

Presentazione..... » 3

**2 OTTOBRE 2019 - Eventi naturali e ricerca geo-storica**

DE RITA D., SCARANI A. - *Dry fog, clima ed eruzioni vulcaniche, un'analisi dalle fonti storiche*..... » 7

FABBRI M., LANZINI M.- *I geositi urbani tra affioramenti e ricerche storiche*..... » 15

MARCELLI M., PANNUZI S. - *Le alluvioni del Tevere e il controllo delle acque di risalita nell'area della via Ostiense da Roma ad Ostia*..... » 23

SIGISMONDI C. - *Il Palatino, l'Astronomia, il culto della dea Pales, Palilicium (Aldebaran) e l'origine di Roma*..... » 45

TADDEI D., TRIZZINO R. - *Le grandi frane della Città del Vasto (CH) - Analisi storica e ricostruzione geologica delle frane nel territorio vastese*..... » 51

**13 NOVEMBRE 2019 - Laghi d'Italia scomparsi, sorgenti sacre e aree termali estinte**

BERSANI P., RUISI M. - *L'antico Lago della Doganella sui Colli Albani (Rocca Priora, Roma)*..... » 59

CHIOCCHINI U., SAVARESE G. - *Modello idrogeologico concettuale, sorgenti termali estinte e sfruttamento sostenibile del sistema idrotermale di Viterbo*..... » 69

MADONNA S., GANDIN A., FENELLI M., SCARDOZZI G., DITARANTO I. - *Le terme romane di Viterbo*..... » 101

MADONNA S., NISIO S., FENELLI M. - *Il Lacus Turni ed il Lacus Juturnae due laghi scomparsi della provincia di Roma*..... » 113

MADONNA S., NISIO S., FENELLI M. - *Il "janum" di Anna Perenna e la fonte di Giuturna*..... » 139

MANCINELLA D. - *La Fons Olei di Santa Maria in Trastevere: una spiegazione moderna di un fenomeno assai antico*..... » 147

MIELE P. - *Il culto della dea Mephitis presso Coreno Ausonio tra mito e scienza. Nuovi elementi conoscitivi di carattere geologico* » 153

NISIO S., PIZZINO L., BERSANI P. - *Sorgenti storiche, aree termali e acque ricche in CO<sub>2</sub> quali indicatori dell'assetto strutturale della città di Roma*..... » 167

RUISI M., BERSANI P., FERRANTI C., VITALE V. - *Laghi da Sbarramento per Frana su importanti corsi d'acqua, formati nell'800 nel bacino del Tevere*..... » 185

SCHIFI L. - *Acque e luoghi di culto a Santa Palomba (Roma). Il santuario arcaico IBM-Semea*..... » 195

SCORRANO S. - *Il culto delle acque in Abruzzo. Percorsi di ricerca e strumenti di valorizzazione*..... » 203

SIGISMONDI C. - <i>Dai sedimenti dei laghi ai transiti di Mercurio sul Sole: dati per una storia del clima tra preistoria e storia moderna</i> .....	» 211
STOPPA M. - <i>Le Lagole di Calalzo (Cadore, Veneto)</i> .....	» 217
VENTURINI C., DISCENZA K. - <i>Friuli (Italia NE): un territorio di riferimento per le catture fluviali e i laghi di sbarramento quaternari</i> .....	» 225

## 22 GENNAIO 2020 - Cavità sotterranee nascoste o scomparse sotto il tessuto urbano

CACCAVALE G., CALCATERRA D., RAMONDINI M. - <i>Cavità artificiali dell'Ager Nolanus (provincia di Napoli)</i> .....	» 253
COLUCCI O., MAROTTA E., BELVISO P. - <i>L'utilizzo dei velivoli a pilotaggio remoto per il rilevamento ed il monitoraggio dei pericoli naturali ed antropici: il rilievo dei sinkholes antropogenici in alcuni comuni dell'area Nolana caratterizzati storicamente dalla estrazione dell'Ignimbrite Campana in sottterraneo</i> .....	» 263
CUMBO C., CUMBO V.A. - <i>Progettazione tra antico e contemporaneo: criticità e ipotesi risolutive. Il caso delle catacombe cristiane</i> ..	» 269
DELMONACO G., PUZZILLI L.M., TRAVERSA F. - <i>Indagini geologiche e geofisiche per la conservazione della tomba affrescata di Bayt Ras (Giordania)</i> .....	» 277
DIDONNA F., LUCARINI M. - <i>Gli Ipogei sotto il Parco di Centocelle: problematiche Geo-Ambientali e possibile valorizzazione</i>	» 291
DI NEZZA M., DI FILIPPO M., CECCHINI F., DE MARTINO C., MARGOTTINI S. - <i>Il "Montone" di Terracina, una cavità nascosta</i> .....	» 297
FACCIOLI M. - <i>Le cave di pietra ornamentale sotterranee della Valceresio (VA)</i> .....	» 317
FRIXA A., SASSONE P., VIOLANTI D. - <i>"Infernot", cavità artificiali urbane e cave abbandonate del Monferrato Casalese (Sito Unesco): stato attuale e nuove scoperte</i> .....	» 325
LANZINI M. - <i>Analisi di situazioni urbane con cavità sotterranee risolte per mezzo della documentazione storica</i> .....	» 345
MADONNA S., NISIO S., GANDIN A. - <i>Le cavità nascoste nei "calcareous tufa" del sottosuolo di Rieti</i> .....	» 357
MADONNA S., NISIO S., FINOCCHIARO G., GENTILI F. - <i>Le cavità antropiche presenti nel sottosuolo di Bolsena</i> .....	» 383
MIELE P. - <i>La cisterna monumentale romana di Formiae (I sec. a.c.): storia della "riscoperta" degli ambienti ipogei nel sottosuolo di un quartiere popolare e considerazioni di carattere idraulico</i> .....	» 397
OSSO G., CUTERI F.A., LENA G. - <i>L'insediamento rupestre di Zungri (Vibo Valentia) fra ricerca e conservazione</i> .....	» 411
SIGISMONDI C. - <i>La meridiana di Augusto al Campo Marzio da Plinio Seniore ai giorni nostri</i> .....	» 421

## 4 MARZO 2020 - Terremoti, maremoti, effetti al suolo, cartografia e ricerca

COMERCI V., VITTORI E., BLUMETTI A.M., BRUSTIA E., DI MANNA P., GUERRIERI L., LUCARINI M., SERVA L. - <i>Gli effetti tettonici del terremoto del 28 dicembre 1908 dalle fonti coeve</i> .....	» 427
---	-------

MARTINO S. CAPRARI P., FIORUCCI M., MARMONI G.M. - <i>Il Catalogo CEDIT: dall'inventario degli effetti sismoindotti all'analisi di scenario</i> .....	» 441
MERCADANTE F. - <i>Tracce di catastrofi naturali alla fine dell'Età del Bronzo (1250-750 BC) nel sito costiero a megaliti di Pietra Tara Monte Gallo, Palermo - Sicilia - (It)</i> .....	» 451
PICCARDI L., BLUMETTI A.M., COMERCI V., DI MANNA P., VITTORI E. - <i>Evoluzione delle conoscenze sui terremoti a partire dalle fonti storiche</i> .....	» 459
RAZZANO R., GALLI P., MOSCATELLI M., PAGLIAROLI A., STIGLIANO F. - <i>Dalle fonti storiche ai modelli numerici della risposta sismica: effetti dei terremoti storici nell'Area Archeologica Centrale di Roma</i> .....	» 485
SIGISMONDI C. - <i>Maremoto, disastro e punto di stella sulla costa abruzzese</i> .....	» 493

# MEMORIE

## DESCRITTIVE DELLA

# CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

VOLUME 107

**Giornate di Geologia & Storia**

*di*

BELVISO PASQUALE, BERSANI PIO, BLUMETTI ANNA MARIA, BRUSTIA ELISA, CACCAVALE GIANFRANCO, CALCATERRA DOMENICO, CAPRARI PATRIZIA, CECCHINI FLAVIO, CHIOCCHINI UGO, COLUCCI ORAZIO, COMERCI VALERIO, CUMBO CRISTINA, CUMBO VALENTINA ANGELA, CUTERI FRANCESCO ANTONIO, DELMONACO GIUSEPPE, DE MARTINO CARIS, DE RITA DONATELLA, DIDONNA FERDINANDO, DI FILIPPO MICHELE, DI MANNA PIO, DI NEZZA MARIA, DISCENZA KATIUSCA, DITARANTO IMMACOLATA, FABBRI MARINA, FACCIOLI MARIA, FENELLI MARIA, FERRANTI CARLO, FINOCCHIARO GINO, FIORUCCI MATTEO, FRIXA ALFREDO, GALLI PAOLO, GANDIN ANNA, GENTILI FRANCESCO, GUERRIERI LUCA, LANZINI MAURIZIO, LANZO GIUSEPPE, LENA GIOACCHINO, LUCARINI MAURO, MADONNA SERGIO, MANCINELLA DARIO, MANCINI MARCO, MARCELLI MARINA, MARGOTTINI SIRO, MARMONI GIAN MARCO, MAROTTA ENRICA, MARTINO SALVATORE, MERCADANTE FRANCESCA, MOSCATELLI MASSIMILIANO, NISIO STEFANIA, OSSO GAETANO, PAGLIAROLI ALESSANDRO, PANNUZI SIMONA, PICCARDI LUIGI, PIZZINO LUCA, PUZZILLI LUCA MARIA, RAMONDINI MASSIMO, RAZZANO ROBERTO, RUISI MANUELA, SASSONE PAOLO, SAVARESE GIOVANNI, SCARANI ALEX, SCARDOZZI GIUSEPPE, SCHIFI LEONARDO, SCORRANO SILVIA, SERVA LEONELLO, SIGISMONDI COSTANTINO, STIGLIANO FRANCESCO, STOPPA MICHELE, TADDEI DANIELE, TRAVERSA FRANCESCO, TRIZZINO ROSAMARIA, VENTURINI CORRADO, VIOLANTI DONATA, VITALE VALENTINA, VITTORI EUTIZIO

*Editors*

Stefania NISIO

*La redazione raccomanda per la citazione di questo volume la seguente dizione:*

NISIO S. (Eds) (2020) - *Giornate di Geologia & Storia*. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia, ISPRA, **107**: pp. 498.

*Direttore responsabile:* CLAUDIO CAMPOBASSO

*Responsabile del coordinamento attività per la stampa delle pubblicazioni Cartografico-Editoriali:* Domenico TACCHIA

---

SERVIZIO PER LA GEOLOGIA STRUTTURALE E MARINA, IL RILEVAMENTO E LA CARTOGRAFIA GEOLOGICA

Dirigente: Maria Teresa LETTIERI

REDAZIONE a cura del *Settore Cartografia*

*Responsabile del Settore:* Sabrina GROSSI

*Allestimento Editoriale digitale:* Silvana FALCETTI

---

ISBN 9788893110839

ISSN 05360242 *Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia*

*Stampa:* 2020

---

## Presentazione

Il Dipartimento per il *Servizio Geologico d'Italia* di ISPRA, svolge tra i suoi compiti istituzionali anche quello di divulgare e diffondere la conoscenza delle Scienze della Terra organizzando seminari, convegni, corsi, nonché iniziative scientifiche che possano coinvolgere un gran numero di partecipanti.

In tale ambito da molti anni sono stati avviati diversi progetti di divulgazione scientifica che hanno coinvolto Enti Nazionali e Locali, Università, Ordini Professionali, professionisti, ma anche Istituti scolastici di primo e di secondo grado.

E' stato osservato, in particolare, che negli ultimi anni un numero sempre maggiore di studiosi delle discipline di Scienze della Terra si interfaccia con gli studi storici e archeologici per esaminare da un punto di vista più ampio un determinato problema geologico.

Da ciò è emersa la necessità di aprire un filone nuovo di studio in cui storia e geologia si fondono insieme per comprendere meglio le dinamiche del territorio, e pertanto il

Dipartimento per il *Servizio Geologico d'Italia* ha dato spazio a questo nuovo approccio multidisciplinare organizzando seminari e corsi anche sul tema in questione.

Dal 2019, infatti, congiuntamente con la SIGEA (Società Italiana di Geologia Ambientale) e con la Società Geografica Italiana, è nato il Progetto di organizzare le *Giornate di Geologia e Storia*.

Tali giornate di studio, ciascuna con un tema specifico, sono state proposte al pubblico per fare il punto sull'attuale stato delle conoscenze riguardo l'importanza delle fonti storiche e cartografiche per lo studio dei fenomeni geologici e degli eventi catastrofici naturali.

Le tematiche principali affrontate nelle prime sei giornate programmate sono state le seguenti:

- i rischi naturali, quali terremoti, tsunami, eruzioni vulcaniche, sinkholes, alluvioni, le fonti storiche e cartografiche e leggende popolari;
- i laghi d'Italia scomparsi, i sinkholes, le sorgenti sacre e mineralizzate, le aree termali estinte;
  - le cavità sotterranee nascoste o scomparse sotto il tessuto urbano e mappatura antica;
  - gli effetti al suolo sismo-indotti quali frane, sprofondamenti, liquefazioni del terreno, creazioni di laghi, sbarramento di alvei, modifiche del paesaggio in genere e ricerca storica;
  - l'evoluzione della rappresentazione cartografica del territorio e le informazioni che essa nasconde, le variazioni del paesaggio e processi geo-morfologici;
- I paesaggi geologici e i rischi naturali nella storia dell'arte.

Le giornate di Geologia e Storia hanno riscosso grande partecipazione di pubblico ponendo l'attenzione sull'importanza di tali studi multidisciplinari e sulla necessità di non dimenticare la storia del nostro territorio.

Questi incontri sono stati anche occasione per confrontarsi con il mondo scientifico e per comprendere appunto il breve confine che separa la geologia dalla ricerca storico-archeologica per l'attenta lettura del territorio.

Il Dipartimento per il *Servizio Geologico d'Italia* di ISPRA intende certamente proseguire gli studi e le ricerche su questi argomenti approfondendo ulteriori argomenti di interesse che riguardano il territorio nazionale, continuando a diffondere e divulgare i risultati conseguiti a tutta la comunità scientifica interessata attraverso altre

*Giornate di Geologia e Storia*.

*Il Direttore del Servizio Geologico d'Italia*  
*Claudio Campobasso*





**ISPRA**  
Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



**Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente**



**SOCIETÀ  
GEOGRAFICA  
ITALIANA ONLUS**

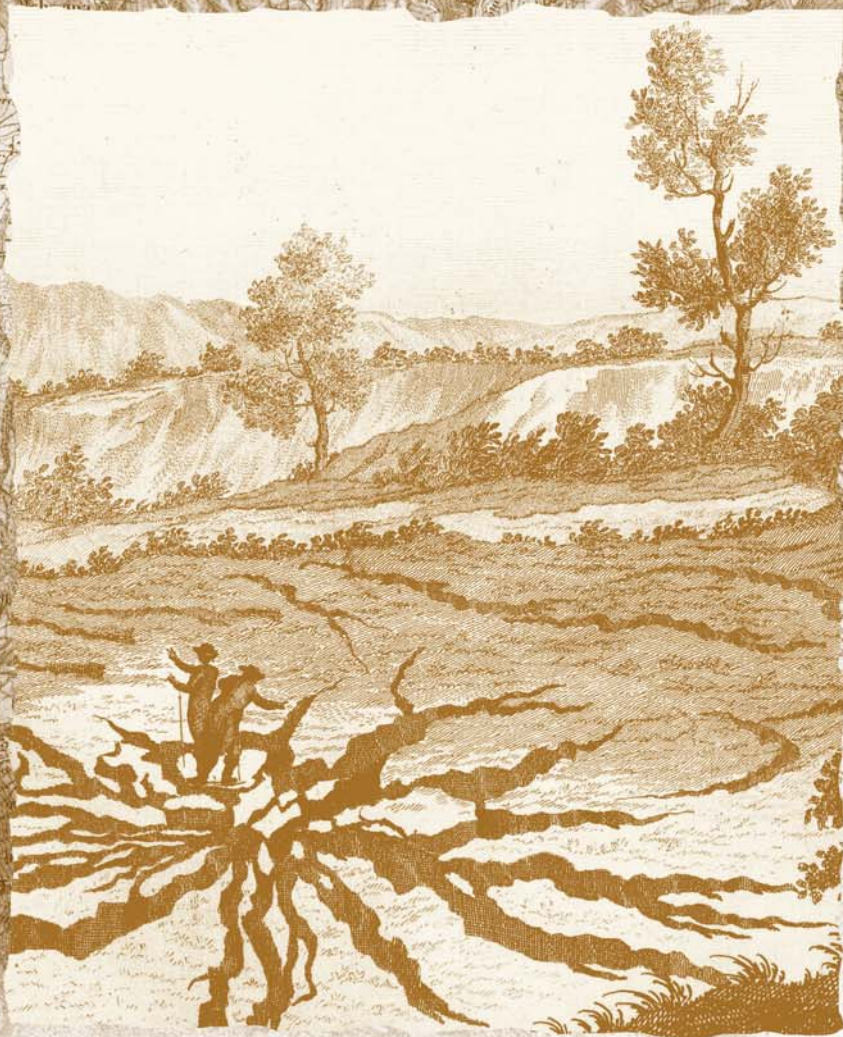


**SIGEA**  
Società Italiana di Geologia Ambientale

**GIORNATE DI GEOLOGIA E STORIA**

*2 ottobre 2019*

*Eventi Naturali  
e Ricerca Geostorica*



*Giornate di Geologia e Storia  
Società Geografica Italiana Onlus  
Palazzetto Mattei in Villa Celimontana  
Via della Navicella, 12 - 00184 Roma*

## **1ª Giornata di geologia e storia “EVENTI NATURALI E RICERCA GEOSTORICA”**

### **Comitato organizzatore:**

STEFANIA NISIO Responsabile per ISPRA  
ANTONELLO FIORE Responsabile SIGEA  
GIUSEPPE GISOTTI SIGEA  
ROSSELLA BELLUSO Responsabile Società Geografica Italiana

### **Segreteria Organizzativa**

PAOLA GIAMBANCO ISPRA  
MARIA CRISTINA TITTAFFERRANTE Società Geografica Italiana  
PAOLO MORETTI ISPRA  
GIUSEPPE ZARBO SIGEA

### **Comitato Tecnico Scientifico**

#### **ISPRA**

STEFANIA NISIO (Coordinamento), CLAUDIO CAMPOBASSO, ROBERTO GRACIOTTI, EUTIZIO VITTORI, MARCO PANTALONI

#### **SIGEA**

ANTONELLO FIORE, GIUSEPPE GISOTTI, EUGENIO DI LORETO, MAURIZIO LANZINI, GIOACCHINO LENA, FRANCESCO DRAMIS, PIERO BELLOTTI

#### **Società Geografica Italiana**

ROSSELLA BELLUSO, FILIPPO BENCARDINO (Presidente)

#### **Dipartimento Protezione Civile Nazionale**

PAOLO GALLI

#### **INGV**

GIANLUCA VALENSISE, MARCO MARCHETTI, GIUSEPPE ETIOPE

#### **EEDIS**

EMANUELA GUIDOBONI

#### **CNR**

FABIO LUINO (CNR-IRPI Torino), GIANCARLO CIOTOLI (CNR-IGAG Roma), MAURIZIO LAZZARI (CNR-IRPI Potenza)

#### **Università Sapienza**

MAURIZIO DEL MONTE

#### **Università Tor Vergata**

LUISA CARBONE

#### **Università Roma Tre**

ROBERTO MAZZA, DONATELLA DE RITA

#### **Università Tuscia Viterbo**

SERGIO MADONNA

#### **Università LUMSA**

Prof. ANTONIO CIASCHI

#### **Università Gabriele D'Annunzio Chieti**

ALESSANDRO PAGLIAROLI

#### **Università di Firenze**

NICOLA CASAGLI

#### **Società Geologica Italiana – Sezione Storia delle GeoScienze**

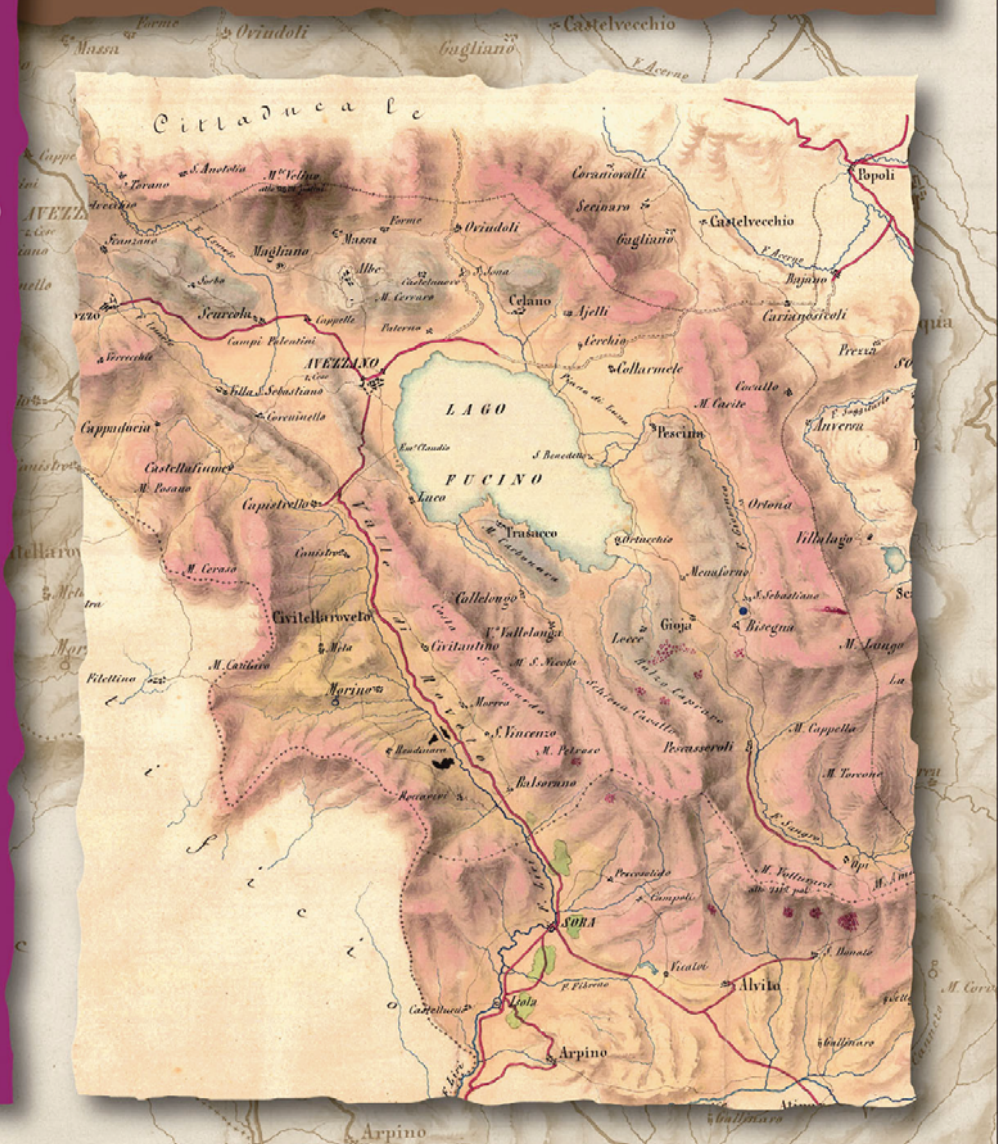
ALESSIO ARGENTIERI





**GIORNATE DI GEOLOGIA E STORIA**  
*13 novembre 2019*

## *Laghi d'Italia scomparsi, sorgenti sacre e aree termali estinte*



*Giornate di Geologia e Storia* Atina  
*Società Geografica Italiana Onlus*  
*Palazzetto Mattei in Villa Celimontana*  
*Via della Navicella, 12 - 00184 Roma*

**2ª Giornata di geologia e storia “LAGHI  
D’ITALIA SCOMPARI, SORGENTI SACRE  
E AREE TERMALI ESTINTE”**

**Comitato organizzatore:**

STEFANIA NISIO Responsabile per ISPRA  
ANTONELLO FIORE Responsabile SIGEA  
GIUSEPPE GISOTTI SIGEA  
ROSSELLA BELLUSO Responsabile Società Geografica Italiana

**Segreteria Organizzativa**

PAOLA GIAMBANCO ISPRA  
MARIA CRISTINA TITTAFFERRANTE Società Geografica Italiana  
PAOLO MORETTI ISPRA  
GIUSEPPE ZARBO SIGEA

**Comitato Tecnico Scientifico**

**ISPRA**

STEFANIA NISIO (Coordinamento), CLAUDIO CAMPOBASSO, ROBERTO GRACIOTTI, EUTIZIO VITTORI, MARCO PANTALONI

**SIGEA**

ANTONELLO FIORE, GIUSEPPE GISOTTI, EUGENIO DI LORETO, MAURIZIO LANZINI, GIOACCHINO LENA, FRANCESCO DRAMIS, PIERO BELLOTTI

**Società Geografica Italiana**

ROSSELLA BELLUSO, FILIPPO BENCARDINO (Presidente)

**Dipartimento Protezione Civile Nazionale**

PAOLO GALLI

**INGV**

GIANLUCA VALENSISE, MARCO MARCHETTI, GIUSEPPE ETIOPE

**EEDIS**

EMANUELA GUIDOBONI

**CNR**

FABIO LUINO (CNR-IRPI Torino), GIANCARLO CIOTOLI (CNR-IGAG Roma), MAURIZIO LAZZARI (CNR-IRPI Potenza)

**Università Sapienza**

MAURIZIO DEL MONTE

**Università Tor Vergata**

LUISA CARBONE

**Università Roma Tre**

ROBERTO MAZZA, DONATELLA DE RITA

**Università Tuscia Viterbo**

SERGIO MADONNA

**Università LUMSA**

Prof. ANTONIO CIASCHI

**Università Gabriele D’Annunzio Chieti**

ALESSANDRO PAGLIAROLI

**Università di Firenze**

NICOLA CASAGLI

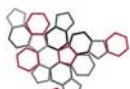
**Società Geologica Italiana – Sezione Storia delle GeoScienze**

ALESSIO ARGENTIERI





ISPRA  
Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente



SOCIETÀ  
GEOGRAFICA  
ITALIANA ONLUS



Società Italiana di Geologia Ambientale

GIORNATE DI GEOLOGIA E STORIA

22 gennaio 2020

*Cavità sotterranee nascoste  
o scomparse sotto il tessuto urbano*



*Giornate di Geologia e Storia  
Società Geografica Italiana Onlus  
Palazzetto Mattei in Villa Celimontana  
Via della Navicella, 12 - 00184 Roma*

### **3ª Giornata di geologia e storia “CAVITÀ SOTTERRANEE NASCOSTE O SCOMPARSE SOTTO IL TESSUTO URBANO”**

#### **Comitato organizzatore:**

STEFANIA NISIO Responsabile per ISPRA  
ANTONELLO FIORE Responsabile SIGEA  
GIUSEPPE GISOTTI SIGEA  
ROSSELLA BELLUSO Responsabile Società Geografica Italiana

#### **Segreteria Organizzativa**

PAOLA GIAMBANCO ISPRA  
MARIA CRISTINA TITTAFFERRANTE Società Geografica Italiana  
PAOLO MORETTI ISPRA  
GIUSEPPE ZARBO SIGEA

#### **Comitato Tecnico Scientifico**

##### **ISPRA**

STEFANIA NISIO (Coordinamento), CLAUDIO CAMPOBASSO, ROBERTO GRACIOTTI, EUTIZIO VITTORI, MARCO PANTALONI

##### **SIGEA**

ANTONELLO FIORE, GIUSEPPE GISOTTI, EUGENIO DI LORETO, MAURIZIO LANZINI, GIOACCHINO LENA, FRANCESCO DRAMIS, PIERO BELLOTTI

##### **Società Geografica Italiana**

ROSSELLA BELLUSO, FILIPPO BENCARDINO (Presidente)

##### **Dipartimento Protezione Civile Nazionale**

PAOLO GALLI

##### **INGV**

GIANLUCA VALENSISE, MARCO MARCHETTI, GIUSEPPE ETIOPE

##### **EEDIS**

EMANUELA GUIDOBONI

##### **CNR**

FABIO LUINO (CNR-IRPI Torino), GIANCARLO CIOTOLI (CNR-IGAG Roma), MAURIZIO LAZZARI (CNR-IRPI Potenza)

##### **Università Sapienza**

MAURIZIO DEL MONTE

##### **Università Tor Vergata**

LUISA CARBONE

##### **Università Roma Tre**

ROBERTO MAZZA, DONATELLA DE RITA

##### **Università Tuscia Viterbo**

SERGIO MADONNA

##### **Università LUMSA**

Prof. ANTONIO CIASCHI

##### **Università Gabriele D'Annunzio Chieti**

ALESSANDRO PAGLIAROLI

##### **Università di Firenze**

NICOLA CASAGLI

##### **Società Geologica Italiana – Sezione Storia delle GeoScienze**

ALESSIO ARGENTIERI





ISPRA  
Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale  
per la Protezione  
dell'Ambiente



SOCIETÀ  
GEOGRAFICA  
ITALIANA ONLUS



Società Italiana di Geologia Ambientale

GIORNATE DI GEOLOGIA E STORIA

4 marzo 2020

*Terremoti, maremoti, effetti al suolo,  
cartografia e ricerca storica*



*Giornate di Geologia e Storia  
Società Geografica Italiana Onlus  
Palazzetto Mattei in Villa Celimontana  
Via della Navicella, 12 - 00184 Roma*



**4ª Giornata di geologia e storia “TERREMOTI, MAREMOTI, EFFETTI AL SUOLO, CARTOGRAFIA E RICERCA STORICA”**

**Comitato organizzatore:**

STEFANIA NISIO Responsabile per ISPRA  
ANTONELLO FIORE Responsabile SIGEA  
GIUSEPPE GISOTTI SIGEA  
ROSSELLA BELLUSO Responsabile Società Geografica Italiana

**Segreteria Organizzativa**

PAOLA GIAMBANCO ISPRA  
MARIA CRISTINA TITTAFFERRANTE Società Geografica Italiana  
PAOLO MORETTI ISPRA  
GIUSEPPE ZARBO SIGEA

**Comitato Tecnico Scientifico**

**ISPRA**

STEFANIA NISIO (Coordinamento), CLAUDIO CAMPOBASSO, ROBERTO GRACIOTTI, EUTIZIO VITTORI, MARCO PANTALONI

**SIGEA**

ANTONELLO FIORE, GIUSEPPE GISOTTI, EUGENIO DI LORETO, MAURIZIO LANZINI, GIOACCHINO LENA, FRANCESCO DRAMIS, PIERO BELLOTTI

**Società Geografica Italiana**

ROSSELLA BELLUSO, FILIPPO BENCARDINO (Presidente)

**Dipartimento Protezione Civile Nazionale**

PAOLO GALLI

**INGV**

GIANLUCA VALENSISE, MARCO MARCHETTI, GIUSEPPE ETIOPE

**EEDIS**

EMANUELA GUIDOBONI

**CNR**

FABIO LUINO (CNR-IRPI Torino), GIANCARLO CIOTOLI (CNR-IGAG Roma), MAURIZIO LAZZARI (CNR-IRPI Potenza)

**Università Sapienza**

MAURIZIO DEL MONTE

**Università Tor Vergata**

LUISA CARBONE

**Università Roma Tre**

ROBERTO MAZZA, DONATELLA DE RITA

**Università Tuscia Viterbo**

SERGIO MADONNA

**Università LUMSA**

Prof. ANTONIO CIASCHI

**Università Gabriele D'Annunzio Chieti**

ALESSANDRO PAGLIAROLI

**Università di Firenze**

NICOLA CASAGLI

**Società Geologica Italiana – Sezione Storia delle GeoScienze**

ALESSIO ARGENTIERI

## Il “Montone” di Terracina, una cavità nascosta

### *The “Montone” of Terracina, a hidden cavity*

DI NEZZA Maria(\*), DI FILIPPO Michele(\*\*), CECCHINI Flavio(\*\*\*),  
DE MARTINO Caris(\*\*\*), MARGOTTINI Siro(\*\*\*)

**RIASSUNTO** - Vengono mostrati i risultati di uno studio microgravimetrico condotto nell'area del porto antico di Terracina (Lt), costruito dall'imperatore Traiano. L'indagine geofisica ci ha permesso di definire diverse caratteristiche del complesso portuale (400 m di diametro), che oggi è parzialmente sepolto sotto sedimenti recenti e del moderno porto-canale. In particolare, il bacino di Traiano era protetto da due moli curvi separati da un ampio ingresso rivolto verso il mare aperto. Il bacino aveva una profondità di circa 5-7 m ed è stato riempito da sedimenti marini e alluvionali, per la maggior parte, durante il Medioevo.

Un'anomalia gravimetrica negativa (dimensioni 200 m x 100 m) è delimitata nell'area della collina con il nome di *Montuno* o *Montone*. I valori di densità media ottenuti (1100 kg/m<sup>3</sup>) per questa anomalia fanno escludere l'origine legata alla parziale escavazione del porto traianense come ipotizzato dagli storici; l'interpretazione gravimetrica suggerisce un sistema di cavità sepolte finora ignote ed identificabili come gli antichi *borrea* del porto romano.

**PAROLE CHIAVE:** microgravimetria, Terracina (Latina), Montone, cavità antropiche, rischio, sprofondamenti, strutture archeologiche, area urbana

**ABSTRACT** - This paper shows the results of a microgravity study carried out in the area of the ancient harbour of Terracina (Lt), built by the Emperor Traianus. Geophysical survey has allowed us to define several features of the harbour complex (400 m in diameter), which is today partially buried under recent sediments and modern river mouth. In particular, the Traianus basin was protected by two curved piers separated by a wide entrance facing the open sea. The basin was approx-

imately 5-7 m in depth and was filled for the most part during the Middle Ages by marine and alluvial sediments.

Negative gravity anomaly (200 m x 100 m) is delimited at the hill with the name of *Montuno* or *Montone*. The mean density values obtained (1100 kg/m<sup>3</sup>) for this anomaly exclude the purely dune nature of the hill or linked to the partial excavation of the Trajan port as hypothesized by archaeological interpretations; the gravimetric interpretation suggests a system of cavities buried, so far unknown, and identifiable as the ancient *borrea* of the Roman harbour.

**KEY WORDS:** microgravity, Terracina (Latina), Montone, anthropic cavities, risk, sinkhole, archaeological structures, urban area

### 1. - INTRODUZIONE

In Italia, negli ultimi cento anni, molti centri abitati con storia millenaria hanno subito notevoli trasformazioni urbanistiche e paesaggistiche. Molto spesso l'intervento dell'uomo non ha tenuto conto di eventuali pertinenze archeologiche presenti nell'immediato sottosuolo, e in molti casi non sono attualmente più riconoscibili né l'andamento né le loro geometrie mentre in altri casi si sono combinate con continuità edilizia con quelle moderne. Non avere contezza delle estensioni e tipologie delle diverse strutture archeologiche presenti nel sottosuolo po-

(\*) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italia (maria.dinezza@ingv.it)

(\*\*) IGAG-CNR Roma, Italia (michele.difilippo@uniroma1.it)

(\*\*\*) libero professionista

trebbe arrecare problemi all'incolumità dell'edificato moderno nonché alle persone. Identificare e mappare le strutture archeologiche rappresenta un primo passo per l'eventuale messa in sicurezza del territorio. Tale presupposto comporta una conoscenza e combinazione ottimale tra geologia e documentazione storica al fine della tutela, recupero e conservazione. Il progetto europeo "Mercator" partiva da questo presupposto e, attraverso uno studio multidisciplinare storico e geologico-geofisico, puntava l'attenzione al settore meridionale del Lazio con una particolare rilevanza al territorio del comune di Terracina (LT), al fine di individuazione le strutture poco note delle infrastrutture antiche collegate alla viabilità commerciale terrestre e marittima. La ricerca ha avuto come scopo anche quello di finalizzare i risultati ad un possibile utilizzo per futuri interventi di pianificazione territoriale e di valorizzazione culturale come previsto nel quadro normativo europeo.

Il territorio del comune di Terracina ha costituito il punto di convergenza delle Vie Appia e Severiana (DI FILIPPO *et alii*, 2004; 2005a), nonché è sempre stata un punto di scambio importante tra il mare e l'entroterra. A partire dal VI secolo a.C. Terracina subì l'influenza di Roma, che la conquistò definitivamente nel 406 a.C., trasformandola in un'importante porto commerciale. Alla fine del VI secolo a.C., Terracina era confirmatoria del primo trattato romano-cartaginese, in quanto si trovava lungo la rotta dall'Etruria a Cuma.

[3] "...*Ostia et Fregenae et Castrum Nouum et Pyrgi et Antium et Tarracina et Minturnae et Sinuessa fuerunt, quae cum praetore de uacatione certarunt...*"

[3] "...*Della flotta da inviare in Africa fecero parte Ostia, Fregene, Campo Nuovo, Pirgi, Anzio, Terracina, Minturno e Sinuessa...*" da Tito Livio, *Ab Urbe Condita*, Libro XXXVI.

La precoce vocazione mercantile del territorio è testimoniata da scambi che avvenivano, già in età arcaica, attraverso una serie di scambi marittimi, a partire da quello di Ostia, nei pressi della foce del Tevere (BIANCHINI, 1952). In età arcaica, anche Terracina utilizzava un porto fluviale, in corrispondenza della foce dell'Amaseno, dove sono stati rinvenuti palizzate in legname di quercia, fondazioni e muraglioni

che indicano lo sbocco in mare più a ridosso del promontorio.

Successivamente, la posizione del territorio aumentò d'importanza per la sua posizione mediana tra Pozzuoli e Napoli a sud e Ostia e Roma a nord; si inseriva così tanto nell'ambito dei grandi traffici quanto negli scambi su distanze più brevi. Il territorio divenne così particolarmente dinamico nel commercio e la distribuzione di ogni genere di merce, grazie anche allo sviluppo di approdi fluviali, impianti portuali e centri di smistamento. A ciò si aggiunge la presenza della Via Appia che rappresentava un punto nevralgico sia per operazioni commerciali che militari. Il territorio di Terracina rappresentò un caposaldo nel complesso sistema integrato tra viabilità terrestre, fluviale e marittima. La dinastia Giulio Claudia ed i suoi successori diedero pertanto un notevole impulso alla costruzione di una vera e propria rete portuale già all'inizio dell'età imperiale con particolare attenzione ad Ostia, Anzio, Circeo e Terracina. La realizzazione del nuovo porto tradizionalmente è attribuita a Traiano e proseguita fino agli inizi del II sec. d.C. e Antonio Pio lo restaurò. All'epoca di Traiano risale il taglio del Pisco Montano che agevolò il passaggio della Via Appia attraverso i rilievi dei Monti Ausoni, tra Monte Croce e Monte S. Angelo, invece di aggirare il monte come aveva voluto Appio Claudio (312 a.C.); tale opera contribuì a far confluire verso il porto tutto il movimento della città e delle zone circostanti e a rendere ancora più importante e strategico il commercio marittimo nell'area. I continui interventi di manutenzione iniziati sotto Antonio Pio furono finalizzati alla risoluzione della problematica dell'insabbiamento del bacino portuale e comportarono un impegno gravoso, non sempre supportato dall'attività della città.

Le fonti storiche documentano che agli inizi del 1700 (ANONIMO, 1701) il porto di età imperiale presentava ancora la struttura principale con una forma circolare ed era navigabile fin nell'entroterra grazie alla presenza di un canale. Nel 1795 il porto risultava invece completamente interrato e al suo interno si osservavano numerosi orti ed un esile corso d'acqua. Nel 1881 il DE LA BLANCHÈRE descrive minuziosa-

mente il porto di età imperiale utilizzando le tracce della struttura portuale che risultavano essere più leggibili di quelle attuali; lo stesso autore nelle sue



Fig.1 - Vista dall'alto dell'area investigata dove si identifica nettamente l'area del Montuno o Montone.

- Panoramic view of the investigation area where is clearly defined Montuno or Montone hill.

relazioni descrive e parla di una collinetta di sabbia, il *Montuno* oggi *Montone*, ed ipotizza che l'origine sia dovuta al disinterro del bacino portuale (DE LA BLANCHÈRE, 1882). In età moderna, per volontà di Papa Gregorio XVI venne realizzato un porto canale, che venne completato dopo il 1843. Le antiche strutture del porto marittimo di Traiano vennero riutilizzate dal moderno porto canale. Alla fine dell'800 il CANINA (1849-1853; 1856) basò la sua ricostruzione del porto di Traiano sulle evidenze che appunto erano molto più consistenti dell'attuale.

Attualmente nella zona portuale della città (Fig. 1) sono ben visibili, a differenza di altre realtà costiere del Lazio, resti di alcune strutture ricollegabili a quel che resta del porto di età imperiale (Fig. 2). Pertanto la ricerca ha riguardato la zona del porto-

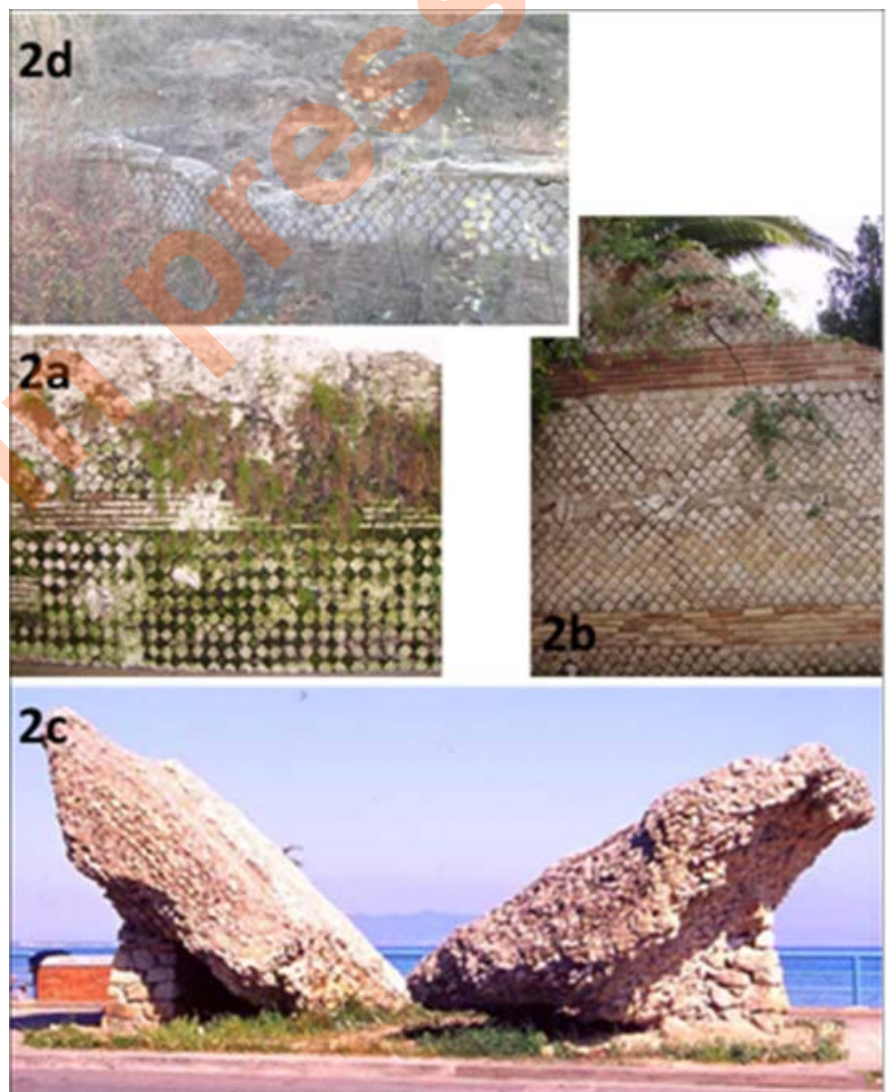


Fig. 2 - Resti di alcune strutture in *opus reticulatum* ricollegabili a, b, c) al porto di età imperiale e d) all'area del Montuno o Montone sul versante nord ovest (foto diffusa dalla soprintendenza ai Beni Archeologici del Lazio, 02/11/2010, in occasione del rinvenimento dove era prevista la costruzione di un parcheggio, dal sito <https://pedalareversoilcielo.blogspot.com/2012/01/il-mistero-e-sottoterra-ma-non-troppo-e.html>). L'ubicazione dei ritrovamenti è indicata nella fig. 9.

- Pictures of some archaeological structures in *opus reticulatum* connected to the harbour of Imperial age a, b, c) and d) on the N-W side of Montuno or Montone hill (widespread photo from the Soprintendenza ai Beni Archeologici del Lazio, 2010/11/02. This wall is discovered during the parking area excavation. <https://pedalareversoilcielo.blogspot.com/2012/01/il-mistero-e-sottoterra-ma-non-troppo-e.html>.) Fig. 9 showing location of ruins..



canale dell'attuale centro abitato e nelle immediate vicinanze, al fine di individuare le infrastrutture di epoca antica legate alla viabilità marittima dell'area portuale.

## 2. - ASSETTO GEOLOGICO

L'area del comune di Terracina è situata all'estremità sud orientale della Pianura Pontina ed è circondata dalle dorsali carbonatiche dei Monti Lepini ed Ausoni che giungono a mare proprio in corrispondenza di Terracina.

L'evoluzione geologica ed i caratteri morfologici della fascia costiera mostrano che la genesi e lo sviluppo di questo settore tirrenico, ma soprattutto delle vicine zone lagunari, quali quelli di Sabaudia e di Fondi, sono legati alle interazioni tra fattori tettonici-sedimentari, climatici ed idrodinamici manifestatisi a partire dal tardo-Pleistocene fino ai nostri giorni (DE PIPPO *et alii*, 2002).

La Pianura Pontina è una piana costiera costituita da terreni quaternari, di varia natura ed origine quali quelli attribuibili alle facies marine, lagunari e continentali, mentre i Monti Lepini ed Ausoni di età cretacea, sono rappresentati da corpi carbonatici ascrivibili alla serie Laziale-Abruzzese, di cui affiorano i termini di età comprese tra il Giurassico ed il Paleocene (F.170 Terracina, SERVIZIO GEOLOGICO ITALIANO, 1970).

Per comprendere le caratteristiche geologiche attuali di questo settore costiero, bisogna prendere in considerazione l'evoluzione geologica e strutturale che ha interessato parte dell'Appennino centrale (D'ARGENIO, 1988; CAVINATO *et alii*, 1993; CIPOLLARI & COSENTINO, 1994; ACOCELLA *et alii*, 1996; AIELLO *et alii*, 2000).

Tra il Pleistocene medio e l'Olocene si sono generati terrazzi, riferiti a diversi stazionamenti del livello marino, con una sequenza deposizionale tipica di ambienti lagunari costieri (SERVINK *et alii*, 1982; KARNER & MARRA, 1998).

A partire dal Pleistocene superiore, le condizioni geologiche e geomorfologiche di questo settore costiero erano propizie per l'impostazione di due si-

stemi lagunari costituiti entrambi da un'ampia baia marina che bordavano rispettivamente a nord il Vulcano Laziale (KARNER *et alii*, 2001; MARRA *et alii*, 2003) e a Sud dal promontorio del Circeo, e dal promontorio del Circeo a quello di Gaeta (D'ARGENIO, 1988; MARANI *et alii*, 1986; SERVINK *et alii*, 1982); questi due sistemi iniziarono ad essere colmati progressivamente da depositi piroclastici e fluviali, con tassi di interrimento diversi legati fondamentalmente al diverso tasso di apporto di sedimenti nei due settori: più cospicuo nel settore occupato attualmente dai Laghi di Fogliano, Monaci, Caprolace e Sabaudia, minore nel settore tra il Monte Circeo e Terracina il cui contributo era legato prettamente dall'apporto dei sedimenti del Fiume Sisto e dai depositi di rimaneggiamento marino (D'ALESSANDRO *et alii*, 1986). Successivamente lo sviluppo di cordoni litorali e di dune continentali contribuirono allo sbarramento di un braccio di mare e alla formazione di ambienti lagunari.

Durante il würmiano l'abbassamento del livello del mare comportò che la linea di costa è progradata verso ovest per alcune decine di chilometri; ciò ha comportato l'approfondimento degli alvei fluviali e il conseguente disseccamento degli alvei fluviali e la formazione di ambienti palustri. Dopo il periodo post glaciale e l'Olocene la linea di costa arretrò sommergendo le valli che si erano formate durante il pleistocene. Si assistette così alla formazione del delta del fiume Astura e alla migrazione ed emersione delle barre sabbiose che vediamo attualmente (DE PIPPO *et alii*, 2002).

Durante gli ultimi tre secoli le vistose modifiche subite in questo settore sono state prettamente antropiche; queste hanno accelerato i fenomeni di subsidenza naturale dell'intera area costiera, portando in alcuni settori ad un abbassamento prolungato del suolo e a una maggiore incisione fluviale mentre, in altri settori, le morfologie perilagunari hanno subito modeste variazioni.

Inoltre prima della "Bonifica" nella Pianura Pontina si potevano distinguere tre zone principali: la zona litoranea con tumoleti e dune recenti, la zona media a ridosso dei laghi costieri e costituita dalla "Duna Antica antica" Auct. e la zona interna a con-



tatto con i rilievi montuosi, decisamente paludosa, caratterizzata dall'esistenza di ampi acquitrini (DE PIPPO *et alii*, 2002).

Nel dettaglio l'area di Terracina, a ridosso dell'attuale porto, è costituita da depositi di spiaggia e sedimenti eolici pleistocenici-olocenici, intercalati da paleosuoli, da depositi lagunari, lacustri e palustri, depositi alluvionali e detritici. Lungo il litorale si sviluppa un ampio cordone di dune antiche e recenti (che localmente vengono chiamati "Tumuleti" o "Tomboleti") che raggiungono alcuni metri sul livello del mare e che procedendo verso est lasciano il posto a terreni di natura più schiettamente alluvionali-palustri che affiorano a ridosso del versante calcareo cretaceo ("Pesco Montano"), su cui è ubicato il Tempio di Giove Anxur.

Notizie riguardanti il livello del mare nell'area pontina, e quindi presso Terracina, possono essere desunte da osservazioni su alcune strutture romane nei pressi di Torre Paola a ridosso del monte Circeo: la linea di costa, a quei tempi, doveva posizionarsi mediamente a circa 0.40 m più in basso della quota attuale. Nei pressi dell'area portuale, la quota del livello marino, come riportato di seguito, è stata posizionata sulla base di dati archeologici e risulta essere allineata lungo l'attuale via Tripoli.

Recenti studi sulle variazioni del mare avvenute negli ultimi 2000 anni nel Mediterraneo centrale basati su evidenze archeologiche costiere di epoca romana, a cui sono stati affiancate osservazioni di dati mareografici e modelli predittivi disponibili sul contributo glacio-isostatico, mostrano nuove stime sul livello del mare in questo settore del Tirreno (LAMBECK *et alii*, 2004), molto più basso e profondo. Ciò farebbe pensare che nell'area ci fosse stata anche una concomitanza di fenomeni tettonici che avrebbero permesso una così repentina variazione del livello del mare in un intervallo di tempo molto breve.

### 3. - PROSPEZIONE MICROGRAVIMETRICA

Lo sviluppo edilizio della moderna Terracina cela le antiche strutture connesse all'attività portuale. Ricostruzioni archeologiche e storiche ubicano il polo

abitativo e commerciale in corrispondenza dell'attuale Terracina Bassa o Borgo alla Marina. Qui doveva esserci un vero e proprio quartiere portuale, comprendente magazzini per lo stoccaggio delle merci, esercizi commerciali, terme, strutture ricettive e anfiteatro (BARBETTA & BRUNO, 2008). In prossimità dell'attuale porto-canale (Fig. 2 a, b, c), in superficie sono attualmente visibili solo alcune strutture riconducibili all'antico porto di Traiano mentre poco o nulla si conosce sull'eventuale ubicazione di un possibile canale navigabile in età arcaica.

La sinergia fra lo studio bibliografico, storico e archeologico con le più moderne metodologie di indagine geofisiche indirette mira ad individuare le possibili aree dove sono presenti nel sottosuolo anomalie geofisiche riconducibili alla presenza di strutture antropiche e/o naturali, ottimizzando le risorse economiche e il tempo disponibili. Il risultato è la verifica dell'esistenza di strutture sepolte di interesse storico-archeologico, indirizzando il lavoro di scavo dell'archeologo (DI FILIPPO, 2003; DI FILIPPO *et alii*, 2001a, b; 2004; 2005 a, b; 2007a, b; 2009; DI NEZZA & DI FILIPPO, 2013, 2014a, b; DI NEZZA *et alii*, 2010; 2015; PIRO, 2007; PETTTI *et alii*, 2010; MORELLI *et alii*, 2013; PELOROSSO *et alii*, 2018) o escludendo l'edificazione di moderne strutture edilizie qualora possano favorire l'esposizione al rischio (DI NEZZA *et alii*, 2015; RAGAGNIN *et alii*, 2015).

L'efficacia dei diversi metodi geofisici varia con le caratteristiche del sito da indagare e solo la loro integrazione consente a volte una migliore interpretazione dei dati, soprattutto quando l'assetto geologico e idrogeologico dell'area investigata è complesso o presenta una significativa variabilità verticale e laterale anche dal punto di vista archeologico.

Molto spesso risulta difficile eseguire alcune prospezioni geofisiche in un contesto urbano specialmente se la complessità geologica ed archeologica, può variare repentinamente in un'area molto ristretta a cui corrisponde una non adeguata variabilità dei parametri fisici in esame. Infatti alcune di esse potrebbero non essere risolutive e comportare dispendio di tempo e denaro (ARGENTIERI *et alii*, 2015, 2018).

Pertanto la scelta di effettuare una campagna di

indagine gravimetrica, rispetto ad altri metodi geofisici, è stata indirizzata principalmente dal contesto urbanizzato nel quale il rapporto segnale/rumore non è adeguato per identificare alcuni parametri per i rispettivi metodi. Infine la diversa tipologia di strutture, la loro estensione e profondità erano tali da essere individuate con precisione dall'indagine gravimetrica. Quindi, in base alle esperienze acquisite in vari contesti urbani (ARGENTIERI *et alii*, 2015; 2018; DI FILIPPO, 2003; DI FILIPPO & DI NEZZA, 2010; DI NEZZA & DI FILIPPO, 2013, 2014b; DI FILIPPO *et alii*, 2004; 2005a, b; 2007a; 2009; DI NEZZA *et alii*, 2010; 2015; PETITTI *et alii*, 2010), si è ritenuto opportuno eseguire la prospezione microgravimetrica in modo da poter identificare le anomalie di interesse archeologico, muri o cavità, e, solo se necessario procedere effettuando ulteriori rilievi geofisici. Inoltre, il ruolo della prospezione microgravimetrica assume una certa rilevanza non solo in un contesto pianeggiante come è nel caso dell'area di studio (DI FILIPPO *et alii*, 1996b; 1999a, b; DI FILIPPO & TORO, 1999a,b; 2002; 2003; DI NEZZA & DI FILIPPO, 2013, 2014b) ma soprattutto per poter comprendere la natura e struttura interna della collina denominata il *Montuno* o *Montone* (DI FILIPPO *et alii*, 1996a, 2004, 2005a; DI FILIPPO & TORO, 1999a; DI FILIPPO 2003; DI NEZZA & DI FILIPPO, 2014a) nonché per l'identificazione della struttura ed andamento del porto (BURRAGATO *et alii*, 1998; DI FILIPPO & TORO, 1999a, 2002, 2003; DI NEZZA & DI FILIPPO, 2013, 2014b).

Infine, la corretta conoscenza e ubicazione della distribuzione areale, andamento e geometrie di strutture archeologiche e di cavità nel sottosuolo possono avere una ricaduta maggiore sulla pianificazione territoriale, investendo in modo opportuno le risorse sul territorio in funzione della crescita culturale ed economica.

#### 4. - ACQUISIZIONE DATI ED ELABORAZIONE

L'area di studio è stata coperta da oltre 390 sta-

zioni gravimetriche (indicate con i pallini rosso in Fig. 3) con una spaziatura di circa 25 metri distribuite quanto più omogeneamente nell'area. Una "rete di controllo" costituita da 14 capisaldi gravimetrici di riferimento, opportunamente dislocati nell'area, è servita per il controllo periodico della deriva strumentale (indicate con i triangoli azzurri in Fig. 3).

La topografia di dettaglio, realizzata dalle quote per le rispettive stazioni gravimetriche (Fig. 3), ha permesso di ottenere con precisione la morfologia dell'area di studio. L'area presenta delle quote pressochè omogenee intorno all'attuale porto canale, ad eccezione della collina del *Montone*, dove la quota altimetrica presenta variazioni tra +0.5 e +3 metri sul livello del mare. L'istogramma di figura 4 rappresenta la distribuzione altimetrica delle quote delle stazioni dell'intera area con la rispettiva curva cumulativa; si evidenzia che le quote maggiori, quindi la morfologia più acclive, sono nettamente confinate al *Montone*.

Tale analisi è stata necessaria per determinare il valore di densità media da utilizzare nell'elaborazione delle Anomalie di Bouguer:  $1700 \text{ kg/m}^3$ , relativo al valore medio dei sedimenti marini, fluviali, lacustri ed eolici recenti presenti nell'immediato sottosuolo del centro urbano,  $2600 \text{ kg/m}^3$  riferito al valore di densità dei rilievi carbonatici Meso-Cenozoici nei dintorni di Terracina. Considerazioni differenti sono state fatte per la valutazione della densità media del rilievo del *Montone*, dove è stato appunto valutata con due diversi metodi, non avendo a disposizione sondaggi geologici.

E' stato preso in considerazione il metodo di NETTLETON (1942, 1976), per cui il valore ottimale della densità media è quello per il quale si evidenzia una correlazione nulla con la topografia. Il metodo di Nettleton è stato applicato considerando vari set di anomalie delle residue per densità tra  $1000 \text{ kg/m}^3$  e  $2800 \text{ kg/m}^3$ , con un intervallo di  $100 \text{ kg/m}^3$  (Fig. 5) lungo la traccia A-B di figura 3.

Adottando i valori delle anomalie residue di primo ordine di tipo bilineare si è eliminato l'effetto dei corpi geologici più profondi, mettendo in evidenza il reale contributo dei corpi geologici superficiali, che sono quelli che realmente esprimono la densità media più ottimale. Si nota che solo i profili

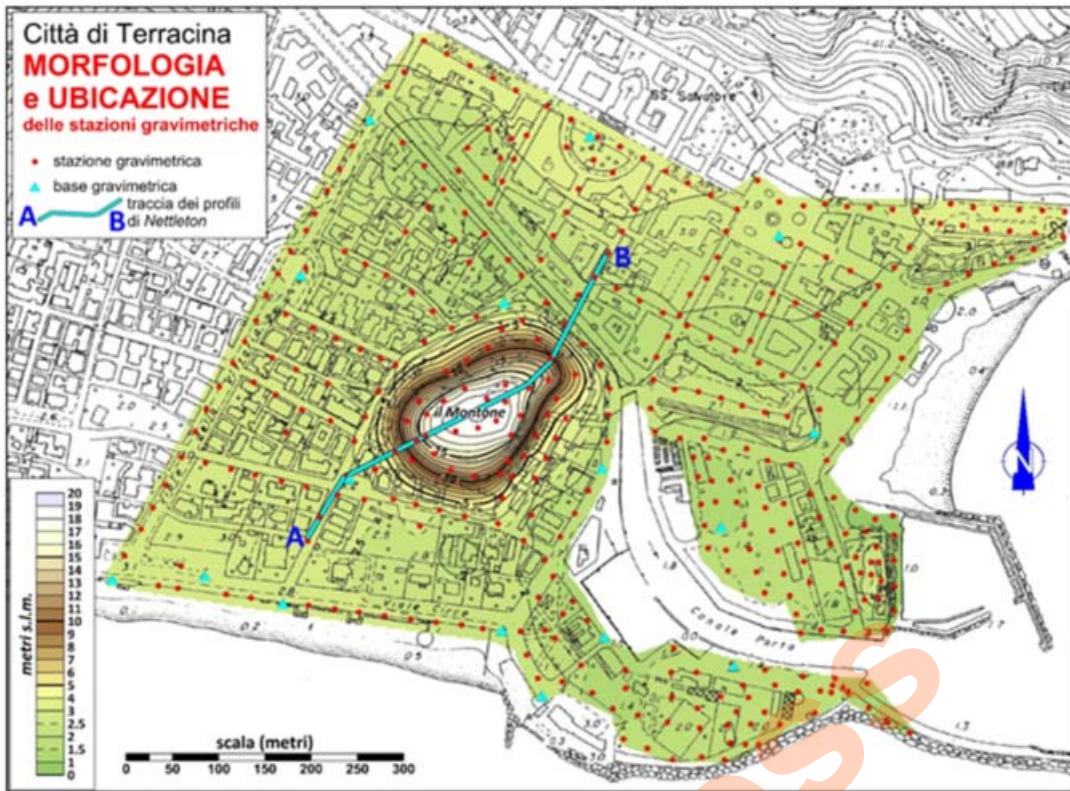


Fig. 3 - Morfologia di dettaglio dell'area in studio ottenuta dal rilievo topografico delle quote delle stazioni gravimetriche. Ubicazione del profilo A-B lungo cui è stato applicato il metodo di Nettleton (si veda fig.5). - High-resolution digital elevation model of the investigation area obtained from measurements height on the gravity stations. It has been showed the traces of the A-B profile along which the Nettleton method has been applied (see fig. 5).

delle Anomalie Residue calcolate con i valori più bassi di densità non sono correlati al profilo topografico del rilievo del *Montone* (1000-1100-1200-1300 kg/m<sup>3</sup>).

E' stata eseguita un'ulteriore elaborazione considerando con un approccio analitico unicamente le misure delle stazioni di gravità effettuate alla base e sul rilievo del *Montone*; ciò ha permesso di dare un valore di densità media all'intera collina (Fig. 6).

In figura 6 il grafico esprime sulle ascisse le quote altimetriche delle stazioni di misura e in ordinata i corrispondenti valori di anomalia espressi dalla relazione:

$$g(\text{mGal}) = (G_{\text{mis}} + C_{\text{top}} - (G_{\text{norm}} - \text{Faye} + \text{Bouguer})) - G_{\text{reg}}$$

dove

$G_{\text{mis}}$  (mGal) = gravità misurata

$C_{\text{top}}$  (mGal) = correzione topografica

$G_{\text{norm}}$  (mGal) = gravità normale

Faye (mGal) = correzione di Faye o in aria libera

Bouguer (mGal) = correzione della piastra o di Bouguer

$G_{\text{reg}}$  (mGal) = gravità attribuita alle anomalie re-

gionali

Tale correlazione mette in evidenza la relazione dell'andamento della gravità misurata sulle stazioni

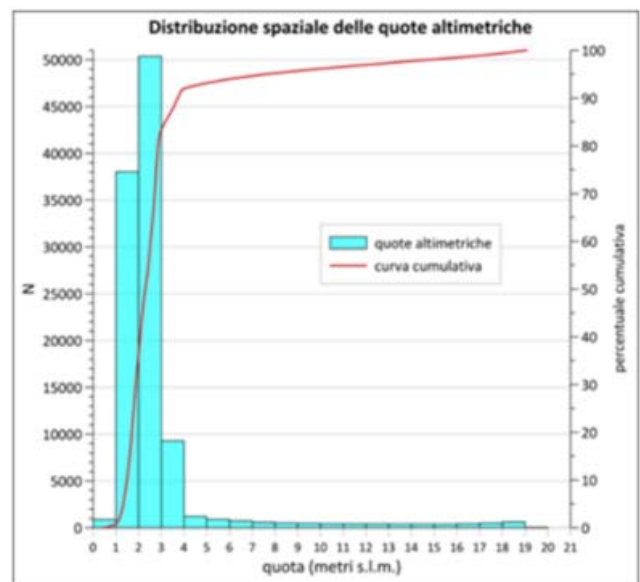


Fig. 4 - Distribuzione altimetrica delle quote delle stazioni gravimetriche dell'intera area e la curva cumulativa.

- Histograms of different altimetric distributions of the gravity stations height and cumulative curve.



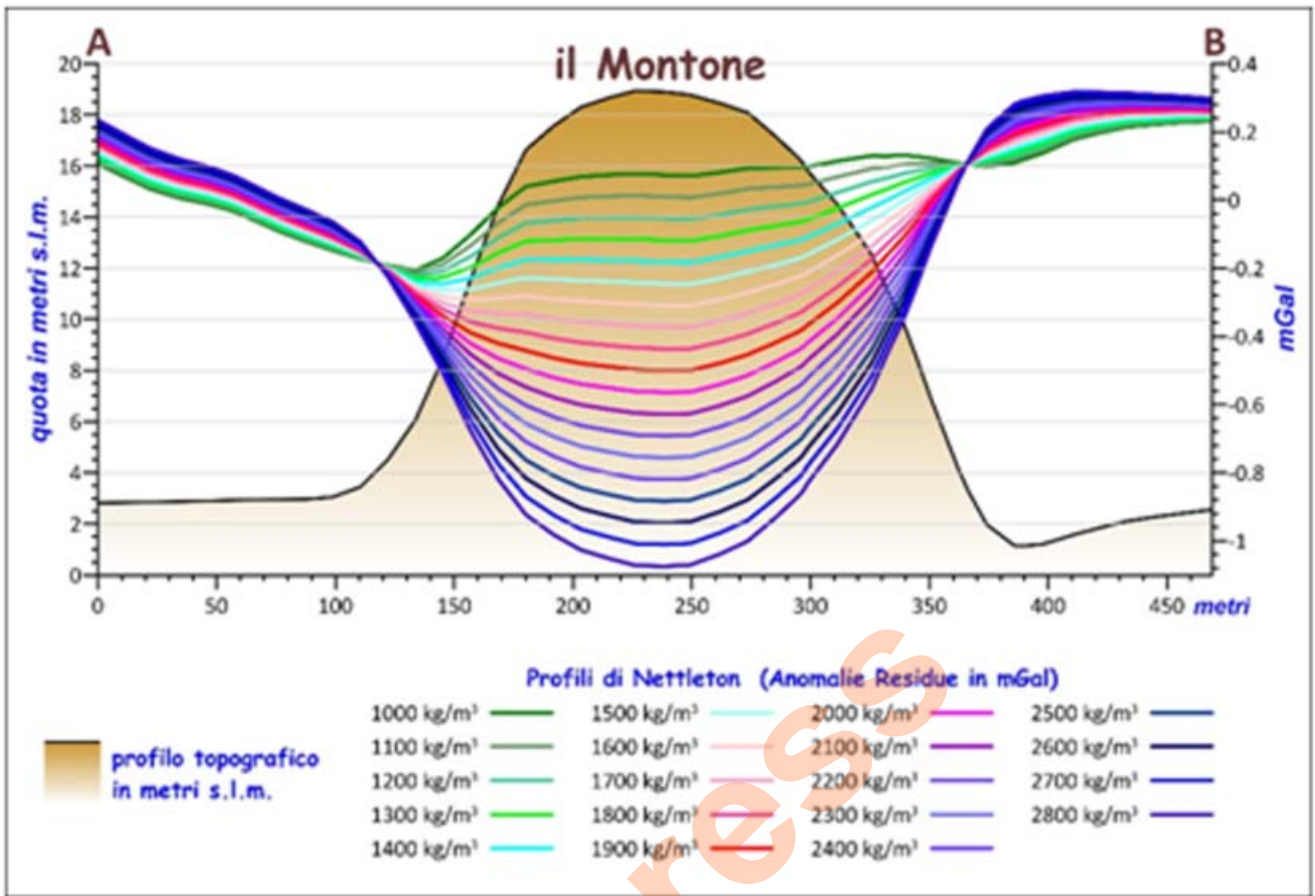


Fig. 5 - Metodo di Nettleton per il calcolo della densità media del Montone applicato lungo la traccia del profilo A-B. Si attua graficando per le varie densità le corrispondenti anomalie residue n-1 e scegliendo tra esse quella che presenta la minor correlazione con l'andamento topografico. La densità più appropriata è tra 1000 e 1300 kg/m<sup>3</sup>.

- Nettleton's method used to determine the bulk density of Montone Hill (survey line A-B see fig.3). Nettleton method is based on minimum correlation between residual gravity anomaly and topography to determine density correction.

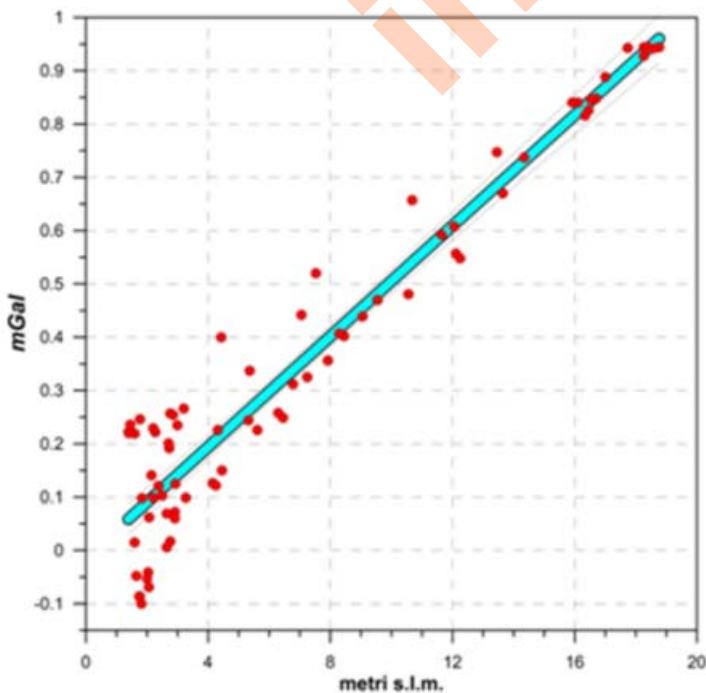


Fig. 6 - Grafico quota-anomalie di gravità elaborato sulle 75 stazioni gravimetriche utilizzando il metodo di regressione per il calcolo della densità media del Montone. Il rapporto gravità e quota consente di determinare la densità media dei sedimenti compresi nell'intervallo di quota.

- Regression analysis applied using 75 gravity stations on the Montone hill: line is generated based on a gravity anomaly (ordinate) vs elevation of stations (absis). On this curve, the slope corresponds to  $1100 \pm 0.45 \text{ kg/m}^3$ ; this density is mean value of the sediments that forms the hill.

non corretta per la piastra di Bouguer; il coefficiente angolare della retta, che meglio approssima la distribuzione di punti che vengono ad individuarsi nel grafico, è in relazione alla densità delle rocce affioranti. Nel caso specifico sono state utilizzate 75 stazioni gravimetriche ubicate sulla collina e alla base del Montone. Il coefficiente angolare è di  $1100 \pm 0.45 \text{ kg/m}^3$  con un buon indice di correlazione (circa 96 %) ed una buona attendibilità dei valori esaminati ( $\chi^2$  29.70%).

Tale valore è notevolmente inferiore ai relativi valori di densità riferite a sabbie asciutte, mediamente pari a  $1500\text{-}1600 \text{ kg/m}^3$ .

Pertanto dai valori ottenuti, le anomalie di Bouguer sono state calcolate utilizzando per la correzione per la piastra o di Bouguer una densità pari a  $1700 \text{ kg/m}^3$ .

## 5. - RISULTATI

La mappa delle Anomalie di Bouguer ottenuta presenta valori maggiori di anomalia di  $+49.2 \text{ mGal}$  ubicati nella parte Nord dell'area investigata, ai piedi del rilievo di Monte S. Angelo dove si trova il Tempio di Giove Anxur, mentre nella parte Sud, presso la costa e il porto, valori più bassi,  $+45.6 \text{ mGal}$ . Complessivamente l'andamento delle anomalie di Bouguer decresce da Nord verso Sud, in accordo con quello dei precedenti lavori (MAINO, 1968; MAINO *et alii*, 1969; DI FILIPPO & TORO, 1980; 1982; DI FILIPPO *et alii*, 1986); l'andamento delle anomalie riflettere principalmente l'approfondirsi delle rocce carbonati più dense, ascrivibili alla successione di piattaforma Laziale-Abruzzese affiorante sui Monti Lepini, Ausoni ed Aurunci.

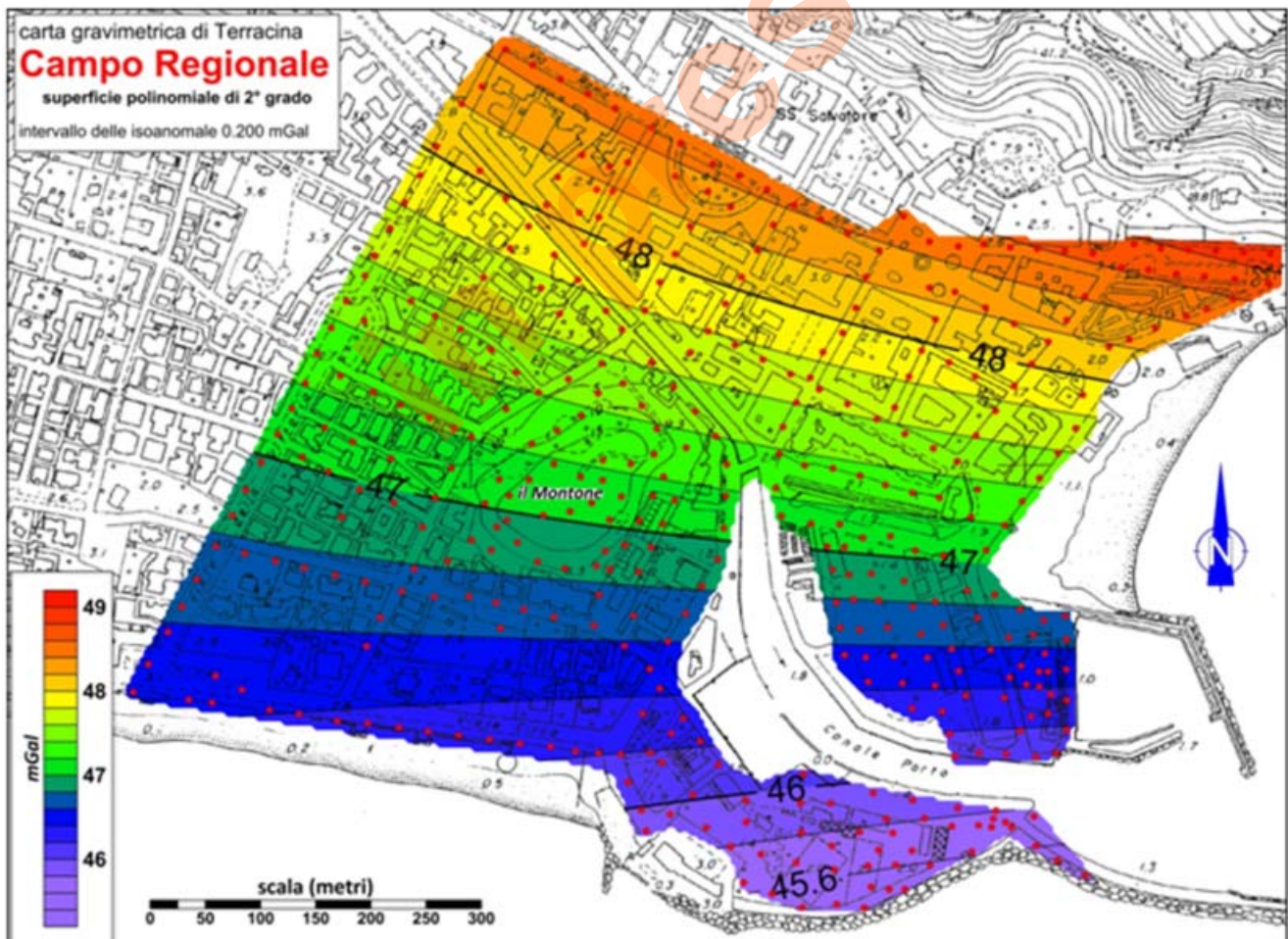


Fig. 7 - Mappa del Campo Regionale (superficie polinomiale di 2° grado,  $G_{reg} = ax + bx + cy + d$ ).  
 - Regional gravity map (second-order polynomial trend surface,  $G_{reg} = ax + bx + cy + d$ ).



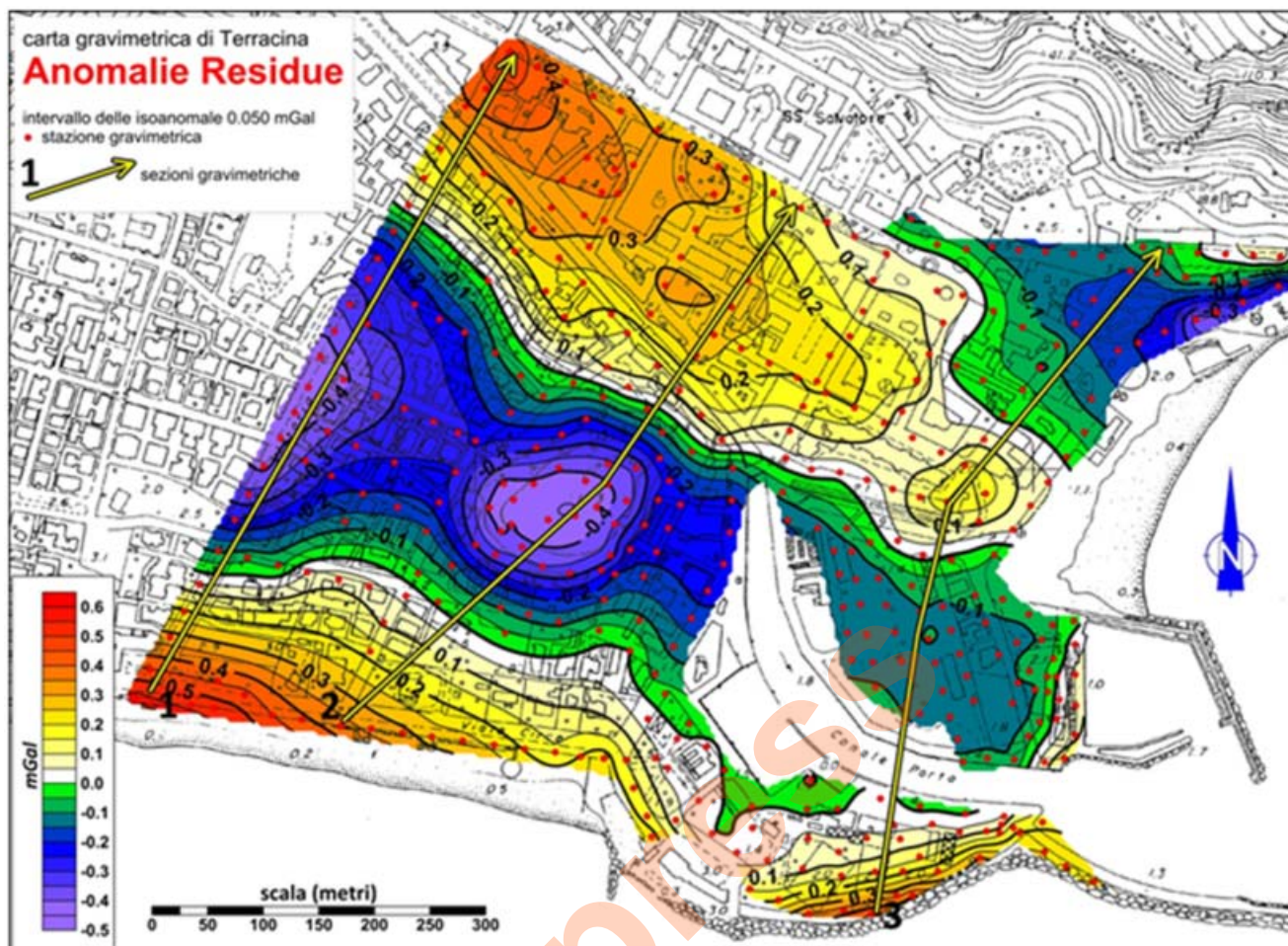


Fig. 8 - Carta delle Anomalie Residue. Ubicazione dei profili gravimetrici.

- Residual gravity map, contour interval is 0.050 mGal. It has been showed the traces of the profiles of gravity interpretation sections along profiles.

Per sottrarre questo contributo geologico profondo ai valori delle anomalie di Bouguer, rappresentato appunto dal substrato carbonatico, il trend è stato assimilato, mediante un metodo di tipo analitico, ad una superficie polinomiale di 2° grado ( $G_{reg} = ax + bx + cxy + d$ ) ottenuta con il metodo dei minimi quadrati (Fig. 7). L'andamento del campo regionale evidenzia appunto il contributo geologico più profondo, con valori maggiori delle anomalie nel settore settentrionale (+48.4 mGal) e minori in quello meridionale (+45.6 mGal).

L'andamento delle Anomalie Residue (Fig. 8), ottenute sottraendo alle Anomalie di Bouguer l'andamento del Campo Regionale, permette di evidenziare il contributo geologico della porzione superficiale del sottosuolo.

Le anomalie presentano una fascia allungata, con orientamento WNW-ESE, nel settore dell'area in studio, caratterizzata da minor valori gravimetrici raggiungendo valori più bassi, -0.4 mGal, circoscritti proprio a ridosso dell'attuale porto canale dove è posizionata la collina del *Montone*. I valori più bassi delle anomalie sono ascrivibili a terreni a bassa densità come sedimenti marini, fluviali, lacustri ed eolici recenti. Questa fascia centrale a bassa densità è circondata da valori positivi, +0.5 e +0.4 mGal, paralleli alla costa e posizionati ai piedi di Monte Sant'Angelo, imputabili a sedimenti a maggior densità.

Per identificare le anomalie di densità generate dalle sole strutture archeologiche poste a modesta profondità dal piano campagna, quali fondazioni, moli, mura e cavità, sono state elaborate altre mappe



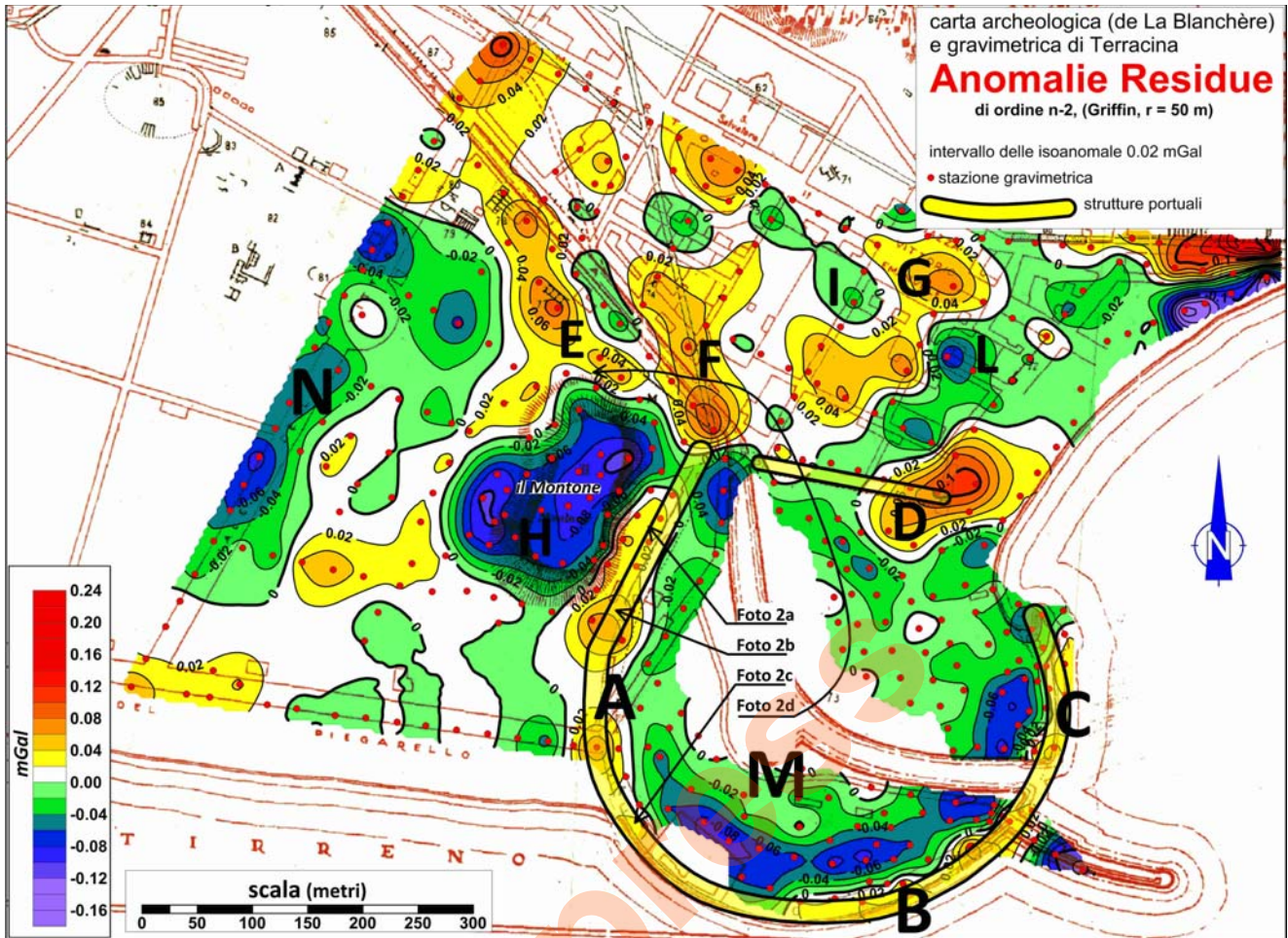


Fig. 9 - Carta delle Anomalie di Residue ottenuta con il metodo di Griffin ( $r = 50$  m). Con le lettere A, B, C, D, E, F e G si identificano le anomalie positive e con H, I, L, M e N quelle negative.

- Residual map at 50 m depths using Griffin's method. Letters A, B, C, D, E, F, G and H, I, L, M, N indicate the positive and negative anomalies.

delle Anomalie Residue, utilizzando il metodo di GRIFFIN (1949), con diversi raggi di regionalità. Il filtraggio che evidenzia in maniera netta le anomalie ascrivibili a strutture antropiche è quella con un raggio di 50 metri, in quanto sembra quello più idoneo per separare meglio le anomalie dovute ai contributi archeologici, prossimi alla superficie topografica, da quelle imputabili a contributi geologici (Fig. 9).

La mappa delle Anomalie Residue, con un intervallo delle isoanomale pari a 0,020 mGal (Fig. 9), mostra zone di massimo e di minimo gravimetrico con andamento e forma articolata e, dal punto di vista qualitativo, ricollegabili a cause superficiali; tale carta è di facile lettura per quanto riguarda l'identificazione degli eccessi o difetti di massa legati alla presenza o all'assenza di strutture murarie.

Tra le anomalie positive si identificano:

- una serie di anomalie che assumono nel complesso una forma anulare e circondano l'attuale porto canale (Fig. 9, anomalie A, B, C, D); tale anomalia, non identificabile in modo continuo, ha un diametro complessivo di 400 m e raggiungendo valori delle isoanomale fino ai +0.1 mGal. In corrispondenza di tale anomalie sono ben visibili, nei pressi di via Lungolinea Pio VI e via Armando Diaz, strutture archeologiche (Fig. 2 a, b, c). Tale anomalie sono da imputare ad eccessi di massa nel sottosuolo;
- anomalie poste nel settore settentrionale dell'area di studio, nel Borgo Marina, con orientazione NNW-SSE con estensione di 300 m e larghezza di 50 m raggiungendo valori fino a +0.08 mGal. Tale

anomalie sono da imputare ad eccessi di massa nel sottosuolo (Fig. 9 anomalie E, F, G).

Tra le anomalie negative bisogna evidenziare:

- a) una di maggior entità e circoscritta (200 m x 100 m), raggiungendo valori di -0.080 mGal, ubicate proprio in corrispondenza della collina del *Montone*, e in corrispondenza di tale collina le isoanomale assumendo un andamento ellittico indicando una minor densità dei corpi nel sottosuolo (Fig. 9, anomalia H). Tale anomalia concorda con i bassi valori di densità dei materiali costituenti la collina evidenziati in precedenza con il metodo della regressione (Fig. 6);
- b) un'anomalia perpendicolarmente alla linea di costa, settore orientale, ed ubicata ai piedi di Monte S. Angelo, orientata ovest-est con valori compresi, tra -0.010 e -0.020 mGal, ubicata lungo la direttrice via Cavour – via Roma (Fig. 9, anomalia I). Dall'andamento e dall'entità dei valori delle anomalie queste sono da imputare alla presenza di sedimenti a bassa densità che in quest'area sono rappresentati dai depositi limosi palustri/alluvionali argillosi, poco costipati e probabilmente legati alla presenza di una rete idrografica superficiale, ormai sepolta, ma presumibilmente esistente già in epoca romana.
- c) un'anomalia parallela alla linea di costa, settore orientale (300 m in lunghezza e larga 100 m), ed ubicata ai piedi di Monte S. Angelo, orientata W-E con valori compresi, tra -0.010 e -0.030 mGal, anche questi valori delle anomalie sono imputabili alla presenza di sedimenti a bassa densità (Fig. 9, anomalia L).
- d) localizzate un'anomalia ubicata in corrispondenza dell'attuale porto canale, con valori compresi tra -0.010 e -0.050 mGal, ed estendendosi su una vasta area circolare raggiungendo un diametro di circa 400 m. Questa anomalia negativa è circondata da valori di anomalie positive (fino a + 0.1 mGal, Fig. 9, anomalia M).
- e) anomalia ad andamento NNE-SSW ubicata a nord del *Montone* (300 m in lunghezza e la cui larghezza non può essere definita a causa della mancanza di misure) con valori che raggiungono i -0.060 mGal (Fig. 9, anomalia N).

L'interpretazione quantitativa delle anomalie gra-

vimetriche descritte è servita per identificare la profondità e natura dei materiali che generano tali anomalie. Pertanto sono state eseguite 3 diverse sezioni (Fig. 10) con il metodo di Talwani (TALWANI *et alii*, 1959, 1961) utilizzando il software “MIKE-2Dgrvt” per il calcolo del modello di gravità bidimensionale (DI FILIPPO, 1978). Tali sezioni attraversano interamente l'area in studio e incontrano tutte le anomalie individuate nella precedente carta delle anomalie residue (Fig. 8) in modo da identificare le profondità e la natura dei corpi che generano le anomalie gravimetriche.

Il substrato geologico dell'area, posto a modesta profondità, è costituito da sedimenti marini (sabbie) e alluvioni a cui è stato attribuito un valore di densità media di 2000 kg/m<sup>3</sup>; risulta molto articolato e la sua profondità varia repentinamente da settore a settore, infatti lo si trova all'incirca ad una profondità di 40 m in corrispondenza dell'attuale porto canale (sezione 3, Fig. 10 e anomalia L di Fig. 9), mentre si trova ribassato fino a 80 m a nord della collina del *Montone* (sezione 1, Fig. 10 e anomalia N di Fig. 9). Il tetto di tali sedimenti risulta molto articolato in tutte le sezioni e comunque si evidenzia un trend generale che vede una maggior approfondimento di questi sedimenti nel settore centrale dell'area in studio. Al di sopra di tale formazione, è stato posto un valore di densità di 1600 kg/m<sup>3</sup> in accordo con la densità media dei sedimenti alluvionali e palustri che hanno colmato le precedenti zone lagunari presenti in nella zona.

Nel tratto finale della sezione 3 (Fig. 10) è stato inserito un corpo con densità 2300 kg/m<sup>3</sup> posto in superficie e raggiungendo una profondità di circa 5 metri in profondità (anomalia D di Fig. 9). La forma che assumono le anomalie, la limitata estensione spaziale e soprattutto il valore di densità attribuitogli, fa ricondurre le anomalie positive A, B, C e D di figura 9 a tratti di una struttura muraria presente a modesta profondità nel sottosuolo. Tale interpretazione si accorda perfettamente alla tipologia del ritrovamento archeologico di muri in *opus reticulatum* (Fig. 9 e Fig. 2 a, b, c).

La sezione 2 (Fig. 10) incontra nel settore centrale il rilievo del *Montone*; per poter risolvere il miglior “fit” tra i dati delle Anomalie Calcolate e Residue

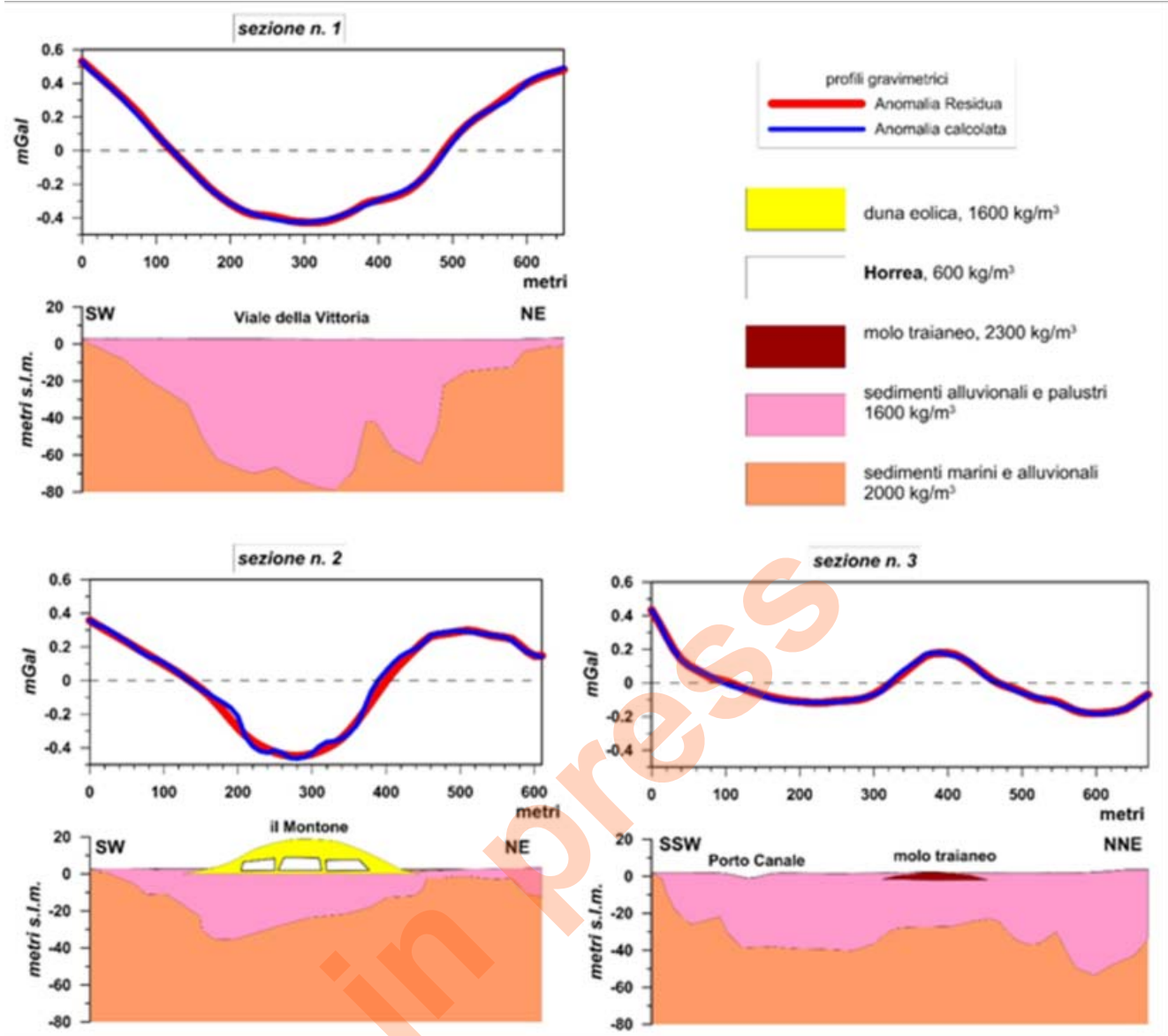


Fig. 10 - Modelli gravimetrici interpretativi eseguiti lungo i profili della fig. 8.  
- Interpretative sections along the profiles (see fig. 8).

dell'anomalia negativa H di figura 9, è stato inserito proprio in corrispondenza del rilievo un corpo con densità di 1100 kg/m<sup>3</sup>. Al di sopra di esso, è stato inserito un altro corpo con corpo con densità di 1600 kg/m<sup>3</sup> quest'ultimo compatibile con la densità di un accumulo eolico poco o per niente coeso o a sedimenti provenienti dal disinterro del porto. La presenza di un corpo a densità 1100 kg/m<sup>3</sup> è da imputare a cavità parzialmente riempite di materiale.

Infine tutte le sezioni incontrano nella parte finale

delle sezioni l'anomalia negativa (anomalie I e L di Fig. 9) interpretata come un approfondimento spaziale del substrato con densità 2000 kg/m<sup>3</sup> ed un aumento dello spessore dei sedimenti alluvionali con densità 1600 kg/m<sup>3</sup>. Il massimo degli spessori alluvionali si raggiungono però in corrispondenza di Viale della Vittoria (anomalia L di Fig. 9). La forma di questa struttura naturale ricorda quella di una valle fluviale con forte incisione e con una estensione laterale ben definita.



## 6.- DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

L'indagine storica ha permesso di individuare un ruolo importante nel periodo romano per l'abitato e il territorio di Terracina nonché evidenziare che, i traffici marittimi e terrestri, avvenivano già prima della fondazione della colonia.

La prospezione microgravimetrica ha permesso di ottenere informazioni sull'assetto geologico e archeologico nell'immediato sottosuolo dell'area portuale. La realizzazione di carte gravimetriche a diverso filtraggio hanno permesso di ottenere un'immagine della distribuzione spaziale e l'individuazione delle strutture archeologiche sepolte quantizzando profondità e caratterizzandole dal punto di vista geofisico mediante modelli interpretativi geo-gravimetrici.

La prima importante anomalia che si identifica ha valori positivi con andamento circolare, non continua, proprio intorno all'attuale porto canale (Fig. 9, anomalie A, B, C e D). Tale anomalia si estende fino ad una profondità di circa 5 metri dall'attuale piano campagna (sezione 3 Fig. 10) e con una distribuzione spaziale nel diametro di circa 400 metri (Fig. 9). Quest'anomalia positiva sembra non presentare una continuità verso il settore NE (Fig. 9, anomalia D), anzi è possibile identificare l'ingresso del porto proprio in questo settore. La struttura è costituita da due strutture indipendenti: una con direzione quasi nord-sud (Fig. 9, anomalia A) ed una con direzione ovest-est (Fig. 9, anomalia D), che possono rappresentare due moli; dall'estremità meridionale del molo nord-sud si stacca un braccio di molo curvilineo (Fig. 9, anomalie B e C). Questa struttura si interrompe all'estremità del molo curvilineo e l'estremità orientale del molo ovest-est (Fig. 9, tra le anomalie D e C); questa zona di discontinuità potrebbe rappresentare l'ingresso del porto. Infatti, confrontando i disegni proposti dal CANINA (1856, 1849-1853) con la carta delle anomalie residue ottenuta con il metodo di Griffin (Fig. 9), l'andamento delle anomalie osservate hanno un buon accordo, in forme e dimensioni, con il porto di Traiano proposto dai diversi autori in tempi storici (ANONIMO, 1701; DE LA BLANCHÈRE, 1882). Inoltre in corrispondenza di tale anomalia in

superficie sono visibili strutture murarie con tessitura ad *opus reticulatum* (Fig. 2 a, b, c)

All'interno della struttura portuale, i valori negativi delle anomalie gravimetriche sono da attribuire a materiale di riempimento con sedimenti a bassa densità di natura fluvio-lacustri piuttosto che da depositi sabbiosi (sezione 3, Fig. 10 e anomalia M di Fig. 9). Per la geometria e le dimensioni del bacino, il bacino del porto poteva accogliere in tutti i periodi dell'anno le navi, ma presentava anche delle profondità idonee ad ospitare navi con capienza molto maggiori. Le dimensioni della struttura del porto sono comparabili in dimensioni al porto rinvenuto ad Ostia antica (WUNDERLICH *et alii*, 2015, 2018) e le caratteristiche geofisiche delle densità dei sedimenti di riempimento del bacino sono comparabili a quelli del bacino del porto di Ostia ottenuti da altri metodi geofisici (WUNDERLICH *et alii*, 2015, 2018) la cui natura sedimentologica è stata messa in evidenza da studi sedimentologici effettuati su alcuni sondaggi (GIRAUDI *et alii*, 2006; BETTOLLI *et alii*, 2009).

Una importante riflessione deve essere fatta sulla possibile natura della collina del *Montone*. La grossa anomalia gravimetrica negativa di dimensioni 200 m x 100 m (anomalia H di Fig. 9) che si ottiene per la collina, può essere interpretata attribuendo valori di densità media di 1100 kg/m<sup>3</sup>, ottenuta dai soli dati geofisici (Fig. 6), ai depositi costituenti la collina (Fig. 10, sezione 2). Questo valore medio di densità è inferiore sia ai depositi sabbiosi di spiaggia e sedimenti eolici costituenti i rilievi dunari di natura geologica affioranti nell'area (1600 kg/m<sup>3</sup>) sia ai depositi di riporto provenienti dal disinterro del bacino portuale (2000 kg/m<sup>3</sup>) come ipotizzato dagli storici per spiegare la natura di questa collina (ANONIMO, 1701; DE LA BLANCHÈRE, 1882). La densità media ottenuta dai modelli interpretativi nella sezione 2 (Fig. 10 e Fig. 6) permette di affermare che la natura di questo rilievo sia da attribuirsi non alla presenza di depositi a bassa densità, che dal punto geologico non potrebbero persistere in questo contesto geo-archeologico, ma piuttosto alla presenza di cavità parzialmente riempite. La modellazione geofisica ha messo in evidenza che la struttura risultata è da imputare ad una genesi di natura antropica. I contrasti di densità at-

tribuiti per ottenere il miglior fit tra i dati osservati e calcolati, sono compatibili a quelli già ottenute per altri rilievi collinari di natura artificiale dove il metodo gravimetrico ha evidenziato la presenza di cavità parzialmente riempite (DI FILIPPO *et alii*, 2004, 2005a). In particolare come si osserva in figura 10 sezione 2, la struttura risultante per poter rappresentare bene il corpo che genera l'anomalia H di figura 9 deve essere rappresentata non da una unica cavità, ma da un insieme di cavità alternate a strutture murarie in laterizi. Inoltre per poter fittare il dato misurato da quello calcolato (Fig. 10 sezione 2), è stato inserito anche un corpo con limitate dimensioni ascrivibili ad accumulo eolico poco o per niente coeso; strutture archeologiche ritrovate sul litorale laziale, in particolare nel sito archeologico di Ostia Antica, sono ricoperte da depositi sabbiosi di accumulo eolico.

In una nota del 02/11/2010 della Soprintendenza ai Beni Archeologici del Lazio, dove era prevista la costruzione di un parcheggio interrato, si legge che è stato portato alla luce un muro in opera mista per una altezza di 3.50 metri dal piano di spiccato e per la lunghezza di 15 metri sul lato di Nord - Ovest del Montone (Fig. 2 d). Un saggio condotto a est della struttura ha permesso il raggiungimento del livello antico, situato ad oltre 5 metri di profondità rispetto alla parte mediana del declivio del colle. Tale ritrovamento (Fig. 2 d) è compatibile con quanto ottenuto dal modello interpretativo della sezione 3 (Fig. 10) sulla cui sommità ci sono in affioramento anche depositi sabbiosi di spiaggia e sedimenti eolici.

Alla luce dei risultati ottenuti dal rilievo gravimetrico e all'ubicazione dell'anomalia H (Fig. 9) e ai dati del modello interpretativo (sezione 2, Fig. 10), è verosimile ritenere che, la struttura che si cela al di sotto di questa collina, è costituita da un insieme di spazi parzialmente riempiti che costituiscono nel complesso una struttura molto grande. Vista la posizione dell'anomalia in prossimità della struttura portuale messa in evidenza dalla prospezione, e l'estensione dell'anomalia negativa H, si può ritenere che la struttura sia da ricollegare a dei magazzini del porto noti come *horrea*. Questi magazzini sono da aggiungere a quelli rinvenuti al Borgo alla Marina,

più distanti rispetto alla struttura portuale ascrivibile al periodo romano. Come appunto emerge dagli scavi effettuati nel corso degli anni presso il porto di Ostia Antica, è evidente che si possono individuare diversi edifici destinati alle varie tipologie di merci che giungevano al porto di Roma (KEAY, 2012), prendendo il nome dalla tipo di merce conservata (RICKMAN, 2002) prevalentemente beni alimentari o arma di difesa in caso di assedio nemico. In base alla diversa tipologia di *horrea* (granai «annonari», granai «fiscali» e granai «militari», VERA, 2008) variava la grandezza e soprattutto l'impiego che se ne faceva dei magazzini: proprietà della città affittati a terzi, o semplicemente utilizzati a fini di lucro (WEISS, 2004) a cui corrispondeva appunto una capienza differente. Una caratteristica in comune a tutte le strutture architettoniche degli *horrea*, indipendentemente dalla finalità di utilizzo, era la composizione delle mura, particolarmente spesse e resistenti e di grande pregio, e le finestre strette e poste in alto, per scongiurare il pericolo di incendi e spesso potevano occupare anche interi quartieri come nel caso di Roma ed Ostia (KEAY, 2012); il ritrovamento del muro messo in evidenza dallo scavo del parcheggio che presenta una ottima manifattura (Fig. 2 d) sembra appunto compatibile a quelli ritrovati per gli *horrea* del porto traianense di Ostia. Secondo gli studi archeologici condotti sulla diversa ubicazione dei diversi *horrea* dell'impero, la vicinanza al porto di questa struttura farebbe pensare a degli *horrea* pubblici o forse anche militari (VERA, 2008, DA GAI, 2008).

Inoltre, come si osserva anche nella zona portuale di Ostia, il sistema delle infrastrutture del porto era corredato da un sistema di canali navigabili che servivano per il trasporto delle merci fino nell'entroterra. La presenza di anomalie negative parallela e perpendicolare alla linea di costa nel settore orientale dell'area di studio (anomalie L e I di Fig. 9), i cui modelli interpretativi gravimetrici mettono in evidenza una morfologia sepolta ascrivibile a dei canali fluviali e riempiti da sedimenti alluvionali e palustri (sezioni 1, 2 e 3 di Fig. 10), portano a ritenere che queste anomalie non sono altro che canali navigabili oramai non più riconoscibili in superficie (per ulteriori approfondimenti si rimanda a BRUNO *et alii*, 2008). Ciò

non esclude che la presenza di un questo sistema di canali fluviali fosse attivo già in epoca arcaica (BARBETTA & BRUNO, 2008).

Molto probabilmente, l'anomalia maggiore perpendicolare alla costa è il porto-canale che doveva sfruttare le naturali condizioni geomorfologiche e pertanto doveva presentare una grande insenatura naturale e poteva perciò offrire un sicuro approdo alle navi di passaggio almeno dal VI secolo a.C..

Tito Livio avvalorava questa ipotesi e tramanda che in età repubblicana il porto era appunto un fiume:

[44] *consules duabus urbanis legionibus scriptis supplementoque in alias lecto priusquam ab urbe mouerent prodigia procurarunt quae nuntiata erant. murus ac porta Caietae et Ariciae etiam Iouis aedes de caelo tacta fuerat. et alia ludibria oculorum auriumque credita pro ueris: nauium longarum species in flumine Tarracinae quae nullae erant uisas et in Iouis Uicilini templo, quod in Compsano agro est, arma concrepuisse et flumen Amiterni cruentum fluxisse.*

[44] *I consoli arruolate due legioni cittadine scongiurarono i prodigi che erano stati annunciati: il muro e la porta di Gaeta e di Ariccia ed anche il tempio di Giove erano stati colpiti da fulmini; sul fiume di Terracina furono viste navi da guerra che prima non c'erano e nel tempio di Giove Uicilino, che è nel territorio di Conza, risuonarono le armi ad Amiterno il fiume scorreva pieno di sangue.*

Tito Livio, Ab Urbe Condita Libro XXIV

Plinio il Vecchio non solo conferma quando riportato da Livio, ma soprattutto riporta il nome di questo fiume:

[59] *aliud miraculum a Cerceis palus Pomptina est, quem locum XXIII urbium fuisse Mucianus ter consul prodidit. dein flumen Aufentum, supra quod Tarracina oppidum, lingua Voscorum Anxur dictum, et ubi fuere Amyclae sive Amynclae, a serpentibus deletae, dein locus Speluncae, lacus Fundanus, Caieta portus, oppidum Formiae, Hormiae dictum, ut existimavere, antiqua Laestrygonum sedes. ultra fuit oppidum Pirae, est colonia Minturnae, Liri amne divisa, Clani olim appellato, Sinuessa, extremum in adiecto Latio, quam quidam Sinopen dixere vocitatum.*

[59] *Un'altra cosa straordinaria è la Pianura Pontina, che il console Muciano eletto tre volte tramanda fosse il 23° luogo tra le città, poi c'è il fiume Aufento, sulla cui riva sorge la città di Terracina, chiamata Anxur dai Volsci, e dove ci fu la città di Amicla o di Amincle, distrutta dai serpenti. Poi sorse la località di Sperlonca, il Lago di Fondi, il porto di Gaeta, la città di Formia, chiamata Ornìa, antica sede dei Lestrigoni, come molti hanno pensato; più in là c'era la città di Pira, c'è poi la colonia di Minturno, divisa dal fiume Liri, una volta chiamata Chiana, Sinuessa, nell'estremo Lazio, che alcuni dicono fosse chiamata Sinope.*

Plinio il Vecchio, Naturalis Historia, Libro III

Tra il VI secolo a.C. fino al 109 d.C., si dovette però assistere alla progradazione della linea di costa verso ovest e quindi ad un interrimento del porto-canale e alla difficile praticabilità dell'antico porto. Ciò non toglie che anche un maggior apporto di sedimenti poteva essere favorito dai venti di libeccio che favorivano la sedimentazione all'imboccatura del porto antico.

In conclusione, nel periodo imperiale, il volume dei prodotti alimentari e anche di altro materiale necessario a Terracina, nonché all'entroterra di questo settore del Lazio, era aumentato notevolmente. Allo stesso tempo, la vicinanza ad Ostia e Roma portava ad essere Terracina uno degli scali principali attraverso il quale importare forniture in buona parte del Lazio e soprattutto nel settore meridionale dove assume una valenza maggiore dovuto non solo allo sviluppo viario ma anche come luogo di vacanza prediletto dalla nobiltà di Roma. Di conseguenza, si dovette provvedere alla graduale trasformazione del porto (I e II sec. d.C.) che portò anche alla trasformazione di tutto il quartiere che sorgeva intorno al porto, come ad esempio si osserva per il porto di Ostia (KEAY, 2012).

I cambiamenti avviati nell'infrastruttura del porto fluviale al porto artificiale di Traiano portò pertanto alla costruzione di *horrea* più grandi e spaziosi richiesti proprio in seguito all'ampliamento del bacino per l'ingresso di navi più grandi di prima e aumentando notevolmente l'ancoraggio. Le dimensioni ottenute



dai modelli interpretativi geo-gravimetrici fanno pensare a strutture di magazzini paragonabili alle strutture oggi visibili in prossimità del porto di Ostia antica.

L'individuazione di queste cavità, non note, parzialmente riempite in corrispondenza della collina del *Montone*, dovrebbero essere segnalate per comprendere non solo se persiste un reale caso di rischio sprofondamento ma soprattutto dovrebbero essere prese in considerazione per futuri interventi di pianificazione territoriale, o piuttosto procedere alla loro valorizzazione culturale come previsto nel quadro normativo europeo e come fatto per Ostia e Roma. Infine non dovrebbero essere trascurati i terreni a bassa densità che attualmente colmano i canali un tempo navigabili e non più visibili. In questo settore della città si potrebbero verificare dei fenomeni di maggiore amplificazione sismica e in futuro potrebbero anche essere soggetti a fenomeni di sprofondamento.

## BIBLIOGRAFIA

- ACOCELLA V., FACCENNA C. & FUNICIELLO R. (1996) - *Elementi strutturali della media Valle Latina*. Boll. Soc. Geol. It., **115**, 2, 501-518.
- AIELLO G., MARSELLA E. & SACCHI M. (2000) - *Quaternary structural evolution of Terracina and Gaeta Basins (Eastern Tyrrhenian margin, Italy)*. Rend. Fis. Acc. Lincei, **9**, 11, 41-58.
- ANONIMO (1701) - *Carta del 1701. Cod. barb. Lat. 9903, f.69*. Biblioteca Apostolica Vaticana, Città del Vaticano.
- ARGENTIERI A., CECCHINI F., CHIAPPINI M., DE BELLIS S., DI FILIPPO M., DE RITIS R., DI NEZZA M., MARGOTTINI S., MATERNI V., NARDI A., PIRO M. & ROTELLA G. (2015) - *Sprofondamenti in aree urbane: il caso del parco "Ytzhak Rabin" (via Panama, Roma). Subsidence in urban areas: the "Ytzhak Rabin" park (via Panama, Roma) case history*. Mem. Descr. Carta Geol. D'It. **XCIX**, 25-42, fig. 18.
- ARGENTIERI A., DI NEZZA M., DI FILIPPO M., PIRO M., ROTELLA G., CECCHINI F. & MARGOTTINI S. (2018) - *Cavità di origine antropica e sicurezza degli edifici scolastici nella città di Roma: i casi di studio di via Asmara (Municipio II) e via Diana (Municipio V)*. Atti del convegno nazionale "Cavità di origine antropica, modalità d'indagine, aspetti di catalogazione, analisi della pericolosità, monitoraggio e valorizzazione", Roma, 1 dicembre 2017, 263-272. Geologia dell'Ambiente Periodico trimestrale della SIGEA Supplemento al n. 4/2018 Anno XXVI - settembre-dicembre 2018. Supplemento al n. 4/2018. ISSN 1591-5352.
- BARBETTA S. & BRUNO M. (2008) - *L'edilizia destinata alla logistica dei trasporti. Caratteristiche funzionali*. In Atlas Mercator, Le vie dei mercati, le città dei mercati nel Mediterraneo a cura di Lorenza De Maria e Angela Toro, Ed. Pieraldo, 368-422.
- BELLOTTI P., MATTEI M., PAOLO TORTORA P. & VALERI P. (2009) - *Geoarchaeological investigations in the area of the imperial harbours of Rome, Méditerranée*, **112**, 51-58.
- BIANCHINI A. (1952) - *Storia di Terracina*.
- BRUNO M., DI FILIPPO M., DI NEZZA M. & TORO B. (2008) - *Aspetti geofisici ed evoluzione ambientale dell'area portuale di Terracina (LT)*. Strutture e insediamenti antichi e medievali funzionali alla viabilità commerciale terrestre e marittima. MARIA L. & TORO A. (a cura). Atti del Convegno Roma, 4 aprile 2008, Mercator. Le vie dei mercati le città dei mercati nel Mediterraneo, Pieraldo Editori, 159-175, Tavole LXVI-LXVII-LXVIII-LXIX-LXX-LXXI, 195-200.
- BURRAGATO F., CHIODI S. M., COLASANTE M. A., DI FILIPPO M. & TORO B. (1998) - *"Jbeil - Byblos: il porto ed i cedri"*. in Scavi e Ricerche Archeologiche dell'Università di Roma "La Sapienza", L'Erma di Bretschneider, pp. 316-319.
- CANINA L. (1849-1853) - *Monumenti Inediti dell'Istituto di Corrispondenza Archeologica V*.
- CANINA L. (1856) - *Gli Edifici di Roma antica e sua campagna, Roma*.
- CAVINATO G.P., CORRADO S. & SIRNA M. (1993) - *Geometrie ed evoluzione cinematica del settore centrale della catena simbruino-ernica (Lazio, Appennino Centrale)*. Geologica Romana, **29**, 435-453.
- CIPOLLARI P. & COSENTINO D. (1994) - *Caratteri stratigrafico-strutturali dei bacini di piggy-back tardo miocenici dell'Italia centrale*. Atti 77<sup>a</sup> Riun. Est. Soc. Geol. It., Bari, 26-28 settembre 1994.
- DA GAI E. (2008) - *Struttura e tipo edilizio dei «granari» dell'Annona di Roma (1575-1705)*, In: Mélanges de l'École française de Rome. Italie et Méditerranée, 120, 2, Le livre scientifique aux débuts de l'époque moderne. Entrepôts et trafics annonaire en Méditerranée. pp. 595-606.
- D'ALESSANDRO L., EVANGELISTA S., LA MONICA G.B. & LANDINI B. (1986) - *Caratteristiche geomorfologiche e sedimentologiche del litorale fra Terracina e Sperlonga (Lazio Meridionale)*. Mem. Soc. Geol. Ita., **35**, 2, 811-818.
- D'ARGENIO B. (1988) - *L'Appennino Campano Lucano. Vecchi e nuovi modelli geologici tra gli anni sessanta e gli inizi degli anni ottanta*. Memorie della Società Geologica Italiana, **41**, 3-15
- DE LA BLANCHÈRE M.R. (1882) - *Briques romaines de terres pontines*, MEFRA 2.
- DE PIPPO T., DONADIO C. & PENNETTA M. (2002) - *Evoluzione morfologica della Laguna di sabaudia (Mar Tirreno, Italia Centrale)*. Geologica Romana, **36**, 1-12.
- DI FILIPPO M. (1978) - *Profili gravimetrici e modello bidimensionale dei Monti Lepini*. Rend. Soc. Geol. It., **1**, 49-52.
- DI FILIPPO M. (2003) - *Anomalie di gravità e modello gravimetrico tridimensionale di Monte Testaccio (Roma)*. In: Estudios sobre el Monte Testaccio (Roma) III. Publicacions Universitat de Barcellona, 455-457. ISBN: 84-475-2769-7

- DI FILIPPO M. & DI NEZZA M. (2010) - *Marcellina e Gissi, origine naturale e antropica dei sinkhole*, *Atti del convegno Sinkholes*. The Catastrophic sinking in Natural and Anthropic environments. 2ND Internatinal Workshop, Rome, 3-4 December 2009, CSR, Roma, 487-500. ISBN 978-88-448-0400-8.
- DI FILIPPO M. & TORO B. (1980) - *Analisi gravimetrica delle strutture geologiche del Lazio meridionale*. Geol.Rom., **19**, 285-294.
- DI FILIPPO M. & TORO B. (1982) - *Lazio: Anomalie di Bouguer e Campo Regionale del I ordine*. Rend. Soc. Geol.It., **5**, 27-28.
- DI FILIPPO M. & TORO B. (1999a) - *Caratteri fisiografici del territorio*. In "Elaiussa Sebaste I. Rapporto sulle campagne di scavo 1995-97". Edizione L'Erma Di Bretschneider, Roma, 13-25.
- DI FILIPPO M. & TORO B. (1999b) - *Individuazione delle aree urbane soggette a rischio di crollo per la presenza di cavità ipogee: risultati della prospezione microgravimetrica eseguita nell'area di Villa Gordiani (Roma)*. Provincia di Roma e SIGEA su CD, 73-82.
- DI FILIPPO M. & TORO B. (2002) - *Paysages antiques du Maroc. Recherches archéologiques maroco-italiennes*. Rabat 2002.
- DI FILIPPO M. & TORO B. (2003) - *Studi Geologici: Prospezioni geofisiche ad Elaiussa Sebaste*. In "Elaiussa Sebaste II, Un porto tra Oriente e Occidente", a cura di E.E. SCHNEIDER, Roma: Ed. L'Erma Di Bretschneider, Roma, 2, pp.759-763. ISBN: 88-8265-257-2.
- DI FILIPPO M., FAVALI P., SCALERA G.C. & TORO B. (1986) - *Lazio: studio delle strutture tettoniche profonde e superficiali mediante il confronto di dati gravimetrici e sismologici*. Mem. Soc. Geol. Ita., **35**, 1, 459-467.
- DI FILIPPO M., GRUBESSI O. & TORO B. (1996a) - *Progetto Testaccio: un esempio di applicazione del metodo gravimetrico nell'area archeologica del Monte Testaccio (Roma)*. Actes du colloque de Périgueux 1995, Supplément à la Revue d'Archéométrie, 31-36.
- DI FILIPPO M., RUSPANDINI T. & TORO B. (1996b) - *The role of gravity surveys in archaeology*. In "Non-Destructive Techniques Applied to Landascape Archaeology", Populus Project, Human Capital and Mobility", pp. 148-153. Oxbow, Oxford.
- DI FILIPPO M., GRUBESSI O. & TORO B. (1999a) - *Progetto Testaccio: indagine gravimetrica nell'area archeologica del Monte Testaccio (Roma)*. In "Estudios sobre el monte Testaccio (Roma) I", J. M. Blázquez Martínez & J. Remesal Rodríguez (Eds.). Publicacions Universitat de Barcellona, pp. 445-452, ISBN: 84-475-2112-5.
- DI FILIPPO M., RUSPANDINI T. & TORO B. (1999b) - *The gravity prospecting in archaeology*. Proceedings "Science and technology for the safeguard of cultural heritage in the mediterranean basin", Elsevier, **1**, pp. 247-250.
- DI FILIPPO M., FLAMINI M. G., PRISCO G. & TORO B. (2001a) - *Microgravity prospecting in domus vettiorum of Pompeii to locate hypogean cavities*. Quaderni dell'Istituto Centrale del restauro, **2**, pp. 70-84.
- DI FILIPPO M., TORO B. & RUSPANDINI T. (2001b) - *Microgravity prospecting for identification and conservation of underground archaeological sites*. Proceedings of the 3rd International Conference Science and Technology for the safeguard of Cultural Heritage in the Mediterranean Basin. Universidad de Alcalá & Consiglio Nazionale delle Ricerche, ISBN: 84-8138-453-4.
- DI FILIPPO M., DI NEZZA M., MARCHETTI M., URBINI S. & TORO B. (2004) - *Prospezioni geofisiche lungo le vie Appia Antica e Severiana*. Vie Romane del Lazio, BELARDELLI C., DE MARIA L., FEI F., TORO A., (a cura di) Palombi editori, pp. 29-49. ISBN: 88-7621-449-6.
- DI FILIPPO M., DI NEZZA M., MARCHETTI M., URBINI S., TORO A. & TORO B. (2005a) - *Geophysical research on Via Appia: the so-called "Monte di Terra" funeral monument*. VI International Conference on Archaeological Prospection, National Research Council Rome, Italy, September 14-17, 2005, Proceedings extended Abstracts, 292-294. ISBN:88-902028-0-7.
- DI FILIPPO M., DI NEZZA M., PIRO S., TORO B. & SANTORO S. (2005b) - *Integrated geophysical and archaeological investigations in the "Domus del Centenario", Pompeii IX,8 (Italy)*. VI International Conference on Archaeological Prospection, National Research Council Rome, Italy, September 14-17, 2005, Proceedings extended Abstracts, 295-298. ISBN:88-902028-0-7.
- DI FILIPPO M., DI NEZZA M. & TORO B. (2007a) - *La prospezione microgravimetrica nell'Insula del Centenario. Pompei. Insula del Centenario (IX, 8)*. Pompei. Insula del Centenario (IX, 8), indagini diagnostiche geofisiche e analisi archeometriche, Alma Mater Studiorum, Ante Quem, 33-69. ISBN: 978-88-7849-022-2.
- DI FILIPPO M., DI NEZZA M., PIRO S., SANTORO S. & TORO B. (2007b) - *Interpretazione integrata archeometrica e archeologica delle prospezioni geofisiche (2001-2004)*. Pompei. Insula del Centenario (IX, 8), indagini diagnostiche geofisiche e analisi archeometriche, Alma Mater Studiorum, Ante Quem, 63-49. ISBN: 978-88-7849-022-2.
- DI FILIPPO M., DI NEZZA M., CECCHINI F., MARGOTTINI S. & SANTORO S. (2009) - *Anfiteatro romano di Durazzo: rilievi geofisici ed emergenze archeologiche*. Geo-archeologia, 2009/1, pp. 33-51, Roma, ISSN: 0390-2196.
- DI NEZZA M., CECCHINI F., MARGOTTINI S. & DI FILIPPO M. (2010) - *Interpretazione sismostratigrafia tridimensionale di Monte Testaccio (Roma)*. In: Estudios sobre el Monte Testaccio (Roma) V. Union Académique Internationale Corpus International des Timbres Amphoriques (Fascicule 17) bajo los auspicios de la Real Academia de la Historia, BLÁZQUEZ MARTÍNEZ J.M. & REMESAL RODRÍGUEZ J. (Eds.), Publicacions i Edicions Universitat de Barcellona, Barcelona, 485-494. ISBN 978-84-475-3456-2.
- DI NEZZA M. & DI FILIPPO M. (2013) - *Ricostruzione dell'antica linea di costa dell'area di Pyrgi (Santa Severa, RM) e identificazione del Porto Etrusco mediante prospezione gravimetrica*. Congresso AIQUA 2013, L'Ambiente marino costiero del Mediterraneo oggi e nel recente passato geologico. Conoscere per comprendere. Napoli 19 - 21 giugno 2013, Miscellanea INGV, 19, 61. ISSN 2039-6651.
- DI NEZZA M. & DI FILIPPO M. (2014a) - *Rilievi elettromagnetici a Monte Testaccio*. in J.M. BLÁZQUEZ MARTÍNEZ, J. REMESAL RODRÍGUEZ (Eds.), Estudios sobre el Monte Testaccio (Roma) VI, Union Académique Internationale Corpus In-

- ternational des Timbres Amphoriques (Fascicule 17) bajo los auspicios de la Real Academia de la Historia, BLÁZQUEZ MARTÍNEZ J.M. & REMESAL RODRÍGUEZ J. (Eds.), Publicacions i Edicions Universitat de Barcelona, Barcelona, 593-600, 2014. ISBN:978-84-475-4245-1.
- DI NEZZA M. & DI FILIPPO M. (2014b) - *La Geologia dell'area di Pyrgi e l'ubicazione delle cave antiche*, Caere 6, pp. 267-283.
- DI NEZZA M., CECCHINI F., MARGOTTINI S., DI FILIPPO M. & CHATR ARYAMONTRI D. (2015) - *Contribution of integrated geophysical survey to the archaeological investigation of the 'Villa degli Antonini'*. Proceedings of the 1st International Conference on Metrology for Archaeology (Benevento) - Italy - October 21 - 23, 2015, 545-549, ISBN 978-88-940453-3-8.
- GIRAUDI C., PAROLI L., RICCI G. & TATA C. (2006) - *Portus (Fiumicino-Roma) Il colmamento sedimentario dei bacini del Porto di Claudio e Traiano nell'ambito dell'evoluzione ambientale tardo-antica e medievale del delta del Tevere*. Archeologia Medievale, **33**, 49-60.
- GRIFFIN W. R. (1949) - *Residual gravity in theory and practice*. Geophysics, **14**, 39-56.
- KARNER D.B., MARRA F. & RENNE P.R. (2001) - *The history of the Monti Sabatini and Alban Hills volcanoes: groundwork for assessing volcanic-tectonic hazards for Rome*. J. Volcanol. Geotherm. Res., **107**, 185-219.
- KARNER D.B. & MARRA F. (1998) - *Correlation of fluviodeltaic aggradational sections with glacial climate history: a revision of the Pleistocene stratigraphy of Rome*. Geol. Soc. Am., **110**, 6, 748-758.
- KEAY S. (2012) - *The port system of Imperial Rome*. a cura di S. KEAY in Rome, Portus and the Mediterranean, Archaeological monographs of the British school at Rome, **21**, 33-67. The British School at Rome, London
- LAMBECK K., ANZIDEI M., ANTONIOLI F., BENINI A. & ESPOSITO A. (2004) - *Sea level in Roman time in the Central Mediterranean and implications for recent change*. Earth and Planetary Science Letters **224**, 563-575.
- MARRA F., FREDA C., SCARLATO P., TADDEUCCI J., KARNER D.B., RENNE P.R., GAETA M., PALLADINO D.M., TRIGILA R. & CAVARRETTA G. (2003) - *Post-caldera activity in the Alban Hills volcanic district (Italy):<sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar geochronology and insights into magma evolution*. Bull. Volcanol., **65**, 227-247.
- MAINO A. (1968) - *Carta Gravimetrica d'Italia alla scala 1:100.000. F° 170 "Terracina"*. Serv. Geol. d'It., Roma.
- MAINO A., MOTTA A. & SEGRE A.G. (1969) - *Considerazioni sui rapporti tra gravimetria e geomorfologia per il F° 150 Roma (Vulcano Laziale) della carta d'Italia al 100.000 dell'I.G.M.*. Boll. Geod. Sc.Aff., Anno XXVIII, **2**, 173-188.
- MARANI M., TAVIANI M., TRINCARDI F., ARGNANI A., BORSETTI A.M. & ZITELLINI N. (1986) - *Pleistocene progradation and postglacial events of the NE Tyrrhenian continental shelf between the Tiber river delta and Capo Circeo*. Mem. Soc. Geol. It., **36**, 67-89.
- MORELLI G., PAGANO G., FLORIS S., PELOROSSO M., DI NEZZA M., PICHARDO G.A., CECCHINI F., MARGOTTINI S. & DI FILIPPO M. (2013) - *A Multi-Methodological Approach for Archaeology*. Second International Conference on Engineering Geophysics, 24-27 November 2013, Al Ain, UAE, EAGE., 138-141. doi:10.3997/2214-4609.20131882.
- NETTLETON L.L. (1942) - *Gravity and magnetic calculations*. Geophysics, **7**, 293-310.
- NETTLETON L.L. (1976) - *Gravity and Magnetism in Oil Prospecting*. Mc Graw-Hill, New York, NY.
- PELOROSSO M., CECCHINI S., DI NEZZA M., DI FILIPPO M., FLORIS S., MARGOTTINI S. & PICHARDO GALLARDO A. (2018) - *Metodi geofisici integrati per l'individuazione della tomba del Papa Alessandro IV (Viterbo)*. Professione Geologo, Rivista quadrimestrale dell'Ordine dei Geologi del Lazio, Anno XVII n. 54 07 / 2018, pp. 10-16.
- PETITTI P., MOGLIAZZA S., MATTIOLI T., PESSOLANO U., MECCHIA G., PIRO M., DI FILIPPO M., DI NEZZA M., CECCHINI F., MARGOTTINI S., DE LEO D. & SAVELLA C. (2010) - *Grotta Antica. Primi dati sul complesso archeologico*. Archeologia nella Tuscia. Atti dell'Incontro di studio (Viterbo, 2 marzo 2007) di GIANFROTTA P.A. (cur.); Moretti A.M. (cur.), Daidalos, Studi e Ricerche di archeologia e Antichità del Dipartimento di Scienze dei Beni Culturali, Università degli Studi della Tuscia, Viterbo 2010, **10**, 1-22, Tav. I, II, III, IV, V (allegato), DISBEC, Ean: 9788897516033.
- PIRO S. (2007) - *Indagini Georadar nella Domus del Centenario*. In Pompei. Insula del Centenario (IX, 8), indagini diagnostiche geofisiche e analisi archeometriche, Alma Mater Studiorum, Ante Quem, 1-15. ISBN: 978-88-7849-022-2.
- RAGAGNIN F., DI FILIPPO M. & DI NEZZA M. (2015) - *Geophysical surveys in the residence of the Antonini Emperors (Genzano, Rome)*. Proceedings of the 12th SEGJ International Symposium, 2015, Geophysical Imaging and Interpretation, 18-20 November 2015, Tokyo, Japan.
- RICKMAN G. (2002) - *Rome, Ostia and Portus: the problem of storage*. In: Mélanges de l'École française de Rome, Antiquité, **114**, 1, Antiquité. pp. 353-362
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1970) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100.000, F° 170 Terracina*.
- SEVINK J., VOS P., WESTERHOF W., STIERMAN A. & KAMERMANS H. (1982) - *A sequence of marine terraces near Latina (Agro Pontino, Central Italy)*. Catena, **9** (3/4), 361-378.
- TALWANI M., WORZEL J.L. & LANDISMAN M. (1959) - *Rapid gravity computations for twodimensional bodies with application to the Mendocino submarine fracture zone*. J. Geophys. Res. **64**, 49-59.
- TALWANI M., WORZEL J.L. & EWING M. (1961) - *Gravity anomalies and crustal section across the Tonga trench*. J. Geophys. Res. **66**, 1265-1278.
- VERA D. (2008) - *Gli horrea frumentari dell'Italia tardoantica: tipi, funzioni, personale*. In Mélanges de l'École française de Rome. Antiquité, **120**, 2, Antiquité, pp. 323-336.
- WEISS A. (2004) - *Sklave der Stadt*. In Untersuchungen zur öffentlichen Sklaverei in den Städten des Römischen Reiches, Stuttgart, p. 90-92.
- WUNDERLICH T., WILKEN D., ERKUL E., RABEL W., VÖTT A., FISCHER P., HADLER H., HEINZELMANN M., LUDWIG S. & HEINZELMANN M. (2015) - *The harbour(s) of ancient Ostia. Archaeogeophysical prospection with shear wave seismics, geoelectrics, GPR*



*and vibracoring*s. Proceedings of the 11th International Conference on Archaeological Prospection, 15-19 September 2015, Warsaw, S., 175-178.

WUNDERLICH T., WILKEN D., ERKUL E., RABEL W., VÖTT A., FISCHER P., HADLER H. & HEINZELMANN M. (2018) - *The river harbour of Ostia Antica - stratigraphy, extent and harbour infrastructure from combined geophysical measurements and drillings*. Quaternary International, **473**, 55-65.

#### SITOGRAFIA

[http://old.comune.terracina.lt.it/comune/comune\\_action.php?ACTION=scheda\\_atto&cod\\_atto=121636&cod\\_tipo=32](http://old.comune.terracina.lt.it/comune/comune_action.php?ACTION=scheda_atto&cod_atto=121636&cod_tipo=32) (accesso 18/02/2020).

<https://pedalareversoilcielo.blogspot.com/2012/01/il-mistero-e-sottoterra-ma-non-troppo-e.html> (accesso 18/02/2020).

in press