i> (in <i>PyArchInitConfigDialog.py</i> linea 112-173).	112
Tabella 20: 2 blocchi di codice per il backup del singolo database e del backup totale di tutti i database (<i>dbmanagment.py</i> linea 112-135&163-189).	115
Tabella 21: Elenco delle tabelle del geo database di <i>PyArchInit</i> . Si evidenziano in grassetto le viste, in corsivo le tabelle geometriche e in carattere normale le tabelle alfanumeriche.	126
Tabella 22 :Elenco delle tabelle relazionate con la tabella fauna.	144
Tabella 23: Trigger update sulla tabella fauna_azioni per l'incolonnamento dei dati.	146
Tabella 24: Esempio di espansione in righe degli attributi tramite la funzione "unnest"	149
Tabella 25: Risultato del conteggio della tabella fauna_azione.	149
Tabella 26: Esempio di trigger update-insert per il conteggio degli attributi nella tabella fauna_tot_azioni.	150
Tabella 27: Elenco delle datazioni effettuate al c14 sui vari livelli di Grotta di Fumane.	171
Tabella 28: Schema di esempio per la raccolta dati.	174
Tabella 29: Esempio schema di rinominazione us.	175
Tabella 30: Totale classe divisi per fase	192
Tabella 31: Totale ordini divisi per fase.	192
Tabella 32: Totale famiglia divisi per fase.	193
Tabella 33: Totale specie divisi per fasi.	193
Tabella 34: Totale elementi ossei divisi per fase.	195

Bibliografia

- Atzeni P., Ceri S., Paraboschi S., Torlone R.**, .2002, Basi di dati. Modelli e linguaggi di interrogazione. McGraw-Hill 2002.
- Azzari M.** (Ed.) 2002, *Workshops. Beni Ambientali e Culturali e GIS*, in *Geostorie, Bollettino e Notiziario del Centro Italiano per gli Studi Storico-Geografici*, 10, nn. 1-2, aprile-agosto, Roma.
- Bagg J, Ryan N.** 1997, 'Modelling historical changes in Southern Corsica', in Kemp Z. (Ed.), *Innovations in GIS*, London, pp. 42-55.
- Bampton M.** 1997, 'Archaeology and GIS: the view from outside', in *Archeologia e Calcolatori*, 8, pp. 9-26.
- Barcelò J.A.** 1996, 'Heuristic classification and fuzzy sets. New tools for archaeological typologies', in Kamermans, Fennema 1996, pp. 155-164.
- Barcelò J.A.** 2000, 'Visualizing what might be: an introduction to Virtual Reality techniques in archaeology', in Barcelo J.A, Forte M., Sanders D.H. (Eds.), 2000, *Virtual Reality in Archaeology*, BAR International Series 843, Oxford, Archaeopress, pp. 9-35.
- Barceló J.A., BRIZ I., VILA A.** (Eds.) 1998, *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*, BAR International Series 757, Oxford.
- Baxter M.** 2003, *Statistics in Archaeology*, London.
- Baxter M.J., Buck, C.E.** 2000, 'Data handling and statistical analysis', in Ciliberto E., Spoto (Eds.), *Modern Analytical Methods in Art and Archaeology*, New York, pp. 681-746.
- Beck A.** 2000, 'Intellectual Excavation & Dynamic. Information Management System', in Lock, Brown 2000, pp. 73- 88.

Bell T., Lock G. 2000, 'Topographic and cultural influences on walking the Ridgeway in later prehistoric times', in Lock 2000, pp. 85-100.

Bietti A., Cazzella A, Johnson I, Voorrips A. (Eds.) 1996, *Theoretical and Methodological Problems, Proceedings of the XIIIth International Congress of Prehistoric and Protohistoric Sciences*, vol.1, Forlì.

Bigliardi G., Cappelli S., Cocca E., 2012a, OpenSource e Archeologia- in:[Poster] GFOSS DAY 2012 e OSMit2012 Torino 2012

Bigliardi G., Cappelli S., Cocca E., 2012b, Topographic map of the archaeological site of Adulis in Eritrea: integration of QuickBird image analysis and GPS survey in :[Posters] 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON REMOTE SENSING IN ARCHAEOLOGY (ICRSA4)

Bigliardi G., Cappelli S., Cocca E., 2012c Il sito di Adulis (Eritrea). Raccolta e gestione dei dati archeologici tramite software opensource- in:[Poster] 7° ArcheoFOSS 2012, Rome 11-13 June 2012.

Bigliardi G., Cappelli S., Cocca E., 2013, Il rilievo tridimensionale in archeologia: computer vision e laser scanning a confronto. Il caso studio del Settore 3 del sito archeologico di Adulis (Eritrea)in:[Poster] ArcheoFoss 2013 Catania 18-19 Giugno.

Bigliardi G., Cappelli S., Cocca E., 2013, Il sito di Adulis Eritrea: raccolta e gestione dei dati tramite software opensource, in *Archeologia e Calcolatori*, Supplemento 4.

Boaz J. Uleberg E. 2000, 'Quantifying the non-quantifiable: studying hunter-gatherer landscapes', in Lock 2000, pp. 101-115

Broglia A., et al. 2006, *The Early Upper Paleolithic of Eurasia: General Trends, Local Developments*, eds Anikovich MV, Platonova NI (Nestor-Historia, St. Petersburg, Russia), pp 263–268.

Buck C.E., Sahu S.K. 2000, 'Bayesian models for relative archaeological chronology

building', in *Applied Statistics*, 49, pp. 423-440.

Burenhult G. 2002, *Proceedings of the 28th CAA conference*, Visby, Gotland, Sweden, 25- 29 April 2001, BAR International Series 1016, Archaeopress.

Burrough P.A., Frank U. 1996, *Geographic Objects with Indeterminate Boundaries*, London.

Calvanese D., Guarino N., 2006, Ontologies and description logics, in *Intelligenza artificiale* 3,1-2, pp.21-27.

Carandini A. 2000, *Storie dalla Terra. Manuale di Scavo Archeologico*, Einaudi.

Carrer F., Cavulli F., 2011, "Distanze euclidee e superfici di costo in ambiente montano: applicazione di Grass e R a diversa scala in ambito trentino" in *Archeofoss: Open Source, Free Software e Open Format nei processi di ricerca archeologica*. Atti del VI Workshop (Napoli, 9-10 giugno 2011), Pozzuoli (NA): Naus Editoria, 2012, p. 233-244

Cavulli F., 2009, a cura di, *Defining a Methodological Approach to Interpret Structural Evidence* (WS28), AttiUISPP XV, BAR I.S. 2045, Oxford.

Cavulli F., Pedrotti A., 2013, "A.I.S., Archaeological information System. UnWebGIS come strumento di lavoro del Progetto APSAT: la struttura dei dati" in D. E. Angelucci, L. Casagrande, A. Colecchia, M. Rottoli (a cura di), *Apsat 2. Paesaggi d'alturadel Trentino. Evoluzione naturale e aspetti culturali.*, Arsiero: SAP Società Archeologica s.r.l., p. 11-39.

Chapman H. 2001, 'Understanding and Using Archaeological Topographic Surveys The *Error Conspiracy*', in Stancic, Veljanovski 2001, pp 19-24.

Clark D.L. 1968, *Analytical archaeology*, London.

Clark D.L. 1972, *Models in Archaeology*, London .

Clark D.L. 1977, *Spatial Archaeology*, London .

Cocca, E. (Co-author with B. Genito, V. Morra et alii) 2014, The Unglazed Ceramics Productions from the Masjed-i-Jum'a of Isfahan: a First Archaeological and Archaeometric Approach, *Newsletter di Archeologia CISA* 5, pp. 318-354.

Cocca, E. (Co-author with C. Zazzaro et al.) 2014, The Contribution of the Università degli Studi di Napoli "L'Orientale" to the 2013-2014 Eritrean-Italian Archaeological Field Season at Adulis. *Newsletter di Archeologia CISA* 5, pp. 507-590.

Cocca, E. 2014 Kojtepa 2013, The Use of 3D for the Drawings of Excavation: A Methodological Approach, *Newsletter di Archeologia CISA* 5, pp.1-20.

Constantinidis D. 2002, 'Building, Building on the Wall...A Relection of Actual Building Dimensions', in Burenhult 2002, pp. 29-34.

Constantinidis D. 2001, 'Introspective Sitiescaping with GIS', in Stancic, Veljanovski 2001, pp. 165-172.

Cowgill G.L. 2001, 'Past, Present and Future of Quantitative Methods in United States Archaeology', in Stancic, Veljanovski 2001, pp. 35-40.

Crescioli M., D'Andrea A., Niccolucci F. 2000, 'A GIS-based analysis of the etruscan cemetery of Pontecagnano using fuzzy logic', in Lock 2000, pp. 157-179.

Cripps P., Greenhalgh A., Fellows A., May K., Robinson D. 2004, 'Ontological Modelling of the work of the Centre for Archaeology', September(http://cidoc.ics.forth.gr/docs/Ontological_Modelling_Project_Report_%20Sep2004.pdf)

Cristofani M., Francovich R. 1990, 'Editoriale', in *Archeologia e Calcolatori*, 1, pp. 7-8.

D'Andrea A.,2006, *Documentazione archeologica, Standard e Trattamento Informatico*,

Budapest.

D'Andria F., 1997, *Metodologie di catalogazione dei beni archeologici*, Consiglio Nazionale delle Ricerche-Università di Lecce (BACT – Quaderno 1.1) Bari-Lecce.

D'Andrea A., Gabrielli R., Reali E., Tucci S., Verde G. 2002, 'Data acquisition and three-dimensional models of medieval castles: a comparison between two case-studies Rocca Ricciarda (Tuscany) and Wuayra (Petra, Jordan)', in Niccolucci F. (Ed.), *Virtual Archaeology between Scientific Research and Territory Marketing*, Proceedings of International EuroConference, Arezzo 24-25 Novembre 2000, Oxford, Archaeopress, pp.129-137.

D'Andrea A., Niccolucci F. 2001, 'L'Informatica dell'archeologo: qualche istruzione per l'uso', in *Archeologia e Calcolatori*, 12, pp. 199-220.

D'Andrea A. 2000, 'Modelli Gis nel *Cultural Resources Management*', in *Archeologia e calcolatori*, 10, pp. 153-170.

D'Andrea A. 2005, 'Metodologie informatiche integrate per lo studio dell'insediamento antico di Cuma', in *Cuma. Le Fortificazioni. 1. Lo scavo 1994-2002*, *AION ArchStAnt*, Quad. 15, Napoli, pp. 251-265.

D'Andrea A., Gallotti R., Piperno M. 2002, 'Taphonomic Interpretation of the Developed Oldwan Site of Garba IV (Melka Kunture, Ethiopia) through a GIS Application', in *Antiquity*, 76, pp. 991-1001.

D'Andrea A., Iacotucci F., Saffiotti L. 2003, 'Analysing an agrarian territory: a vectorial GIS-Tools for detecting ancient cadastral division', in Doerr, Sarris 2003, pp. 37-42.

Date C.J. 1986, *An Introduction to Database Systems*, Reading, Addison Wesley.

De Guio A. 1992, 'Archeologia della Complessità e calcolatori: un percorso di sopravvivenza fra teorie del caos, "attrattori strani", frattali e ... frattaglie del

postmoderno (1)', in Bernardi M. (Ed.) *Archeologia del paesaggio, IV ciclo di Lezioni sulla Ricerca applicata in Archeologia*, Certosa di Pontignano (Siena), 14-26 gennaio 1991, Firenze, pp. 305-389.

Delicado P. 1999, 'Statistics in Archaeology: New Directions', in BARCELÓ, BRIZ, VILA 1999, pp. 29-37.

Dingwall L., Exon S., Gaffney V., Laflin S, Van Leusen M (Eds.) 1997, *Archaeology in the Age of the Internet CAA97, Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*, BAR International Series 750, Archaeopress, Oxford.

Djindian F. 1996, 'Méthode archéologique assistée par ordinateur', in *Archeologia e Calcolatori*, 7, pp. 1259-1266.

Doerr M., Sarris A. 2003, *The Digital heritage of Archaeology. Proceedings of the 30th CAA Conference*, Archive of Monuments and Publications. Hellenic Ministry of Culture.

Douglas K., Douglas S., 2006, PostgreSQL. The comprehensive guide to building, programming, and administering PostgreSQL databases. Second Edition. Sams Publishing.

Forte M. 2000, 'Archaeological and virtual micro-topography: the creation of DEMs for reconstructing fossil landscapes by Remote Sensing and GIS applications', in LOCK 2000, pp. 199-213.

Forte M. 2002, *I sistemi informativi geograici in archeologia*, Roma.

Francovich R. 1999, 'Archeologia medievale ed informatica: dieci anni dopo', in *Archeologia e Calcolatori*, 10, pp. 45-61.

Fronza V., Nardini A., Valenti M. ,2009, (a cura di), *Informatica e Archeologia Medievale. L'esperienza senese*, Firenze.

Fronza V., Nardinia., Valenti M. 2003, 'An Integrated Information System for

Archaeological Data Management: Latest Developments', in DOERR, SARRIS 2003, pp. 147-153.

Gaffney V., Stancic Z., Watson H. 1995, 'The impact of GIS on archaeology: a personal perspective', in Lock, Stancic 1995, pp. 319-334.

Gardin J.C. 1955, 'Problèmes de la documentation', in *Diogène*, II, pp. 107-124.
Gardin J.C. 1979, *une archéologie théorique*, Cambridge.

Genito B., Maresca G., Cocca E., Genito A.,2013, Preliminary Steps Towards a WebGIS about the Italian Archaeological Activities at Dah'ne-ye Ghol'm'n (Sistan, Iran): ArchaeoPro.Di.Mu.S., *Newsletter di Archeologia CISA* 4, pp. 183-208.

Genito B., Moskova M.G. (Eds.) 1995, *Statistical Analysis of Burial Customs of the Sauromatian Period in Asian Sarmata (6th-4th Centuries B.C.)*, Napoli.

Gidlow J. 2000, 'Archaeological Computing and Disciplinary Theory', in Lock, Brown 2000, pp. 23-30.

Giuliani C.F.,1976, *Archeologia e documentazione grafica*, Roma.

Gomez Portugal Aguilar, D., Litton C. D., O'hagan A. 2002, 'Novel statistical model for a piece-wise linear radiocarbon calibration curve', in *Radiocarbon*, 44(1), pp. 195-212.

Gottarelli A. (Ed.) 1997, *Sistemi Informativi e Reti Geografiche in Archeologia: GIS-INTERNET, VII ciclo di Lezioni sulla Ricerca applicata in Archeologia. Certosa di Pontignano (Siena 1995)*, Quaderni del Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti - Università di Siena, Firenze.

Guarino N. 1998, 'Formal Ontology and Information Systems', in Guarino N. (Ed.) Proceedings of the 1st International Conference on *Formal Ontologies in Information Systems*, FOIS'98, Trento, Italy 6-8 June, pp. 3- 15.

Guarino N., Giarretta P. 1995, 'Ontologies and Knowledge Bases: Towards a

Terminological Clarification', in Mars N. (Ed.), *Towards Very Large Knowledge Bases: Knowledge Building and Knowledge Sharing*, Amsterdam, pp. 25-32.

Guermanti M. P., 1999, *Dalle basi dati alla rete: l'evoluzione del trattamento dei dati archeologici*, in *Archeologia e Calcolatori* 10, 89-99

Guermanti M.P. 1996, 'L'informatica come risorsa decisiva nella gestione del patrimonio archeologico: le attività dell'Istituto Beni Culturali della Regione Emilia Romagna', in *Archeologia e Calcolatori*, 7, pp. 837-848.

Guermanti M.P. 2001, *Rischio Archeologico. Se lo conosci lo eviti*, Bologna.

Harris E.C. 2002, 'GIS and Future of Archaeological Recording', in *Archäologie und Computer* 2001, Workshop 6, Wien, 2001 (http://www.archaeologiewien.at/workshop/workshop_old/workshop/pop33.htm).

Harris T.M., Lock G. 1995, 'Toward an evaluation of GIS in European Archaeology: the past, present and future of theory and applications', in Lock, Stancic 1995, pp. 349-365. Harris T.M., Lock G. 1996, 'Multi-dimensional GIS exploratory approaches to spatial and temporal relationships within archaeological stratigraphy', in Kamermans, Fennema 1996, pp. 307-316.

Hatzinikolaou E., Hatzichristos., Siolasa., Mantzourani E. 2003, 'Predicting Archaeological Site Location Using a GIS and Fuzzy Logic', in Doerr, Sarris 2003, pp. 169-177.

Hernandez M., 2003, *Progettare database. Guida pratica alla creazione di database relazionali*, Milano.

Hodder I., Orton C. 1976, *Spatial Analysis in Archaeology*, Cambridge.

Hodder J. 1991, 'Post-Processual Archaeology and current debate', in Preucel R.W. (Ed.), *Processual and Post-Processual Archaeologies. Multiple Ways of Knowing the Past*, Southern Illinois University at Carbondale, pp. 32-42.

- Hodder, J.** 1999, *The Archaeological Process*, Oxford.
- Hugget J.** 2000, 'Computers and Archaeological Culture Change', in Lock, Brown 2000, pp. 5-22
- Iacotucci F., Pellegrino C.** 2004, 'A user-friendly approach to GIS-application: an utility for the study of Etruscan cemetery of Pontecagnano (Italy)', in *CAA 2004, Beyond the Artifact, Proceedings of The 32th Conference, Computer Application and Quantitative Methods in Archaeology*, Prato (in corso di stampa).
- Johnson I.** 1995, *Mapping Archaeological Data: A Structured Introduction to MapInfo*, Sydney University Archaeological Methods Series, n. 3, Sydney, Prehistoric & Historical Archaeology.
- Johnson I.** 1997, 'Desktop Mapping and Raster GIS: Best of Both Worlds?' in Johnson, North 1997 (CDRom)
- Johnson I.** 1999, 'Mapping the Fourth Dimension: the TimeMap Project', in Dingwall, Exon, Gaffney, Laflin, Van Leusen 1999, p. 82.
- Johnson I., North M.** 1997 (Eds.), *Proceedings of Colloquium II, uISPP XIIIth Congress, Forli (Italy), 1996, Sydney university Archaeological Methods Series 5* (CDRom).
- Kamermans H., Fennema K.** (Eds.) 1996, *Interfacing the Past, CAA95*, Analecta Praehistorica Leidensia, 28, University of Leiden, Leiden.
- Kendall D.G.** 1963, 'A statistical approach to Flinders Petrie's Sequence Dating', in *Bulletin of the Int. Statistical Inst.*, 34, pp. 657-680.
- Kvamme K.L.** 1990, 'GIS algorithms and their effects on regional archaeological analysis', in Allen K.M.S., Green S.W., Zubrow E.B.W. (Eds.), *Interpreting space: GIS and archaeology*, London, pp. 112-125.
- Laurenza S.** 2002, 'Il GIS come Sistema Informativo per Gestione dei Dati di

Scavo di Complessi Monumentali di Epoca Storica', in Azzari 2002, pp. 19-21.

Laurenza S., Putzolu C. 2002, 'From Stratigraphic Unit to the Mouse: a GIS Based System for the Excavation of Historical Complex. The case study of Pompeii', in Burenhult 2002, pp. 93-103.

Laxton R.R., Cavanagh W.G., Litton C.D., Buck C.E., Blair R. 1994, 'The Bayesian approach to archaeological data analysis: an application of change-point analysis to prehistoric domes', in *Archeologia e Calcolatori*, 5, pp. 53-68.

Limp W.F. 1996, 'Developing methodologies in the analysis of spatially referenced data and their impacts on archaeological method and theory', in Bietti, Cazzella, Johnson , Voorrips, pp. 115-125.

Llobera M. 1996, 'Exploring the topography of mind: GIS, social space and archaeology', in *Antiquity* 70, pp. 612-622.

Llobera M. 2000, 'Understanding movement: a pilot model towards the sociology of movement', in LOCK 2000, pp. 65-84.

Lock G. 2003, *using computers in Archaeology*, London and New York,.

Lock G., Moffet J. (Eds.) 1992, Proceedings of the 19th CAA conference held at the University of Oxford, UK, 25th to 27th March, 1991, BAR International Series (S577). Lock G., Stancic Z. (Eds.) 1995, *Archaeological and Geographical Information Systems: a European Perspective*, London.

Lock G. 2000, *Beyond the Map: Archaeological and Spatial Technologies*, NATO Science Series A: Life Sciences Vol 321, IOS Press.

Lock G., Brown K. (Eds.) 2000, *On the Theory and Practice of Archaeological Computing*, Oxford University Committee for Archaeology Monograph, 51.

Lorenzini, M., 2009, *Semantic approach to 3D historical reconstruction*. In

International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol.XXXVIII-5/W1, ISSN Number 1682-1777.

Lorenzini, M., Sanna L. 2008, *Ontologie di applicazione e informazione geografica:La ricognizione nel territorio di Siligo (SS)*, In atti del III workshop Open Source, Free Software e Open Formats nei processi di ricerca archeologica, Padova.

Madsen T. 2001, 'Transforming Diversity into Uniformity – Experiments with Meta-structures for Database Recording', in Stancic, Veljanovski 2001, pp. 101-105.

Manacorda D. 2004, *Prima lezione di archeologia*, Bari.

Mandolesi L., Cocca E., 2013, Pyarchinit: gli sviluppi dopoArcheoFoss 2009, in *Archeologia e Calcolatori*, Supplemento 4.

Mcglade J. 1997, 'GIS and integrated archaeological knowledge systems', in Johnson, North 1997 (CDRom).

Mchugh F. 1999, *Theoretical and Quantitative Approaches to the Study of Mortuary Practice*, Archaeopress, Oxford, BAR S785.

Miller P. 1999, 'The Importance of Metadata to Archaeology: One View from within the Archaeology Data Service', in Dingwall, Exon, Gaffney, Laflin, Van Leusen 1999, pp. 133-135.

Ministero per i Beni e le Attività Culturali – MBAC, *Norme per la redazione delle schede di catalogo dei beni culturali*, 1 – “Beni artistici e storici”, Roma 1977

Ministero per i Beni e le Attività Culturali – MBAC, *Repertorio delle schede di catalogo dei beni culturali*, 1 – “Beni artistici e storici”, Roma 1984

Moscatti P. 1994, 'Choice, representation and structuring of archaeological information: a current problem', in *Archeologia e Calcolatori*, 5, pp. 9-21.

Moscatti P. 1998, 'GIS applications in Italian archaeology', in *Archeologia e*

Calcolatori, 9, pp. 191-236.

Niccolucci F., Beacham R., Denard H. 2006, 'An Introduction to the London Charter', in Ioannides M., Arnold D., Niccolucci F., Mania K. (Eds.), *The e-evolution of Information Communication Technology in Cultural Heritage. Where Hi-Tech Touches the Past: Risks and Challenges of the 21st Century*, 7th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage, VAST (2006), Cyprus, pp. 263-269.

Niccolucci F., Pardi G., Zoppi T. 1996, 'Un archivio georeferenziato di insediamenti archeologici', in *Archeologia e Calcolatori*, 7, pp. 161-177.

Niccolucci F., Vannini G., D'Andrea A. 2002, 'Landscape Archaeology e Modelli Tridimensionali: nuove metafore dello spazio tra illusioni ottiche e tranelli matematici', in Azzari 2002, pp. 25-36

Nigro J.D., Limp F., Kvamme K., De Ruiter D.J., Berger R. 2002, 'The Creation and Potenzial Applications of a 3-Dimensional GIS for the Early Hominin Site of Swartkrans. South Africa', in Burenhult 2002, pp. 113-124.

Orlandi T. 1996, 'Formalizzazione dei dati, semiotica e comunicazione', in *Archeologia e Calcolatori* 7, pp. 1247-1258.

Orton C. 1980, *Mathematics in Archaeology*, Cambridge.

Parise Badoni F., Ruggeri Giove M. (Eds.) 1984, *norme per la redazione della scheda del saggio stratigrafico*, Roma.

Parise Badoni F., Ruggeri Giove M. 1988, (a cura di), *Strutturazione dei dati delle schede di catalogo: beni archeologici immobili e territoriali*, Roma-Pisa

Pebesma E. J., 2004a, Multivariable geostatistics in S: the gstat package. *Computer & Geosciences*, 30, 683-691.

Pebesma, E. J., 2004b, Uni- and multivariable geostatistical modelling, prediction and simulation. URL: <http://www.gstat.org/bin/gstat.pdf>.

Peresani M, et al. 2008, Age of the final Middle Palaeolithic and Uluzzian levels at Fumane Cave, Northern Italy, using ^{14}C , ESR, $^{234}\text{U}/^{230}\text{Th}$ and thermoluminescence methods in *Journal Archaeological Science*, 35, 2986–2996.

Peresani M. (in press) Fifty thousand years of flint knapping and tool shaping across the Mousterian and Uluzzian sequence of Fumane cave. *Quat Int*, in press.

Peresani M. 2008, A new cultural frontier for the last Neanderthals: The Uluzzian in Northern Italy. *Curr Anthropol* 49:725–731.

Pescarin S. 2002, 'GIS Contribution to Urban History and to Reconstruction of Ancient Landscape', in Burenhult G. 2002, pp. 125-128.

Pescarin S., 2006, *Open source in archeologia. Nuove prospettive per la ricerca*, in *Archeologia e Calcolatori*, 17, pp. 137-155

Richards J.D., Robinson D.J. (Eds.) 2000, *Digital Archives from Excavation and Fieldwork: Guide to Good Practice*, York.

Robertson I.G. 1999, 'Spatial and multivariate analysis, random sampling error, and analytical noise: Empirical Bayesian methods at Teotihuacan, in *American Antiquity*, 64, pp. 137-152.

Robinson J., Zubrow E. 1999, 'Between spaces: interpolation in archaeology', in M. Gillings D., Mattingly D., Dalen J. V. (Eds.) *Geographical information systems and landscape archaeology*, Oxford, pp. 65-83.

Romandini M., Nannini N., Tagliacozzo A., Peresani M. (in press), The ungulate assemblage from layer A9 at Grotta di Fumane, Italy: A zooarchaeological contribution to the reconstruction of Neanderthal ecology, in *Quaternary International* xxx (2014) 1-17.

Saffiotti L., Iacotucci F., D'Andrea A. 2004, 'An innovative tool for web-GIS applications: SVG and the open source format, in *CAA 2004, Beyond the Artifact, Proceedings of The 32th Conference, Computer Application and Quantitative Methods in Archaeology*, Prato (in corso di stampa).

Santo M., *Le licenze pubbliche GNU*, tesi di laurea in giurisprudenza, Università di Pavia, a.a. 2001-2002, on line: <http://www.ubertazzi.it/it/opensource/santo-tesi.pdf>

Stancic Z., Veljanovski T. (Eds.) 2001, *Computing Archaeology for understanding the Past. CAA2000*, Proceedings of the 28th Conference, Ljubliana April 2000, BAR International Series 931, Oxford, Archaeopress.

Valenti M. 2000, 'La piattaforma GIS dello scavo. Filosofia di lavoro e provocazioni, modello dei dati e *soluzione GIS*', in *Archeologia e Calcolatori*, 11, pp. 93-109.

Valenti M., 2000, *La piattaforma GIS dello scavo nella sperimentazione dell'Insegnamento di Archeologia Medievale dell'Università di Siena. Filosofia di lavoro e provocazioni, modello dei dati e "soluzione GIS"*, in *Archeologia e Calcolatori*, 11, pp. 93-104

Van Leusen P.M. 1999, 'Viewshed and cost surface analysis using GIS (Cartographic modelling in a cell-based GIS II)', in Barcelò, Briz, Vila 1999, pp. 215-223.

Voorrips A. 1996, 'Archaeological theory and GIS, any relations?', Bietti, Cazzella, Johnson, Voorrips 1996, pp. 209-214.

Weibel R., Heller M. 1991, 'Digital Terrain Modeling', in Maguire, D.J., Goodchild, M.F., Rhind, D.W. (Eds.), *Geographical Information Systems: Principles and Applications*, London, pp. 269-297.

Wheatley D. W. 1995, 'Cumulative Viewshed Analysis: a GIS-based method for investigating intervisibility, and its archaeological application', in Lock, Stancic

1995, pp. 171-186.

Wheatley D. W. 1993, 'Going over old ground: GIS, archaeological theory and the act of perception', in Andersen J., Madsen T., Scollar I (Eds.), *Computing the past: Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*, Aarhus University Press, Aarhus, pp. 133-138.

Wheatley D., Gillings M. 2000, 'Vision, Perception and GIS: developing enriched approaches to the study of archaeological visibility', in Lock 2000, pp. 1-27.

Wheatley D., Gillings M. 2002, *Spatial Technology and Archaeology. The Archaeological Applications of GIS*, London and New York.

Zazzaro, C., Cocca E., Manzo A. 2014, Towards a Chronology of the Eritrean Red Sea Port of Adulis (1st – Early 7th Century AD). *Journal of African Archaeology* 12.1: 43-73.

Manualistica Online

Manuale PostGis <http://postgis.refractions.net/>.

Manuale PostgreSQL. Documentazione online ufficiale consultabile all'indirizzo web:<http://www.postgresql.org/docs/>

Manuale Pyarchinit <https://sites.google.com/site/pyarchinit/documentazione>

Manuale Python <http://docs.python.it/>

Manuale Qt <http://doc.qt.io/qtcreator/>

Manuale Spatialite <http://www.gaia-gis.it/>

R. Butti. Guida all'installazione PostgreSQL per Windows, reperibile dal sito web: <http://www.errebit.com/opensource>.

R software <http://www.r-project.org/>

Ringraziamenti

Voglio ringraziare il Professor Marco Peresani che mi ha concesso di poter sperimentare sul sito di Grotta di Fumane questa metodologia gestionale e analitica del dato archeologico. Ringrazio il dott. Matteo Romandini che come un fratello mi ha saputo consigliare e correggere. Ringrazio il dott. Luca Mandolesi, con il quale ho intrapreso questo viaggio tecnologico nel mondo informatico. Ringrazio tutti quelli che mi hanno supportato e soprattutto sopportato in questi anni di lavoro e mi riferisco in particolare a tutti gli utenti delle liste FOSS.

In ultimo, ma non per ultima, ringrazio Chiara, mia compagna e consigliera che ha saputo sempre infondermi fiducia.