

PROSPEZIONI GEOFISICHE INTEGRATE NELL'AREA DI VEIO, PIAZZA D'ARMI

1. IL PIANORO DI PIAZZA D'ARMI A VEIO: PROGETTO DI STUDIO

Nell'ambito delle attività di ricerca in collaborazione tra l'insegnamento di Etruscologia e Archeologia Italica dell'Università di Roma, La Sapienza (prof. Gilda Bartoloni) e la Soprintendenza Archeologica dell'Etruria Meridionale gran spazio si è dato alle problematiche relative alla città di Veio, sia per quanto riguarda l'abitato che la necropoli. Se queste ultime, collegate ad un progetto trentennale hanno già offerto numerosi frutti scientifici¹, agli inizi è invece il programma di pubblicazione degli scavi effettuati dall'inizio di questo secolo sul pianoro di Piazza d'Armi.

Il gruppo di lavoro, coordinato dalle scriventi, è costituito da laureati e studenti dell'Università di Roma, La Sapienza, insegnamento di Etruscologia e Archeologia Italica. Lo studio delle strutture è stato suddiviso per categorie architettoniche: capanne, case, strade, tempio arcaico, edificio romano, capanne medioevali ecc., mentre il materiale rinvenuto è stato diviso per classi di materiali: impasti, bucheri, argilla depurata, ceramica d'importazione, bronzi ecc.

1.1. Storia degli scavi sul pianoro di Piazza d'Armi (fig. 1).

La grande terrazza a sud dell'area occupata l'antica città sembra interessata da scavi archeologici, al contrario delle altre antichità relative a Veio², solo dal secondo decennio del nostro secolo.

Nella pianta redatta da W. Gell³ negli anni 20-30 del secolo scorso, a supporto dell'opera topografica di Nibby sui dintorni di Roma⁴, vengono evidenziati sulla cittadella localizzata a Piazza d'Armi tratti delle mura, evidentemente

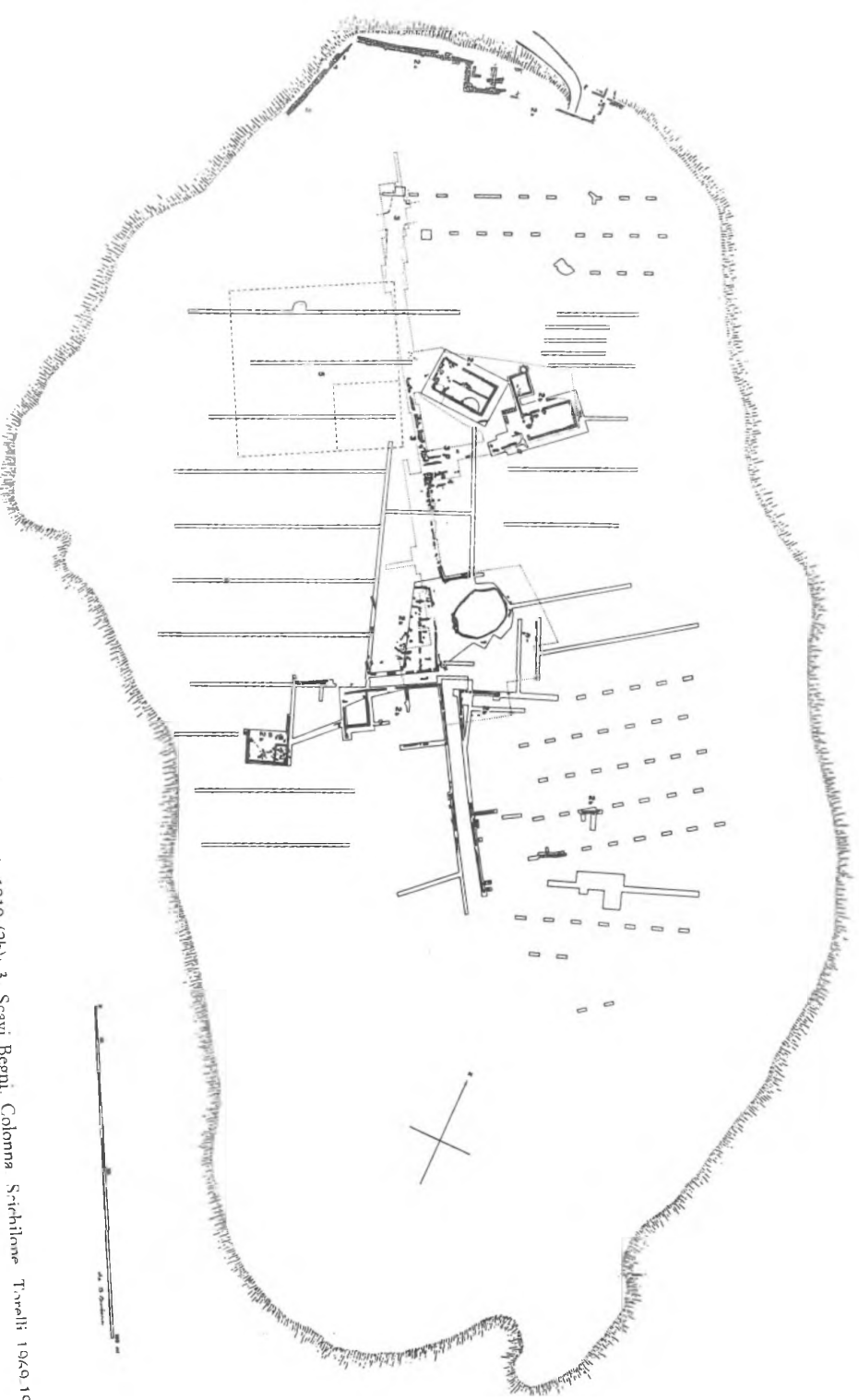
¹ G. BARTOLONI (a cura di), *Le necropoli arcaiche di Veio* – Giornata di studio in memoria di Massimo Pallottino, Roma 1997.

² Cfr. G. BARTOLONI-F. DELPINO, *Veio I. Introduzione allo studio delle necropoli arcaiche di Veio. Il sepolcreto di Valle La Fata*, Roma 1979, (*MonAntLinc*, L, s.m. 1), p. 17 sgg.; F. DELPINO, *Cronache Veientane. Storia delle ricerche Archeologiche a Veio. I. Dal XIV alla metà del XIX secolo*, Roma 1985.

³ W. GELL, *Gli avanzi di Veji*, in *MemInst I*, 1832, pp. 3-23.

⁴ A. NIBBY, *Analisi storico-topografica-antiquaria della carta de' dintorni di Roma*, III, Roma 1837.

fig. 1 . Pianta degli scavi di Veio, Piazza d'Armi 1. Scavi Gabrieli 1913; 2. Scavi Stefani 1917 (2a), 1919 (2b); 3. Scavi Beani. Colonna Straboniana. Torrelli: 1969 1970.



emergenti⁵, e il tempio⁶. Non è chiaro se il posizionamento di quest'ultimo sia dovuto all'identificazione da parte di Gell dell'altura di Piazza d'Armi con l'arce di Veio⁷ e quindi al ricordo della localizzazione del tempio di Giunone Regina secondo le fonti romane, o a concreti resti di strutture. Nibby, il quale preferisce riconoscere nell'altura di Isola Farnese l'acropoli di Veio⁸, riferisce però che: «oltre le mura, il sito delle porte, il ponte della porta di Petra Pertosa, il Ponte Sodo, i tumuli, e le grotte sepolcrali, altri avanzi non rimangono di Veii etrusca»⁹. Al tempio di Giunone Regina dell'acropoli di Veio R. Lanciani¹⁰ attribuì il ricchissimo deposito votivo rinvenuto nel 1889¹¹, negli scavi eseguiti da Francesco Vespignani per conto dell'imperatrice M. Teresa del Brasile, sull'istmo che univa il pianoro di Veio a Piazza d'Armi¹², ai quali collegò anche i ritrovamenti analoghi venuti in luce negli scavi Chigi del 1669¹³. Anche Tommasetti all'inizio del nostro secolo a proposito di Piazza d'Armi riferisce solo dei resti di mura e della porta che univa tale pianoro al resto della città¹⁴.

⁵ A queste si doveva probabilmente riferire Famiano Nardini nel 1647: «Muri eximii, alti ac durierant, praeter extractos in Isthmo Peninsulae, insertos scopulis, & aggetta terra munitos; ut arte supplementur naturae defectus; in quorum altitudine extensa illa verticis planities, ac tanta sustinens opera, non poterat non spirare admirationem» (F. NARDINI, *L'antico Veio*, Roma 1647, p. 190).

⁶ Queste indicazioni appaiono chiare soprattutto nella versione della pianta conservata nella Biblioteca di Archeologia e Storia dell'Arte di Palazzo Venezia (DELPINO, *cit.*, fig. 27).

⁷ Favorevoli a questa ipotesi furono Dennis, Canina, Lanciani, Stefani, Ward Perkins, ecc. Cfr. anche *Santuari d'Etruria*, p. 67; G. COLONNA, *Urbanistica e architettura*, in *Rasenna Storia e Civiltà degli etruschi*, Milano 1986, p. 432.

⁸ Seguì da Tommasetti (G. TOMMASETTI, *La Campagna Romana antica, medioevale e moderna*, III, Roma 1913, p. 89). Per una localizzazione dell'arce di Veio nella zona meridionale del vasto pianoro di Comunità e il riconoscimento dei resti del tempio di Giunone nella grande struttura messa in luce da Lanciani (R. LANCIANI, in *NS* 1889, p. 63; J. B. WARD PERKINS, *Veii. The Historical Topography of the ancient City*, PBSR XXXIX, 1961, pp. 27, 31) vd. M. TORELLI, *Veio, la città, l'arx e il culto di Giunone Regina*, in *Miscellanea Dohrn*, p. 125 sgg.; perplessità in COLONNA, *cit.*, pp. 432-433.

⁹ NIBBY, *cit.*, 1848, p. 435.

¹⁰ R. LANCIANI, *Pagan and Christian Rome*, Roma 1892, p. 64 sgg.

¹¹ LANCIANI, *NS*, *cit.*, p. 30 sgg.; p. 65 sgg.; BARTOLONI-DELPINO, *cit.*, tav. VI n. 72 (?): questo immenso deposito votivo localizzato sull'estremità sud-orientale del pianoro veiente prospiciente Piazza d'Armi, appare ancora interessato da scavi clandestini: una campagna di scavo del 1967 a cura della Soprintendenza Archeologica dell'Etruria Meridionale (vd. G. NARDI, *Repertorio degli scavi e delle scoperte archeologiche nell'Etruria meridionale (1966-1970)*, Roma 1972, p. 64) ha portato alla luce almeno un migliaio di frammenti, probabilmente al materiale interrato da Lanciani perchè considerato di scarso interesse (commerciale?).

¹² L. VAGNETTI, *Il deposito votivo di Campetti a Veio (Materiale degli scavi 1937-1938)*, Roma 1972, pp. 18-20. Alla stessa impresa sono attribuiti, in base alla carta topografica fatta redigere da Lanciani, anche saggi alle mura di Piazza d'Armi (F. DELPINO, *La scoperta di Veio etrusca*, in A. NASO (a cura di), *Le ricerche archeologiche in Etruria meridionale nel XIX secolo*, *Atti dell'Incontro Internazionale di Studio, Tarquinia 6-7 luglio 1996*, in stampa).

¹³ Su questo complesso da ultime G. BARTOLONI-P. BOCCI PACINI, «De donariis», in M. G. PICOZZI-F. CARINCI (a cura di), *Vicino Oriente, Egeo, Grecia, Torna e Mondo Romano - Tradizione dell'antico e collezionismo di antichità. Studi in memoria di Lucia Guerrini*, *Studi Miscellanei* 30, Roma 1996, p. 456.

¹⁴ TOMMASETTI, *cit.*, p. 89.

L'aumento degli scavi clandestini e l'intensificarsi dei lavori agricoli nella zona di Isola Farnese spinse la Regia Soprintendenza agli Scavi della Provincia di Roma nel 1912 a «rivolgere il suo interesse alla città di Veio e alla sua necropoli»¹⁵. Nonostante il programma iniziale le indagini nell'abitato, che avevano già messo in evidenza nei primi saggi a Piazza d'Armi la cisterna ellittica e resti di capanne e case¹⁶ (fig. 1 1), e l'interesse prioritario «a riconoscere l'area della città», furono presto abbandonate a favore degli scavi nella necropoli¹⁷. Gli scavi, condotti con principi stratigrafici¹⁸, furono effettuati dall'assistente Natale Malavolta, sotto la direzione di E. Gabrici e G. A. Colini. Gabrici nella breve relazione di scavo, redatta mentre gli scavi erano ancora in corso, fu particolarmente interessato alla identificazione della grande struttura ellittica messa in luce proprio al centro del pianoro: ad una interpretazione come cisterna, preferiva quella di edificio pubblico, una sorta di curia¹⁹.

Dopo la lunga campagna di scavo nelle necropoli (1913-1916)²⁰, fu ripreso nel 1917 da E. Stefani il progetto di scavare anche nella città²¹. A Piazza d'Armi furono aperti due saggi (fig. 1 2 a)²². Nel primo, effettuato alle mura, nonostante la continua spoliazione causata dalla già citata emergenza dei blocchi, furono messe in luce la porta a «tre fornici»²³ e a occidente di questa un bel tratto della fortificazione. Dalla relazione di Stefani il materiale rinvenuto appare molto eterogeneo: accanto a frammenti di ceramica arcaica (bucchero e argilla figulina), pezzi di marmo pertinenti a lastre di vario spessore o a cornici, tegole, embrici e vasi di argilla chiara di epoca romana²⁴. Nel secondo, al centro del pianoro, a nord-ovest degli scavi Gabrici, venne individuata una struttura rettangolare bipartita, perfettamente orientata E-O e in asse con la porta N; l'analisi dei materiali rinve-

¹⁵ BARTOLONI-DELPINO, *cit.*, p. 20.

¹⁶ E. STEFANI, in NS 1922 (abbr. STEFANI, 1922), fig. 13, A-B; E. STEFANI, *Scavi archeologici a Veio in contrada Piazza d'Armi*, in *MonAntLinc* 40, 1944 (abbr. STEFANI, 1944), fig. 2.

¹⁷ Ettore Gabrici ci riferisce nel 1913 nella prima relazione di scavo: *i lavori di scavo furono condotti parallelamente sulla grande terrazza a sud della vetusta città, che per costante tradizione si denomina Piazza d'Armi, e in un punto della necropoli detta Grotte [o Grotta] Gramiccia, il quale sta a Nord Ovest di Veio, a breve di stanza dalle sue porte* (E. GABRICI, in NS 1913, p. 164): la scoperta che «in una collinetta», secondo il rapporto dell'assistente Malavolta, «a monte e in vicinanza di una delle porte della città il sottosuolo è ricco di sepolcri a pozzo con ossuario villanoviano, alcuni con custodia, altri senza», costrinse ad iniziare sistematicamente lo scavo dei sepolcri più antichi (BARTOLONI-DELPINO, *cit.*, p. 20).

¹⁸ GABRICI, *cit.*, p. 169.

¹⁹ GABRICI, *cit.*, p. 168.

²⁰ Furono scavate più di 1200 tombe a pozzo, a fossa e a camera e portati alla luce almeno 6000 oggetti (G. A. COLINI in NS 1919, pp. 3-12).

²¹ STEFANI, 1922, pp. 390-404.

²² STEFANI, 1922, fig. 13, C-E.

²³ STEFANI, 1922, p. 392.

²⁴ STEFANI, 1922, p. 396.

nuti negli strati di fondazione (ceramica invetriata, vasellame di vetro, pezzi di lastre di marmo e di colonne mescolati a ceramica arcaica) spinse Stefani a collocarla in epoca imperiale²⁵. Sotto all'angolo SE furono riconosciuti i resti di una capanna circolare con pareti sorrette da buchi di pali²⁶ e accanto muri pertinenti a strutture arcaiche²⁷. Intorno all'edificio rettangolare fu messo in evidenza una massicciata, spessa cm. 15, «fatta ora con ghiaia e ciottoli di fiume, ora con scaglie di tufo triturato»²⁸, connessa stratigraficamente ai muri arcaici²⁹.

Le due successive campagne di scavo³⁰ compiute sotto la direzione di E. Stefani ebbero lo scopo di sondare tutto il pianoro mediante trincee e piccoli saggi (fig. 1 2b)³¹: il quadro emerso mostra un insediamento capannicolo³², piuttosto vasto, sostituito negli ultimi decenni del VII secolo a.C. da un gruppo di abitazioni etrusche disposte con un impianto urbanistico più o meno regolare lungo un'ampia strada (m. 4.40-4,95) posta sull'asse maggiore del pianoro (SE-NO), su cui si immettono vie minori (m. 2,80 ca.) trasversali: al centro una piazza (m. 30 × 35-40 ca.) in gran parte occupata dalla cisterna a cielo aperto, messa in luce da Gabrici. Quasi ai margini dell'area indagata fu riconosciuto un edificio rettangolare (lungo m. 15,35, largo m. 8,07), orientato esattamente a sud ovest, che Stefani interpretò come un tempio; il tetto di questo piccolo edificio a doppio spiovente, sorretto da due pilastri, era decorato lungo la gronda con antefisse e tegole dipinte e sulla fronte con lastre decorate a bassorilievo (corteo di due guerrieri su biga, preceduti da un oplita)³³. Collegato al tempio da un corto muro è un ambiente rettangolare con pozzo, all'interno del quale Stefani mise in luce due sepolture di inumati (adulto e bambino), non connesse però stratigraficamente con la struttura³⁴.

²⁵ STEFANI, 1922, p. 398.

²⁶ Per il tipo a Veio cfr. capanna della porta NW (J. B. WARD PERKINS, *Excavations beside the north-west Gate at Veii, 1957-1958*, in *BSR* 27, 1959, pp. 58-65.

²⁷ STEFANI, 1922, p. 400.

²⁸ STEFANI, 1922, p. 400.

²⁹ Come attestano i frammenti di tegole e di ceramica di bucchero e d'impasto; tra questi ultimi da ricordare il frammento con iscrizione (RIX, *ET*, Ve. 2.5; G. BAGNASCO GIANNI, *Oggetti iscritti di epoca orientalizzante in Etruria*, Firenze 1996, n. 102).

³⁰ Non è precisato in quale data siano stati eseguiti questi scavi, sorvegliati da Malavolta e pubblicati in maniera abbastanza dettagliata nel 1944 (STEFANI, 1944, cc. 177-290).

³¹ 39 trincee larghe ca. un metro di lunghezza variabile; 68 saggi aperti su più linee parallele, larghi m. 1 e lunghi m. 3. Alcune trincee furono ampliate per mettere in evidenza strutture.

³² La maggior parte delle capanne individuate da Stefani (cfr. anche COLONNA, 1986, p. 388) sono da identificare, a causa delle forme e delle dimensioni, con fosse di scarico (cfr. G. BARTOLONI-G. C. CIANFERONI-J. DE GROSSI MAZZORIN, *Il complesso rurale di Campassini (Monteriggioni): considerazioni sull'alimentazione nell'Etruria settentrionale nell'VIII e VII secolo a.C.*, in *Volterra e il suo territorio. Atti del XVIII Convegno di Studi Etruschi e Italici, Volterra 1995*, in stampa).

³³ Del rivestimento si sono riconosciute due fasi molto vicine tra loro (*Santuari d'Etruria*, pp. 58-59).

³⁴ STEFANI, 1944, c. 263 sgg.

Gli scavi vennero ripresi nel 1969 dalla Soprintendenza Archeologica dell'Etruria meridionale con la direzione di Giovanni Colonna, Gabriella Perina Begni, Giovanni Scichilone e Mario Torelli.³⁵ (fig 1 3). Partendo³⁶ dalla pulizia della piazza³⁷, di cui è stato evidenziato, anche se molto rovinato il limite orientale, si è proceduto soprattutto nella zona a NO della cisterna. Tra i resti degli edifici del fronte settentrionale della piazza si sono rinvenuti rocchi di colonne.

Seguendo l'ampia strada longitudinale, che è stata seguita per più di m. 100 della piazza, si sono riconosciuti almeno due isolati sul lato destro³⁸; in quello settentrionale la diversità del tufo (un muro grigio e l'altro giallastro) ha fatto ipotizzare la presenza di due unità abitative diverse.

All'altezza dell'edificio di età romano-imperiale, messo in luce nel 1917 da Stefani, si è evidenziata una sorta di piazza, mentre a circa m. 100 dalla cisterna si è riconosciuto una specie di quadrivio, di cui l'asse principale prosegue diritto verso la mura ad Ovest della porta il dirupo e le due strade trasversali (larghe anch'esse m. 4-5), appaiono divergenti rispettivamente verso Est e verso Ovest. Lo stesso battuto di tufo e ciottoli è stato individuato anche davanti alla porta NO per una larghezza di m. 4.80.

Si è chiaramente individuata inoltre la via trasversale (m. 2,80-3) che collegava la strada principale al tempio, perfettamente inserito nell'impianto urbanistico tardo-orientalizzante: si sono riconosciuti almeno due battuti sovrapposti, il superiore dei quali delimitato dai muri dei caseggiati. Determinante per la datazione di queste due fasi costruttive della strada l'esame dei materiali, soprattutto ceramici di un profondo pozzo (m. 4,80), inseribile stratigraficamente tra i due battuti. Alcuni muri sulla strada ne indicano l'obliterazione in coincidenza probabilmente con il disuso del tempio. Nella zona antistante al tempio sono stati messi in luce tre focolari (*escarai*) di circa m. 1 di diametro, due dei quali in asse con il tempio: all'interno molti frammenti d'ossa e resti di legni bruciati, ma pochi frammenti di ceramica.

Il materiale rinvenuto è prevalentemente di epoca arcaica.

Inoltre si è riscavata completamente la porta N e sono stati messi in luce nuovi resti delle mura: il muro in opera quadrata, messo in luce per ca m. 110 appare rinforzato da brevi contrafforti e la porta con struttura a camera interna

³⁵ Alcune notizie relative a queste campagne di scavo (1969-1971), sostanzialmente inedite (BRUNETTI NARDI, *cit.*, pp. 65-66), in TORELLI, *cit.*, pp. 18-20 e COLONNA, *cit.*, pp. 426, 432.

³⁶ Le considerazioni seguenti sono desunte dalla lettura dei giornali di scavo e dall'interpretazione della pianta.

³⁷ Sul battuto della piazza si è rinvenuto un frammento d'impasto (olla?) iscritto: *]-tazais:[?*, in REE, 39, 13; ET, Ve.0.1.: per una diversa lettura con ductus destrorso BABNASCO GIANNI, *cit.*, n. 103.

³⁸ Cfr. M. GUAITOLI, *Notizie preliminari in recenti ricognizioni svolte in seminario*, in *Ricognizioni archeologiche. Nuove ricerche nel Lazio (QuadIstTopAnt Roma, 9)*, Firenze 1981, pp. 81-83, fig. 1.

presenta due aperture (dypilon)³⁹. La zona appare ampiamente riusata in epoca romana imperiale come luogo di sepoltura.

Nel 1988 gli scavi sono stati ripresi da Francesca Boitani, funzionario della Soprintendenza Archeologica dell'Etruria Meridionale per la zona di Veio. Si è continuata l'indagine dell'isolato a NO della piazza: nell'angolo settentrionale si sono messi in luce (*fig. 1 4*) una serie di lastroni squadrati di tufo posti di piatto costituenti la pavimentazione dell'angolo interno della struttura per m. 4 × 2,50. Pertinenti ad una fase più antica (villaggio di capanne?) sembrano lenti di terra carboniosa mista a concotto, da interpretare come focolari.

A sud ovest della cisterna, alle spalle degli scavi Gabrici si è individuato un ambiente rettangolare orientato NS (*fig. 1 4*), quindi diversamente dalle strutture arcaiche emerse negli scavi precedenti, che ha restituito ceramica invetriata medioevale.

1.2. Prospettive

Per chiarire alcune problematiche emerse nello studio preliminare delle strutture e dei materiali di scavo vecchi e recenti ai fini della pubblicazione sistematica di Piazza d'Armi, già nel 1995 si sono avviate prospezioni geofisiche nell'area accogliendo la disponibilità dell'Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali del C.N.R. Le prime prospezioni sono state effettuate in un quadrato di m. 50 × 50 (*fig. 1 5*), ad Ovest dell'asse stradale principale, all'altezza dell'edificio considerato romano-imperiale. Tale area è sembrata la più idonea per conoscere il percorso della strada longitudinale in direzione della porta e il suo fronte occidentale: la presenza di strade laterali e quindi l'ampiezza degli isolati occidentali.

Le prospezioni, di cui si tratta qui di seguito, hanno messo in evidenza una situazione più complessa che in altre aree del pianoro.

Con la ripresa degli scavi (ottobre 1996) nell'ambito del «Progetto Veio» dell'Università di Roma, La Sapienza in collaborazione con la Soprintendenza Archeologica dell'Etruria Meridionale, i saggi di scavo (quadrato m. 20 × 20 nell'angolo a SE dell'area indagata dalle prospezioni) hanno confermato la validità delle indagini geofisiche con la messa in luce di un'unità abitativa per la quale si sono individuate due fasi edilizie tardo-orientalizzanti.

G. BARTOLONI *-F. BOITANI **

³⁹ COLONNA, *cit.*, pp. 432-433; P. FONTAINE, *Vèies. Les remparts et la porte de la Piazza d'Armi*, in *MEFRA* 105, 1993, p. 224 sgg.

* Università degli Studi di Roma, La Sapienza - Dipartimento di Scienze Storiche, Archeologiche, Antropologiche dell'Antichità.

** Soprintendenza Archeologica dell'Etruria Meridionale.

2. PROSPEZIONI GEOFISICHE: PREMESSE

L'applicazione delle metodologie di prospezione geofisica per le indagini degli strati più superficiali del terreno, interessati dalla presenza di preesistenze antropiche sepolte, è nota ed impiegata da tempo. I metodi più frequentemente usati sono il geoelettrico, il magnetometrico ed il georadar, mentre altri metodi quali quello sismico, l'elettromagnetico induttivo ed il microgravimetrico sono stati impiegati in modo meno frequente. In questo genere di indagini, le limitate dimensioni dei corpi da individuare associate alla relativa piccola profondità possono rappresentare dei condizionamenti poichè si genera un basso rapporto segnale/rumore. In sostanza, i corpi «anomali» trovandosi in una porzione di terreno piuttosto vicina alla superficie e quindi esposti a tutte le fonti di rumore (disomogeneità del sottosuolo, disturbi antropici) potrebbero generare anomalie di bassa intensità ed essere mascherati dai segnali del disturbo.

Per affrontare e tentare di risolvere questo problema sono stati finora seguiti diversi approcci: *a)* sono state aumentate le capacità delle tecniche di acquisizione; *b)* sono stati approfonditi i metodi di elaborazione ed interpretazione dei singoli metodi; *c)* sono stati integrati fra loro più metodi di indagine⁴⁰.

Tutti i metodi di prospezione, come noto, si basano sulla misura delle variazioni di singoli parametri fisici del terreno e pertanto se impiegati da soli potrebbero non consentire una completa caratterizzazione dei corpi che si intendono individuare. Lo sviluppo viceversa di opportune tecniche integrate di indagine può fornire un insieme di informazioni, acquisite da diversi punti di vista, in grado di aumentare l'affidabilità dell'interpretazione finale.

⁴⁰ M. BERNABINI-E. BRIZZOLARI-S. PIRO, *Improvement of signal to noise ratio in resistivity profiles*, in *Geophysical Prospecting*, V. 36, 1988, n. 5, pp. 559-570; E. BRIZZOLARI-S. PIRO-L. VERSINO, *Bidimensional crosscorrelation in resistivity survey data processing*, in *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, Vol. XXXII, n. 127-128, 1990, pp. 267-274; E. BRIZZOLARI-F. ERMOLLI-L. ORLANDO-S. PIRO-L. VERSINO, *Integrated geophysical methods in archaeological surveys*, in *Journal of Applied Geophysics*, 29, 1992, pp. 47-55; E. BRIZZOLARI-S. PIRO-L. VERSINO, *Monograph on the «Geophysical exploration of the Selinunte Archaeological Park»*, in *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, XXXIV, 1992, n. 134-135; F. CAMMARANO-P. MAURIELLO-D. PATELLA-S. PIRO-L. VERSINO, *Integrazione di prospezioni geoelettriche e georadar ad alta risoluzione. Individuazione di strutture archeologiche a piccola profondità*, in *Proceedings of the First International Congress on Science and Technology for the Safeguard of Cultural Heritage in the Mediterranean Basin*, Catania 1995 (in stampa); F. CAMMARANO-P. MAURIELLO-D. PATELLA-S. PIRO, *Integrated geophysical methods for archaeological prospectings*, in *Science and Technology for Cultural Heritage*, CNR, 1996 (in stampa); S. MALAGODI-L. ORLANDO-S. PIRO-F. ROSSO, *Location of archaeological structures using GPR method: three-dimensional data acquisition and radar signal processing*, in *Archaeological Prospection*, Vol. 3, 1996 pp. 13-23; S. PIRO, *Integrated geophysical prospecting in Ripa Tetta Neolithic site (Lucera-Foggia, Italy)*, in *Proceedings of 29th International Symposium on Archaeometry*, Ankara 1994; S. PIRO, *Integration of high resolution georadar and geoelectrical methods: detection of subsurface shallow bodies*, in *Proceedings of the POPULUS Colloquium*, Pisa 1995 (in stampa).

Veio - Acropoli antica Area 50x50
Gradiente comp. Z (magn. fluxgate)

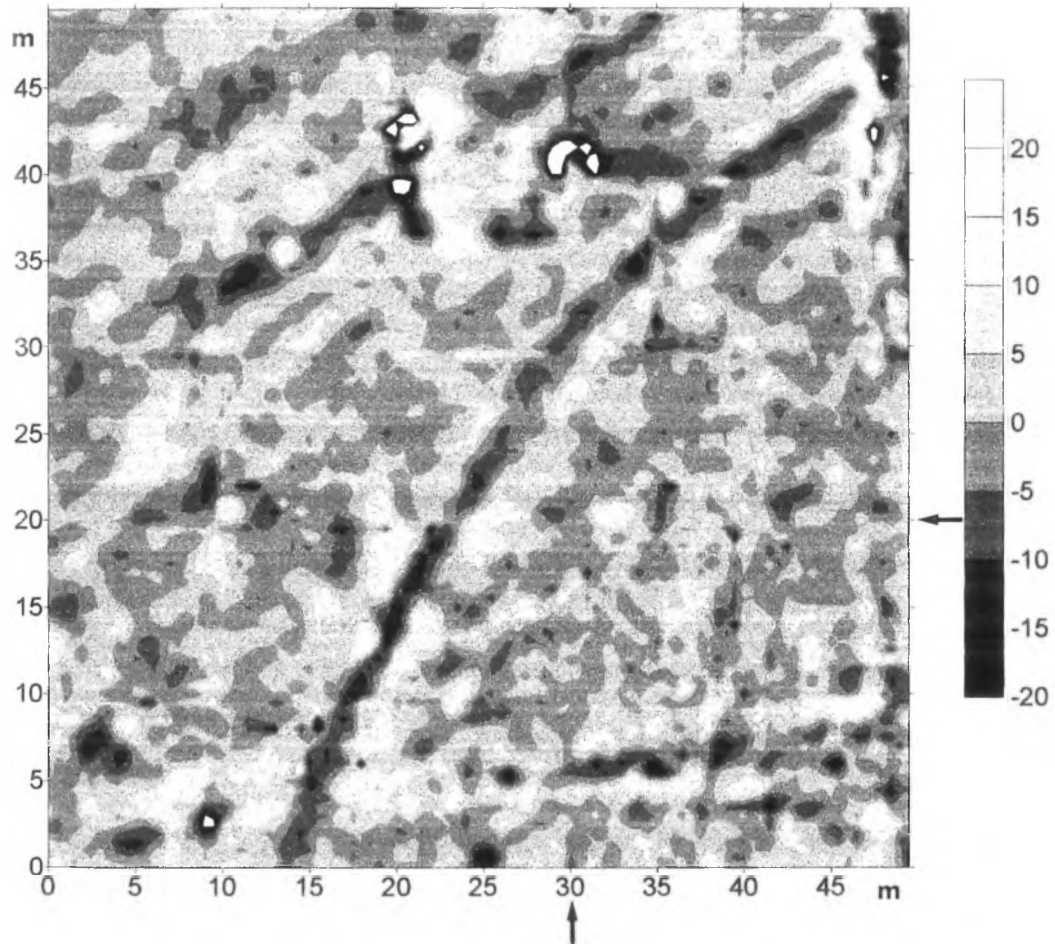


fig. 2 - Mappa dell'area 50 × 50 m. Anomalie residue del gradiente della componente verticale Z del CMT (Campo Magnetico Terrestre). Range dei valori - 20; + 20 nT/m.

Veio - Acropoli antica, Area 20x20

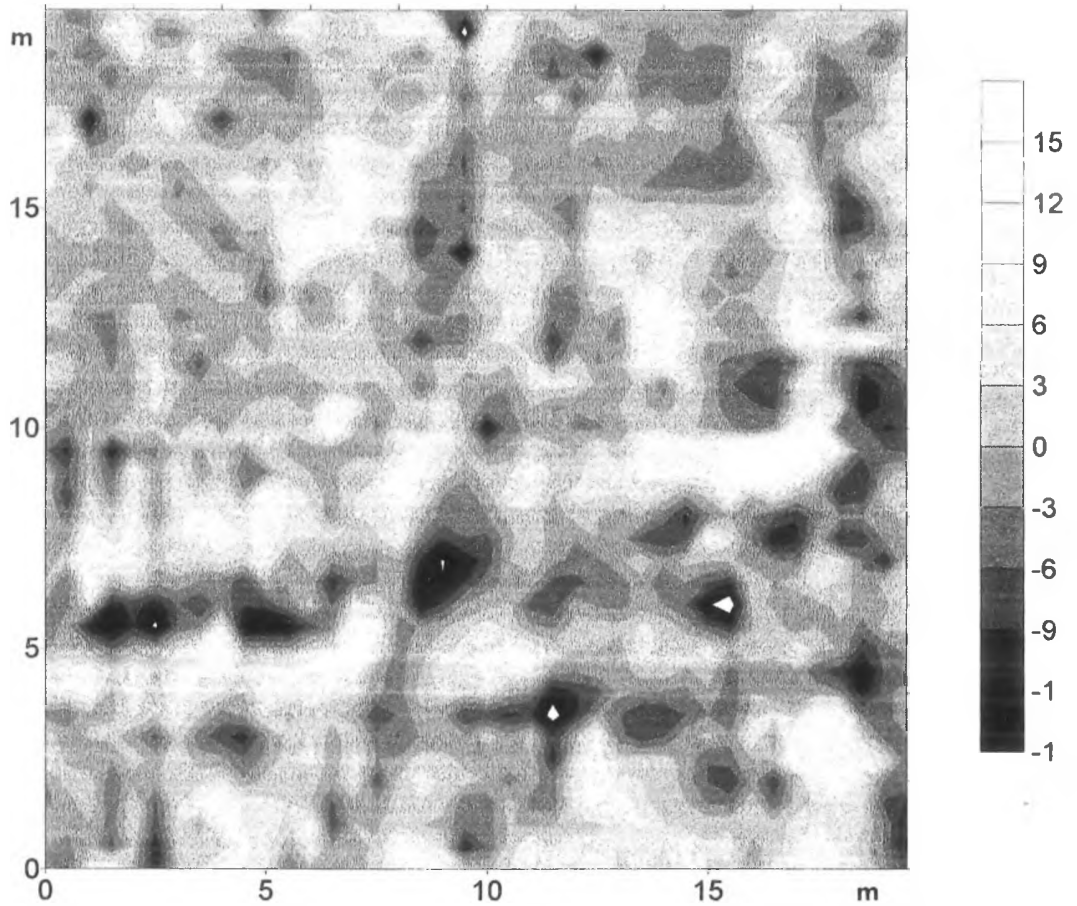


fig. 3 - Mappa dell'area 20 × 20 m. Anomalie del gradiente della componente Z del CMT. Questa zona corrisponde alla porzione di superficie compresa fra le frecce nella fig. 2.

Veio Area 20x20 - Cross-correlazione bidimensionale

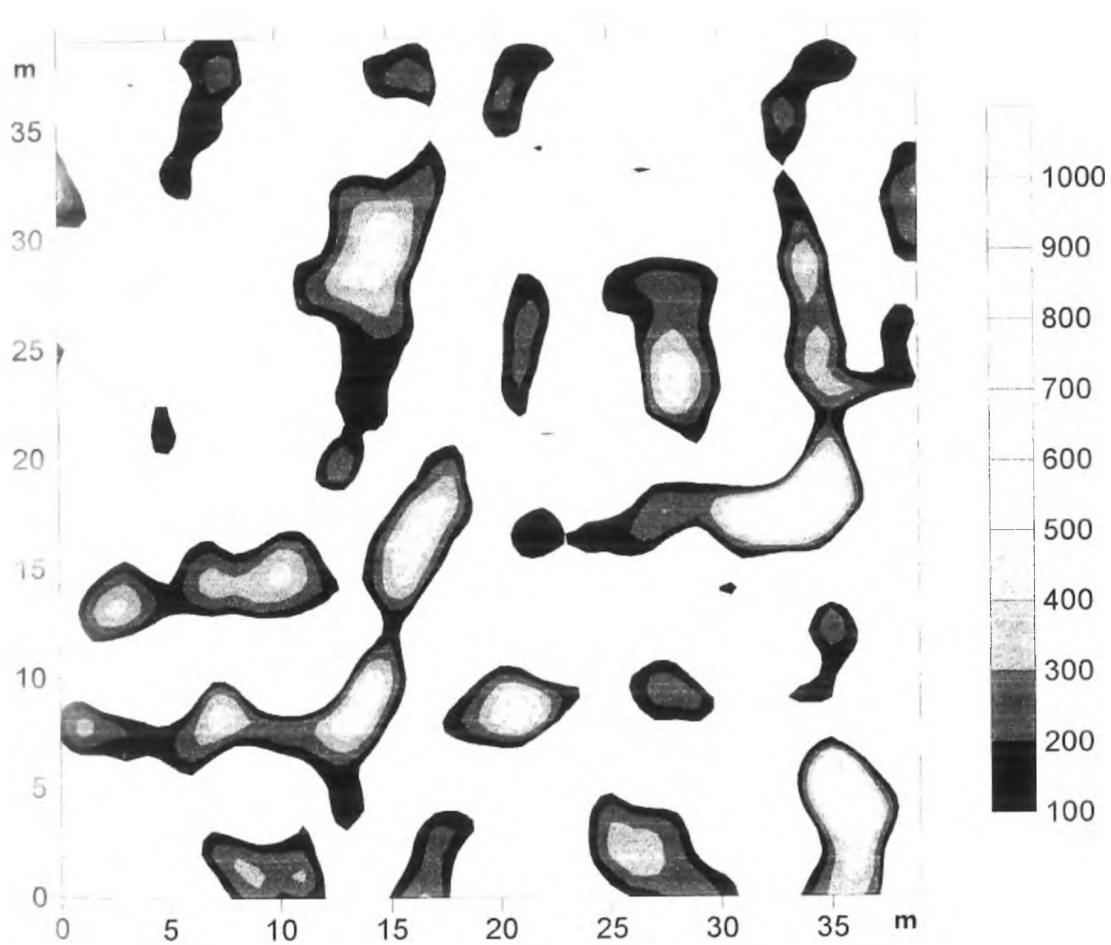


fig. 4 - Mappa nell'area 20×20 . Cross-correlazione bidimensionale dei dati di fig. 3.

Nella presente nota vengono presentati i risultati di una prima prospezione effettuata integrando più metodi geofisici, in un'area compresa nell'antica città di Veio, località Piazza d'Armi.

Scopo delle prospezioni è stato quello di ricavare elementi utili sia alla individuazione di strutture ipotizzate (tracciato stradale, tracce delle strutture abitative), sia alla verifica dell'applicabilità dei metodi geofisici scelti con particolare riferimento alla configurazione strumentale ed alle tecniche di acquisizione.

L'area oggetto di studio risulta caratterizzata, nella parte più superficiale, da un deposito di tufo sul quale poggiano o sono state direttamente ricavate le strutture da individuare. Queste ultime risulterebbero costituite, in prevalenza, dello stesso materiale che le contiene. Tale aspetto comporta che le possibili anomalie geofisiche associate alle strutture oggetto di indagine potrebbero essere di piccola entità e risultare pertanto mascherate dal segnale caratteristico dell'area investigata. Quest'area, pertanto, in considerazione sia di questa peculiarità che della mancanza di fonti di disturbo (antropizzazione) si presta ad essere considerata un test-site ideale ove sviluppare un opportuno percorso metodologico di indagine.

2.1. *Inquadramento geologico.*

L'area in studio rientra nella tavoletta topografica a scala 1:25000 F. 143 II SW del foglio topografico a scala 1:100000 F. 143 Bracciano in riva destra del fiume Tevere. Questa zona presenta affioramenti costituiti dai «tufi stratificati» di La Storta, prodotti dall'emissione del complesso vulcanico dei Sabatini. Tale unità largamente affiorante in tutto il settore nord orientale e meridionale del sistema sabatino, ricopre una superficie di circa 800 Km². La formazione è costituita in prevalenza da materiali risedimentati, depositatisi con maggiori accumuli nelle zone strutturalmente e tettonicamente molto disturbate e intercalati a vere e proprie piroclastiti solo nelle vicinanze dei centri di emissione attivi durante la sua messa in posto. Il complesso dei tufi di La Storta è caratterizzato da un'alternanza di strati e lenti di natura eterogenea, costituiti prevalentemente da materiale vulcanico di origine piroclastica. Tali strati sono caratterizzati da differenti modalità deposizionali in funzione della zona e delle variazioni morfologiche locali, in genere con potenza variabile da pochi centimetri a qualche metro in corrispondenza delle depressioni. I livelli preponderanti sono costituiti da materiale cineritico di colore variabile dal bruno al grigio, incoerente, localmente litoide con spessori variabili da 0.5 a 2.3 m. Il materiale si presenta spesso argillificato (tufo terroso) per alterazione del vetro vulcanico; non presenta laminazioni e contiene in genere pomici gialle alterate e a volte completamente argillificate, frammenti di scorie e di lava. Localmente si presentano come una massa

cineritica ricca di resti organici, molto simile ad un paleosuolo, di spessore variabile tra 0.2 e 2 m⁴¹.

Tenendo conto della situazione geoambientale schematizzata, del tipo di strutture da identificare e della necessità di impiegare nella prima fase quelle tecniche che consentissero di acquisire un gran numero di dati in tempi relativamente contenuti, sono stati selezionati i seguenti metodi di indagine: metodo magnetometrico differenziale (gradiometro) e metodo georadar.

2.2. *Acquisizione, elaborazione e rappresentazione dei dati.*

Le prospezioni geofisiche, effettuate nel corso della prima metà del 1996, hanno interessato un'area, riportata in *fig. 15*, di dimensioni 50 m × 50 m. L'ubicazione dell'area da investigare è stata determinata dalle seguenti considerazioni: *a)* vicinanza con le strutture già note e studiate, con l'intento di ottenere segnali ad esse riferibili per ragioni di taratura strumentale, *b)* ipotesi sulla presenza dell'asse viario principale, *c)* ipotesi sulla presenza delle strutture abitative associate all'asse viario.

Le indagini sono state precedute da un rilievo topografico onde ottenere una base di riferimento per la collocazione dell'area 50 × 50 e per l'ubicazione delle anomalie geofisiche.

Magnetometria differenziale fluxgate

Il metodo magnetometrico differenziale o gradiometrico, si basa sull'impiego di un magnetometro differenziale o gradiometro dove lo spazio tra i sensori è fissato ed è piccolo rispetto alla distanza dalle sorgenti i cui gradienti sono oggetto di misura. L'informazione relativa al gradiente è particolarmente utile nella ricerca di anomalie superficiali poichè consente di rimuovere gli effetti dovuti al campo magnetico regionale locale, e ad esaltare i contributi di corpi posti a piccola profondità, purchè esista un contrasto di caratteristiche magnetiche.

Per le misure si è fatto uso del gradiometro Fluxgate FM 36 della Geoscan costituito da due sensori posti, con gli assi paralleli, all'interno di un'asta di alluminio ad una distanza fra loro di 50 cm. I due sensori misurano quindi il valore della componente verticale a due quote diverse e lo strumento fornisce direttamente il valore della loro differenza (gradiente di Z) in relazione al fondo scala prescelto.

⁴¹ L. CORDA-DE RITA-F. TECCE F., *Le piroclastiti del sistema vulcanico Sabatino: il complesso dei tufi stratificati varicolori de' La Storta*, in *Bollettino Società Geologica*, 1978, pp. 353-366.

L'area 50×50 , per ragioni strettamente strumentali è stata suddivisa in 25 quadrati di 10 m di lato, all'interno dei quali sono stati effettuati 21 profili magnetici paralleli fra loro e diretti S-N. In relazione alla profondità ed alle dimensioni delle strutture ipotizzate è stata adottata una tecnica di acquisizione ad alta risoluzione con passo di campionamento delle misure pari a 0.5 m. Il numero di misure all'interno di ogni quadrato ammonta a 400 punti stazione, per un totale complessivo relativo al quadrato 50×50 di 10.000 misure. La sensibilità strumentale adottata è pari a 1 nT/m (nanoTesla/metro).

I dati così raccolti sono stati via via trasferiti su PC portatile direttamente sul campo, e successivamente elaborati, assemblati e rappresentati.

Nel corso della elaborazione è stata seguita la seguente procedura: *a*) eliminazione all'interno di ogni quadrato di dimensioni 10×10 sia di eventuali valori puntiformi isolati (disturbi ambientali superficiali), che di possibili errori strumentali; *b*) calcolo dei valori residui operando una interpolazione con funzioni di primo grado con lo scopo di ridurre da un lato gli effetti di stiramento ai bordi di congiunzione tra differenti quadrati, che i contributi riconducibili a strutture più profonde; *c*) assemblaggio dei quadrati per ricostruire l'intera area 50×50 .

I risultati di queste elaborazioni sono rappresentati in forma di mappe per isolinee dei valori residui del gradiente della componente verticale del CMT e sono riportati in *fig. 2*.

L'analisi di questa mappa permette di osservare che l'area 50×50 m risulta caratterizzata da innumerevoli anomalie di varia forma, comprese in un range dei valori da -20 a $+20$ nT/m. In particolare si notano delle fasce con diversi gradi di curvatura, caratterizzati da una associazione continua di valori negativi e positivi che fanno presupporre presenti nel sottosuolo delle discontinuità geometriche responsabili della mancata continuità del segnale riferibile al deposito di tufo. Inoltre risulta presente una disposizione più o meno rettilinea dei dipoli magnetici nella porzione meridionale della mappa compresa fra le due frecce indicate in *fig. 2*. È sembrato pertanto opportuno, nel corso delle indagini, concentrare l'attenzione su quest'ultima area di 20×20 m, costituita da 4 quadrati di 10×10 m. Nella *fig. 3* sono riportati tali quadrati assemblati fra loro.

Dall'analisi di questa figura emergono alcune anomalie con andamenti pseudolineari che potrebbero essere associate alla presenza di strutture artificiali (porzioni di muratura) costituite da blocchi di materiale tale da determinare un contrasto di suscettività con l'ambiente circostante.

I dati, infine, sono stati interpretati ricorrendo al calcolo di modelli teorici tridimensionali per corpi a profondità stabilita e di dimensioni, forma e costituzione fisica determinata⁴². Per l'area in studio è stata calcolata una anomalia teo-

⁴² E. BRIZZOLARI-E. CARDARELLI-S. PIRO-L. VERSINO, *Detection of sub-surface magnetic anomalies of archaeological interest: computation of tridimensional magnetic anomalies and interpretation using*

rica relativa ad un corpo cubico con dimensioni di 1 m × 1 m, posto ad una profondità di 0.5 m e con un contrasto di suscettività pari a $\Delta\chi = 10^{-3}$. I dati di campagna sono stati quindi interpretati impiegando la tecnica della crosscorrelazione, che consiste nell'esaltare il rapporto segnale/rumore utilizzando l'anomalia teorica calcolata come segnale di riferimento. I risultati così ottenuti sono mostrati nella mappa di *fig. 4*. Tale mappa rappresenta solo le zone maggiormente indiziate della presenza dei manufatti.

Georadar (Ground Penetrating Radar - GPR)

Il metodo GPR, più comunemente noto come Georadar, è un sistema geofisico di indagine basato sulla propagazione delle onde elettromagnetiche nel sottosuolo. La strumentazione risulta costituita da due parti fondamentali, un'unità di controllo il cui componente principale è il trasmettitore e da un trasduttore (antenna/e) che può essere trasmittente e/o ricevente. Il segnale inviato nel mezzo da investigare è costituito da un impulso la cui frequenza centrale può variare, a seconda del tipo di antenna, da 20 MHz a 1.2 GHz. Tale segnale propagandosi nel sottosuolo, viene riflesso dalle superfici di discontinuità presenti e successivamente captato dall'antenna ricevente e registrato dall'unità centrale.

La propagazione dell'impulso elettromagnetico nel sottosuolo è funzione dei parametri fisici del materiale attraversato ed in particolare della costante dielettrica, della conduttività e della permeabilità magnetica. Uno dei fattori che può condizionare la propagazione dell'impulso è l'attenuazione, cioè la perdita di energia del segnale, a sua volta dipendente dalla conduttività caratteristica del mezzo investigato.

La massima profondità alla quale si possono cogliere riflessioni dell'impulso è inversamente proporzionale all'attenuazione dell'onda radar. Il potere risolutivo del sistema risulta funzione della lunghezza d'onda del segnale, cioè della frequenza caratteristica, che equivale a dire dell'antenna impiegata. Segnali a bassa frequenza sono in genere impiegati per investigare in profondità, mentre segnali ad alta frequenza sono impiegati per l'individuazione di corpi di limitate dimensioni a piccola profondità⁴³.

L'indagine georadar ha interessato, in questa fase, solo l'area 20 × 20. Per le misure si è fatto uso del SIR System 10 (GSSI) equipaggiato con antenna bistica da 500 MHz in versione monocanale.

bidimensional cross-correlation, in *Theory and Practice of Applied Geophysics*, 1993 edited by A. VOGEL, Vol. 7, «Geophysical exploration of archaeological sites», pp. 3-15; S. PIRO-A. SAMIR-L. VERSINO, *Spatial orientation of magnetic anomalies from archeological surveys*, in *VI Workshop di Geo-Elettromagnetismo*, S. Margherita Ligure (GE) 1996, in stampa.

⁴³ E. FINZI-S. PIRO, *Radar (GPR) methods for historical and archaeological surveys*, in *Proceedings of the POPULUS Colloquium*, Pisa 1995 (in stampa).

VE12-5S Created Aug 27,1996 14:33 Modified Dec 13,1996 15:14
 512 samples/scan 16.001 scans/sec position: -5 nS range: 30 nS
 Vert. IIR low pass N=1 F=250
 Vert. IIR high pass N=2 F=4

ITABC 27.08.96 Veio

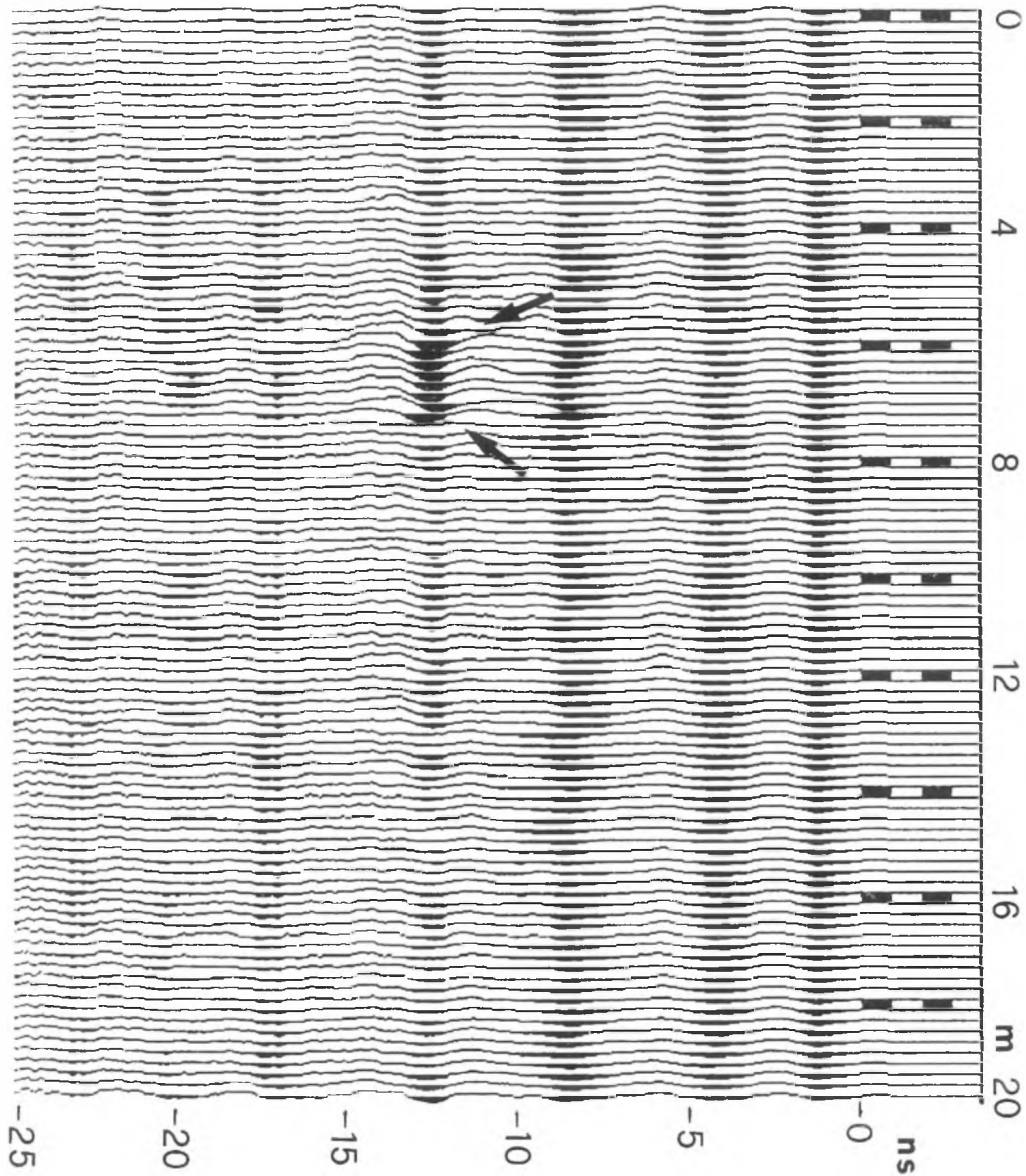


fig. 5 - Esempio di registrazione radar ottenuta con antenna da 500 MHz, rappresentata in formato wiggle-tracce. In ascisse è riportata la posizione lungo il profilo in metri, in ordinate il fondo scala dei tempi in nanosecondi (ns). Le frecce indicano l'inizio e fine dell'anomalia.

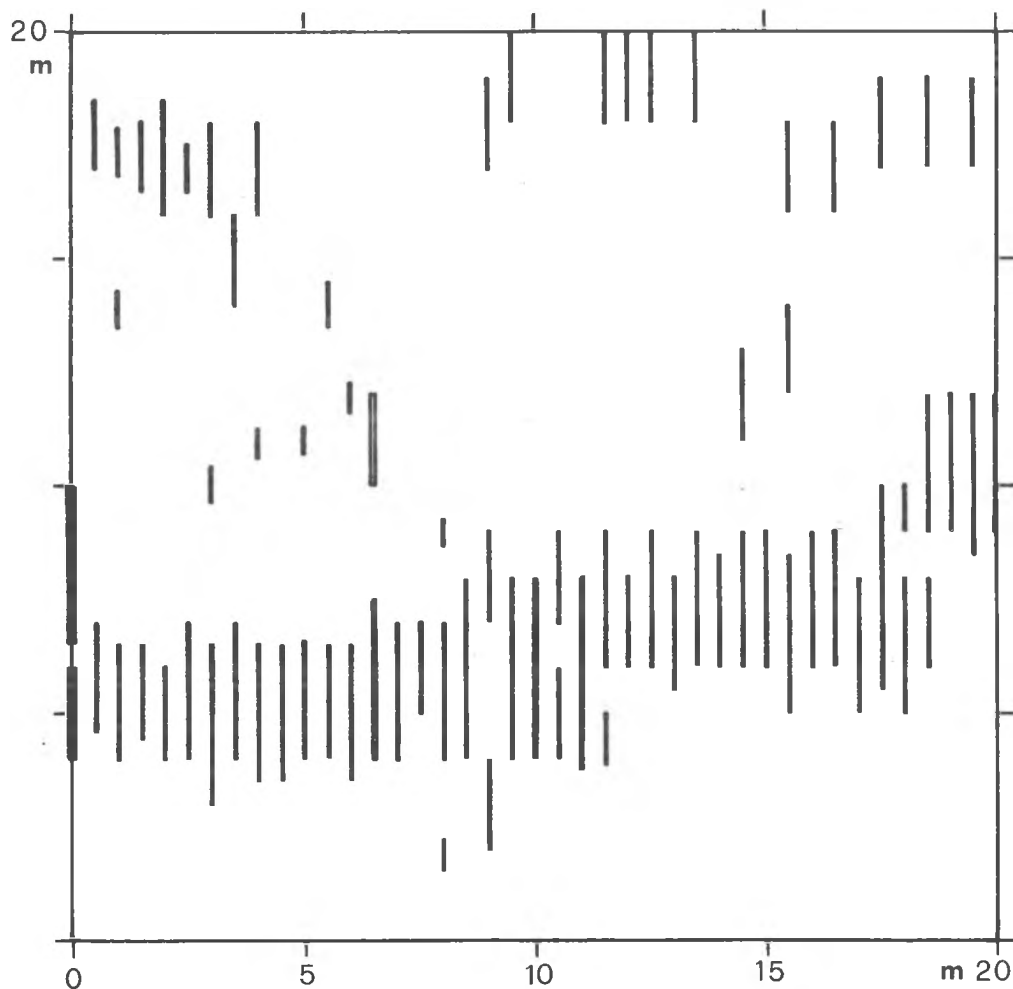


fig. 6 - Interpretazione dei dati georadar relativi all'area 20×20 . I segmenti rappresentano, in pianta, le massime estensioni delle anomalie lette sulle sezioni radar.

Nell'area presa in considerazione sono stati effettuati 41 profili paralleli, lunghi 20 m e distanti fra loro 0.5 m. Lungo ciascun profilo è presente un *marker* per i riferimenti geometrici ogni 2 m. Le tracce radar sono state acquisite in modo continuo e con la seguente configurazione strumentale: fondo scala dei tempi $t = 30$ ns (nanosecondi), AGC (Automatic Gain Control): ON, 512 campioni per traccia, 16 scansioni/secondo, nessun filtro in acquisizione. Le acquisizioni sono state ripetute con antenna da 900 MHz al fine di ottenere una diversa risoluzione dei segnali radar.

L'analisi dei dati raccolti ha permesso l'identificazione di alcune risposte ca-

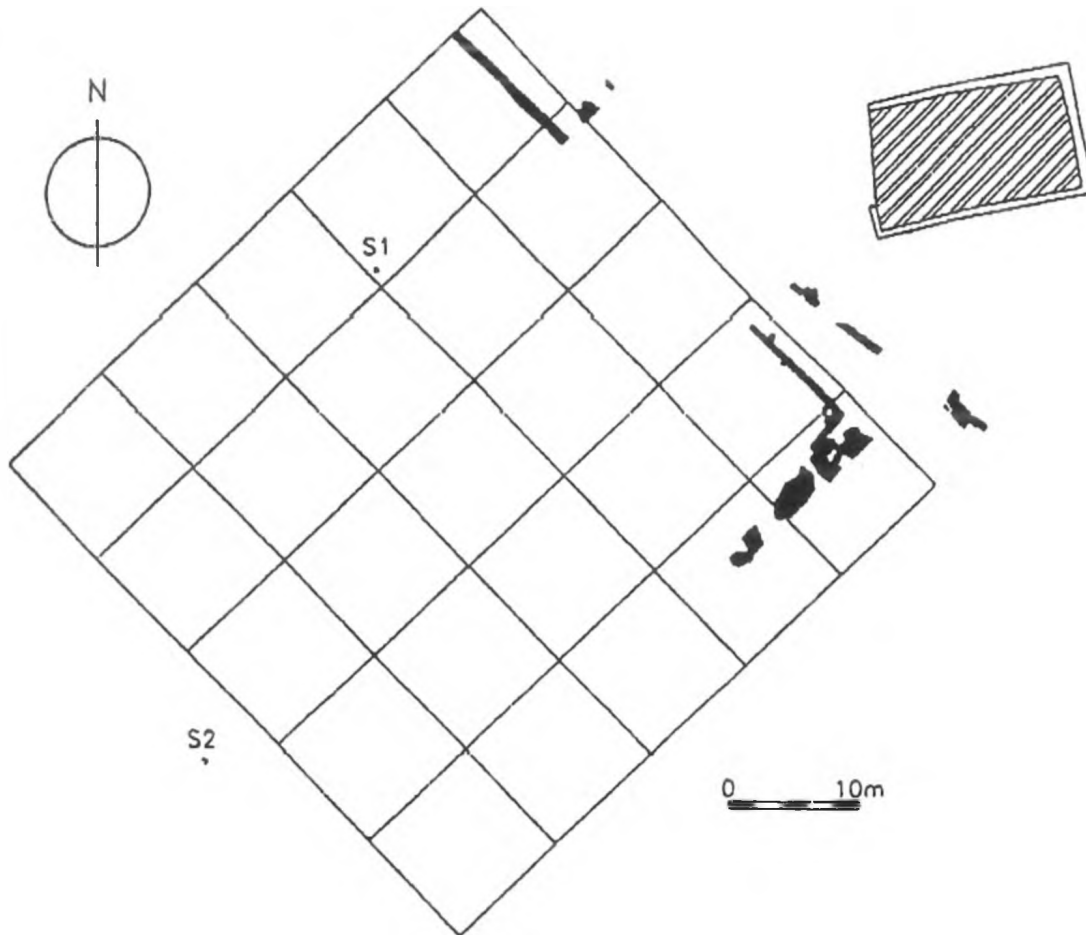


fig. 7 - Schematizzazione dell'area 50 × 50 con l'ubicazione delle strutture messe in luce nel corso dei saggi di scavo.

ratteristiche relativamente all'area investigata. Tale risposta è caratterizzata da un segnale parzialmente chiaro (iperbole di diffrazione) con una ampiezza limitata, in corrispondenza di un tempo doppio $t_d = 13$ ns associabile alla presenza di un corpo anomalo con limiti geometrici in parte distinti rispetto al contesto, quale può essere la porzione di un muro in blocchi sconnessi di tufo (fig. 5).

Le anomalie così identificate sono state riportate, lungo i percorsi dei corrispondenti profili, con una simboleggiatura (tratti pieni) preliminare che sta a rappresentare la possibile estensione del corpo che le genera (fig. 6). Assumendo una velocità media di propagazione nei suoli di 5 cm/ns, si può stimare una profondità dei corpi compresa tra 35 e 40 cm dal piano campagna.

2.3. Considerazioni preliminari.

L'analisi delle mappe di *figg.* 4-6 mostra una buona corrispondenza tra i dati magnetici elaborati e l'interpretazione di quelli georadar.

L'esperienza fin qui condotta, porta a considerare, come ci si aspettava, che l'applicazione integrata di più metodi geofisici, nell'ambito della stessa indagine, consente di sfruttare tutte le informazioni derivanti dai diversi punti di osservazione.

Nel caso specifico, combinando le risposte di un metodo che studia variazioni di campo potenziale stazionario (magnetico) con le riflessioni degli impulsi elettromagnetici che derivano dalla geometria del corpo (GPR), è stato possibile ricostruire in modo chiaro l'andamento delle strutture. Passo successivo sarà quello di applicare altri metodi di indagine (potenziali spontanei ed indotti, geoelettrica dipolare) con tecniche di indagine 3-D e di impiegare in fase di interpretazione alcune tecniche tomografiche ad alta risoluzione con lo scopo di ricostruire lo sviluppo in profondità dei corpi anomali.

Per verificare la validità di questa interpretazione e confermare la presenza delle strutture individuate, nel corso del mese di ottobre 1996, sono stati effettuati dei saggi di scavo ad opera del gruppo della Prof. G. Bartoloni (Univ. La Sapienza, Roma) e della D.ssa F. Boitani (Soprint. Archeologica Etruria Meridionale, Roma). Questi saggi, il cui rilievo topografico schematico è riportato in *fig.* 7, hanno messo in luce alcune strutture murarie in blocchi di tufo con andamenti coincidenti con la disposizione delle anomalie geofisiche (*figg.* 4-6).

Nel corso delle acquisizioni ed elaborazioni ha partecipato il seguente personale:

- a) Servizio Topografia (ITABC): Mascellani M., Pappalardo G., Morelli G.
- b) Collaboratori al programma di ricerca in geofisica: Cammarano F. (borsista), Mauriello P. (dottorando), Rosso F. (borsista) e Della Pia D. (tesista).

S. PIRO *

* CNR, Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali.