

**MINISTERO DELL'ISTRUZIONE, DELL'UNIVERSITÀ E DELLA  
RICERCA**

*Dipartimento per la Programmazione il Coordinamento e gli Affari Economici  
Servizio per lo sviluppo e il Potenziamento delle Attività di ricerca (SSPAR)*

**FIRB 2003 D.D. 2186-Ric 12 dicembre 2003**

**Protocollo: RBNE037EJJ**

---

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| <b>Programma Strategico</b> | Scienze umane, economiche e sociali  |
| <b>Progetto Obiettivo</b>   | La cooperazione euromediterranea   |
| <b>Risultati attesi</b>     | Metodologie e tecnologie avanzate per la conoscenza e la valorizzazione del patrimonio archeologico e monumentale dell'area mediterranea |

Codice: RBNE037EJJ

## **Parte I - Presentazione complessiva del progetto**

### **1.0 Ambito**

**Programma Strategico** Scienze umane, economiche e sociali

**Progetto Obiettivo** La cooperazione euromediterranea

---

### **1.0.a Risultati attesi**

Metodologie e tecnologie avanzate per la conoscenza e la valorizzazione del patrimonio archeologico e monumentale dell'area mediterranea

### **1.1 Titolo del Progetto di Ricerca**

Ricostruzione e valorizzazione del paesaggio archeologico in ambiente costiero mediterraneo tramite tecnologie innovative non invasive

---

### **Coordinatore scientifico della ricerca**

RANIERI Gaetano Professore Ordinario Università degli Studi di CAGLIARI

## **1.2 Abstract del Progetto di Ricerca**

La prospezione archeologica e lo scavo di una antica città è un'operazione delicata, lenta e perciò costosa. Spesso, e soprattutto nell'area mediterranea, le città venivano costruite nei pressi della costa per permettere l'attivazione di attività commerciali lungo la via di trasporto più comoda per le epoche passate.

Successivi movimenti relativi tra la terraferma e il mare, in scenario con una sedimentazione accentuata dall'azione dei venti e del mare stesso, hanno portato al ricoprimento di queste città e quasi regolarmente dei loro sistemi portuali.

La prospezione archeologica in questi siti è spesso complicata dalla difficile "lettura" della parte a mare e perciò dei rapporti tra strutture in terraferma-strutture a mare.

Nasce come importante necessità quella di una prospezione complessiva del sito, che è ovviamente molto costosa e lenta e perciò poco fruibile se non in tempi molto lunghi.

Questi siti sono difficilmente valorizzabili. Una prospezione preliminare attuata con metodologie innovative di tipo non distruttivo, può consentire in tempi brevi una

visualizzazione complessiva del sito e ad ottimizzare i costi dell'intervento diretto, proponendolo solo su aree di interesse. In questa ricerca viene proposta una

sequenza metodologica che, parte da un'analisi raffinata delle immagini satellitari e fotografiche remote o ravvicinate per arrivare a definire attraverso l'applicazione di

metodologie non distruttive di tipo geofisico, via via sempre più selettive, applicate secondo modalità innovative sia per la prospezione a terra che per quella a mare, il

paesaggio archeologico sotterraneo.

Nel presente contesto il progetto prevede l'applicazione di metodologie integrate che partono dall'analisi e opportuni filtraggi delle foto aeree, metodologie magnetometriche ed elettromagnetiche, con adattamento dei sensori all'uso anche in acque poco

profonde, tomografie elettriche 2D e 3D, implementate sia per le modalità in

trascinamento continuo che per l'elaborazione dei dati; sezioni sismiche monocanale con utilizzo di sparker leggero (400J), panoramiche marine side scan sonar.

Il risultato finale sarà la realizzazione di rappresentazioni digitali del sottosuolo, resa nelle 3 dimensioni, che non solo porterà a definire le aree da scavare in via prioritaria, ma potrà avere essa stessa valenza museale per una valorizzazione del sito in attesa di un suo completo scavo.

Saranno studiate le seguenti aree di interesse archeologico: La città fenicia di Neapolis, a sud del golfo di Oristano in Sardegna, la città romana di Pollentia nell'isola di Maiorca, le città e le strutture funerarie di epoca messeniana di Peristeria e Kyparissia nel distretto di Olimpia nel Peloponneso, le strutture portuali di Lixus in Marocco, le strutture a mare di Cartagine, in Tunisia.

## **1.3 Parole chiave**

1. TELERILEVAMENTO
2. TRATTAMENTO IMMAGINI
3. METODI GEOFISICI
4. VALORIZZAZIONE SITI ARCHEOLOGICI
5. AMBIENTE COSTIERO
6. VISUALIZZAZIONE DATI

## 1.10 Elenco delle Unità di Ricerca (UR)

| n°            | Responsabile scientifico      | Qualifica                        | Istituzione  | Dip/Ist/Div/Sez   | Mesi/uomo  |
|---------------|-------------------------------|----------------------------------|--|---|------------|
| 1.            | RANIERI<br>Gaetano            | Professore<br>Ordinario          | Università degli Studi di<br>CAGLIARI  | Dip.<br>INGEGNERIA<br>DEL<br>TERRITORIO   | 112        |
| 2.            | COSENTINO<br>Pietro Lucio     | Professore<br>Ordinario          | Università degli Studi di<br>PALERMO   | Dip. CHIMICA<br>E FISICA<br>DELLA TERRA<br>ED<br>APPLICAZIONI<br>ALLE<br>GEORISORSE<br>ED AI RISCHI<br>NATURALI | 113        |
| 3.            | GODIO<br>Alberto              | Ricercatore<br>Universitario     | Politecnico di TORINO  | Dip.<br>GEORISORSE<br>E<br>TERRITORIO   | 107        |
| 4.            | FARANDA<br>Francesco<br>Maria | Coordinatore<br>unità<br>CoNISMa | CONSORZIO<br>NAZIONALE<br>INTERUNIVERSITARIO<br>PER LE SCIENZE DEL<br>MARE (CONISMA) | Unità Locale di<br>Ricerca Univ.<br>Milano-<br>Bicocca  | 95         |
| <b>TOTALE</b> |                               |                                  |  |   | <b>427</b> |

## 1.4 Informazioni generali

|   |      |
|---|------|
| <b>1.4.1 Durata del Progetto di Ricerca</b>                               | 36   |
| <b>1.4.2 Mesi uomo complessivi dedicati al Progetto di Ricerca</b>        | 427  |
| <b>1.4.3 Costo totale del Progetto (KEuro)</b>                            | 1634 |
| <b>1.4.4 Finanziamento richiesto (KEuro)</b>                              | 1010 |
| <b>1.4.5 Numero di contratti triennali per giovani ricercatori</b>        | 5    |
| <b>Costo totale (KEuro)</b>   | 192  |
| <b>1.4.6 Numero di contratti triennali per ricercatori di chiara fama</b> | 0    |
| <b>Costo totale (KEuro)</b>   | 0    |

## 1.5 Soggetto Istituzionale di afferenza del coordinatore

|                                 |   |              |             |                  |                   |
|---------------------------------|---|--------------|-------------|------------------|-------------------|
| <b>Denominazione</b>            | Università degli Studi di CAGLIARI                        |              |             |                  |                   |
| <b>Natura giuridica</b>         | Universita'   |              |             |                  |                   |
| <b>Domicilio fiscale</b>        | DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DEL TERRITORIO- PIAZZA D'ARMI- |              |             |                  |                   |
| <b>CAP</b>                      | 09123   | <b>Città</b> | CAGLIARI    | <b>Provincia</b> | CAGLIARI          |
| <b>Telefono</b>                 | 070-6755173   | <b>Fax</b>   | 070-275281  | <b>Email</b>     | granieri@unica.it |
| <b>Codice fiscale</b>           | 80019600925   | <b>P.IVA</b> | 00443370929 |                  |                   |
| <b>Codice anagrafe ricerche</b> | B179003H  |              |             |                  |                   |

### 1.5.a Legale rappresentante

|                |           |                       |                  |  |            |
|----------------|-----------|-----------------------|------------------|--|------------|
| <b>Cognome</b> | MISTRETTA | <b>Nome</b>           | PASQUALE         | <b>Data di Nascita</b>                                     | 04/09/1932 |
| <b>Sesso</b>   | M         | <b>Codice Fiscale</b> | MSTPQL32P04B354V | <b>Luogo di Nascita</b><br>(città italiana o stato estero) | CAGLIARI   |
|                |           | <b>Provincia</b>      | CAGLIARI         | <b>Nazione</b>   | ITALY      |

## 1.6 Coordinatore scientifico della ricerca (Principal Investigator)

|  |   |                                  |
|--|---|----------------------------------|
| RANIERI  | Gaetano                                   | RNRGTN45L10H892S                 |
| (cognome)  | (nome)                                    | (CF)                             |
| Professore<br>Ordinario  |   | 10/07/1945                       |
| (qualifica)  |   | (data di nascita)                |
| Università degli<br>Studi di CAGLIARI                          | Dip. INGEGNERIA DEL TERRITORIO            |                                  |
| (Istituzione di<br>appartenenza)<br>(art.5, c.1, DM<br>citato) | (Dipartimento/Istituto/Divisione/Settore) | (posizione)                      |
| 070/6755173  | 070/275281                                | granieri@unica.it                |
| (prefisso e telefono)  | (numero fax)                              | (indirizzo posta<br>elettronica) |

## 1.7 Curriculum scientifico

Gaetano Ranieri è attualmente Professore Ordinario di Geofisica Applicata presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Cagliari, per i corsi di studi in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, Ingegneria Civile e Tecnologie per i Beni Culturali. Ha oltre 30 anni di esperienza didattica. Il prof. Ranieri ha più di 25 anni di esperienza nella conduzione di ricerche nel campo della Geofisica Applicata ai diversi campi di Ingegneria. In particolare ha utilizzato i metodi geofisici nel controllo delle strutture, nella riabilitazione dei suoli, nella caratterizzazione dinamica dei terreni, rocce e infrastrutture, nella idrogeologia, nella ricerca mineraria, nella disinfezione delle acque, nella caratterizzazione delle discariche di rifiuti, nella ricerca archeologica e nei controlli non distruttivi sui monumenti.

E' stato Organizzatore e Presidente di sessione di numerosi congressi nazionali e internazionali e referee di alcune riviste internazionali. E' autore di oltre 100 note.

## 1.8 Pubblicazioni scientifiche più significative del Coordinatore della Ricerca

| n° | Pubblicazione  |
|----|--|
| 1. | MARCHISIO M.; RANIERI G. (2000). <b>ON THE ECONOMIC VALUE OF A GEOPHYSICAL SURVEY ON AN ARCHAEOLOGICAL SITE</b> EUROPEAN JOURNAL OF ENVIRONMENTAL AND ENGINEERING GEOPHYSICS. (vol. 5 pp. 91-110) ISSN: 1359-8155/00 |

|    |   |
|----|---|
| 2. | RANIERI G. (2000). <b>TEM-FAST: A USEFUL TOOL FOR HYDRO-GEOLOGISTS AND ENVIRONMENTAL ENGINEERS</b> ANNALI DI GEOFISICA. (vol. 43,N.6 pp. 1147-1159) EDITED BY R.CASSINIS, P.L. COSENTINO AND G. RANIERI.  |
| 3. | BOZZO E.; MERLANTI F.; RANIERI G.; SAMBUELLI L.; FINZI E. (1992). <b>EM-VLF SOUNDINGS ON THE EASTERN HILL AT THE ARCHAEOLOGICAL SITE OF SELINUNTE</b> BOLLETTINO DI GEOFISICA PURA ED APPLICATA. (vol. vol.XXXIV, N.134-135 pp. 169-180) ISSN 0006-6729 |
| 4. | RANIERI G.; GIANI G.P.; FERRERO A.M. (1991). <b>INDAGINI GEOFISICHE SULLE COLONNE DEL DUOMO DI ORVIETO</b> C.N.R. QUADERNI DELL'ITABC - ROMA -. (vol. 1/90 pp. 259-280)   |
| 5. | RANIERI G. (1986). <b>THE APPLICATION OF GEOPHYSICAL METHODS TO RESOLVE A FASCINATING ARCHAEOLOGICAL QUERY</b> PROC. OF 5TH MEETING OF THE ENVIRONMENTAL AND ENGINEERING GEOPHYSICAL SOCIETY ES. vol. BUDAPEST 6-9 /SEPT pp. ArP6 1,2                   |

## 1.9 Titoli scientifici più significativi del Coordinatore della Ricerca

COORDINATORE NAZIONALE DI PROGETTI PRIN DI INTERESSE NAZIONALE 2000-2001 di titolo : Indagini non invasive per la conservazione di strutture monumentali e archeologiche.

COORDINATORE NAZIONALE PROGETTI PRIN DI INTERESSE NAZIONALE 2003-2004 di titolo: Ottimizzazione di metodi micro-geofisici per la stima della vulnerabilità degli edifici nei centri storici.

COORDINATORE NAZIONALE DEL PROGETTO 40% 1995: Metodi geofisici per la difesa del suolo(con particolare riferimento allo studio dei fenomeni di dissesto provocati dall'alluvione del Piemonte.

COORDINATORE NAZIONALE DEL PROGETTO DI INTERESSE NAZIONALE 40%1996:Metodologie geofisiche ad alta risoluzione applicate a problematiche geo-ambientali.

ORGANIZZATORE ED EDITORE DEL PRIMO CONGRESSO INTERNAZIONALE DELLA ENVIRONMENTAL AND ENGINEERING GEOPHYSICAL SOCIETY - European Section- TORINO 1995.

1975-1997 ininterrottamente RESPONSABILE di Unità di Ricerca per progetti CNR.

1990-1996 COORDINATORE del Dottorato di Ricerca Consortile (Politecnico di Torino- Università di Cagliari) in Ingegneria geologico-ambientale.

1995- 2004 MEMBRO del Consiglio Scientifico del Gruppo Nazionale Geofisica della Terra Solida (NGGTS)

1998-2004 MEMBRO del Comitato per le ricerche geotermiche e degli idrocarburi presso il Ministero delle Attività Produttive.

1998-2000 RESPONSABILE di Unità di Ricerca nell'ambito del **Progetto FEDER PROGRESS (PROspezione Geofisica Ricerca E Scavi Selettivi)**dell'Unione Europea.

2002-2003 RESPONSABILE di Missione Scientifica "**Prospezioni geofisiche per l'individuazione delle strutture teatrali di Volubilis (Marocco)**", finanziata dal Ministero Affari Esteri.

1997-1998: RESPONSABILE di Missione Scientifica "**Caratterizzazione dei terreni di fondazione nell'area a forte rischio sismico di Cochabamba - Bolivia**", finanziata dalla Regione Autonoma della Sardegna

1997 e 1998: RESPONSABILE di Missione Scientifica "**Individuazione dei centri termali nell'area di Boku- Rift Valley Etiopia**", finanziata dalla Regione Autonoma della Sardegna

2002: RESPONSABILE della Missione Scientifica "**Individuazione delle strutture di Collegamento tra le chiese di Lalibela- Etiopia**", finanziata dalla Regione Autonoma della Sardegna

2001: RESPONSABILE di Missione Scientifica "Individuazione delle strutture dell'anfiteatro di Volubilis Marocco", finanziata dalla Regione Autonoma della Sardegna.

2000: RESPONSABILE di Missione Scientifica "**Studio dell'intrusione salina e dell'inquinamento delle piane costiere di Tangeri e Tetouan-Marocco**", finanziata dalla Regione Autonoma della Sardegna

2003-2004: RESPONSABILE di Missione Scientifica "**Metodi di individuazione e di disinfezione delle acque per impianti di acquacultura in Egitto**", finanziata dalla Regione Autonoma della Sardegna.

2003-2004: RESPONSABILE di Missione Scientifica "**Gestione delle acque nella fascia costiera di Fortaleza- Brasile**", finanziata dalla Regione Autonoma della Sardegna  
TITOLARE di Sub-contratto per il Progetto INCO "SWIMED" **per lo studio dell'intrusione salina negli acquiferi costieri**, finanziata dalla Unione Europea.

2000: RESPONSABILE di unità di Ricerca per la **ricerca di strutture funerarie nell'area di Pylos e Chora-GRECIA**, finanziata dal Ministero della Ricerca Scientifica.

2001: RESPONSABILE di unità di Ricerca per lo **studio delle possibilità di utilizzo di metodi microgeofisici in acque poco profonde per scopi archeologici**, Università della Georgia-USA, finanziata dal Ministero della Ricerca Scientifica.

2001: RESPONSABILE di unità di Ricerca per la **caratterizzazione geotecnica dell'area urbana di Barcellona- Spagna**, finanziata dal Ministero della Ricerca Scientifica.

2001-2002: PARTNER di Ricerca ITALIA-SPAGNA sull'**Intrusione salina in acquiferi costieri**.

SPAGNA Barcellona  
GEORGIA

## 1.10 Elenco delle Unità di Ricerca (UR)

| n° | Responsabile scientifico               | Qualifica            | Posizione | Istituzione                        | Dip/Ist/Div/Sez                | Mesi/uomo |
|----|--|----------------------|-----------|------------------------------------|--------------------------------|-----------|
| 1. | <a href="#">RANIERI Gaetano</a>        | Professore Ordinario |           | Università degli Studi di CAGLIARI | Dip. INGEGNERIA DEL TERRITORIO | 112       |
| 2. | <a href="#">COSENTINO Pietro Lucio</a> | Professore Ordinario |           | Università degli Studi di PALERMO  | Dip. CHIMICA E FISICA          | 113       |

|               |   |                                  |                     |  |   |            |
|---------------|---|----------------------------------|---------------------|--|---|------------|
|               |   |                                  |                     |  | DELLA TERRA<br>ED<br>APPLICAZIONI<br>ALLE<br>GEORISORSE<br>ED AI RISCHI<br>NATURALI |            |
| 3.            | <a href="#">GODIO<br/>Alberto</a>               | Ricercatore<br>Universitario     |                     | Politecnico di TORINO  | Dip.<br>GEORISORSE<br>E<br>TERRITORIO   | 107        |
| 4.            | <a href="#">FARANDA<br/>Francesco<br/>Maria</a> | Coordinatore<br>unità<br>CoNISMa | Vice-<br>Presidente | CONSORZIO<br>NAZIONALE<br>INTERUNIVERSITARIO<br>PER LE SCIENZE DEL<br>MARE (CONISMA) | Unità Locale di<br>Ricerca Univ.<br>Milano-<br>Bicocca                              | 95         |
| <b>TOTALE</b> |   |                                  |                     |  |   | <b>427</b> |

## 1.11 Breve descrizione delle Unità di Ricerca

L'unità di ricerca di Cagliari, inserita in una scuola di Ingegneria, è essenzialmente costituita da personale strutturato che ha una lunga esperienza sull'uso di metodologie geofisiche applicate nei diversi campi dell'ingegneria ambientale e nella tutela di beni culturali. Il campo preferenziale di ricerca è lo sviluppo metodologico con metodi di ricerca operativa, con lo studio e la realizzazione di prototipi, con snellimento e ottimizzazione delle fasi di misura. Il gruppo ha pochi uguali in campo europeo, per numero, affiatamento, efficienza. Non trascurabile è anche l'approccio teorico sulla rappresentatività delle informazioni. Per questa parte l'Unità tradizionale è integrata da esperti nel settore informatico, dell'elettronica delle comunicazioni e delle analisi di immagini. L'unità si avvarrà anche, per operazioni particolari, delle collaborazioni di società giovanili, nate in stretto contatto con il gruppo di ricerca.

L'Unità interverrà praticamente in tutte le fasi della ricerca, ma avrà il compito precipuo di sviluppare metodi di trattamento delle immagini fotografiche e , nel campo geofisico, di realizzare metodi elettrici e sismici di misura continua a terra e di adeguare gli stessi sistemi di misura a mare.

Le esperienze maturate all'estero, dove l'unità è intervenuta con successo nel campo archeologico. I buoni rapporti con i ricercatori di altri Paesi del Mediterraneo e i numerosi accordi scientifici sottoscritti proprio per le aree dove è previsto l'intervento, sono garanzia di buona riuscita del progetto.

L'unità di Palermo, inserita in una scuola di Scienze Fisiche e Geologiche, ha una connotazione molto giovanile. I numerosi borsisti, assegnisti, dottorandi, rappresentano un punto di forza dell'unità e testimoniano l'impegno didattico nel campo ambientale e delle risorse culturali.

I campi di ricerca dell'unità sono essenzialmente quelli dello sviluppo metodologico dei metodi microgeofisici , che ha anche prodotto realizzazioni di prototipi e dello sviluppo di algoritmi di interpretazione, con produzione di software originale. I metodi sviluppati



sono quelli georadar e quelli elettrici. Particolarmente importante appaiono i tentativi di realizzazione di tomografie elettriche tridimensionali.

L'unità parteciperà anche allo sviluppo della parte conclusiva del progetto, e in modo particolare curerà l'aspetto di fruibilità del bene.

L'unità del Politecnico di Torino, anch'essa molto giovane è una delle più attive nel panorama nazionale. Ha sviluppato la ricerca in più direzioni, sia verso gli aspetti pratici (applicabilità di metodi in condizioni particolari, qualità dell'informazione) sia verso gli aspetti teorici (inversione di dati magnetici ed elettromagnetici, algoritmi per tomografia elettrica in corrente alternata), sia, ancora, verso i collegamenti con altre discipline quali l'elettronica e l'informatica.

Il gruppo ha ottenuto ottimi risultati nei molti campi in cui si è cimentato.

In questo progetto avrà il compito di sviluppare metodi di elaborazione del segnale geofisico, essenzialmente magnetico ed elettromagnetico multifrequenza per una interpretazione più raffinata e per una visualizzazione organizzata del dato numerico.

L'unità parteciperà anche alla fase finale, che prevede appunto un'uscita grafica dell'insieme dei dati per una maggiore fruibilità e in ultima analisi per una valorizzazione ancor prima dello scavo.

Il CoNISMa – Consorzio Interuniversitario per le Scienze del Mare, è un consorzio fra 28 Università italiane, che si propone di promuovere e coordinare le ricerche e le altre attività scientifiche e applicative nel campo delle Scienze del Mare tra le Università consorziate favorendo, da un lato, collaborazioni tra Università, altri Enti di ricerca, Enti locali e territoriali e Industrie e, dall'altro, il loro accesso e la loro eventuale partecipazione alla costituzione e gestione di laboratori esteri o internazionali operanti nel campo delle Scienze del Mare. Al CoNISMa aderiscono oltre 650 persone, tra docenti, ricercatori e tecnici. Nell'ambito di questo progetto, il CoNISMa interviene con due unità di ricerca distinte: una presso l'Università di Milano Bicocca, l'altra presso l'Università di Palermo. L'unità presso Bicocca si occuperà specificamente dello sviluppo ed implementazione delle tecniche di sismica leggera a mare, in acque poco profonde. A questo scopo verranno dedicate tre unità di personale strutturato ed una unità di personale con contratto a termine dedicato a tempo pieno al progetto. Lo sviluppo del prototipo di mezzo marino ultraleggero per le operazioni in acque poco profonde, equipaggiato con CHIRP, Side Scan Sonar e Multibeam, avverrà in collaborazione fra l'unità di Bicocca e le strutture centrali del CoNISMa. L'unità presso l'Università di Palermo sarà dedicata allo sviluppo di metodologie di remote sensing satellitare mirate a (1) la definizione di un Digital Terrain Model che incorpori la zona emersa e quella in acque marine poco profonde, in modo da ottenere una base di partenza digitale unificata, necessaria per l'integrazione di tutti i dati, a terra ed a mare, successivamente raccolti; (2) alla identificazione preliminare delle aree da investigare tramite indagine diretta delle immagini satellitari.

# Le Unità di Ricerca

## Unità di Ricerca n. 1

### 1.1 Descrizione della struttura e dei compiti dell'Unità di Ricerca

L'unità di ricerca è essenzialmente costituita dal seguente personale strutturato a tempo indeterminato:

prof. Gaetano Ranieri, prof. Gian Piero Deidda, prof. Daniele Giusto, prof. Fabio Roli, geom. Luigi Sollai, sig. Luigi Noli, sig. Giampiero Casti, sig. Avelino Mario Sitzia, Sig. Gianni Uda, Sig. Maurizio Serci, Sig. Antonello Lai. Essa si avvarrà inoltre della collaborazione di:

dott. Enrico Pieroni responsabile area Imaging e Numerical Geophysics del CRS4 centro ricerche della Sardegna;

Ditta PRO.DIGI Sas, società giovanile per i rilievi subacquei e la produzioni digitale in ambiente marino;

Ditta DELFIS S.r.l. società esperta nella produzione di software per la divulgazione di soggetti archeologici;

Ditta So.In.Geo. Sas, società giovanile per rilievi topografici e geofisici;

prof. Ettore Cardarelli, Università di Roma 1, esperto nella inversione di dati tomografici.

Nella presente ricerca sarà impiegata la seguente strumentazione posseduta dall'Unità di Ricerca:

Georesistivimetro MGS256 della GF Instrument di Brno (Repubblica Ceca) a 256 elettrodi.

Georesistivimetro Syscal Pro della Iris di Orleans (Francia) 48 elettrodi

Magnetometro al potassio GSMP 30 della GEM (Usa)

Apparato sismico ABEM Mark VI di Stoccolma (Svezia) 48 canali,

che dovrà essere opportunamente integrata per un uso in continuo sia a terra che a mare; da strumentazioni per il rilievo infrarosso da supporto aereo ravvicinato, da strumentazione per il rilievo a mare 3D, in acque poco profonde, e da ulteriori canali per l'apparato SYSCAL Pro, per eseguire tomografie nella zona di battigia con un numero di elettrodi adeguato (almeno 192).

L'unità di ricerca curerà i seguenti aspetti.

1) ANALISI PRELIMINARE dei siti da eseguire attraverso l'analisi di immagini satellitari, di immagini aeree, remote o ravvicinate e opportunamente filtrate. L'unità ha già ottenuto importanti risultati nell'uso di una sequenza metodologica per lo screening delle aree di interesse archeologico, su cui intervenire successivamente con metodi geofisici. In particolare sarà data enfasi all'integrazione tra i dati a mare e quelli a terra per la definizione dell'ambito urbanistico complessivo;

2) ACQUISIZIONE veloce a terra di dati elettrici, sismici e magnetici e perciò con adeguamento della strumentazione posseduta e con la realizzazione di prototipi.

Verranno sperimentati sistemi di acquisizione di dati elettrici in modo quasi-continuo, utilizzando contatti galvanici rotanti, opportunamente trascinati; sistemi trascinabili per la misura delle velocità delle onde sismiche e per l'acquisizione di dati magnetici;

3) L'ADEGUAMENTO della strumentazione per un uso continuo a mare in acque poco

profonde, di dati elettrici e magnetici e INTEGRAZIONE con i dati a terra. Verranno applicati nuovi modi di acquisizione in continuo a mare con trascinamento dell'array di elettrodi , sia sulla superficie (con galleggianti) che sul fondo. Per questa fase sarà necessario disporre di collaboratori abilitati alle immersioni;

4)LA RICOSTRUZIONE 3D dei dati geofisici, attraverso l'ottimizzazione delle procedure di interpolazione dei dati e l'integrazione con le analisi fotografiche.

Verranno applicati metodi di interpolazione 3D utilizzando il programma commerciale EVS implementato nella versione Pro che utilizza diversi algoritmi di interpolazione di dati diversi : elettrici (resistività apparente e resistività vera), magnetici (campo e gradiente del campo) e sismici (velocità delle onde P. Saranno implementati gli algoritmi per una rappresentazione congiunta di dati di diverso significato fisico con successiva cross-validazione dell'insieme.

5)LA VISUALIZZAZIONE dei risultati per una valorizzazione del sito. Si pensa di realizzare uscite grafiche per filmati dell'ambiente terrestre e marino e degli eventuali scavi eseguiti, integrati con la rappresentazione dinamica dei dati digitali delle acquisizioni elettriche, magnetiche e sismiche . Tali uscite oltre a costituire un formidabile supporto per l'ottimizzazione dello scavo, consentiranno una fruizione diretta anche da parte di non addetti ai lavori e perciò potrebbero rappresentare da sole un sistema di valorizzazione dei siti. I formati finali saranno standard, per permettere comunque una divulgazione attraverso CD.

## 1.2 Responsabile Scientifico dell'Unità di Ricerca

|  |   |                                  |
|--|---|----------------------------------|
| RANIERI  | Gaetano                                   | RNRGTN45L10H892S                 |
| (cognome)  | (nome)                                    | (CF)                             |
| Professore<br>Ordinario  |   | 10/07/1945                       |
| (qualifica)  |   | (data di nascita)                |
| Università degli<br>Studi di CAGLIARI                          | Dip. INGEGNERIA DEL TERRITORIO            |                                  |
| (Istituzione di<br>appartenenza)<br>(art.5, c.1, DM<br>citato) | (Dipartimento/Istituto/Divisione/Settore) | (posizione)                      |
| 070/6755173  | 070/275281                                | granieri@unica.it                |
| (prefisso e telefono)  | (numero fax)                              | (indirizzo posta<br>elettronica) |

### 1.2.a Soggetto Istituzionale di afferenza del responsabile di unità

Vedi Punto 1.5 del Modello A

## 1.2.b Legale rappresentante

Vedi Punto 1.5.a del Modello A

## 1.3 Curriculum scientifico del Responsabile Scientifico dell'Unità di Ricerca

Vedi 1.7 del Modello A

## 1.4 Pubblicazioni scientifiche più significative del Responsabile Scientifico dell'Unità di Ricerca

Vedi 1.8 del Modello A

## 1.4.a Titoli scientifici più significativi del Responsabile Scientifico dell'Unità di Ricerca

Vedi 1.9 del Modello A

## 1.5 Risorse umane da impegnare nelle attività dell'Unità di Ricerca

### 1.5.1 Personale della sede dell'Unità di Ricerca

| n° | Cognome<br>Nome      | Università/Istituzione                | Dipartimento/Istituto                     | Qualifica                          | Mesi/uomo | Costo<br>(k€) |
|----|----------------------|---------------------------------------|---|------------------------------------|-----------|---------------|
| 1. | DEIDDA<br>Gian Piero | Università degli Studi<br>di CAGLIARI | INGEGNERIA DEL<br>TERRITORIO              | Prof. Associato                    | 3         | 6             |
| 2. | GIUSTO<br>Daniele    | Università degli Studi<br>di CAGLIARI | INGEGNERIA<br>ELETTRICA ED<br>ELETTRONICA | Prof. Ordinario                    | 1         | 4             |
| 3. | RANIERI<br>Gaetano   | Università degli Studi<br>di CAGLIARI | INGEGNERIA DEL<br>TERRITORIO              | Prof. Ordinario                    | 6         | 27            |
| 4. | ROLI Fabio           | Università degli Studi<br>di CAGLIARI | INGEGNERIA<br>ELETTRICA ED<br>ELETTRONICA | Prof. Ordinario                    | 1         | 4             |
| 5. | CASTI<br>GIAMPIERO   | Università degli Studi<br>di CAGLIARI | INGEGNERIA DEL<br>TERRITORIO              | TECNICO<br>D1/SQUADRA<br>GEOFISICA | 2         | 4             |
| 6. | LAI<br>ANTONIO       | Università degli Studi<br>di CAGLIARI | INGEGNERIA DEL<br>TERRITORIO              | TECNICO<br>C3/SQUADRA<br>GEOFISICA | 2         | 4             |
| 7. | NOLI LUIGI           | Università degli Studi<br>di CAGLIARI | INGEGNERIA DEL<br>TERRITORIO              | TECNICO<br>C3/SQUADRA<br>GEOFISICA | 2         | 4             |

|               |                      |                                    |                                   |                                 |           |           |
|---------------|----------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-----------|-----------|
| 8.            | SERCI MAURIZIO       | Università degli Studi di CAGLIARI | INGEGNERIA DEL TERRITORIO         | TECNICO C3/ASS.GEOFISICO        | 2         | 4         |
| 9.            | SITZIA AVELINO MARIO | Università degli Studi di CAGLIARI | INGEGNERIA DEL TERRITORIO         | TECNICO C5/RIPRESE FOTOGRAFICHE | 2         | 4         |
| 10.           | UDA GIANNI           | Università degli Studi di CAGLIARI | INGEGNERIA DEL TERRITORIO         | TECNICO C3/ASS.SUBACQUEO        | 1         | 2         |
| 11.           | DEIANA RITA          | PALERMO                            | GEOCHIMICA E FISICA DELL'AMBIENTE | Borsista                        | 1         | 1         |
| <b>TOTALE</b> |                      |                                    |                                   |                                 | <b>23</b> | <b>64</b> |

### 1.5.2.a Personale a contratto da destinare a questa specifica proposta progettuale

| n°            | Qualifica   | Tipologia                                 | Mesi/uomo | Costo (k€) |
|---------------|---|---|-----------|------------|
| 1.            | SOCIETA' DI INGEGNERIA , TOPOGRAFIA E GEOFISICA                   | Consulenza                                | 2         | 8          |
| 2.            | SOCIETA' ESPERTA IN IMMERSIONI, RILIEVO E RIPRESE SUBACQUEE       | Consulenza                                | 5         | 20         |
| 3.            | SOCIETA' ESPERTA IN REALIZZAZIONI DI SOFTWARE DI VISUALIZZAZIONE. | Consulenza                                | 3         | 9          |
| 4.            | INGEGNERE ELETTRONICO   | Lavoro subordinato a tempo det.(parziale) | 4         | 6          |
| 5.            | INGEGNERE AMBIENTALE  | Lavoro subordinato a tempo det.(parziale) | 4         | 6          |
| 6.            | ESPERTO IN GEOFISICA NUMERICA                                     | Consulenza                                | 3         | 8          |
| 7.            | GEOFISICO ESPERTO IN INVERSIONI TOMOGRAFICHE                      | Consulenza                                | 2         | 5          |
| <b>TOTALE</b> |   |   | <b>23</b> | <b>62</b>  |

### 1.5.2.b Contratti triennali da destinare a questa specifica proposta progettuale

| n°            | Qualifica                    | Tipologia                          | Mesi/uomo | Costo (k€) |
|---------------|------------------------------|------------------------------------|-----------|------------|
| 1.            | ASSEGNISTA                   | Contr. triennale per giov. ricerc. | 33        | 35         |
| 2.            | BORSA DOTTORATO IN GEOFISICA | Contr. triennale per giov. ricerc. | 33        | 34         |
| <b>TOTALE</b> |                              |                                    | <b>66</b> | <b>69</b>  |

### 1.5.3 Mesi uomo complessivi dedicati alle attività proposte

|   | Numero | Mesi/uomo | Costo (k€) |
|---|--------|-----------|------------|
| <b>1.5.1 Personale della sede dell'Unità di Ricerca</b>                                   | 11     | 23        | 64         |
| <b>1.5.2.a Personale a contratto da destinare a questa specifica proposta progettuale</b> | 7      | 23        | 62         |
| <b>1.5.2.b Contratti triennali da destinare a questa specifica proposta progettuale</b>   | 2      | 66        | 69         |

### 1.6 Descrizione delle attrezzature già disponibili ed utilizzabili e/o da acquistare per la ricerca proposta

| n° | Anno di acquisizione | Descrizione (italiano)                         | Descrizione (inglese)             | Valore presunto (KEuro) | Percentuale di utilizzo per le attività proposte |
|----|----------------------|--|-----------------------------------|-------------------------|--|
| 1. | 2004                 | RESISTIVIMETRO IRIS SYSCAL PRO 48              | IRIS SYSCAL PRO 48 RESISTIVIMETER | 20                      | 20%  |
| 2. | 2002                 | MAGNETOMETRO AL POTASSIO GEM GSMP30            | GEM GSMP30 POTASSIUM MAGNETOMETER | 20                      | 20%  |
| 3. | 2003                 | GEORADAR GSSI SIR 3000                         | GSSI SIR 3000 GEORADAR            | 15                      | 20%  |
| 4. | 2002                 | GEORESISTIVIMETRO GF BRNO MGS 256              | MGS 256 GF BRNO GEORESISTIVIMETER | 10                      | 10%  |
| 5. | 2001                 | SOFTWARE DI VISUALIZZAZIONE CTECH EVS STANDARD | EVS PRO VISUALISATION SOFTWARE    | 6                       | 40%  |

|     |      |  |   |    |     |
|-----|------|--|---|----|-----|
| 6.  | 2003 | SOFTWARE DI INVERSIONE DATI ELETTRICI RESINV                       | RESINV SOFTWARE ELECTRICAL TOMOGRAPHY                               | 5  | 70% |
| 7.  | 2000 | SISMOGRAFO ABEM MARK VI 48 CANALI                                  | 48 CHANNELS ABEM MARK VI SEISMOGRAPH                                | 15 | 10% |
| 8.  | 2005 | TELECAMERA INFRAROSSI A GRANDE FOCAL                               | LONG DISTANCE INFRARED CAMERA                                       | 20 | 20% |
| 9.  | 2005 | SOFTWARE TRATTAMENTO E VISUALIZZAZIONE DATI RADAR 3D GSSI RADAN 10 | GSSI RADAN 3D-PROCESSING AND VISUALISATION GEORADAR DATA SOFTWARE   | 4  | 60% |
| 10. | 2005 | 1 SWITCH SYSCAL PRO PER AUMENTO CANALI APPARATO ELETTRICO          | TWO SYSCAL PRO SWITCH TO INCREASE THE CHANNEL NUMBER FOR SYSCAL PRO | 12 | 20% |
| 11. | 2005 | IMPLEMENTAZIONE SOFTWARE POSSEDUTI                                 | EXISTING SOFTWARE IMPLEMENTATION                                    | 8  | 20% |
| 12. | 2005 | 2 PC PORTATILI PER ACQUISIZIONE IN CAMPAGNA E WORKSTATION          | TWO NOTEBOOKS FOR FIELD ACQUISITION AND WORKSTATION                 | 8  | 30% |
| 13. | 2005 | CAVI PER TOMOGRAFIE ELETTRICHE E ACQUISIZIONE SISMICA IN ACQUA     | CABLES PROOF FOR ELECTRICAL TOMOGRAPHY AND SEISMIC ACQUISITION      | 5  | 30% |

## 1.7 Spese complessive dell'Unità di Ricerca

| Voce di spesa (DM. 199 Ric. del 08/03/01; art.6, c.6)   | Spesa (KEuro) | Note  |
|---|---------------|---|
| <b>Spese di personale (*)</b>   | 126           | L'IMPEGNO E' COMPUTATO PER I TRE ANNI. IL PERSONALE SARA' DIVISO IN SQUADRE PER I DIVERSI TIPI DI RILIEVO   |
| <b>Spese generali direttamente imputabili all'attività di ricerca nella misura forfettizzata del 60% del costo del personale (compreso quello relativo ai</b> | 117           | SPESE VIAGGI E MISSIONI NEI QUATTRO SITI PRESCELTI, CON ATTREZZATURE E QUINDI TRASFERIMENTO ANCHE CON ADEGUATI MEZZI DI TRASPORTO DA NOLEGGIARE.ESSE SONO RIFERITE A VIAGGI PER RICOGNIZIONE, PER RILIEVI GEOFISICI(COMPLESSIVAMENTE PER 300 GIORNATE DI MISSIONE), PER RILIEVI |

|   |            |  |
|---|------------|--|
| <b>ricercatori)</b>   |            | TOPOGRAFICI (50 GIORNATE), PER ANALISI DEI DATI (300 GIORNATE), PER ACQUISIZIONE E ANALISI FOTO AEREE, PER ANALISI RILIEVO REMOTE E NEAR SENSING (100 GIORNATE), PER L'ADEGUAMENTO STRUMENTI PER L'USO IN CONTINUO SIA A TERRA CHE IN MARE (40 GIORNATE), PER MATERIALE FOTOGRAFICO, PER STAMPA, PER PAGINE WEB, PER RELAZIONI, TELEFONO, FAX, POSTALI E MINORI, PER ORGANIZZAZIONE WORKSHOP, PER IMPOSTAZIONE DI CENTRO DI STUDIO MEDITERRANEO TECNOLOGIE AVANZATE BENI CULTURALI, PER AMMINISTRAZIONE. |
| <b>Spese per giovani ricercatori e ricercatori di chiara fama internazionale</b>  | 69         | E' PREVISTA L'ISTITUZIONE DI UNA BORSA TRIENNALE PER LA PARTECIPAZIONE AD UN DOTTORATO DI RICERCA E DI UN ASSEGNO DI RICERCA   |
| <b>Spese per l'acquisizione di attrezzature, limitatamente alle quote impiegate per lo svolgimento dell'attività oggetto del progetto</b>             | 77         | E' NECESSARIO UN AGGIORNAMENTO DEI SOFTWARE E DELLA STRUMENTAZIONE POSSEDUTI. CAMERA MULTISPETTRALE PER TELERIPRESE.   |
| <b>Spese per stages e missioni all'estero di ricercatori coinvolti nel progetto</b>   | 20         | CORSI DI FORMAZIONE, MISSIONI PER RAPPORTI INTERNAZIONALI E PER MASTER E CONFERENZE IN DIVERSI AMBITI  |
| <b>Costo dei servizi di consulenza e simili utilizzati per l'attività di ricerca</b>  | 62         | SPESE PER CONSULENZA DI PROFESSIONISTI O SOCIETA' DI RICERCA NEL CAMPO DELLA INFORMATICA, DEL RILIEVO GEOFISICO, NELLA VISUALIZZAZIONE DATI E PER LE RIPRESE E L'ASSISTENZA AL RILIEVO SUBACQUEO   |
| <b>Altri costi di esercizio (ad es. costo dei materiali, delle forniture e dei prodotti analoghi) direttamente imputabili all'attività di ricerca</b> | 20         | CARBURANTE, NOLI, ASSICURAZIONI, CARNET ATA  |
| <b>TOTALE</b>   | <b>491</b> |  |

(\*) = ricercatori, tecnici ed altro personale adibito all'attività di ricerca, dipendente dal soggetto proponente e/o in rapporto subordinato a termine e/o di collaborazione



coordinata e continuativa, ivi inclusi dottorati, assegni di ricerca e le borse di studio che prevedevano attività di formazione attraverso la partecipazione al progetto.

**Incidenza (in %) del costo della UR sul costo totale della proposta progettuale 30%**

## **Costo complessivo della Proposta Progettuale**

|   | <b>A carico del MIUR</b> | <b>A carico del Proponente</b> | <b>TOTALE</b> |
|---|--------------------------|--------------------------------|---------------|
| <b>Costo delle attività di ricerca</b>                            | 296                      | 126                            | <b>422</b>    |
| <b>Costo dei contratti triennali (giovani ricercatori)</b>        | 69                       |                                | <b>69</b>     |
| <b>Costo dei contratti triennali (ricercatori di chiara fama)</b> |                          |                                | <b>0</b>      |
| <b>Costo complessivo della Proposta Progettuale</b>               | 365                      | 126                            | <b>491</b>    |

**1.8 Certifico la dichiarata disponibilità al cofinanziamento previsto: SI**

### **Unità di Ricerca n. 2**

## **1.1 Descrizione della struttura e dei compiti dell'Unità di Ricerca**

La struttura dell'Unità operativa di Palermo (presso il Dipartimento CFTA, Sezione Geofisica) è composta da:

Pietro Lucio Cosentino e Sergio Deganello, P.O.

Raffaele Martorana e Vincenzo Sanfratello, assegnisti

Santino Pellerito, Paolo Messina, Gianluca Fiandaca, Loredana Romano, Patrizia Capizzi, dottorandi

Questa unità operativa si caratterizza anche per il lavoro di formazione di giovani ricercatori, nel quale il responsabile ha lunga esperienza.

La principale strumentazione disponibile presso il Dipartimento CFTA comprende:

- Sismografo Terraloc MK6 ABEM,48 canali, vari tipi di sorgenti e di detectors (per rifrazione e riflessione, piezoelettrici);
- Microresistivimetro MRS-256 della GF Instruments, 256 canali d'acquisizione;
- Georadar SIR system 2 e SIR3000 GSSI, con antenne 40, 100, 200, 400 (n°2), 900,

1000, 1600 MHz;

- Sistema elettromagnetico Zonge con 6 canali, a bassa frequenza per l'esecuzione di TDEM;
- Termocamera P40 della FLIR System ad alta risoluzione, per il medio infrarosso;
- Raggi X (Diffrattometria, Camere alle polveri e Camere a cristallo singolo);
- Apparecchiatura SEM;
- Fluorescenza a raggi X;
- N. 4 Microscopi ottici (Axiomat + microscopi polarizz. e stereoscopici);
- Spettrometro di massa.

La strumentazione che sarà adoperata per questo progetto è elencata nel paragrafo 1.6.

I siti archeologici da studiare con metodi geofisici sono i seguenti:

- Forum di Lixus, in Mauretania Tingitana (Regno del Marocco);
- Neapolis ad Oristano (Italia);
- Pollentia, in Alcudia nell'isola di Maiorca (Spagna);
- Baia di Voudoikilia (Grecia);
- Volimidhia (Grecia);
- Peristeria (Grecia).

Le metodologie proposte per lo studio delle aree in esame, prevedono misure di:

- GPR - tomografia georadar con elaborazione dei dati e restituzione attraverso pseudo-depth slices,
- tomografia elettrica multicanale,
- magnetometriche,
- elettromagnetometriche,
- TDEM,
- termografiche,
- mineralogiche e strutturali.

Lo scopo della ricerca non è solo quello della conoscenza dei reperti archeologici sepolti in terra ed in mare, ma è anche quello di ottimizzare una restituzione 3D dei rilievi effettuati, per consentire una gestione sociale dei dati anche prima degli scavi, finalizzandola ad una fruizione museale, reale e/o virtuale.

Il georadar è uno tra i più nuovi sistemi utilizzati nelle indagini geofisiche dei terreni. I campi di applicazione sono vari: può essere usato con successo sia per l'individuazione di strutture geologiche sia per la localizzazione di superfici freatiche, di cavità carsiche, per indagini archeologiche, e per quant'altro implichi la conoscenza di differenziazioni nei materiali del sottosuolo a profondità limitata. Le misure verranno effettuate con due sistemi GPR della GSSI. I sistemi sono costituiti di un'unità di controllo (SIR SYSTEM-2 e SIR3000) e di antenne a diversa frequenza. A disposizione della ricerca vi sono otto antenne caratterizzate da frequenze di 40 MHz, 100 MHz, 200 MHz, 900 MHz, 1000 MHz e 1600 MHz e due antenne da 400 MHz. Queste ultime sono le più appropriate per indagini di tipo archeologico (per le profondità che si intendono raggiungere) e permetteranno anche acquisizioni in modalità bistatica; l'antenna da 900 MHz consentirà di raggiungere un maggior dettaglio d'indagine, seppure per profondità d'indagine ridotte. La restituzione grafica dei profili radar con la tecnica delle time-slices o depth-slices è già utilizzata in molte applicazioni Georadar. Tale tecnica rappresenta una delle possibilità applicative per eseguire la tomografia per riflessione.

Questa tecnica permetterà di ricostruire, mediante sezioni orizzontali, l'andamento planimetrico delle riflessioni prodotte dalle discontinuità elettromagnetiche del

sottosuolo. Essa si è rivelata un ottimo ausilio nelle indagini finalizzate alla localizzazione di strutture sepolte (ricerche archeologiche), fornendo un'immagine della loro geometria planare, mostrandone anche le variazioni con la profondità. Acquisendo i dati sperimentali lungo un tracciato di profili tra loro ortogonali, dopo le normali operazioni di normalizzazione, migrazione e filtraggio del rumore si costruisce un reticolo, i cui nodi hanno particolari riferimenti topografici. La costruzione delle time-slices permetterà, quindi, di ottenere un modello 3D del sottosuolo, da cui si può facilmente desumere l'ubicazione delle principali anomalie riscontrate e passare al controllo diretto, dopo aver progettato una opportuna campagna di scavi.

La tomografia elettrica ad alta risoluzione verrà effettuata grazie al microresistivimetro MRS-256 della GF Instruments (Brno). Questo strumento permette l'acquisizione simultanea di 256 misure di potenziale. Utilizzando una maglia quadrata di 50 cm è possibile ottenere tomografie di circa 10x10 m con profondità indagate di almeno 8 m. I dati verranno analizzati utilizzando sia il metodo della back-projection sia tecniche di inversione (software RES2DINV e RES3DINV del dott. Loke). Per le indagini eseguite sul terreno verranno adoperati elettrodi convenzionali, in rame o in ferro, mentre per le tomografie elettriche a piccola scala su superfici delicate si prevede l'utilizzo di elettrodi particolari, simili a quelli usati in medicina per l'elettrocardiogramma (ECG), con resistenze di contatto dell'ordine di 0.5 – 5 MOhm. Questa tecnica tomografica è stata ottimizzata per la configurazione elettrodica chiamata griglia di resistività. In questa configurazione gli elettrodi di potenziale sono disposti lungo una griglia a maglie quadrate mentre gli elettrodi di corrente vengono disposti esternamente alla griglia, lungo una o più direzioni e a distanza variabile. Le misure di ddp vengono prese tra ogni elettrodo ed un elettrodo di riferimento, cosicché è possibile calcolare le ddp tra coppie di elettrodi adiacenti, lungo direzioni parallele a quella del dipolo di corrente. Anche in questo caso verranno prodotte immagini 3D per una migliore visualizzazione e localizzazione delle anomalie individuate.

Verranno effettuate anche misure elettriche, magnetometriche ed elettromagnetometriche con un tipo di restituzione ormai standardizzato.

Ci proponiamo inoltre di effettuare una serie di analisi comparative, anche per i dati acquisiti da altre Unità Operative, utilizzando la metodologia TDEM e acquisizioni termografiche.

Le prime verranno effettuate utilizzando una strumentazione a 6 canali della Zonge, con un transmitter a 3 kW. Per l'acquisizione d'immagini termiche verrà utilizzata la termocamera P40 della FLIR Systems, per il medio infrarosso.

Infine ci proponiamo di effettuare una serie di analisi comparative nei nostri laboratori usando misure di microgeofisica (elettrica e GPR) ed analisi strutturali (microscopiche) sui più interessanti reperti archeologici. Per calibrare correttamente i dati GPR, prevediamo inizialmente di sistematizzare i risultati usando tecniche di microscopia ottica ed elettronica (a scansione [SEM] ed a trasmissione [TEM]). Tali studi saranno integrati da analisi diffrattometriche ai raggi X usando radiazione al CuK $\alpha$  monocromatizzata con monocromatore a grafite. Tali discriminanti, unitamente a possibili discriminanti di ordine-disordine a livello atomico ed ai risultati di controlli composizionali, da eseguirsi primariamente usando tecniche di microanalisi ai raggi X, sia in condizioni di dispersione d'onda che di energia (EDS e WDS), forniranno un controllo identificativo e comparativo di particolare sofisticatezza. Gli studi dei valori della cella atomica e strutturali si baseranno su tecniche di raffinamento di tipo Rietveld. Si useranno principalmente un diffrattometro (Philips) e delle camere di tipo Gandolfi e/o Guinier. Le analisi EDS verranno condotte usando la piattaforma (Oxford-

Link 5431) di un microscopio a scansione (Cambridge Steroscan 360); per le analisi WDS si ricorrerà, invece, all'uso di una microsonda Cameca – Camebax.

## 1.2 Responsabile Scientifico dell'Unità di Ricerca

|  |   |                                  |
|--|---|----------------------------------|
| COSENTINO  | Pietro Lucio  | CSNPTR41M30G273Q                 |
| (cognome)  | (nome)  | (CF)                             |
| Professore<br>Ordinario  |   | 30/08/1941                       |
| (qualifica)  |   | (data di nascita)                |
| Università degli<br>Studi di<br>PALERMO                        | Dip. CHIMICA E FISICA DELLA TERRA<br>ED APPLICAZIONI ALLE GEORISORSE<br>ED AI RISCHI NATURALI |                                  |
| (Istituzione di<br>appartenenza)<br>(art.5, c.1, DM<br>citato) | (Dipartimento/Istituto/Divisione/Settore)   | (posizione)                      |
| 091/6169703  |   | pietro.cosentino@unipa.it        |
| (prefisso e<br>telefono)                                       | (numero fax)  | (indirizzo posta<br>elettronica) |

### 1.2.a Soggetto Istituzionale di afferenza del responsabile di unità

|                                 |                                   |              |             |                  |                           |
|---------------------------------|-----------------------------------|--------------|-------------|------------------|---------------------------|
| <b>Denominazione</b>            | Università degli Studi di PALERMO |              |             |                  |                           |
| <b>Natura giuridica</b>         | Universita'                       |              |             |                  |                           |
| <b>Domicilio fiscale</b>        | VIA ARCHIRAFI, 36 – 90123 PALERMO |              |             |                  |                           |
| <b>CAP</b>                      | 90123                             | <b>Città</b> | PALERMO     | <b>Provincia</b> | PALERMO                   |
| <b>Telefono</b>                 | 0916169703                        | <b>Fax</b>   | 0916177580  | <b>Email</b>     | pietro.cosentino@unipa.it |
| <b>Codice fiscale</b>           | 80023730825                       | <b>P.IVA</b> | 00605880822 |                  |                           |
| <b>Codice anagrafe ricerche</b> |                                   |              |             |                  |                           |

### 1.2.b Legale rappresentante

|         |         |                |                  |   |                  |
|---------|---------|----------------|------------------|---|------------------|
| Cognome | VALENZA | Nome           | MARIANO          | Data di Nascita                                     | 04/08/1947       |
| Sesso   | M       | Codice Fiscale | VLNMRN47M04G511H | Luogo di Nascita<br>(città italiana o stato estero) | PETRALIA SOTTANA |
|         |         | Provincia      | PALERMO          | Nazione   | ITALY            |

### 1.3 Curriculum scientifico del Responsabile Scientifico dell'Unità di Ricerca

Curriculum breve

Prof. Pietro Cosentino (nato a Palermo il 30/08/1941)  
residente a Palermo, via XX Settembre 11.

ATTIVITA' DIDATTICA

Assistente ordinario dal 1971 al 1982

Prof. incaricato stabilizzato dal 1974 al 1982 (di Fisica Terrestre e di Geofisica Mineraria)

Prof. associato di Geofisica Mineraria dal 1983 al 1987

Prof. ordinario di Geofisica Applicata dal 1987 ad oggi

Docente di Sismologia dal 1989 ad oggi

Docente di Geofisica Ambientale dal 1999-2000

ATTIVITA' DI RICERCA

Autore di 93 lavori stampati su riviste nazionali ed internazionali nei seguenti campi:  
Geofisica Applicata all'ingegneria ed all'ambiente con l'utilizzazione di metodi esplorativi geoelettrici, sismici, magnetici, elettromagnetici

Problematiche principali affrontate:

Valutazione rischi geologici,

Studio dei precursori e monitoraggio di terremoti ed eruzioni,

Reperimento e tutela delle risorse naturali,

Problematiche ambientali e di ingegneria civile,

Ricerche geofisiche per l'Archeologia,

### 1.4 Pubblicazioni scientifiche più significative del Responsabile Scientifico dell'Unità di Ricerca

| n° | Pubblicazione   |
|----|---|
| 1. | COSENTINO P.L.; MARTORANA R.; SANFRATELLO V. (2003). <b>An approach to the electrical tomography aimed to the investigation of particular confined structures</b> 9th EEGS Meeting, Praga (CZ). pp. O-091 |

|    |   |
|----|---|
| 2. | CAPIZZI P.; COSENTINO P.L.; ROMANO L. (2003). <b>Polarization and acquisition in GPR surveys: tests on physical models</b> 9th EEGS Meeting, Praga (CZ). pp. O-045  |
| 3. | COSENTINO P.L.; CAPIZZI P.; MARTORANA R.; MIRAGLIA D.; PELLERITO S.; SANFRATELLO V.; ANSELMO G.; GENOVESE C.; MESSINA P. (2002). <b>Geophysical Researches in the Roman Villa del Casale (Piazza Armerina, Sicily)</b> 8th Meeting EEGS, Aveiro (PT). pp. 127-130 |
| 4. | COSENTINO P.L.; MIRAGLIA D.; ROMANO L.; SCOPELLITI M. (2002). <b>Non invasive controls of balcony corbels by means of GPR investigations</b> 8th Meeting EEGS, Aveiro (PT). pp. 123-126   |
| 5. | COSENTINO P.L. (2000). <b>Approaching electrical tomography</b> ANNALI DI GEOFISICA. (vol. 43, 6 pp. 1131-1146) ISSN: 1590-1815   |

### 1.4.a Titoli scientifici più significativi del Responsabile Scientifico dell'Unità di Ricerca

Coordinamento gruppi di ricerca e/o unità operative

1. Coordinatore U.O. di Palermo nel programma CARATTERIZZAZIONE DI ROCCE E MANUFATTI CON METODI GEOFISICI – Durata 36 mesi  
CNR – 1996-1999

Coordinatore Nazionale: Prof. Marcello Bernabini (Univ. Roma)

2. Coordinatore U.O. di Palermo nel programma INDAGINI NON INVASIVE PER LA CONSERVAZIONE DI STRUTTURE MONUMENTALI E ARCHEOLOGICHE – Durata 24 mesi

MIUR - PROGRAMMI DI RICERCA ANNO 2000 (ex quota 40%)

Coordinatore Nazionale: Prof. Gaetano Ranieri (Univ. Cagliari)

3. Coordinatore del programma di ricerca: STUDIO GEOFISICO DI STRUTTURE MONUMENTALI CON L'UTILIZZAZIONE DI METODOLOGIE ELETTRICHE SISMICHE ED ELETTRROMAGNETICHE

Università di Palermo anno 2000 (ex quota 60%)

4. Coordinatore del programma di ricerca: RICERCHE SU MANUFATTI ARCHEOLOGICI ED ARCHITETTONICI CON METODI TOMOGRAFICI A CAMPI D'ONDA (SISMICA E RADAR) E DI POTENZIALE (TOMOGRAFIA ELETTRICA) PROGETTI DI COLLABORAZIONE SCIENTIFICA O DIDATTICA TRA L'UNIVERSITA' DI PALERMO ED ATENEI, ISTITUTI E CENTRI DI RICERCA DI ALTRI PAESI  
Università di Palermo – Università di Barcelona (Spagna) anno 2000

5. Coordinatore del programma di ricerca: STUDIO MICROGEOFISICO DI MENSOLE LAPIDEE E DI ALTRE STRUTTURE AGGETTANTI CON L'UTILIZZAZIONE DI METODOLOGIE ELETTRROMAGNETICHE (GEORADAR AD ALTA FREQUENZA)  
Università di Palermo anno 2001 (ex quota 60%)

6. Coordinatore del programma di ricerca: POTENZIAMENTO DEL SISTEMA INFORMATIVO METEORIDROPLUVIOMETRICO: REALIZZAZIONE DELLA RETE FREATIMETRICA AD INTEGRAZIONE DELLE RETI DI RILEVAMENTO E SORVEGLIANZA IN TELEMISURA. Iniziativa Comunitaria POR 2000-2006 Asse I – Sottomisura 1.1.2.B.

Anno 2002. Partner della Regione Siciliana, Presidenza, Servizio Tecnico Idrografico (Fse)

7. Coordinatore del programma di ricerca: STUDIO MICROGEOFISICO DI MENSOLE LAPIDEE E DI ALTRE STRUTTURE AGGETTANTI CON L'UTILIZZAZIONE DI METODOLOGIE ELETTROMAGNETICHE (GEORADAR AD ALTA FREQUENZA)  
Continuazione

Università di Palermo anno 2002 (ex quota 60%)

8. Coordinatore del programma di ricerca: SECHERESSE ET DESERTIFICATION DANS LE BASSIN MEDITERRANEE. Progetto Interreg III B Medocc Asse 4, Misura 4  
Anno 2003. Partner della Regione Siciliana, Presidenza, Servizio Tecnico Idrografico (Fse)

9. Coordinatore U.O. di Palermo nel programma DIAGNOSTICA CON METODOLOGIE TOMOGRAFICHE (ELETTRICHE ED A CAMPI D'ONDA) PER LO STUDIO DELLA VULNERABILITÀ DI MANUFATTI ED EDIFICI – Durata 24 mesi  
MIUR - PROGRAMMI DI RICERCA ANNO 2003 (ex quota 40%)

Coordinatore Nazionale: Prof. Gaetano Ranieri (Univ. Cagliari)

Organizzazione Congressi, tavole rotonde, scuole nazionali ed internazionali, etc.

1. Giornata di Studio: ... A TRENT'ANNI DAL TERREMOTO. Partanna (TP), 10 Gennaio 1998

2. 17° Convegno annuale del Gruppo Nazionale di Geo fisica della Terra Solida, 10-12 Novembre 1998.

3. BENI CULTURALI: Contributi delle discipline scientifiche, Palermo, 24-26 Giugno 1999.

4. International Conference on Earthquake Hazard and Risk in the Mediterranean Region Near East University, Nicosia, North Cyprus, 18-22 October 1999.

5. 18° Convegno annuale del Gruppo Nazionale di Geo fisica della Terra Solida, 9-11 Novembre 1999.

6. Tavola Rotonda: La Fisica per i Beni Culturali, al CONGRESSO 2000 della Società Italiana di Fisica (LXXXVI Congresso Nazionale), Palermo, 9 ottobre 2000.

7. 19° Convegno annuale del Gruppo Nazionale di Geo fisica della Terra Solida, 7-9 Novembre 2000.

8. INTERNATIONAL SCHOOL OF APPLIED GEOPHYSICS 10th Course: Development of geophysical methods - application to shallow targets, ERICE , 7-12 Marzo 2000.

9. Corso per Esperti di Geofisica per l'Archeologia, 692 ore, Palermo, aprile-settembre 2000.

10. Corso per Esperti in Geofisica per l'Ambiente, 590 ore, Palermo, giugno-settembre 2000.

11. INTERNATIONAL SCHOOL OF APPLIED GEOPHYSICS 11th Course: Geophysics for cultural and environmental resources, ERICE , 27-30 Ottobre 2001.

12. 20° CONVEGNO ANNUALE DEL GRUPPO NAZIONALE DI GE OFISICA DELLA TERRA SOLIDA, NOVEMBRE 2001.

13. 21° CONVEGNO ANNUALE DEL GRUPPO NAZIONALE DI GE OFISICA DELLA TERRA SOLIDA, NOVEMBRE 2002.

14. Opening workshop of SEDEMED Program INTERREG IIIB MEDOCC: 11-12 APRIL 2003. ERICE-SICILY

15. Corso "Le Scienze per i Beni Archeologici" per Esperto per la ricerca, lo studio, la ricostruzione ed il restauro dei reperti archeologici, 1200 ore, Palermo, Liceo G.

Garibaldi, Marzo 2003-Febbraio 2004.

16. INTERNATIONAL SCHOOL OF APPLIED GEOPHYSICS 12th Course:  
APPLICATION OF GEOPHYSICAL METHODS TO HYDROGEOLOGICAL  
PROBLEMS, ERICE , 12-18 Aprile 2003.

17. 22° CONVEGNO ANNUALE DEL GRUPPO NAZIONALE DI GE OFISICA DELLA  
TERRA SOLIDA, NOVEMBRE 2003.

Relatore invitato a:

1 - International Conference on Earthquake Hazard and Risk in the Mediterranean  
Region Near East University, Nicosia, North Cyprus, 18-22 October 1999.

2 - Final Meeting of E.C. Coast Action 621, Venice (Italy), March 2001.

3 - Les tardes UB de la recerca europea, University of Barcelona, July 3, 2002.

## 1.5 Risorse umane da impegnare nelle attività dell'Unità di Ricerca

### 1.5.1 Personale della sede dell'Unità di Ricerca

| n° | Cognome<br>Nome           | Università/Istituzione               | Dipartimento/Istituto                              | Qualifica          | Mesi/uomo | Costo<br>(k€) |
|----|---------------------------|--------------------------------------|--|--------------------|-----------|---------------|
| 1. | COSENTINO<br>Pietro Lucio | Università degli Studi<br>di PALERMO | CHIMICA E FISICA<br>DELLA TERRA ED<br>APPL.GEORIS. | Prof.<br>Ordinario | 6         | 40            |
| 2. | DEGANELLO<br>Sergio       | Università degli Studi<br>di PALERMO | CHIMICA E FISICA<br>DELLA TERRA ED<br>APPL.GEORIS. | Prof.<br>Ordinario | 3         | 24            |
| 3. | MARTORANA<br>Raffaele     | PALERMO                              | CHIMICA E FISICA<br>DELLA TERRA ED<br>APPL.GEORIS. | Assegnista         | 4         | 4             |
| 4. | SANFRATELLO<br>Vincenzo   | PALERMO                              | CHIMICA E FISICA<br>DELLA TERRA ED<br>APPL.GEORIS. | Assegnista         | 4         | 4             |
| 5. | CAPIZZI<br>PATRIZIA       | PALERMO                              | CHIMICA E FISICA<br>DELLA TERRA ED<br>APPL.GEORIS. | Borsista           | 6         | 6             |
| 6. | FIANDACA<br>GIANLUCA      | PALERMO                              | CHIMICA E FISICA<br>DELLA TERRA ED<br>APPL.GEORIS. | Borsista           | 6         | 6             |
| 7. | MESSINA<br>PAOLO          | PALERMO                              | CHIMICA E FISICA<br>DELLA TERRA ED<br>APPL.GEORIS. | Borsista           | 6         | 6             |
| 8. | PELLERITO<br>SANTINO      | PALERMO                              | CHIMICA E FISICA<br>DELLA TERRA ED<br>APPL.GEORIS. | Borsista           | 6         | 6             |
| 9. | ROMANO                    | PALERMO                              | CHIMICA E FISICA                                   | Borsista           | 6         | 6             |



|               |          |  |                                |  |           |            |
|---------------|----------|--|--------------------------------|--|-----------|------------|
|               | LOREDANA |  | DELLA TERRA ED<br>APPL.GEORIS. |  |           |            |
| <b>TOTALE</b> |          |  |                                |  | <b>47</b> | <b>102</b> |

### 1.5.2.a Personale a contratto da destinare a questa specifica proposta progettuale

| n°            | Qualifica | Tipologia | Mesi/uomo | Costo (k€) |
|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| <b>TOTALE</b> |           |           | <b>0</b>  | <b>0</b>   |

### 1.5.2.b Contratti triennali da destinare a questa specifica proposta progettuale

| n°            | Qualifica          | Tipologia                          | Mesi/uomo | Costo (k€) |
|---------------|--------------------|------------------------------------|-----------|------------|
| 1.            | Dottore di ricerca | Contr. triennale per giov. ricerc. | 33        | 39         |
| 2.            | Dottore di ricerca | Contr. triennale per giov. ricerc. | 33        | 39         |
| <b>TOTALE</b> |                    |                                    | <b>66</b> | <b>78</b>  |

### 1.5.3 Mesi uomo complessivi dedicati alle attività proposte

|   | Numero | Mesi/uomo | Costo (k€) |
|---|--------|-----------|------------|
| <b>1.5.1 Personale della sede dell'Unità di Ricerca</b>                                   | 9      | 47        | 102        |
| <b>1.5.2.a Personale a contratto da destinare a questa specifica proposta progettuale</b> | 0      |           |            |
| <b>1.5.2.b Contratti triennali da destinare a questa specifica proposta progettuale</b>   | 2      | 66        | 78         |

### 1.6 Descrizione delle attrezzature già disponibili ed utilizzabili e/o da acquistare per la ricerca proposta

| n° | Anno di acquisizione | Descrizione (italiano) | Descrizione (inglese) | Valore presunto (KEuro) | Percentuale di utilizzo per le attività proposte |
|----|----------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|--|
| 1. | 2001                 | Strumentazione per     | Electrical            | 15                      | 20%  |

|    |      |   |  |     |     |
|----|------|---|--|-----|-----|
|    |      | tomografia elettrica GF Instrument, con 256 canali d'acquisizione Transmitter e Receiver.   | tomography GF Instruments, Transmitter and Receiver 256 Channels.  |     |     |
| 2. | 1997 | Strumentazione per tomografia elettromagnetica: georadar monocanale GSSI, SIR system 2, con antenne da 100, 200, 400 (n <sup>2</sup> ), 900, 1000 MHz. Acquisto 2001: Antenna bistatica 1600 MHz della IDS. | EM tomography: georadar GSSI, SIR system 2 with antenna 100, 200, 400 (n <sup>2</sup> ), 900, 1000 MHz. 2001: new 1600 MHZ IDS bistatic antenna. | 70  | 20% |
| 3. | 2003 | Nuovo georadar SIR 3000 della GSSI  | New georadar GSSI SIR 3000.  | 18  | 20% |
| 4. | 2003 | Termocamera P40 della FLIR System   | Thermocamera FLIR system P40   | 45  | 20% |
| 5. | 1997 | Strumentazione EM Zonge 6 canali, transmitter a 3 kw.   | EM instrument Zonge 6 channels, 3 kw transmitter   | 90  | 10% |
| 6. | 1993 | Strumentazione per analisi strutturali (SEM, Raggi X, Fluorescenza, etc...)   | Structural analysis instruments (SEM, X Ray , Fluorescence, etc...)  | 300 | 5%  |
| 7. | 2005 | Gradiometro GEM – al cesio completo di accessori  | Cesium gradiometer GEM   | 30  | 15% |
| 8. | 2005 | Elettromagnetometro Geonics EM31-MK2  | Electromagnetometer Geonics EM31-MK2   | 25  | 15% |
| 9. | 2005 | Georesistivimetro ARES  | Resistivity System ARES  | 10  | 15% |

## 1.7 Spese complessive dell'Unità di Ricerca

| Voce di spesa (DM. 199 Ric. del 08/03/01; art.6, c.6)  | Spesa (KEuro) | Note  |
|--|---------------|---|
| <b>Spese di personale (*)</b>  | 102           | Personale dell'Unità operativa  |
| <b>Spese generali direttamente imputabili all'attività di ricerca nella misura forfettizzata del 60% del</b> | 108           | Missioni per l'organizzazione, la preparazione e l'esecuzione del lavoro geofisico, geochimico e grafico. Per la preparazione e la taratura delle |

|   |            |  |
|---|------------|--|
| <b>costo del personale (compreso quello relativo ai ricercatori)</b>  |            | strumentazioni, nonché per l'elaborazione e l'interpretazione dei risultati  |
| <b>Spese per giovani ricercatori e ricercatori di chiara fama internazionale</b>  | 78         | Assegni di ricerca   |
| <b>Spese per l'acquisizione di attrezzature, limitatamente alle quote impiegate per lo svolgimento dell'attività oggetto del progetto</b>             | 65         | Gradiometro al cesio<br>Elettromagnetometro Geonics EM31-MK2<br>Resistivity System ARES con accessori  |
| <b>Spese per stages e missioni all'estero di ricercatori coinvolti nel progetto</b>   | 17         | Si tratterà non solo delle missioni relative all'esecuzione delle ricerche nei siti selezionati, ma anche di missioni per partecipazione a convegni, training e workshops. |
| <b>Costo dei servizi di consulenza e simili utilizzati per l'attività di ricerca</b>  | 30         | 1 consulente esperto in archeologia subacquea<br>1 consulente esperto in prove sui materiali<br>1 consulente esperto in sistemi di fruizione                               |
| <b>Altri costi di esercizio (ad es. costo dei materiali, delle forniture e dei prodotti analoghi) direttamente imputabili all'attività di ricerca</b> | 20         | Spesa per tutti i materiali di consumo per la strumentazione, manutenzione straordinaria e ordinaria ed eventuali parti di ricambio e/o di integrazione.                   |
| <b>TOTALE</b>   | <b>420</b> |  |

(\*) = ricercatori, tecnici ed altro personale adibito all'attività di ricerca, dipendente dal soggetto proponente e/o in rapporto subordinato a termine e/o di collaborazione coordinata e continuativa, ivi inclusi dottorati, assegni di ricerca e le borse di studio che prevedevano attività di formazione attraverso la partecipazione al progetto.

**Incidenza (in %) del costo della UR sul costo totale della proposta progettuale 26%**

### **Costo complessivo della Proposta Progettuale**

|  | <b>A carico del MIUR</b> | <b>A carico del Proponente</b> | <b>TOTALE</b> |
|--|--------------------------|--------------------------------|---------------|
| <b>Costo delle attività di ricerca</b>                     | 240                      | 102                            | <b>342</b>    |
| <b>Costo dei contratti triennali (giovani ricercatori)</b> | 78                       |                                | <b>78</b>     |

|   |     |     |            |
|---|-----|-----|------------|
| <b>Costo dei contratti triennali (ricercatori di chiara fama)</b> |     |     | <b>0</b>   |
| <b>Costo complessivo della Proposta Progettuale</b>               | 318 | 102 | <b>420</b> |

**1.8 Certifico la dichiarata disponibilità al cofinanziamento previsto: SI**

### Unità di Ricerca n. 3

## 1.1 Descrizione della struttura e dei compiti dell'Unità di Ricerca

L'unità operativa è articolata in tre docenti strutturati del Politecnico di Torino, con esperienza nel campo della Geofisica applicata ai beni archeologici, e di dottorandi e borsisti specializzati in acquisizione ed elaborazione di dati geofisici.

Inoltre ci si avvarrà della consulenza di una società che si occupa di indagini e scavi archeologici per le attività di supporto e integrazione alla interpretazione di dati geofisici.

L'unità è infine completata dal Dott. Salvatore Piro - Primo Ricercatore - Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali - CNR - Monterotondo Sc. - Roma - con provata esperienza nel campo della applicazione e visualizzazione di risultati geofisici per lo studio di siti archeologici.

I compiti dell'unità operativa sono così articolati:

1) Acquisizione dati con dispositivi magnetici e elettromagnetici

L'acquisizione nei diversi siti verrà realizzata con dispositivi magnetometr/gradiometri in modo da acquisire valori di campo magnetico totale e di gradiente verticale con elevata densità spaziale di misure sui diversi siti campione. La referenziazione spaziale delle singole misure sarà realizzata mediante accoppiamento ad un dispositivo GPS cinematico. Le acquisizioni elettromagnetiche saranno realizzate con dispositivi multifrequenza ad ampia banda spettrale, possibilmente con il dispositivo Geophex, ove non disponibile con strumentazione GEM 300 (G.S.S.I.) che opera a frequenza variabile tra 300 e 20000 Hz.

2) Elaborazione dati con approccio integrato di Eulero/Wavelet/Segnale analitico per dati magnetici ed elettromagnetici.

Si propone l'utilizzo di metodologie speditive quali quelle basate sui metodi Eulero/Wavelet/Segnale analitico per una prima interpretazione semiautomatica sia di dati magnetici, sia di dati elettromagnetici; in questo secondo caso occorre convalidare l'approccio teorico e la fattibilità di applicazione su dati archeomagnetici.

La procedura consente di ottenere una prima interpretazione delle strutture archeologiche sepolte in termini di profondità, forma e contrasto di proprietà

magnetiche ed elettromagnetiche, in modo da ottimizzare e rendere più robusta l'interpretazione con metodi di inversione.

### 3) Modeling e inversione 2D e 3D dei dati magnetici e inversione 1D e 2D dei dati ELMAG

Si prevede di utilizzare il Software MAG3D (U.S.B. Geophysical Inversion Facility) per modelling ed inversione di mappe magnetiche ottenute sui diversi siti archeologici. Il software si basa sulla discretizzazione del sottosuolo utilizzando gli algoritmi di modelling di Bhattacharyya (Bhattacharyya, 1964) per sorgenti a forma parallelepipedica e sul calcolo di una mappa teorica. Una funzione obiettivo ottenuta dalla mappa sperimentale e da quella calcolata, viene poi minimizzata secondo la tecnica proposta da Li ed Oldenburg (Li e Oldenburg, 1997). Il programma permette di inserire la topografia del sito e di visualizzare tridimensionalmente la distribuzione di suscettività magnetica. La procedura di interpretazione sarà guidata dai risultati ottenuti dall'applicazione dei metodi proposti nella fase 2.

4) Applicazione di procedure di inversione 1D/2D sui dati elettromagnetici in dominio di frequenza per elaborare dalle pseudosezioni di risposta in fase e ampiezza le sezioni reali di conducibilità; per l'interpretazione monodimensionale si intende adattare codici di calcolo già disponibili, mentre per l'interpretazione 2D occorre preparare i relativi codici di calcolo.

### 5) Integrazione del rendering dei dati MAG e ELMAG

Ottimizzazione delle procedure di interpolazione 3D mediante algoritmi di cokriging di contrasti di suscettività magnetica e dei parametri dei segnali elettromagnetici (ampiezza e fase) con cross-validazione di tutte le variabili. Si prevede lo sviluppo di codici di calcolo con relativa interfaccia grafica per il rendering 3D delle anomalie magnetiche ed elettromagnetiche per le specifiche esigenze delle applicazioni archeologiche.

6) Divulgazione: realizzazione di animazioni e filmati del risultato del rendering finale per la messa a disposizione su pagine Internet.

Realizzazione di uscite grafiche per filmati in modo da rappresentare le diverse interpretazioni dei dati mag e elmag in modo dinamico con possibilità di visualizzare le immagini da diversi angoli di visuale e prospettive differenti; tali uscite saranno progettate secondo i formati standard per la loro divulgazione mediante CD e in rete Internet.

## 1.2 Responsabile Scientifico dell'Unità di Ricerca

|                              |   |                   |
|------------------------------|---|-------------------|
| GODIO                        | Alberto                                   | GDOLRT63S02L746T  |
| (cognome)                    | (nome)                                    | (CF)              |
| Ricercatore<br>Universitario |   | 02/11/1963        |
| (qualifica)                  |   | (data di nascita) |
| Politecnico di<br>TORINO     | Dip. GEORISORSE E TERRITORIO              |                   |
| (Istituzione di              | (Dipartimento/Istituto/Divisione/Settore) | (posizione)       |

appartenenza)  
(art.5, c.1, DM  
citato)

011/5647656

(prefisso e  
telefono)

(numero fax)

alberto.godio@polito.it

(indirizzo posta  
elettronica)

## 1.2.a Soggetto Istituzionale di afferenza del responsabile di unità

|                                 |                       |              |             |                  |                         |
|---------------------------------|-----------------------|--------------|-------------|------------------|-------------------------|
| <b>Denominazione</b>            | Politecnico di TORINO |              |             |                  |                         |
| <b>Natura giuridica</b>         | Universita'           |              |             |                  |                         |
| <b>Domicilio fiscale</b>        | Torino                |              |             |                  |                         |
| <b>CAP</b>                      | 10129                 | <b>Città</b> | TORINO      | <b>Provincia</b> | TORINO                  |
| <b>Telefono</b>                 | 011 5647656           | <b>Fax</b>   | 0115647699  | <b>Email</b>     | alberto.godio@polito.it |
| <b>Codice fiscale</b>           | 00518460019           | <b>P.IVA</b> | 00518460019 |                  |                         |
| <b>Codice anagrafe ricerche</b> |                       |              |             |                  |                         |

## 1.2.b Legale rappresentante

|                |         |                       |                  |  |                       |
|----------------|---------|-----------------------|------------------|--|-----------------------|
| <b>Cognome</b> | DEL TIN | <b>Nome</b>           | GIOVANNI         | <b>Data di Nascita</b>                                     | 13/05/1941            |
| <b>Sesso</b>   | M       | <b>Codice Fiscale</b> | DLTGNN41E13H327B | <b>Luogo di Nascita</b><br>(città italiana o stato estero) | RIVAMONTE<br>AGORDINO |
|                |         | <b>Provincia</b>      | BELLUNO          | <b>Nazione</b>   | ITALY                 |

## 1.3 Curriculum scientifico del Responsabile Scientifico dell'Unità di Ricerca

Alberto Godio, ricercatore universitario in Geofisica Applicata, docente del corso di Geofisica Ambientale al Politecnico di Torino; laureato in ingegneria mineraria con dottorato di ricerca in Ingegneria delle Risorse del Sottosuolo. I principali interessi scientifici riguardano lo sviluppo di metodi geofisici nel campo dell'ingegneria civile,

ambientale e per l'archeologia. Si interessa di sperimentazione di tecniche elettriche ed elettromagnetiche per lo studio di suoli e falde contaminate e di elaborazione di dati magnetici ed elettromagnetici per la ricerca archeologica e la caratterizzazione con metodi non distruttivi di beni monumentali.

Autore di oltre 60 pubblicazioni scientifiche. E' stato responsabile di contratti di ricerca di interesse nazionale (MURST) e di contratti con Enti Pubblici e Privati. Ha partecipato a diversi contratti europei per lo sviluppo di metodi geofisici applicati all'ingegneria e scienze ambientali.

## 1.4 Pubblicazioni scientifiche più significative del Responsabile Scientifico dell'Unità di Ricerca

| n° | Pubblicazione  |
|----|--|
| 1. | GODIO A.; SAMBUELLI L.; SOCCO L.V. (2000). <b>Electromagnetic survey for archaeological remains detection in urban sites</b> THE LEADING EDGE. (vol. 19 pp. 850-854) ISSN: 1070-485X   |
| 2. | GODIO A.; BOTTINO G. (2001). <b>Electrical and electromagnetic investigation for landslide characterisation</b> PHYSICS AND CHEMISTRY OF THE EARTH. (vol. 26 pp. 705-710) ISSN: 1474-7065  |
| 3. | E.CARDARELLI; GODIO A.; G.MORELLI; L.SAMBUELLI; G.SANTARATO; L.V.SOCCO (2002). <b>Integrated geophysical survey to investigate the Scarsella vault of S.John's Baptistery in Florence.</b> THE LEADING EDGE. (vol. 21 pp. 467-470) ISSN: 1070-485X |
| 4. | GODIO A.; M.NALDI (2003). <b>Two dimensional electrical imaging for detection of hydrocarbon contaminants</b> NEAR SURFACE GEOPHYSICS. (vol. 1 pp. 131-138)  |
| 5. | GODIO A.; SAMBUELLI L.; FERRERO A.M. (2003). <b>Geophysical investigation to optimize excavation of an underground marble quarry in Stazzema, Italy</b> THE LEADING EDGE. (vol. 22 pp. 574-578)  |

### 1.4.a Titoli scientifici più significativi del Responsabile Scientifico dell'Unità di Ricerca

Membro effettivo della SEG - Society Exploration Geophysicists

Membro Effettivo della EAGE -European Association of Geoscientists and Engineers

Ha svolto compito di revisore per le seguenti riviste scientifiche:

Geophysics

Journal of Applied Geophysics

Journal of Physics and Chemistry of the Earth

Annali di Geofisica

E' stato invitato a tenere i seguenti seminari internazionali:

Praga - aprile 1996 - Charles University

Application of seismic tomography

## 1.5 Risorse umane da impegnare nelle attività dell'Unità di Ricerca

### 1.5.1 Personale della sede dell'Unità di Ricerca

| n°            | Cognome<br>Nome      | Università/Istituzione   | Dipartimento/Istituto      | Qualifica          | Mesi/uomo | Costo<br>(k€) |
|---------------|----------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------|-----------|---------------|
| 1.            | GODIO<br>Alberto     | Politecnico di<br>TORINO | GEORISORSE E<br>TERRITORIO | Ricercatore        | 6         | 18            |
| 2.            | SAMBUELLI<br>Luigi   | Politecnico di<br>TORINO | GEORISORSE E<br>TERRITORIO | Prof.<br>Associato | 4         | 16            |
| 3.            | SOCCO<br>Laura       | Politecnico di<br>TORINO | GEORISORSE E<br>TERRITORIO | Ricercatore        | 4         | 10            |
| 4.            | Festa<br>Stefano     | Politecnico di<br>TORINO | GEORISORSE E<br>TERRITORIO | Tecnico            | 4         | 6             |
| 5.            | Bena<br>Emanuele     | Politecnico di Torino    | Georisorse e Territorio    | Borsista           | 4         | 6             |
| 6.            | Dall'Ara<br>Andrea   | Politecnico di Torino    | Georisorse e Territorio    | Borsista           | 4         | 6             |
| 7.            | De Bacco<br>Gianluca | Politecnico di Torino    | Georisorse e Territorio    | Borsista           | 4         | 6             |
| <b>TOTALE</b> |                      |                          |                            |                    | <b>30</b> | <b>68</b>     |

### 1.5.2.a Personale a contratto da destinare a questa specifica proposta progettuale

| n°            | Qualifica            | Tipologia          | Mesi/uomo | Costo<br>(k€) |
|---------------|----------------------|--------------------|-----------|---------------|
| 1.            | Laureato ingegneria  | Assegni di ricerca | 22        | 30            |
| 2.            | Laureato archeologia | Assegni di ricerca | 22        | 30            |
| <b>TOTALE</b> |                      |                    | <b>44</b> | <b>60</b>     |

### 1.5.2.b Contratti triennali da destinare a questa specifica proposta progettuale

| n°            | Qualifica                               | Tipologia                             | Mesi/uomo | Costo<br>(k€) |
|---------------|---|---------------------------------------|-----------|---------------|
| 1.            | Ricercatore competenze<br>archeologiche | Contr. triennale per<br>giov. ricerc. | 33        | 45            |
| <b>TOTALE</b> |   |                                       | <b>33</b> | <b>45</b>     |



### 1.5.3 Mesi uomo complessivi dedicati alle attività proposte

|   | Numero | Mesi/uomo | Costo (k€) |
|---|--------|-----------|------------|
| <b>1.5.1 Personale della sede dell'Unità di Ricerca</b>                                   | 7      | 30        | 68         |
| <b>1.5.2.a Personale a contratto da destinare a questa specifica proposta progettuale</b> | 2      | 44        | 60         |
| <b>1.5.2.b Contratti triennali da destinare a questa specifica proposta progettuale</b>   | 1      | 33        | 45         |

### 1.6 Descrizione delle attrezzature già disponibili ed utilizzabili e/o da acquistare per la ricerca proposta

| n° | Anno di acquisizione | Descrizione (italiano)   | Descrizione (inglese)   | Valore presunto (KEuro) | Percentuale di utilizzo per le attività proposte |
|----|----------------------|--|---|-------------------------|--|
| 1. | 2002                 | Georesistivimetro 72 canali per acquisizioni di tomografia elettrica e di polarizzazione indotta | Device for electrical resistivity tomography with 72 electrodes | 30                      | 10%  |
| 2. | 2000                 | Magnetometro/gradiometro GEM GS19  | Magnetometer/Gradiometer GEM GS19                               | 15                      | 50%  |
| 3. | 1998                 | Elettromagnetometro a frequenza singola CM031  | Conductivity meter 9,8 kHz - CM031 Geophysica                   | 10                      | 20%  |
| 4. | 2005                 | Elettromagnetometro multifrequenza GEM 3 - Geophex   | Conductivity meter (broadband - 1 - 48 kHz) - GEM 3 - Geophex   | 10                      | 60%  |
| 5. | 2001                 | Programma di elaborazione dati 3D EVS  | EVS code for Rendering 3D                                       | 5                       | 20%  |
| 6. | 2005                 | Matlab 6.0 con toolbox per image processing  | Matlab 6.0 and toolboxes for image processing                   | 4                       | 20%  |
| 7. | 2005                 | Computer da campo portatili (2)  | Laptop (2)  | 6                       | 100%   |
| 8. | 2005                 | Personal computer (1)  | Personal computer (1)   | 2                       | 40%  |
| 9. | 2005                 | Dispositivo GPS per misure cinematiche   | GPS device for kinematic measurements                           | 15                      | 80%  |

## 1.7 Spese complessive dell'Unità di Ricerca

| Voce di spesa (DM. 199 Ric. del 08/03/01; art.6, c.6)  | Spesa (KEuro) | Note   |
|--|---------------|--|
| <b>Spese di personale (*)</b>  | 128           | Sono state calcolate sulla base dei mesi uomo previsti per il personale impegnato nei tre anni di attività di ricerca  |
| <b>Spese generali direttamente imputabili all'attività di ricerca nella misura forfettizzata del 60% del costo del personale (compreso quello relativo ai ricercatori)</b> | 103           | Attività di allestimento delle indagini magnetiche e elettromagnetiche nei siti selezionati, costi strutturali e amministrativi; spese per missioni e trasferte nei diversi siti archeologici, allestimenti strumentazione per acquisizione              |
| <b>Spese per giovani ricercatori e ricercatori di chiara fama internazionale</b>   | 45            | Giovane ricercatore con competenze archeologiche per la gestione delle attività di acquisizione dati nei diversi siti  |
| <b>Spese per l'acquisizione di attrezzature, limitatamente alle quote impiegate per lo svolgimento dell'attività oggetto del progetto</b>                                  | 37            | Acquisto di strumentazione multifrequenza per misure elettromagnetiche dei siti archeologici; acquisto ed implementazione di software ed hardware; nuovo dispositivo GPS da collegare a dispositivi di acquisizione                                      |
| <b>Spese per stages e missioni all'estero di ricercatori coinvolti nel progetto</b>  | 10            | Partecipazione a seminari, congressi e attività di formazione nel settore specifico  |
| <b>Costo dei servizi di consulenza e simili utilizzati per l'attività di ricerca</b>   | 12            | Coinvolgimento del CNR per il supporto nell'elaborazione d interpretazione dei dati geofisici<br>Consulenza di società esperta in archeologia per il supporto all'integrazione tra dati geofisici e interpretazione della natura dell strutture sepolte. |
| <b>Altri costi di esercizio (ad es. costo dei materiali, delle forniture e dei prodotti analoghi) direttamente imputabili all'attività di ricerca</b>                      | 10            | Costi di trasporto e assicurazione strumentazione; pratiche doganali (Carnet ATA), materiali di consumo vario  |
| <b>TOTALE</b>  | <b>345</b>    |  |

(\*) = ricercatori, tecnici ed altro personale adibito all'attività di ricerca, dipendente dal soggetto proponente e/o in rapporto subordinato a termine e/o di collaborazione

*coordinata e continuativa, ivi inclusi dottorati, assegni di ricerca e le borse di studio che prevedevano attività di formazione attraverso la partecipazione al progetto.*

**Incidenza (in %) del costo della UR sul costo totale della proposta progettuale 21%**

## **Costo complessivo della Proposta Progettuale**

|   | <b>A carico del MIUR</b> | <b>A carico del Proponente</b> | <b>TOTALE</b> |
|---|--------------------------|--------------------------------|---------------|
| <b>Costo delle attività di ricerca</b>                            | 210                      | 90                             | <b>300</b>    |
| <b>Costo dei contratti triennali (giovani ricercatori)</b>        | 45                       |                                | <b>45</b>     |
| <b>Costo dei contratti triennali (ricercatori di chiara fama)</b> |                          |                                | <b>0</b>      |
| <b>Costo complessivo della Proposta Progettuale</b>               | 255                      | 90                             | <b>345</b>    |

**1.8 Certifico la dichiarata disponibilità al cofinanziamento previsto: SI**

### **Unità di Ricerca n. 4**

## **1.1 Descrizione della struttura e dei compiti dell'Unità di Ricerca**

Il CoNISMa – Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Scienze del Mare è costituito da 28 Università italiane:

Gli afferenti risultano più di 650, tra professori, ricercatori e tecnici, tutti collocati nelle 6 sezioni nazionali (Fisica del Mare, Geologia e Sedimentologia Marina, Oceanografia Biologica e Biologia Marina, Oceanografia Chimica e Chimica del Mare, Idraulica Marittima e Costiera, Geografia Cartografia e Telerilevamento) in base alla scelta motivata di ciascuno di essi.

Il Consorzio ha personalità giuridica ed è vigilato dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca Scientifica..

Il CoNISMa si propone di promuovere e coordinare ricerche e altre attività scientifiche ed applicative nel campo delle Scienze del mare, favorendo la collaborazione non solo tra le Università consorziate, ma anche con altre Università, con Enti pubblici e privati di ricerca, Enti locali e territoriali, strutture produttive.

Con la recente acquisizione della N/R Universitatis, dotata della più aggiornata e sofisticata attrezzatura per ricerche in ogni settore delle Scienze del Mare compresa

l'archeologia subacquea, il Consorzio si pone all'avanguardia in tutto il Bacino Mediterraneo, effettuando anche azioni sinergiche con le società private soprattutto nel settore della ricerca applicata.

L'Unità Locale di Ricerca dell'Università di Milano Bicocca sarà composta da due unità di personale strutturato (un professore straordinario ed un ricercatore che saranno coadiuvati da una unità di personale a contratto (assegno di ricerca) dedicata al progetto per tre anni.

Il maggior obiettivo dell'Unità di Milano-Bicocca riguarderà l'acquisizione, l'elaborazione e l'interpretazione di dati geofisici acquisiti a mare.

In particolare verrà curata:

a) il disegno e la realizzazione di un prototipo di imbarcazione tipo hovercraft per operazioni di survey in acque basse;

(b) la pianificazione delle operazioni nelle aree test marine e

c) la loro esecuzione con l'acquisizione di dati strumentali tramite ecoscandaglio multifascio ad alta risoluzione, sonar a scansione laterale digitale, profilatore di sottofondo con tecnologia chirp;

d) il processamento dei dati e la loro interpretazione incluso il loro trasferimento in formati utilizzabili dalle altre unità di ricerca per la costruzione di una realtà virtuale 3D

e) il supporto per talune operazioni a terra alle altre unità di ricerca con particolare riguardo all'acquisizione di profili per tomografia elettrica superficiale utilizzando il sistema Iris Syscal Pro di recente acquisizione e che verrà implementato con un adeguato multiplexer.

L'Unità Locale di Ricerca dell'Università di Palermo sarà composta da una unità di personale strutturato (professore ordinario) coadiuvato da una unità di personale a contratto (assegno di ricerca) che verrà dedicato al progetto.

I maggiori obiettivi dell'Unità Locale di Ricerca palermitana saranno:

a) la pianificazione dell'acquisizione dei dati di remote sensing con particolare enfasi su dati disponibili ai dati provenienti da sensori multispettrali;

b) il processamento dei dati e la loro interpretazione con inclusa la loro trasformazione in dati fruibili alle altre unità di ricerca del Progetto.

## 1.2 Responsabile Scientifico dell'Unità di Ricerca

|  |  |                   |
|--|--|-------------------|
| FARANDA  | Francesco Maria                                  | FRNFNC33D13L482F  |
| (cognome)  | (nome)   | (CF)              |
| Coordinatore unità<br>CoNISMa  |  | 13/04/1933        |
| (qualifica)  |  | (data di nascita) |
| CONSORZIO<br>NAZIONALE<br>INTERUNIVERSITARIO<br>PER LE SCIENZE DEL<br>MARE (CONISMA) | Unità Locale di Ricerca Univ. Milano-<br>Bicocca | Vice-Presidente   |
| (Istituzione di  | (Dipartimento/Istituto/Divisione/Settore)        | (posizione)       |

appartenenza)  
(art.5, c.1, DM citato)

0685355476

(prefisso e telefono)

(numero fax)

faranda@conisma.it

(indirizzo posta  
elettronica)

## 1.2.a Soggetto Istituzionale di afferenza del responsabile di unità

|                                 |  |              |             |                  |                     |
|---------------------------------|--|--------------|-------------|------------------|---------------------|
| <b>Denominazione</b>            | CONSORZIO NAZIONALE INTERUNIVERSITARIO PER LE SCIENZE DEL MARE (CONISMA) |              |             |                  |                     |
| <b>Natura giuridica</b>         | Altri soggetti, con personalita' giuridica, pubbl. o priv.               |              |             |                  |                     |
| <b>Domicilio fiscale</b>        | via Isonzo, 32   |              |             |                  |                     |
| <b>CAP</b>                      | 00198  | <b>Città</b> | Roma        | <b>Provincia</b> | ROMA                |
| <b>Telefono</b>                 | 06 85355476  | <b>Fax</b>   | 06 8543810  | <b>Email</b>     | corselli@conisma.it |
| <b>Codice fiscale</b>           | 91020470109  | <b>P.IVA</b> | 01069050993 |                  |                     |
| <b>Codice anagrafe ricerche</b> | 515810DU   |              |             |                  |                     |

## 1.2.b Legale rappresentante

|                |          |                       |                  |  |            |
|----------------|----------|-----------------------|------------------|--|------------|
| <b>Cognome</b> | CORSELLI | <b>Nome</b>           | CESARE           | <b>Data di Nascita</b>                                     | 17/12/1948 |
| <b>Sesso</b>   | M        | <b>Codice Fiscale</b> | CRSCSR48T17D869H | <b>Luogo di Nascita</b><br>(città italiana o stato estero) | GALLARATE  |
|                |          | <b>Provincia</b>      | VARESE           | <b>Nazione</b>   | ITALY      |

## 1.3 Curriculum scientifico del Responsabile Scientifico dell'Unità di Ricerca

Laurea in Scienze Biologiche conseguita presso l'Università degli Studi di Messina;  
Laurea "Honoris Causae" in Scienze Ambientali conferita nel 1993 dall'Università di Concepción (CILE).

- Vice-Presidente del Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Scienze del Mare (CoNISMa).
- Responsabile del Progetto Comunitario Alfa “ EULA network” a capo di una rete costituita dalle seguenti università straniere Universidad Politécnica de Cataluña (España), Universidad de Aveiro (Portugal), Pontificia Universidad Católica de Chile (Chile), Pontificia Universidad Católica del Perú (Perú ), Universidad de Concepción (Chile), Universidad de Costa Rica (Costa Rica).
- Membro della Commissione Scientifica Nazionale per l’Antartide, nell’ambito del Progetto Nazionale di Ricerca sull’Antartide.

## 1.4 Pubblicazioni scientifiche più significative del Responsabile Scientifico dell'Unità di Ricerca

| n° | Pubblicazione  |
|----|--|
| 1. | FARANDA F.M.; GUGLIELMO L; SPEZIE G (2002). <b>Mediterranean Ecosystems: structures and processes</b> pp. 503 Editors.: SPRINGER (GERMANY)   |
| 2. | BOERO F; CATTANEO-VIETTI R; FARANDA F.M.; FRACHE R (2002). <b>Fluctuations, Anomalies, Recovery</b> 2° National Congress of Marine Sciences. vol. 23 s.1 pp. 410 Marine Ecology, Blackwell Verlag. |
| 3. | FARANDA F.M.; POVERO O (1996). <b>Caratterizzazione ambientale marina del sistema Eolie e dei bacini limitrofi di Cefalù e Gioia</b> DATA REPORT CoNISMa. pp. 524 Editors.                         |
| 4. | FARANDA F.M. (1995). <b>Caratterizzazione ambientale marina del Sistema Eolie e dei Bacini di Cefalù e Gioia</b> DATA REPORT CoNISMA. vol. 1 pp. 368 Editor.                                       |
| 5. | FARANDA F.M.; GUGLIEMO L (1994). <b>Ross Sea, expeditions 1987-88 and 1989-90, Straits of Magellan expedition 1991</b> Data Report Part 3. PNRA - ROMA.  |

### 1.4.a Titoli scientifici più significativi del Responsabile Scientifico dell'Unità di Ricerca

Nel corso della sua carriera scientifica il Prof. Faranda è stato:

Titolare della Cattedra di Ecologia presso il Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse dell’Università degli Studi di Genova.

Presidente del Comitato “Biologia” del Consiglio Universitario Nazionale (CUN 05) per i progetti di ricerca di interesse nazionale e/o di rilevante interesse scientifico.

Responsabile del progetto “Gestione delle risorse marine bentoniche” in cooperazione tra l’Università di Genova - CICS EULA e l’Università Cattolica di Santiago (Chile).

Membro del Consiglio Nazionale per la Ricerca Scientifica e Tecnologica (CNST) presso il Ministero dell’Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica.

Membro del Comitato Nazionale Conservazione e Gestione Risorse Biologiche del Mare presso il Ministero per le Politiche Agricole.

Membro della Commissione Consultiva Centrale Pesca Marittima presso il Ministero per le Politiche Agricole.

Membro della Commissione Nazionale per il Programma Adriatico del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

Membro del Consiglio di Amministrazione dell'Istituto Centrale per la Ricerca Scientifica e Tecnologica Applicata al Mare (ICRAM).

## 1.5 Risorse umane da impegnare nelle attività dell'Unità di Ricerca

### 1.5.1 Personale della sede dell'Unità di Ricerca

| n°            | Cognome<br>Nome               | Università/Istituzione   | Dipartimento/Istituto                                      | Qualifica                    | Mesi/uomo | Costo<br>(k€) |
|---------------|-------------------------------|--|--|------------------------------|-----------|---------------|
| 1.            | CASSIANI<br>Giorgio           | CONSORZIO<br>NAZIONALE<br>INTERUNIVERSITARIO<br>PER LE SCIENZE DEL<br>MARE (CONISMA) | Unità Locale di<br>Ricerca Università di<br>Milano-Bicocca | Ricercatore<br>universitario | 10        | 15            |
| 2.            | CORSELLI<br>Cesare            | CONSORZIO<br>NAZIONALE<br>INTERUNIVERSITARIO<br>PER LE SCIENZE DEL<br>MARE (CONISMA) | Unità Locale di<br>Ricerca Università di<br>Milano-Bicocca | Professore<br>straordinario  | 9         | 27            |
| 3.            | FARANDA<br>Francesco<br>Maria | CONSORZIO<br>NAZIONALE<br>INTERUNIVERSITARIO<br>PER LE SCIENZE DEL<br>MARE (CONISMA) | Unità Locale di<br>Ricerca Univ. Milano-<br>Bicocca        | ALTRO                        | 1         | 2             |
| 4.            | LA<br>LOGGIA<br>Goffredo      | CONSORZIO<br>NAZIONALE<br>INTERUNIVERSITARIO<br>PER LE SCIENZE DEL<br>MARE (CONISMA) | Unità Locale di<br>Ricerca Università di<br>Palermo        | Professore<br>ordinario      | 9         | 27            |
| <b>TOTALE</b> |                               |  |  |                              | <b>29</b> | <b>71</b>     |

### 1.5.2.a Personale a contratto da destinare a questa specifica proposta progettuale

| n°            | Qualifica | Tipologia          | Mesi/uomo | Costo<br>(k€) |
|---------------|-----------|--------------------|-----------|---------------|
| 1.            | Laureato  | Assegni di ricerca | 33        | 45            |
| 2.            | Laureato  | Assegni di ricerca | 33        | 45            |
| <b>TOTALE</b> |           |                    | <b>66</b> | <b>90</b>     |

### 1.5.2.b Contratti triennali da destinare a questa specifica proposta progettuale

| n°            | Qualifica | Tipologia | Mesi/uomo | Costo (k€) |
|---------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| <b>TOTALE</b> |           |           | <b>0</b>  | <b>0</b>   |

### 1.5.3 Mesi uomo complessivi dedicati alle attività proposte

|   | Numero | Mesi/uomo | Costo (k€) |
|---|--------|-----------|------------|
| <b>1.5.1 Personale della sede dell'Unità di Ricerca</b>                                   | 4      | 29        | 71         |
| <b>1.5.2.a Personale a contratto da destinare a questa specifica proposta progettuale</b> | 2      | 66        | 90         |
| <b>1.5.2.b Contratti triennali da destinare a questa specifica proposta progettuale</b>   | 0      |           |            |

### 1.6 Descrizione delle attrezzature già disponibili ed utilizzabili e/o da acquistare per la ricerca proposta

| n° | Anno di acquisizione | Descrizione (italiano)                           | Descrizione (inglese)                 | Valore presunto (KEuro) | Percentuale di utilizzo per le attività proposte |
|----|----------------------|--|---------------------------------------|-------------------------|--|
| 1. | 2004                 | Ecoscandaglio multifascio ad alta risoluzione    | Multibeam Echosounder high resolution | 0                       | 5%   |
| 2. | 2002                 | Sonar a scansione laterale KLEIN300              | Side Scan Sonar Klein 3000            | 0                       | 5%   |
| 3. | 2002                 | Profilatore di sottofondo Geo-Chirp              | Chirp sub-bottom profiler Geo-Chirp   | 0                       | 5%   |
| 4. | 2002                 | DGPS   | DGPS                                  | 0                       | 5%   |
| 5. | 2002                 | Compensatore di rollio, beccheggio e moto ondoso | Sensor for pitch, roll and wave       | 0                       | 5%   |
| 6. | 2004                 | Prototipo hovercraft per rilievi in acque basse  | Hovercraft prototype for survey S.W.  | 25                      | 100%   |
| 7. | 2004                 | Multiplexer per Isis Silver pro                  | Multiplexer per Isis Silver pro       | 15                      | 100%   |



|    |      |   |                              |    |      |
|----|------|---|------------------------------|----|------|
| 8. | 2004 | Upgrading strumentale per telerilevamento | Upgrading for remote sensing | 35 | 100% |
| 9. | 2004 | Iris Syscal Pro                           | Iris Syscal Pro              | 0  | 5%   |

## 1.7 Spese complessive dell'Unità di Ricerca

| Voce di spesa (DM. 199 Ric. del 08/03/01; art.6, c.6)  | Spesa (KEuro) | Note   |
|--|---------------|--|
| <b>Spese di personale (*)</b>  | 161           | Personale docente universitario, personale CoNISMa, assegni di ricerca (2)           |
| <b>Spese generali direttamente imputabili all'attività di ricerca nella misura forfettizzata del 60% del costo del personale (compreso quello relativo ai ricercatori)</b> | 96            | Viaggi in Italia, spese generali struttura (posta, telefono, personale mezzi navali) |
| <b>Spese per giovani ricercatori e ricercatori di chiara fama internazionale</b>   | 0             |  |
| <b>Spese per l'acquisizione di attrezzature, limitatamente alle quote impiegate per lo svolgimento dell'attività oggetto del progetto</b>                                  | 75            | Prototipo hovercraft e upgrading strumenti per telerilevamento                       |
| <b>Spese per stages e missioni all'estero di ricercatori coinvolti nel progetto</b>  | 30            | Missioni sui siti mediterranei identificati nel progetto                             |
| <b>Costo dei servizi di consulenza e simili utilizzati per l'attività di ricerca</b>   | 0             |  |
| <b>Altri costi di esercizio (ad es. costo dei materiali, delle forniture e dei prodotti analoghi) direttamente imputabili all'attività di ricerca</b>                      | 16            | materiale di consumo per laboratori geofisici, fotografie aeree                      |
| <b>TOTALE</b>  | <b>378</b>    |  |

(\*) = ricercatori, tecnici ed altro personale adibito all'attività di ricerca, dipendente dal soggetto proponente e/o in rapporto subordinato a termine e/o di collaborazione coordinata e continuativa, ivi inclusi dottorati, assegni di ricerca e le borse di studio che prevedevano attività di formazione attraverso la partecipazione al progetto.

**Incidenza (in %) del costo della UR sul costo totale della proposta progettuale 23%**

## Costo complessivo della Proposta Progettuale

|  | A carico del MIUR | A carico del Proponente | TOTALE |
|--|-------------------|-------------------------|--------|
|  |                   |                         |        |

|   |     |     |            |
|---|-----|-----|------------|
| <b>Costo delle attività di ricerca</b>                            | 264 | 114 | <b>378</b> |
| <b>Costo dei contratti triennali (giovani ricercatori)</b>        |     |     | <b>0</b>   |
| <b>Costo dei contratti triennali (ricercatori di chiara fama)</b> |     |     | <b>0</b>   |
| <b>Costo complessivo della Proposta Progettuale</b>               | 264 | 114 | <b>378</b> |

**1.8 Certifico la dichiarata disponibilità al cofinanziamento previsto: SI**

---

## **Parte II**

### **2.1 Obiettivi scientifici della proposta Progettuale e risultati attesi**

Il progetto prevede come obiettivi principali lo sviluppo metodologico relativo alla acquisizione ed elaborazione di dati geofisici per la realizzazione di modelli tridimensionali degli elementi archeologici sepolti in ambiente complesso come quello costiero:

- 1) Definizione di una metodologia integrata che, tramite l'utilizzo di tecniche geofisiche, porti all'ottimizzazione delle risorse da dedicare alle attività di scavo in siti archeologici costieri;
- 2) Sviluppo metodologico di tecniche specifiche per la prospezione archeologica in ambiente costiero;
- 3) Sviluppo di codici di calcolo per l'elaborazione di dati magnetici, elettrici ed elettromagnetici adattati alle particolari esigenze dell'interpretazione dei dati geofisici in campo archeologico;
- 4) Applicazione di tecniche di visualizzazione computerizzata all'analisi dei dati di prospezione, con conseguente valorizzazione anche a fini turistici e museali dei dati stessi;

I risultati della proposta progettuale sono essenzialmente collegati ad una attività di divulgazione dei risultati ottenuti nei diversi siti. In particolare si prevede la divulgazione delle immagini tridimensionali dei siti archeologici tramite appositi Web site, la divulgazione degli aspetti metodologici attraverso la pubblicazione su riviste specializzate in campo delle prospezioni archeologiche.

## 2.2 Base di partenza scientifica nazionale o internazionale

La prospezione archeologica è operazione delicata e perciò lenta e costosa. Per mettere in luce un sito completamente da scavare (ad esempio di un ettaro) occorrono investimenti enormi e tempi lunghissimi. La fruizione diviene perciò quasi impossibile e il bene stesso potrebbe divenire solo oggetto di studio e senza valore. E' stato dimostrato (M. Marchisio e G. Ranieri) che il valore monetario atteso del bene archeologico (Il valore intrinseco moltiplicato la probabilità di rinvenirlo) aumenta decisamente utilizzando metodi non distruttivi, prima complessivi (perché consentono una limitazione delle aree da scavare) poi di maggior dettaglio, ma applicati in aree ristrette. Il valore dell'informazione geofisica aumenta ottimizzando i costi del complesso delle operazioni e quindi rendendo più veloce la misura e il suo trattamento e, inoltre, è maggiore quando non si hanno molte notizie storiche. Ciò è divenuta intuitivamente una prassi operativa: i metodi più impiegati sono solitamente i magnetometrici, oggi applicati nella modalità walking, e il metodo georadar, per l'immediatezza della visualizzazione della risposta.

Le indagini georadar sono attualmente utilizzate con ampio successo per l'individuazione di strutture geologiche, per la localizzazione di superfici freatiche, di cavità carsiche, in particolare nelle prospezioni archeologiche, e per quant'altro implichi la conoscenza di differenziazioni nei materiali del sottosuolo a profondità limitata (Annan et alii, 1975). Generalmente ci si accontenta di una rappresentazione, che sia pure ottenuta con rigore, con l'aiuto di tecniche di filtraggio e anche se di grande ausilio per l'archeologo, non è facilmente generalizzabile e non è utilizzabile se non per fini scientifici. Viceversa la restituzione grafica dei profili radar con la tecnica delle time-slices o depth-slices è già utilizzata in molte applicazioni georadar (Piro et alii, 2002). Tale tecnica rappresenta una delle possibilità applicative per eseguire la tomografia per riflessione, tecnica questa che permette di ricostruire, mediante sezioni orizzontali, l'andamento planimetrico delle riflessioni prodotte dalle discontinuità elettromagnetiche del sottosuolo. Essa si è rivelata un ottimo strumento per la localizzazione di strutture sepolte in campo archeologiche, fornendo un'immagine della loro geometria planare, mostrandone anche le variazioni con la profondità. La costruzione delle time-slices permette, quindi, di ottenere un modello 3D del sottosuolo, da cui si può desumere l'ubicazione delle principali anomalie riscontrate e passare al controllo diretto.

I metodi magnetici ed elettromagnetici sono ampiamente utilizzati nelle indagini di siti archeologici; la loro efficacia si basa sulla possibilità di eseguire indagini estese su vaste aree ma comunque molto speditive. Nei differenti contesti archeologici si possono pertanto stimare le variazioni di caratteristiche elettriche e soprattutto magnetiche; la suscettività magnetica dei materiali e la magnetizzazione rimanente sono sostanzialmente dipendenti dal volume di ossidi di ferro, presenti sia nell'ambiente geologico ospitante i reperti o le strutture sia negli elementi archeologici stessi.

L'elaborazione di dati archeo-magnetici in termini di forma e profondità e contrasto di proprietà magnetiche delle strutture sepolte richiede particolare attenzione a causa degli effetti di magnetizzazione rimanente. Peraltro, l'elevata densità di misure magnetiche attualmente disponibile con i moderni magnetometri (Becker, 1995) richiede l'applicazione di metodologie interpretative automatiche o semiautomatiche per migliorare la qualità delle rappresentazioni in termini di posizione spaziale,

orientamento e forme delle diverse strutture archeologiche.

Nel contesto italiano lo sviluppo di metodologie di interpretazione di dati magnetici ha avuto come riferimento alcuni progetti di indagine archeologica nei siti di Selinunte e Montelibretti (Brizzolati et al, 1993, Piro et al. 1998). L'impiego integrato di metodi elettrici ed elettromagnetici per la caratterizzazione decimetrica di siti archeologici è stata sperimentata da diversi gruppi di ricerca (Godio et. al. 2001, Brecciaroli et al. 2000).

Studi più recenti sono rivolti alla integrazione di dati magnetici ed elettromagnetici al fine di ridurre le ambiguità interpretative proprie delle singole metodologie; in tal senso nuovi algoritmi vengono implementati (Benech et al. 2002) e adottati con successo in diverse applicazioni archeologiche, consentendo di separare in modo efficace gli effetti di magnetizzazione termorimane.

In tempi più recenti, si è molto sviluppata la tecnica di tomografia elettrica (primi riferimenti della bibliografia); una tecnica "attendibile", utilizzata però per descrivere la variazione della resistività elettrica in una sezione. Le tecniche di inversione 2D sono consolidate, ma la tomografie richiedono uno sforzo economico sicuramente non trascurabile. Da qui la necessità di utilizzare tecniche che consentano di eseguire tomografie elettriche 2D in continuo.

Il valore dell'informazione geofisica aumenta notevolmente in assenza di informazione. E' il caso dei siti archeologici subacquei, dove sono poche le informazioni e rare sono le escavazioni e la valorizzazione. In acqua le tecniche sono diverse, con la prevalenza di metodi basati sulle onde acustiche [Frey, 1972], quali Side Scan Sonar [Duck, 1993; Hobbs et al., 1994 Blake, 1995], CHIRP [Quinn et al, 1997, 1998; Bull et al., 1998] e multibeam sonar, ma non solo [Hall, 1966; Arnold, 1981; Barto Arnold, 1996]. L'applicazione di queste metodiche è oggi relativamente frequente per la localizzazione e caratterizzazione di relitti navali [Forsythe, 1999; Breen and Barton, 1998], ma l'applicazione in acque poco profonde è limitato a pochi casi di studio [Lehman et al., 1998] anche se l'interesse per questo genere di siti, in cui parte dell'insediamento archeologico è oggi sommerso, è considerevole [Raban, 1985; Mart and Perecman, 1996]. Non sono invece mature le tecniche adeguate per l'esplorazione di tratti di mare profondi pochi metri al massimo, e soprattutto manca una metodologia che consenta l'integrazione dei dati a terra con quelli a mare, anche tramite l'assimilazione in ambiente GIS [Bremner, 2003]. Su questi due aspetti si concentrerà in particolare la ricerca innovativa di questo progetto, tramite lo sviluppo di prototipi di veicoli e strumentazione per l'acquisizione in ambiente poco profondo, e tramite l'integrazione di metodi di telerilevamento e GIS con i dati geofisici.

Il complesso di misure può rendere lo scavo del sito più agevole ed economico, ma può fare di più. E' proprio lo scopo del presente progetto: utilizzare direttamente il dato geofisico per una rappresentazione in realtà diversa e per una fruizione anche non da studiosi.

In questi ultimi anni si è molto parlato di archeologia virtuale (Chalmers et al., 1994), ma i sistemi proposti non sono che una "ricostruzione" virtuale che parte da dati di diverso genere. (Coiana M. e Ranieri G., 2000) hanno proposto una ricostruzione geofisica e una navigazione all'interno del dato numerico utilizzando i plugin del browser di Internet.

## 2.2.a Riferimenti bibliografici

- Abdallatif T. F., Mousa S. E., Elbassiony A. -2003 Geophysical Investigation for mapping the Archaeological Features at Qantir, Sharqya, Egypt Archaeological Prospection 10, 27-42
- Annan A. P., Waller W. M., Strangway D. W., Rossiter J. R., Redman J. D. and Watts R. D.; 1975: The electromagnetic response of a low-loss, 2-layer, dielectric earth for horizontal electric dipole excitation. Geophysics 40, 285-298.
- Arnold, JB. 1981. A marine archaeological magnetometer survey in the Galveston, Texas area. Underwater archaeology: the challenge before us. Proceedings of the twelfth conference on underwater archaeology (ed GP Watts) Fathom Eight Publication, 209-217
- Barnes, I., 2003, Aerial Remote-sensing Techniques Used in the Management of Archaeological Monuments of the British Army; Salisbury Plain Training Area, Wiltshire, UK, Archaeological Prospection 10, 83-90
- Barto Arnold III, J., 1996,. Magnetometer survey of La Salle's ship the Belle, International. Journal of Nautical Archaeology 25 (3&4), 243–249.
- Becker, H., 1995, From nanotesla to picotesla. A new window for magnetic prospecting in archaeology. Archaeological Prospection 2, 217-228
- Benech, C., Tabbagh, A. and Desvignes, G., 2002, Joint inversion of EM and magnetic data for near-surface studies: Geophysics, Soc. of Expl. Geophys. 67, 1729-1739.
- Bhattacharyya B.K., 1964, Magnetic anomalies due to prism-shaped bodies with arbitrary magnetization. Geophysics, 29, 517-531.
- Blake V.S., 1995, "The simulation of sidescan sonar images" Archaeological Prospection 2, 29-56
- Breen, C. & Barton, K. (1998). Mapping 'the Frenchman' in Bantry Bay: La Surveillante revisited. Archaeology Ireland 12, 8–12.
- Breman, J., 2003, Marine Archaeology goes Underwater with GIS, Journal of GIS in Archaeology, ESRI
- Brizzolari, E., Cardarelli, E., Piro, S., Versino, L., 1993. Detection of subsurface magnetic anomalies of archaeological interest: computation of tridimensional magnetic anomalies and interpretation using bidimensional cross-correlation. In Theory and Practice of Applied Geophysics, Vieweg Publishing, 7, 3-16.
- Bull, J. M., Quinn, R. & Dix, J. K. (1998). Reflection coefficient calculation from marine high resolution seismic reflection (Chirp) data and application to an archaeological case study. Marine Geophysical Researches 20, 1–11.
- Chalmers, A., Stoddart, S., Tidmus, J. 1994. In site: an interactive visualisation system for archaeological sites. Computer Applications and quantitative methods in Archaeology 94
- Coiana M., Ranieri G. 2000: Geophysics as a tool for virtual archaeology-Proceedings of XXV EGS General Assembly.-Nice 25-29 april.
- Cowley, D.C., 2002, A Case Study in the Analysis of Patterns of Aerial Reconnaissance in a Lowland Area of Southwest Scotland, Archaeological Prospection 9, 255-265.
- Duck, RW. 1993. Application of side scan sonar to archaeological sites underwater. Archaeological Sciences 93.
- Forsythe, W., 1999, The shipwreck database:  
<http://www.ulst.ac.uk/faculty/science/crg/cmases/cmases.htm> (22 June 1999).

Frey, DA. 1972. Sub bottom survey of Porto Longo harbour Peloponnesus, Greece. *International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration* 1, 170-175

Hall, ET. 1966. The use of the proton magnetometer in underwater archaeology. *Archaeometry* 9, 32-44

Hesse, A., 1999, Multi-parametric survey for archaeology: how and why, or how and why not?, *Journal of Applied Geophysics* 41, 157-168

Hobbs, C. H., Blanton, D. B., Gammisch, R. A. & Broadwater, J., 1994, A marine archaeological reconnaissance survey using side-scan sonar, Jamestown, Virginia, USA. *Journal of Coastal Research* 10, 351–359.

Godio A., Sambuelli L., Socco L.V., 2000: Electromagnetic survey for archaeological remains detection in urban sites. *The Leading Edge* 19, 850-854.

Lenham, J.M., Bull, J.M. and Dix, J.K., 1998. A marine geophysical survey of Strangford Lough. *Archaeology Ireland* 11, 18-20.

Li Y. e Oldenburg D. W., 1996, 3-D inversion of magnetic data. *Geophysics* 61, 394-408.

Lopez A., Ristevsky J, 2003: - Documenting the visible and the invisible: an approach to recording archaeological landscape through integrated digital spatial technologies. Workshop ITALY-USA 2003 on The reconstruction of archaeological landscapes through digital technologies. Roma, 3-4 novembre.

Marchisio M., Ranieri G. 2000:-On the economical value of a geophysical survey of an archaeological site. *European Journal of Environmental and Engineering Geophysics* 5, 91-110.

Mart, Y. and I. Peregman. 1996. "Neotectonic Activity in Caesarea, the Mediterranean Coast of Central Israel." *Tectonophysics* 254, 139–153.

Murdie R. E., Goulty N. R., White R. H., Barratt G., Cassidy N. J., Affney V., 2003: Comparison of geophysical techniques for investigating an infilled Ditchat Bury Walls Hill Fort, Shropshire. *Archaeological Prospection* 10, 265-276

Quinn, R., Bull, J.M. and Dix, J.K., 1997. Imaging wooden artefacts with Chirp Sources. *Archaeological Prospection* 4, 25-35.

Quinn, R., Bull, J.M. and Dix, J.K., 1998a. Optimal processing of marine high-resolution seismic reflection (Chirp) data. *Marine Geophysical Researches* 20, 13-20.

Piro, S., Samir, A., Versino, L., 1998. Position and spatial orientation of magnetic bodies from archaeological magnetic surveys. *Annali di Geofisica*, 41, 343-358

Piro S., Goodman D. and Nishimura Y.; 2002: The location of Emperor Traiano 8217;s Villa (Altopiani di Alcinazzo 8211; Roma) using high-resolution GPR surveys. *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata* 43, 143-155.

Raban, A. 1985. "The Ancient Harbours of Israel in Biblical Times." *Harbour Archaeology*. Raban, A. (ed.). Bar International Series. Oxford, England. 11–41.

Sambuelli L., Socco L.V., L.Brecciaroli, 1999, Acquisition and processing of electric, magnetic and GPR data on a Roman site (Victimulae, Salussola, Biella). *Journal of Applied Geophysics*, 41, 189-204.

Schleifer N., A. Weller, S. Schneider And A. Junge, 2002, Investigation of a Bronze Age Plankway by Spectral Induced Polarization, *Archaeological Prospection* 9, 243-253

## 2.3 Descrizione della Ricerca

Come dichiarato negli obiettivi scientifici la ricerca prevede più fasi:

Una prima fase, preliminare, consisterà nel riconoscimento delle possibilità offerte dalle diverse analisi realizzabili a costi non esorbitanti e cioè l'analisi delle immagini da satellite, quelle dalle foto aeree, sia a grande altezza sia ravvicinate e dei relativi sistemi di trattamento, gli studi geomorfologici, le ricerche storiche nel riconoscimento delle aree di interesse dove intervenire con metodi geofisici.

Una seconda fase tesa a definire le condizioni di applicazione delle tecnologie geofisiche più innovative nel campo della prospezione a terra a scopi archeologici. Saranno studiati non solo sviluppi metodologici, come sistemi per la velocizzazione delle misure elettriche, elettromagnetiche, sismiche, radar multicanale e magnetiche ma anche metodi per la migliore interpretazione dei dati. A tal riguardo saranno sviluppati non solo nuove tecniche di trattamento ed inversione dei dati magnetici ed elettromagnetici, ma anche algoritmi per l'inversione 3D di dati elettrici.

Una contemporanea fase di sviluppo dei metodi geofisici a mare in acque poco profonde consentirà di operare un confronto sia in termini di affidabilità dei metodi che in termini economici. L'integrazione dei dati numerici del rilievo a mare e di quelli a terra sarà il punto nodale dell'intera ricerca. Naturalmente occorrerà provvedere all'adattamento dei metodi di rilievo all'ambiente marino, e dovranno essere predisposti probabilmente sistemi di rilievo in continuo, collocati in superficie o sul fondo.

Successivamente tutti i dati digitali delle acquisizioni geofisiche e le informazioni comunque ottenute dovranno essere rappresentate possibilmente contemporaneamente. Si dovranno perciò sviluppare software di interpolazione e di rappresentazione 3D.

La rappresentazione finale potrà essere integrata da filmati e fotografie di eventuali strutture, del suolo e del fondo marino.

Il prodotto finale perciò costituirà un documento di sicuro interesse, sia per gli archeologi, che potranno disporre di una "lettura" virtuale del sito e predisporre gli scavi per mettere in luce solo le strutture di interesse, con ovvio risparmio sul costo, sia per il turismo locale. Infatti la rappresentazione digitale costituirà in sé stessa una forma di valorizzazione del sito, sia per la sua conservazione che per la fruizione in tempi ravvicinati, anche da parte dei non addetti.

La ricerca sarà condotta su cinque siti appartenenti all'area mediterranea: il sito di Neapolis, in Italia; quello di Lixus in Marocco, quello di Cartagine in Tunisia, quelli di Voldoikilia e Peristeria nel distretto di Atene in Grecia, quello di Pollentia nell'isola di Maiorca, Spagna. Tutti questi siti sono accomunati da una caratteristica peculiare: sono tutti nei pressi del mare o di corsi d'acqua importanti ma per nessuna di esse si conoscono le strutture a mare e, salvo per Cartagine, non sono state mai rinvenute le strutture portuali. I siti sono stati prescelti non solo per la loro importanza archeologica e per l'interesse scientifico della ricerca, ma anche per la loro collocazione geografica presso Stati con cui si hanno già buoni rapporti culturali e scientifici, che si intende sviluppare ancor più con questo progetto. Ciò darà modo di coinvolgere i ricercatori locali, che saranno chiamati ad essere protagonisti nel loro territorio. I siti hanno le seguenti caratteristiche:

Neapolis si localizza sui dossi alluvionali che dominano a SE l'insenatura del golfo di Oristano, ridottasi al sistema lagunare di San Giovanni-Marceddì. A partire dal Bronzo

Finale è documentata una presenza filistea in seno alla comunità indigena, poi fenicia infine di centro urbano cospicuo con ceramica attica, forse correlato ad un rapporto diretto con Atene che potrebbe giustificare il poleonimo greco "Neapolis". Della città sono rimasti solo poche testimonianze mentre nessun ritrovamento c'è stato degli impianti portuali che pure dovevano essere importanti. Solo pochi metri quadrati sono stati scavati, mentre recenti indagini non distruttive hanno mostrato un'estensione della città a terra di oltre 10 ettari.

Voidokilia (Pylos), Volimidia (Hora) e Peristeria, nota come la Micene del Peloponneso Occidentale per la ricchezza in oggetti d'oro delle sue tombe a camera, e posta vicino alla città di Kyparissia nel distretto di Olimpia., appartengono al gruppo di insediamenti di epoca Messeniana, di cui sono noti alcuni resti il più famoso dei quali è il palazzo di Nestore. Spesso le strutture sono separate da tratti di mare in cui non sono mai stati individuati (né cercati) resti delle città..

Pollentia, situato all'estremo nord dell'isola di Maiorca, nel comune di Alcudia, Spagna. Pollentia è una città romana fondata in seguito alla conquista militare romana di Maiorca nell'anno 123 a.C. da parte del generale Quinto Cecilio Metello e abbandonata in epoca islamica. In circa cento anni, gli scavi hanno riguardato solo una porzione molto piccola della città (poco meno di un ettaro a fronte di una estensione presunta di circa 50 ettari!). L'ottimizzazione dello scavo, vista la superficie enorme da scavare è quindi un'esigenza fondamentale. L'antica città è situata in un istmo che separa due grandi baie e non è ancora chiarito, anche dal punto di vista geomorfologico, se l'istmo sia stato costituito da sedimentazioni successive per effetto di correnti deposizionali o, al contrario, sia il risultato di uno smantellamento progressivo per effetto di correnti erosive e di sollevamento marino.

Lixus, situata a sud di Tangeri è documentata come città di fondazione fenicia, poi interessata anche da spedizioni dei Cartaginesi. Secondo Plinio si trattava della città in cui si annodavano i miti più celebri dell'Occidente, dal Giardino delle Esperidi al Palazzo del gigante Anteo, "storie sacre" incardinate al celebre tempio di Ercole lixitano. Al tempo di Claudio nella città marocchina venne istituita una colonia romana. Solo alcuni scavi testimoniano una città grandiosa, dove però non sono noti alcuni degli elementi strutturali tipici delle città romane: il porto e il foro oltre al già citato tempio di Ercole sono ancora da scoprire. Lixus si trova nei pressi della cittadina di Larache che si attende un grande rilancio dell'attività turistica proprio dal sito archeologico.

Cartagine è una città ben nota dal punto di vista storico. Attualmente sono in atto ricerche per conto del Ministero Affari Esteri per la realizzazione di un parco archeologico. E' probabilmente non sviluppato ma auspicato anche dalle autorità tunisine lo studio delle strutture accanto all'area del parco e a mare.

Un aspetto importante è il coinvolgimento di società giovanili e di piccole imprese, in ruoli non marginali.

Un ulteriore aspetto della ricerca, è lo sviluppo della parte didattica. Essa darà modo di sviluppare un master mediterraneo sull'applicazione di tecnologie innovative per i beni culturali, in saranno impegnati non solo i promotori di questa proposta ma anche studiosi dell'ambito mediterraneo.

Infine gli spunti offerti da questa contribuiranno alla costituzione di un Centro di Ricerca Mediterraneo su questi argomenti, da collocare preferibilmente in Sardegna, ove imprenditori ed enti pubblici hanno espresso interesse.



## 2.4 Descrizione dettagliata delle attività individuate

---

### Attività 1

#### Informazioni generali

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| <b>Durata (mesi)</b>         | mesi10 |
| <b>Durata (mesi/uomo)</b>    | 117    |
| <b>Costo totale previsto</b> | 300    |

#### Descrizione

Attività 1. Sviluppo ed applicazione di sequenze metodologiche per l'acquisizione dei dati preliminari.

tecniche/fasi

- 1) Attività informativa: sarà attuata analizzando i tipi di informazione disponibili (bibliografico, storico, epigrafico), la loro qualità ed attendibilità, la loro utilizzabilità nello studio tecnico sperimentale;
- 2) Attività sperimentale: Acquisizione ed Analisi delle immagini satellitari per l'individuazione di cambi d'uso dei suoli (Co.N.I.S.Ma.)
- 3) Analisi delle foto aeree. Applicazioni di algoritmi di filtraggio delle immagini digitalizzate. Studio dei metodi di elaborazione ottimali in funzione del tipo di foto (UNICA).
- 4) Esecuzione ed elaborazione di foto aeree ravvicinate (da elicottero, ultraleggero, mongolfiera, aquilone) e relativi metodi di elaborazione (UNICA).
- 5) Acquisizione ed elaborazione di immagini all'infrarosso, ravvicinate (UNICA e Co.N.I.S.Ma.)
- 6) Sequenza ottimale per la scelta delle aree di interesse (POLITO,UNICA,UNIPA,CoNISMA).

#### Risultati attesi

1. Valutazione delle informazioni storiche: ricostruzione virtuale dell'estensione della città sepolta, delle dimensioni e dell'eventuale orientamento delle strutture attese, sovrapposizioni, catalogate in un GIS di tentativo
2. Descrizione delle forme visibili da satellite e da foto aeree remote e ravvicinate;
3. Messa a punto di sequenza metodologica per la prima selezione delle aree di intervento

## Unità di ricerca impegnate e relativi compiti

| n° | Responsabile scientifico      |                | Mesi/uomo | Costo (K€) | Note  |
|----|-------------------------------|----------------|-----------|------------|---|
|    | Cognome                       | Nome           |           |            |   |
| 1. | RANIERI<br>Gaetano            | RBNE037EJJ_001 | 42        | 121        | I costi comprendono l'impegno mesi/uomo e i costi di gestione della ricerca con particolare riferimento alla analisi di foto aeree e satellitari ed alla realizzazione di foto aeree ravvicinate e implementazione strumentazione |
| 2. | COSENTINO<br>Pietro Lucio     | RBNE037EJJ_003 | 25        | 52         | L'unità interviene nel supporto alla analisi di foto aeree e satellitari  |
| 3. | FARANDA<br>Francesco<br>Maria | RBNE037EJJ_005 | 38        | 92         | L'unità è coinvolta nella realizzazione ed analisi di foto satellitari  |
| 4. | GODIO<br>Alberto              | RBNE037EJJ_004 | 12        | 35         | L'unità partecipa come supporto tecnico alle attività delle altre unità per la gestione del materiale acquisito nei diversi siti archeologici   |

## Attività 2

### Informazioni generali

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| <b>Durata (mesi)</b>         | mesi15 |
| <b>Durata (mesi/uomo)</b>    | 157    |
| <b>Costo totale previsto</b> | 685    |

### Descrizione

Sviluppo ed applicazione di metodologie geofisiche per l'indagine archeologica in ambiente costiero.

Diverse metodologie non invasive hanno trovato recente applicazione nell'indagine archeologica. Tra questi: magnetometria, microgravimetria, tomografia elettrica, metodi

elettromagnetici, ground penetrating radar. Alcuni di questi metodi appaiono però poco adatti alla prospezione in ambiente costiero. Il radar, pur molto utilizzato in ambito archeologico, è destinato a soffrire delle condizioni di elevatissima conduttività elettrica propria dell'acqua marina, con conseguente bassissima penetrazione. Al contrario altri metodi, quali la sismica ad altissima risoluzione, impraticabili nelle applicazioni in terraferma, possono essere estremamente efficaci in acque poco profonde. Altri metodi ancora, consolidati nella pratica a terra quali la magnetometria e la tomografia elettrica, necessitano di adattamenti specifici per l'applicazione pratica in acque costiere e/o in zone di transizione fra terra e mare. Esiste quindi da una parte una vasta esperienza in applicazioni non invasive a piccola scala, e dall'altra la necessità di sviluppare e testare tecniche innovative specificamente progettate per l'applicazione costiera.

Questa attività va quindi suddivisa in tre sotto-attività articolate sulla base delle specificità di ciascuna metodologia geofisica.

Sub-attività 2.1 Sviluppo ed applicazione di metodologie elettriche 3D a terra ed a mare. Responsabile: UNICA; Fasi:

1. sviluppo delle tecniche di acquisizione ottimali (UNICA)
2. sviluppo dei codici di inversione tomografica (POLITO-UNIMIB)
3. acquisizione di campagna sui siti di interesse (UNICA - POLITO)

Sub-attività 2.2: Sviluppo ed applicazione di tecniche sismiche ad altissima risoluzione (Side Scan Sonar e sismica multicanale) a mare. Responsabile: UNIMIB. Fasi:

1. sviluppo delle tecniche di acquisizione ottimali (UNIMIB)
2. sviluppo dei metodi di inversione ed analisi (UNIMIB - POLITO)
3. acquisizione di campagna sui siti di interesse (UNICA - UNIMIB)

Sub-attività 2.3: Sviluppo ed applicazione di tecniche magnetometriche ed elettromagnetiche a terra ed a mare. Responsabile: POLITO. Fasi:

1. sviluppo delle tecniche di acquisizione ottimali (UNICA)
2. sviluppo dei codici di inversione ed analisi (POLITO - UNIMIB)
3. acquisizione di campagna sui siti di interesse (UNICA - POLITO)

## **Risultati attesi**

Questa attività è centrale rispetto al raggiungimento degli obiettivi tecnologici del progetto. Si tratta infatti di mettere a punto le tecniche geofisiche necessarie alla raccolta dei dati necessari alla visualizzazione delle strutture archeologiche sepolte o sommerse. I risultati attesi sono di due tipi diversi:

1. lo sviluppo ed ottimizzazione delle singole metodologie utilizzabili in questo settore. Un risultato certo di questa attività sarà la definizione di protocolli di acquisizione dati per ciascuno dei metodi proposti. Quasi certamente un risultato sarà quello di migliorare la tecnologia stessa, sia in termini di acquisizione dati che di processing ed interpretazione del segnale, per uno o più dei metodi proposti.
2. la definizione di un protocollo integrato per la pianificazione e realizzazione di campagne geofisiche multi-parametriche, ovvero basate su più principi fisici, p.es. magnetismo e sismica. L'efficacia singola e congiunta dei metodi possibili va infatti valutata ex novo sulla tipologia di siti proposti, e la risultante valutazione rappresenta uno dei risultati più importanti fra gli aspetti tecnologici del progetto.

## Unità di ricerca impegnate e relativi compiti

| n° | Responsabile scientifico      |                | Mesi/uomo | Costo (K€) | Note   |
|----|-------------------------------|----------------|-----------|------------|--|
|    | Cognome                       | Nome           |           |            |  |
| 1. | RANIERI<br>Gaetano            | RBNE037EJJ_001 | 30        | 180        | Partecipa alla supervisione delle diverse fasi delle attività e nella messa a punto di dispositivi di acquisizione elettrica; messa a punto dei protocolli integrati per le indagini nei diversi siti archeologici |
| 2. | COSENTINO<br>Pietro Lucio     | RBNE037EJJ_003 | 45        | 180        | L'unità è coinvolta nello sviluppo e applicazione di tomografie elettriche e nella messa a punto di codici interpretativi di dati radar e di tomografia elettrica  |
| 3. | FARANDA<br>Francesco<br>Maria | RBNE037EJJ_005 | 35        | 170        | L'unità si occuperà di sviluppo e applicazione di metodi sismici ad alta risoluzione per le acquisizioni a mare  |
| 4. | GODIO<br>Alberto              | RBNE037EJJ_004 | 47        | 155        | L'unità è coinvolta nella fase di sviluppo e applicazione di rilievi magnetici ed elettromagnetici e sviluppo dei relativi codici interpretativi   |

## Attività 3

### Informazioni generali

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| <b>Durata (mesi)</b>         | mesi11 |
| <b>Durata (mesi/uomo)</b>    | 153    |
| <b>Costo totale previsto</b> | 649    |

## Descrizione

### Attività 3:

Questa attività è incentrata sullo sviluppo di metodologie per la rappresentazione di dati geofisici, anche nelle difficili condizioni di transizione tra terra e mare.

Le attività comprendono:

- 1) Sperimentazione delle metodologie più promettenti evidenziate nelle prove nei siti di LIXUS (Marocco) e possibilmente anche a Pollentia (Spagna) Voidoikilia (Grecia), Cartagine (Tunisia);
- 2) Messa a punto di metodi di integrazione dei dati digitali provenienti dal rilievo aereo, a terra, e a mare e dai filmati eseguiti;
- 3) Rappresentazione tridimensionale dei dati numerici magnetici, elettromagnetici, georadar e di tomografia elettrica;
- 4) Integrazione dei diversi dati geofisici per la ricostruzione del paesaggio archeologico
- 5) Analisi di metodi di valorizzazione
- 6) Realizzazione di percorsi virtuali all'interno dei siti archeologici ricostruiti;
- 7) Divulgazione dei risultati scientifici e creazione di siti web per la fruibilità dei percorsi virtuali

## Risultati attesi

I principali risultati attesi da questa attività sono sia di carattere metodologico, relativo alla diffusione delle conoscenze scientifico-tecnologiche di metodologie integrate per la valorizzazione del patrimonio culturale, sia di diffusione e divulgazione di percorsi virtuali dei siti archeologici:

- 1) Ricostruzione digitale del paesaggio archeologico nei siti esaminati;
- 2) Realizzazione di uscite grafiche per una maggiore e agevole "visibilità" del sito
- 3) Creazione di CD illustrativi delle metodiche e dei risultati raggiunti;
- 4) Diffusione delle conoscenze scientifiche applicate ai siti archeologici;

## Unità di ricerca impegnate e relativi compiti

| n° | Responsabile scientifico |                | Mesi/uomo | Costo (K€) | Note   |
|----|--------------------------|----------------|-----------|------------|--|
|    | Cognome                  | Nome           |           |            |  |
| 1. | RANIERI<br>Gaetano       | RBNE037EJJ_001 | 40        | 190        | acquisizione dati geoelettrici e magnetici; supporto alle attività delle altre unità operative; elaborazione integrata |

|    |                               |                |    |     |  |
|----|-------------------------------|----------------|----|-----|--|
|    |                               |                |    |     | dei dati geofisici;<br>realizzazione dei percorsi<br>virtuali e divulgazione<br>risultati  |
| 2. | COSENTINO<br>Pietro Lucio     | RBNE037EJJ_003 | 43 | 188 | acquisizione ed<br>elaborazione di dati<br>elettrici e georadar;<br>restituzione<br>tridimensionale dei dati;<br>integrazione dei risultati<br>delle diverse tecniche;<br>divulgazione risultati |
| 3. | FARANDA<br>Francesco<br>Maria | RBNE037EJJ_005 | 22 | 116 | acquisizione dati sonici<br>alta risoluzione nei<br>diversi siti archeologici;<br>restituzione<br>tridimensionale dei dati;<br>divulgazione risultati  |
| 4. | GODIO<br>Alberto              | RBNE037EJJ_004 | 48 | 155 | Attività di acquisizione ed<br>elaborazione dati<br>magnetici ed<br>elettromagnetici nei<br>diversi siti archeologici;<br>restituzione<br>tridimensionale dei dati;<br>divulgazione risultati    |

---

## Parte III

### 3.1 Riassunto Spese delle Unità di Ricerca

| n° | Responsabile Scientifico (codice) | Spesa A (KEuro) | Spesa B (KEuro) | Spesa C (KEuro) | Spesa D (KEuro) | Spesa E (KEuro) | Spesa F (KEuro) | Spesa G (KEuro) | TOTALE      |
|----|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------|
| 1. | RANIERI Gaetano                   | 126             | 117             | 69              | 77              | 20              | 62              | 20              | 491         |
| 2. | COSENTINO Pietro Lucio            | 102             | 108             | 78              | 65              | 17              | 30              | 20              | 420         |
| 3. | GODIO Alberto                     | 128             | 103             | 45              | 37              | 10              | 12              | 10              | 345         |
| 4. | FARANDA Francesco Maria           | 161             | 96              | 0               | 75              | 30              | 0               | 16              | 378         |
|    | <b>TOTALE</b>                     | <b>517</b>      | <b>424</b>      | <b>192</b>      | <b>254</b>      | <b>77</b>       | <b>104</b>      | <b>66</b>       | <b>1634</b> |

Legenda Voce di spesa (DM. 199 Ric. del 08/03/01; art.6, c.6):

- **Spesa A:** Spese di personale (\*)
- **Spesa B:** Spese generali direttamente imputabili all'attività di ricerca nella misura forfettizzata del 60% del costo del personale (compreso quello relativo ai ricercatori)
- **Spesa C:** Spese per giovani ricercatori e ricercatori di chiara fama internazionale
- **Spesa D:** Spese per l'acquisizione di attrezzature, limitatamente alle quote impiegate per lo svolgimento dell'attività oggetto del progetto
- **Spesa E:** Spese per stages e missioni all'estero di ricercatori coinvolti nel progetto
- **Spesa F:** Costo dei servizi di consulenza e simili utilizzati per l'attività di ricerca
- **Spesa G:** Altri costi di esercizio (ad es. costo dei materiali, delle forniture e dei prodotti analoghi) direttamente imputabili all'attività di ricerca

### 3.2 Costo complessivo della Proposta Progettuale risorse disponibili

| n° | Responsabile Scientifico (codice) | Risorse finanziarie richieste al MIUR (KEuro) | Giovani ricercatori e ricercatori di chiara fama internazionale | Costo totale della proposta progettuale (KEuro) |
|----|-----------------------------------|---|---|---|
| 1. | RANIERI Gaetano                   | 296   | 69  | 491   |
| 2. | COSENTINO Pietro Lucio            | 240   | 78  | 420   |
| 3. | GODIO Alberto                     | 210   | 45  | 345   |
| 4. | FARANDA Francesco Maria           | 264   | 0   | 378   |
|    | <b>TOTALE</b>                     | <b>1010</b>                                   | <b>192</b>  | <b>1634</b>                                     |

|   | <b>A carico del MIUR</b> | <b>A carico del Proponente</b> | <b>TOTALE</b> |
|---|--------------------------|--------------------------------|---------------|
| <b>Costo delle attività di ricerca</b>              | 1010                     | 432                            | <b>1442</b>   |
| <b>Costo dei contratti triennali</b>                | 192                      |                                | <b>192</b>    |
| <b>Costo complessivo della Proposta Progettuale</b> | 1202                     | 432                            | <b>1634</b>   |

*Si ricorda che il cofinanziamento a carico del proponente deve essere pari al 30% del costo complessivo della proposta progettuale, detratti i costi dei contratti triennali per giovani ricercatori e per ricercatori di chiara fama, che sono finanziati al 100%.*

*(per la copia da inviare per raccomandata o da consegnare all'accettazione del MIUR e per l'assenso alla diffusione via Internet delle informazioni riguardanti i progetti finanziati e la loro elaborazione necessaria alle valutazioni; legge del 31.12.96 n°675 sulla "Tutela dei dati personali")*

Certifico, sotto la mia personale responsabilità, di aver ottenuto regolare autorizzazione dal rappresentante legale dell'ente di mia appartenenza, nonché degli enti di tutte le altre Unità di Ricerca.

Firma del Coordinatore .....

Data 13/02/2004 15:27

Firma del Rappresentante legale .....