



Progetto di Interesse strategico NEXTDATA

Rendicontazione scientifica per il periodo di riferimento
1-1-2013/31-12-2013

WP 1.5 Dati paleoclimatici da sedimenti marini

Responsabile: Fabrizio Lirer
CNR-IAMC, Napoli

Autori:

**F. Lirer, M. Vallefucio, E. Anzalone, S. Bonomo, L. Ferraro, D. D. Insinga, G. Margaritelli,
E. Marsella, N. Pelosi, S. Sorgato**
CNR-IAMC, Napoli

S. Albertazzi, L. Bellucci, P. Montagna, L. Capotondi, S. Giuliani
ISMAR-CNR, Bologna

A. Cascella
INGV, Pisa

F. Di Rita, D. Magri
Dipartimento Di Biologia Ambientale - Botanica, Roma

P. De Michelis, F. Florindo, C. Lurcock Pontus, F. Marra, A. Meloni, A. Venuti, A. Winkler
INGV, Roma

P. Petrosino
DISTAR, Napoli

M. Sprovieri
IAMC, Torretta Granitola (TP)

1. Attività previste e risultati attesi

Le attività di ricerca del secondo anno di progetto, come indicato dal Piano Esecutivo, prevedono:

- La realizzazione della campagna oceanografica NEXTDATA-2013 a bordo della nave Urania del CNR, nel periodo 12-22 settembre 2013, nei settori di piattaforma continentale del Golfo di Taranto e del Canale di Sicilia.
- Inizio delle analisi (foraminiferi planctonici, nannofossili calcarei, pollini, analisi paleomagnetiche, tefrostratigrafiche, cronologiche, isotopiche) relative alle carote prelevate durante la campagna oceanografica NEXTDATA-2013, anche in collaborazione con ricercatori di altri enti di ricerca/università.
- Studio integrato ad alta risoluzione della carota C5 (prelevata con carotiere a gravità Kullenberg, della lunghezza di 7.11 m e a profondità di - 93 m) e della carota C5_SW104 (prelevata con carotiere per interfaccia acqua/sedimento SW104, della lunghezza di 1,08 m e a profondità di -93 m), acquisite con la N/O Urania del CNR nel febbraio 2013 nel Golfo di Gaeta (Tirreno Centrale), settore di interesse per studi paleoclimatici ad alta risoluzione già individuato nel primo anno di progetto.
- Riesame dei dati preesistenti (dati bibliografici), provenienti da carotaggi marini nel bacino del Mediterraneo, al fine di proporre sia una lista completa dei dati disponibili, sia uno schema delle principali oscillazioni climatiche relative agli ultimi due millenni.
- Trasmissione dei dati già acquisiti per il Progetto NextData al Portale Generale.
- Organizzazione del congresso dell'Associazione Italiana per lo Studio del Quaternario - AIQUA 2013, dal titolo *L'Ambiente Marino Costiero del Mediterraneo oggi e nel recente passato geologico: conoscere per comprendere* a Napoli, nei giorni 19, 20 e 21 giugno 2013, con il patrocinio del Progetto NextData.

Milestone M1.5.2 (PM24): Analisi delle carote sedimentarie del Mediterraneo disponibili e possibile recupero di successioni marine continue in ambiente di piattaforma continentale.

2. Deliverables previsti per il periodo di riferimento

D1.5.2: Relazione sulle oscillazioni climatiche riconosciute, su base bibliografica, in carotaggi marini per gli ultimi 2000 anni nel bacino del Mediterraneo; trasmissione delle informazioni agli archivi e al Portale Generale.

3. Attività effettivamente svolte durante il periodo di riferimento

Le attività di ricerca svolte nell'ambito del WP1.5, durante il secondo anno di progetto, hanno permesso di recuperare numerose informazioni utili per gli studi paleoclimatici da dati di letteratura, relativi all'intervallo temporale degli ultimi 2000 anni, con particolare riferimento al Mediterraneo. In particolare, sono state individuate 26 carote marine provenienti da alcuni settori del bacino del Mediterraneo, che sono state inserite nel Geo-database del WP 2.4: 3 carote dal Mar Adriatico, 1 carota dal Golfo di Lione, 10 carote dal Golfo di Taranto, 1 carota dal Golfo di Salerno, 3 carote dal Canale di Sicilia, 1 carota dall'area vicino a Israele, 1 carota dal Mar Egeo settentrionale e 6 carote dal Mare di Alboran (Figura 1).

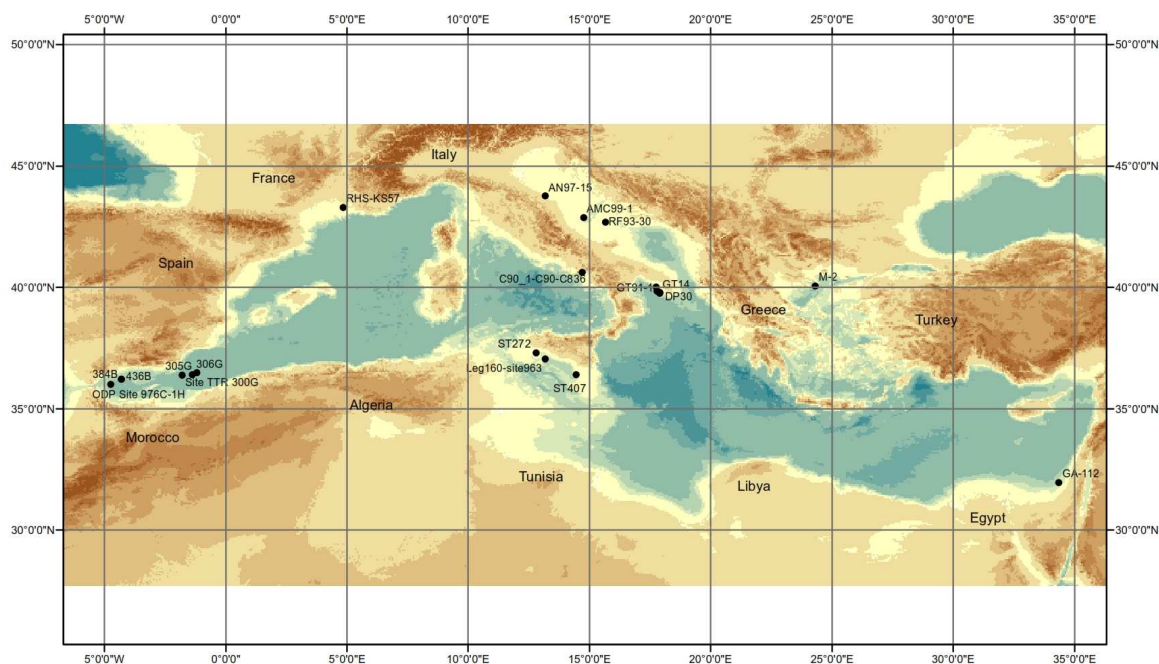


Fig. 1. Distribuzione delle carote marine (dati di letteratura) del Mediterraneo, che contengono informazioni relative agli ultimi 2000 anni.

Questo studio ha messo in evidenza che i *record* sedimentari marini recuperati e analizzati per gli ultimi 2000 anni sono pochi e quindi caratterizzati da una scarsa rappresentatività geografica (Figura 1). In queste carote sono stati misurati una serie di parametri (purtroppo non misurabili in tutte le carote), utili per la stima delle *Sea Surface Temperature* (SST) e per comprendere la risposta della flora e della fauna alle forzanti climatiche. Inoltre, la valutazione critica dei dati disponibili in letteratura ha permesso di identificare una successione di intervalli che corrispondono a cambiamenti climatici riconoscibili a scala regionale.

Lo studio dei dati di letteratura per il settore extra-Mediterraneo, come indicato nel Piano Esecutivo, è stato condotto nel settore marino fuori lo Stretto di Gibilterra. Questo studio ha messo in evidenza che le carote studiate per fini paleoclimatici per gli ultimi 2000 anni sono solo 7 e sono collocate lungo il margine del Portogallo (Figura 2).

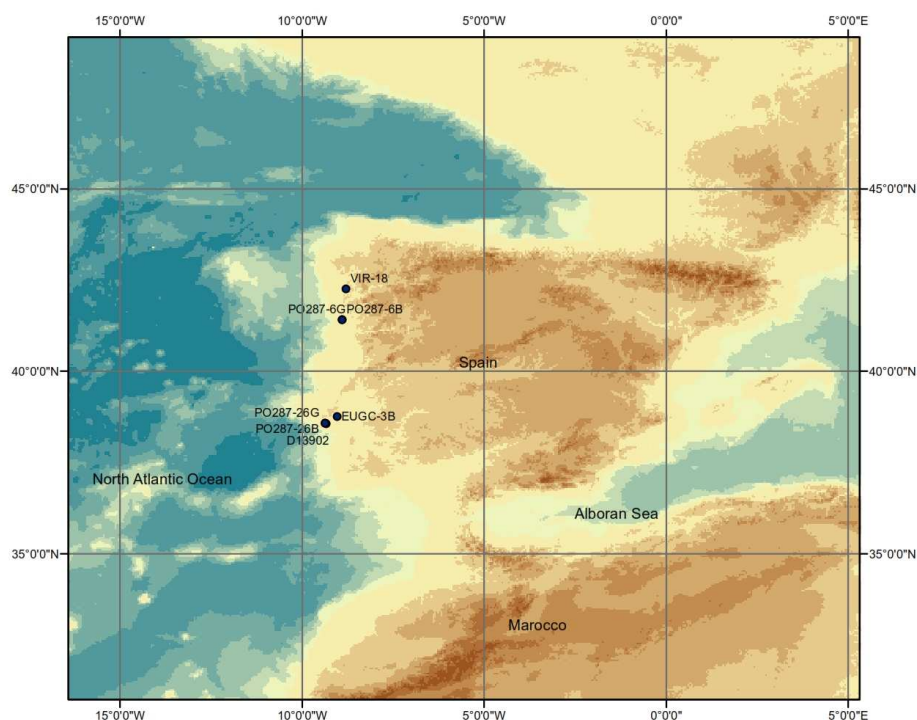


Fig. 2. Distribuzione delle carote marine (dati di letteratura) extra-Mediterranee, che contengono informazioni relative agli ultimi 2000 anni.

Sono stati inoltre stabiliti contatti con gruppi di ricerca stranieri che stanno conducendo analisi integrate su carote marine in settori selezionati del Mediterraneo per l'identificazione delle oscillazioni climatiche relative agli ultimi 2000 anni.

Negli ultimi anni in Italia sono stati studiati numerosi siti pollinici per ricostruire la storia della vegetazione e del clima delle ultime migliaia di anni, anche se alcune regioni italiane sono ancora largamente inesplorate (per es. Sardegna, Campania, Marche). Nonostante il *network* dei siti pollinici già pubblicati offra importanti indicazioni sulla storia della vegetazione in Italia, non è stato ancora prodotto alcun lavoro di sintesi che fornisca una comprensione dettagliata dei meccanismi e delle dinamiche coinvolte nei cambiamenti vegetazionali degli ultimi 3000 anni su scala regionale e interregionale.

Nell'ambito del Progetto NextData, è stata avviata l'elaborazione di un database dei dati pollinici della penisola italiana, con l'intento di valutare la variabilità di composizione e struttura della vegetazione degli ultimi 3000 anni, con particolare attenzione a:

- Entità, durata e velocità dei cambiamenti vegetazionali;
- valutazione del sincronismo e/o del diacronismo delle fluttuazioni climatiche nel territorio italiano;
- bilancio dell'importanza dei fattori naturali e antropici nelle modificazioni del paesaggio nelle ultime migliaia di anni;
- correlazione dei cambiamenti vegetazionali e ambientali con fluttuazioni climatiche su scala secolare riconosciute in Italia e in altri paesi del Mediterraneo (p. es. piccola età glaciale).

Per quanto riguarda le carote C90_1m-C90 (sito di interesse individuato durante il primo anno di progetto), prelevate dal CNR-IAMC nel Golfo di Salerno (Tirreno meridionale) e messe a disposizione del Progetto NextData, sono stati rianalizzati i dati disponibili ($d^{18}O$ *G. ruber* e distribuzione quantitative dei foraminiferi planctonici). Questa nuova fase di studio ha portato alla pubblicazione del manoscritto LIRER F., SPROVIERI M., VALLEFUOCO M., FERRARO L.,

PELOSI N., GIORDANO L., CAPOTONDI L., (2014): Planktonic foraminifera as bio-indicators for monitoring the climatic changes occurred during the last 2000 years in the SE Tyrrhenian Sea. *Integrative Zoology Journal*, DOI: 10.1111/1749-4877.12083. L'impegno profuso nell'elaborazione di tale articolo ci ha permesso di individuare e datare in *record* marini di piattaforma continentale (profondità -103 metri) una successione di eventi climatici relativi agli ultimi 2000 anni: *Roman Period, Dark Age, Medieval Classic Anomaly, Little Ice Age, Industrial Period, Modern Warm Period*.

Durante il secondo anno di progetto sono state condotte numerose analisi sulle carote C5, C5_SW104, C6 e C6_SW104, prelevate nel Golfo di Gaeta (Tirreno centrale) dal CNR-IAMC con la N/O Urania del CNR nel febbraio 2013, di seguito riportate:

- 1) Analisi dei foraminiferi planctonici (carote C5, C5_SW104 e C6) e dei nannofossili calcarei (carote C5 e C5_SW104) per un totale di 634 livelli, effettuate in collaborazione con il Dott. Antonio Cascella dell'INGV, sede di Pisa.
- 2) Analisi degli isotopi stabili di ossigeno e carbonio misurati sul foraminifero planctonico *Globigerinoides ruber* per un totale di 558 livelli.
- 3) Misure paleomagnetiche svolte presso il Laboratorio di Paleomagnetismo dell'INGV di Roma in collaborazione con il Dott. Fabio Florindo e il Dott. Pontus C. Lurcock. Sono stati analizzati un totale di 703 livelli nella carota C5, 665 livelli nella carota C6, 132 livelli nella carota C5_SW104, e 106 livelli sulla carota C6_SW104. Per ciascun livello è stata misurata la suscettività magnetica (sia con sensore ad anello che con sensore di contatto), la NRM, la NRM rimanente dopo ciascuna delle 11 tappe di smagnetizzazione, l'intensità della ARM, e l'intensità della ARM dopo ciascuna delle 10 tappe di demagnetizzazione. Per la carota C5_SW104 è stata anche misurata la magnetizzazione IRM e l'S-ratio. Per la carota C5_SW104 sono state inoltre effettuate le stesse misurazioni su 14 campioni discreti.
- 4) Analisi tefrostratigrafica svolte presso il CNR-IAMC e il Dipartimento di Scienza della Terra e delle Risorse dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, in collaborazione con la Dott.ssa Paola Petrosino. Sono stati individuati alcuni livelli di tefra (carote C5 e C5_SW104), ma solo 3 di essi sono stati analizzati ai fini del progetto (ultimi 2000 anni).
- 5) Analisi dei radionuclidi svolta presso il CNR-ISMAR di Bologna in collaborazione con il Dott. Luca Bellucci. Sono stati analizzati, per il ^{210}Pb e il ^{137}Cs , 12 livelli relativi ai primi 60 cm (C5_SW104, C6_SW104 e C13_SW104).
- 6) Analisi polliniche svolte presso il Dipartimento di Biologia Ambientale Botanica dell'Università La Sapienza di Roma, in collaborazione con la Dott.ssa Donatella Magri e il Dott. Federico Di Rita. Sono stati analizzati i campioni della carota C5_SW104 e sono in fase di studio quelli della carota C5.

In questo secondo anno di progetto sono state inoltre quasi completate tutte le misure paleomagnetiche relative alle 8 carote (C2, C5, C7, C8, C9, C10, C11, C13) prelevate nel Golfo di Gaeta (Tirreno Centrale) dal CNR-IAMC di Napoli con l'ausilio della N/O Urania del CNR nel febbraio 2013 (Figura 3).

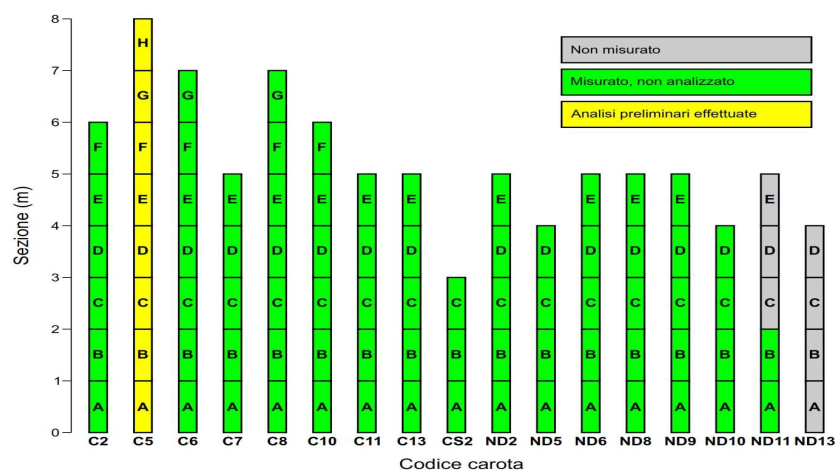


Fig. 3. Analisi paleomagnetice completate durante il secondo anno di progetto.

La campagna oceanografica NEXTDATA-2013 a bordo della N/O Urania del CNR, si è svolta dal 12 settembre al 22 settembre 2013, nei settori di piattaforma continentale del Golfo di Taranto e del Canale di Sicilia. I dati preliminari (colonne stratigrafiche, fotografie, linee sismiche e misure di suscettività magnetica delle carote prelevate) di questa campagna oceanografica sono stati presentati in due Rapporti Tecnici pubblicati su *CNRSOLAR* e trasmessi alla *homepage* di NextData (www.nextdataproyect.it):

BONOMO S., LIRER F., FERRARO L., ALBANO L., ALBERICO I., ANZALONE E., BARRA R., CAPPELLI C., CASCELLA A., CASTELLANO M., CAVALLINA C., DI STEFANO E., D'ORIANO C., FERRARO R., FRANCESCONI M., GAZZOLA R., GIORDANO L., LURCOCK P. C., MARGARITELLI G., MARSELLA E., PELOSI N., PUNZO M., VALLEFUOCO M., SORGATO S., TARALLO D., ZARCONE G., (2013): *Final Report of the Oceanographic Survey NextData 2013 - Strait of Sicily - Gulf of Taranto (12-19 September 2013)*. *CNRSOLAR* identification code 3691TR2013.

BONOMO S., LIRER F., FERRARO L., ALBANO L., ALBERICO I., ANZALONE E., BARRA R., CASCELLA A., CASTELLANO M., DI STEFANO E., D'ORIANO C., FERRARO R., GIORDANO L., LURCOCK P. C., MARGARITELLI G., MARSELLA E., PELOSI N., PUNZO M., VALLEFUOCO M., SORGATO S., TARALLO D., ZARCONE G., (2014): *Core description collected during Oceanographic Survey: NextData 2013 (12 - 19 September 2013) - Strait of Sicily - Gulf of Taranto*. *CNRSOLAR* identification code 4517TR2014.

Durante la suddetta campagna sono state raccolte, con il carotiere SW104 e il carotiere a gravità Kullenberg, 8 carote (ND2, ND5, ND6, ND8, ND9, ND10, ND11, ND13), di cui solo 5 sono state ritenute idonee per lo studio delle oscillazioni climatiche degli ultimi 2000 anni. (Tabella 1).

Carota	Latitudine	Longitudine	Mediterraneo	Profondità	Campagna Oceanografica
ND2	36°33'52"	14°52'59"	Piattaforma continentale Sicilia	-89 metri	NEXTDATA 2013
ND13	36°35'10"	14°26'55"	Piattaforma continentale Sicilia	-165 metri	NEXTDATA 2013
ND9	39°49'24"	17°52'47"	Golfo di Taranto	-172 metri	NEXTDATA 2013
ND5	35°20'06"	15°24'45"	Sud-Est di Malta	-335 metri	NEXTDATA 2013
ND11	37°01'57"	13°10'54"	Canale di Sicilia	-475 metri	NEXTDATA 2013

Tab. 1. Carote marine recuperate durante la campagna oceanografica NEXTDATA-2013

Queste carote sono attualmente depositate presso il *Core Repository* del CNR-IAMC, sede di Napoli. Per ogni sito di interesse, individuato nel primo anno di progetto, sono state prelevate tre repliche, una delle quali verrà messa a disposizione della comunità scientifica nazionale ed internazionale per ulteriori studi a fine progetto. Durante la campagna oceanografica sono state effettuate misure di suscettività magnetica su tutte queste carote e, presso il Laboratorio di Paleomagnetismo dell'INGV di Roma, sono in fase di completamento alcune analisi relative alla mineralogia magnetica (Figura 3).

Infine a Napoli, presso la sede dell'Università degli Studi di Napoli "Parthenope" nei giorni 19, 20 e 21 giugno 2013, con il patrocinio del Progetto NextData, è stato organizzato il congresso dell'Associazione Italiana per lo Studio del Quaternario - AIQUA 2013, dal titolo *L'Ambiente Marino Costiero del Mediterraneo oggi e nel recente passato geologico: conoscere per comprendere*. I contributi scientifici del congresso sono stati pubblicati sulla rivista *Miscellanea INGV*, vol. 19 SSN 2039-6651 del 2013, edita da ANZALONE E., LIRER F., FERRARO L., DI FIORE V., PAPPONE G., MARSELLA E., D'ARGENIO B. Questo volume è disponibile sia nella homepage del Progetto NextData sia sul sito ufficiale della rivista (<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/miscellanea-ingv/>). Il congresso si è articolato in 9 sessioni tematiche relative al Quaternario, di cui una dal titolo "Clima e Paleoclima" con i seguenti *convenors*: L. CAPOTONDI (ISMAR-CNR di Bologna), D. MAGRI (Università La Sapienza di Roma) e C. PASQUERO (Università Milano Bicocca).

3.1 Attività di ricerca

3.2 Sviluppi applicativi, tecnologici e informatici

Nessuno nel periodo di riferimento.

3.3 Attività di formazione

Nel secondo anno del Progetto NextData è stato attivato, presso il CNR-IAMC sede di Napoli, un Assegno di Ricerca per la Dott.ssa Giulia Margaritelli finalizzato alla "Analisi paleoecologica e paleoclimatica di sedimenti marini dell'area mediterranea degli ultimi 2000 anni, basata sull'integrazione di dati quantitativi provenienti dalle associazioni a foraminiferi bentonici e planctonici".

Nel gennaio 2013 è stato inoltre attivato, presso l'INGV di Roma, un contratto post-doc per il Dott. Pontus C. Lurcock da svolgere in collaborazione con il Dott. Fabio Florindo, finalizzato allo studio di paleomagnetismo e mineralogia magnetica di sequenze perforate nell'ambito del Progetto di Interesse NextData e sviluppo di software per correlazioni stratigrafiche e *stacking* di curve di paleo-intensità relative.

3.4 Attività di disseminazione e divulgazione

Il CNR-IAMC con il patrocinio del Progetto NextData ha organizzato il congresso dell'Associazione Italiana per lo Studio del Quaternario - AIQUA 2013, dal titolo "L'Ambiente Marino Costiero del Mediterraneo oggi e nel recente passato geologico: conoscere per comprendere". I contributi scientifici del congresso sono stati pubblicati sulla rivista *Miscellanea INGV*, vol. 19 SSN 2039-6651, 2013. Questo volume è disponibile nella homepage del Progetto NextData e sul sito ufficiale della rivista (<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/miscellanea-ingv/>).

Il congresso si è articolato in 9 sessioni tematiche relative al Quaternario:

- Oceanografia costiera e di mare aperto.
- Bio-Monitoraggio dell'ambiente marino-costiero.
- Clima e paleoclima.
- Variazioni relative del livello del mare e loro impatto sulla morfologia costiera.
- Relazioni tra tettonica recente e sedimentazione in settori costieri.
- Cartografia geologica e correlazione terra-mare.
- Evoluzione geodinamica e paleoambientale dei margini continentali.
- Geohazard marini nei mari italiani.
- Pericolosità sismica e vulcanica.

Il Progetto NextData è stato inserito nella sezione RCMNS *ongoing Projects* dell'RCMNS Bulletin 2013 (Newsletter della *Regional Committee on Mediterranean Neogene Stratigraphy*), edito dal Museo di Storia Naturale di Vienna.

3.5 Partecipazione a conferenze

Congresso AIQUA 2013, Napoli 19-21 giugno 2013, presentazione orale dal titolo: I foraminiferi planctonici come bio-indicatori per il monitoraggio dei cambiamenti climatici registrati negli ultimi 2000 anni nel Mar Tirreno sud-orientale" di LIRER F., SPROVIERI M., VALLEFUOCO M., FERRARO L., PELOSI N., CAPOTONDI L. Volume *Miscellanea INGV*, vol. 19 SSN 2039-6651, pag46.

Congresso AIQUA 2013, Napoli 19-21 giugno 2013, contributo poster dal titolo: Paleomagnetismo e magnetismo delle rocce di sedimenti tardo olocenici del Mar Tirreno orientale di LURCOCK P., FLORINDO F., *Miscellanea INGV*, vol. 19 SSN 2039-6651, pag 47.

Urbino Summer School in Paleoclimatology (USSP), 2013, contributo poster dal titolo: Palaeomagnetism and rock magnetism of late Holocene sediments from the eastern Tyrrhenian sea, PONTUS LURCOCK e F. FLORINDO.

AGU Fall Meeting, San Francisco, 9-13 dicembre 2013, contributo poster dal titolo: A Holocene Enviromagnetic Record from the Eastern Tyrrhenian Sea, PONTUS C. LURCOCK and F. FLORINDO.

4. Risultati ottenuti durante il periodo di riferimento

4.1 Risultati specifici (banche dati, risultati delle misure, output di modelli, etc)

Sono stati rianalizzati i dati numerici pubblicati da Lirer et al. (2013) su *Quaternary International* vol. 292, 71-85, e riferibili alle misure del $\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber* e alle analisi quantitative dei foraminiferi planctonici della carota composita C90_1m-C90, prelevata nel Golfo di Salerno (Tirreno meridionale) a – 103 metri di batimetria. Questo studio ha interessato la finestra temporale degli ultimi 2000 anni (dal top dell'evento vulcanico di Pompei riferibile al 79 AD al top della carota – totale 232 cm) e ha permesso di riconoscere e datare le principali oscillazioni climatiche di questo intervallo temporale (Figura 4): *Roman Period* (top interval ca. 530 AD), *Dark Age* (ca. 530 - ca. 840 AD), *Medieval Classic Anomaly* (ca. 840 – ca. 1240 AD), *Little Ice Age* (ca. 1240 – ca. 1850 AD), *Industrial Period* (ca. 1850- ca. 1940 AD), *Modern Warm Period* (ca. 1940 AD).

Queste oscillazioni climatiche, calibrate con un modello di età di dettaglio, sono state individuate utilizzando sia il segnale isotopico ($\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber*), confrontato con le oscillazioni della *reconstructed Total Solar Irradiance*, che i turnover nelle associazioni a foraminiferi planctonici tra carnivori (*Globigerinoides ruber*, *G. quadrilobatus*, *Orbulina* spp.,

Globigerinatella siphonifera) e specie erbivore e opportuniste (*Turborotalita quinqueloba*, *Globigerinita glutinata*, *Globigerina bulloides*). Maggiori dettagli sono riportati in LIRER et AL. (2014): Planktonic foraminifera as bio-indicators for monitoring the climatic changes occurred during the last 2000 years in the SE Tyrrhenian Sea. *Integrative Zoology Journal*, DOI: 10.1111/1749-4877.12083.

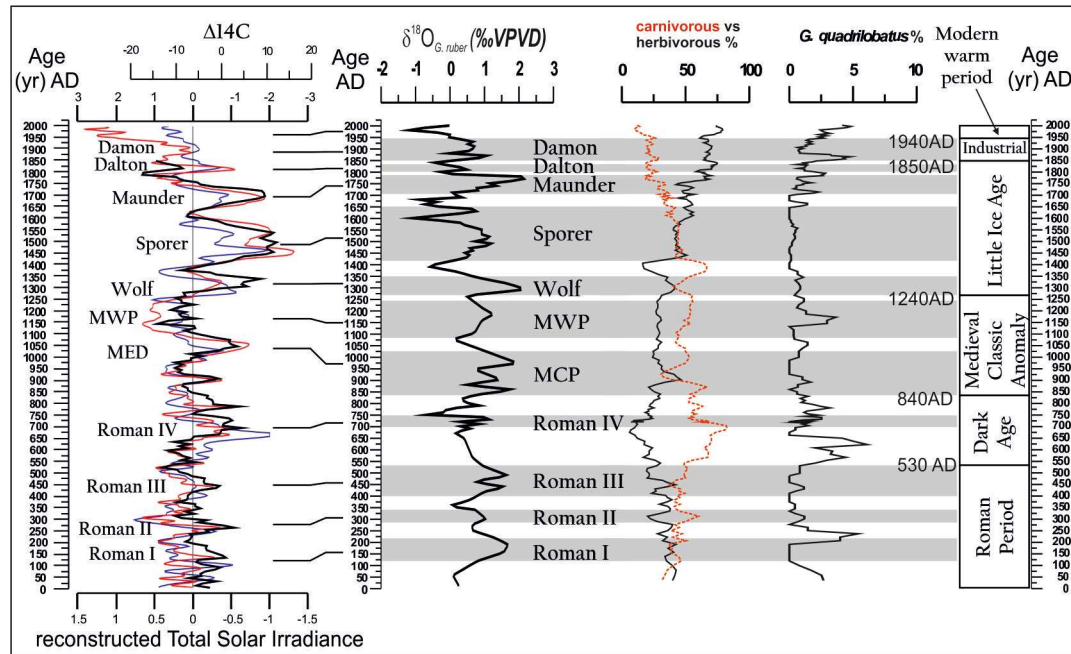
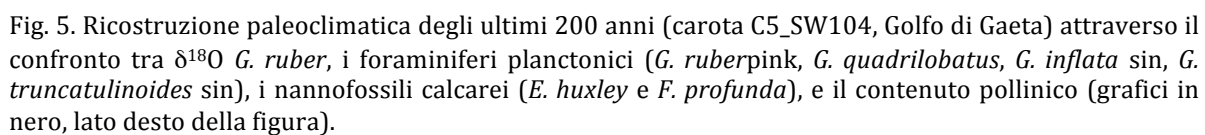


Fig. 4. Successione degli eventi climatici riconosciuti negli ultimi 2000 anni nel Golfo di Salerno (figura modificata da Lirer et al., 2014). Il foraminifero planctonico *Globigerinoides quadrilobatus* (forma tipica di acque calde e oligotrofiche) aumenta in abbondanza principalmente durante le fasi climatiche calde.

Lo studio delle carote C5 e C5_SW104 prelevate nel Golfo di Gaeta (Tirreno centrale) ha messo in evidenza molte similitudini con quelle del Golfo di Salerno (Tirreno meridionale, Lirer et al., 2014), ma con un dettaglio maggiore per gli ultimi 150 anni. La cronologia con i radionuclidi (^{210}Pb e ^{137}Cs), integrata con la tefrostratigrafia (riconoscimento per la prima volta del tefra riconducibile all'eruzione del Vesuvio del 1906 AD), ha permesso di stimare a ca. 0.48 cm/anno il tasso di sedimentazione per i primi 200 anni. Questo modello di età ha consentito di proporre: i) una dettagliata ricostruzione paleoclimatica per gli ultimi 200 anni (carota C5_SW104), integrando dati isotopici ($\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber*), del plancton calcareo (foraminiferi planctonici e nannofossili calcarei) e del contenuto pollinico (Figura 5), e ii) una ricostruzione su base isotopica delle *Sea Surface Temperature* (SST) per gli ultimi 200 anni utilizzando l'algoritmo di Shackleton (1974) e un valore di $\delta^{18}\text{O}$ dell'acqua di mare attuale pari a 1.4‰ (Pierre, 1999).



- 1) ca. 1800 - ca. 1865 AD: i valori del $\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber* variabili tra 0.2 e 0.5 ‰ e le percentuali alte di abbondanza dei foraminiferi planctonici *Globorotalia inflata* sine *G. truncatulinoides* sine del nannofossile calcareo *Emiliana huxley*, documentano una fase climatica temperato-fredda;
- 2) ca. 1865 - ca. 1882 AD: il segnale del $\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber* documenta una breve fase di riscaldamento mostrando uno spostamento verso valori negativi, variabili tra -0.2 e -0.8 ‰. Questo intervallo è caratterizzato da un importante *turnover* nelle associazioni a foraminiferi planctonici, da specie carnivore a specie erbivore ed opportuniste, e da un aumento del nannofossile calcareo *F. profunda*;
- 3) ca. 1935 AD: i valori del $\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber* mostrano un progressivo riscaldamento (spostamento verso valori più negativi), contemporaneo al definitivo *turnover* nelle associazioni a foraminiferi planctonici tra specie carnivore vs specie erbivore ed opportuniste. Questo cambiamento della fauna è associato al progressivo aumento del nannofossile calcareo *F. profunda*;
- 4) ca. 1950 AD - 2013 AD (si ricorda che il top della sezione conteneva foraminiferi bentonici viventi): l'attuale fase di riscaldamento e oligotrofia che caratterizza molti settori marini del Mediterraneo, è indicata dall'aumento progressivo in abbondanza dei foraminiferi planctonici *G. ruber* e *G. quadrilobatus*.

Le analisi polliniche condotte sulla stesa carota (Figura 5) mostrano due aumenti della vegetazione arborea, da collegare principalmente all'aumento di *Olea*, *Quercus* sempreverdi e alberi della vegetazione ripariale (*Alnus* *Salix*) dal ca. 1882 AD, e all'aumento di conifere (*Pinus* and *Cupressaceae*) dal ca. 1980 AD. La breve fase di riscaldamento tra ca. 1865 e ca. 1882 AD (come indicato dai dati isotopici), mostra un aumento dell'*Olea* e una concomitante generale diminuzione degli alberi decidui. Il progressivo declino in abbondanza delle erbe (*Cyperaceae*) e delle felci nella parte alta della carota (ca. 1935 AD) suggerisce la presenza di una riduzione delle zone umide. Dal 1920 AD, il significativo aumento dei dinoflagellati potrebbe riflettere sia un aumento di nutrienti sia un aumento della temperatura. Questa

indicazione è in accordo con quanto suggerito dai valori del $\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber* e dai dati micropaleontologici.

Le SST ricostruite dai dati isotopici ($\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber*) sono state confrontate con le anomalie delle SST del Mediterraneo, ricostruite per gli ultimi 150 anni da dati strumentali da Marullo et al. (2011), facendo emergere una buona correlazione tra essi (Figura 6). Tale rapporto si perde dopo il 1985 AD, probabilmente in relazione al forte impatto antropico sul settore marino costiero del Golfo di Gaeta.

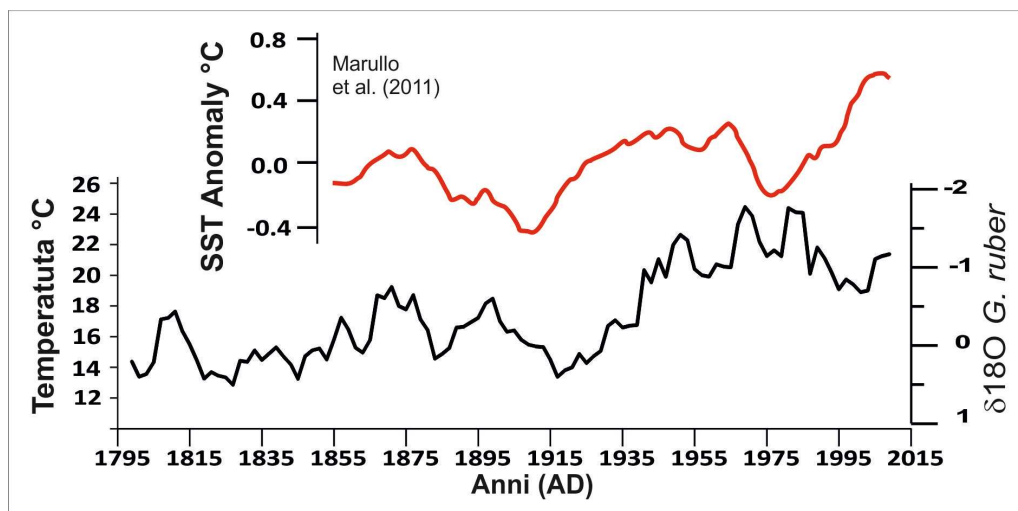


Fig. 6. Andamenti della *Sea Surface Temperature* (SST) ricostruita per la carota C5_SW104 del Golfo di Gaeta (curva nera) e dell'anomalia delle SST (curva rossa) di Marullo et al. (2011) valida per il Mediterraneo.

Inoltre la ricostruzione delle SST del Golfo di Gaeta per gli ultimi 200 anni sono state confrontate con quelle ottenute per il Golfo di Salerno, mostrando una buona similitudine nei *trend* (Figura 7). Intorno al 1930 AD entrambi i dataset mostrano un progressivo riscaldamento, visibile sia nelle oscillazioni delle macchie solari sia nei dati delle anomalie delle temperature atmosferiche globali.

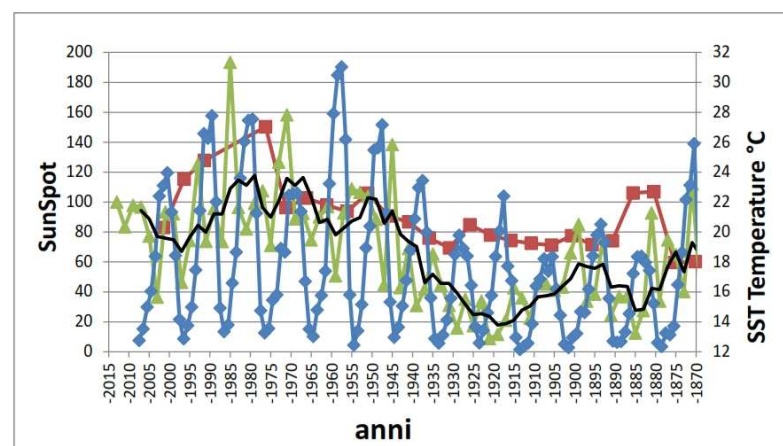


Fig. 7. Andamento della SST del Golfo di Salerno (curva rossa, carota C90_1m), del Golfo di Gaeta [curva verde con sovrapposita media mobile a 3 punti (curva nera), carota C5_SW104] e numero di macchie solari (curva blu).

Lo studio integrato relativo all'intervallo completo degli ultimi 2000 anni è stato condotto sulla carota C5 prelevata sempre nel Golfo di Gaeta (Tirreno centrale). Tutte le analisi (foraminiferi planctonici, nannofossili calcarei, isotopi $\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber*, paleomagnetismo e lo studio di alcuni tefra) sono state completate. Le datazioni con radiocarbonio (ASM14C) devono essere ultimate.

Dal confronto dei dati del $\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber* del Golfo di Gaeta (Tirreno centrale) e del Golfo di Salerno (Tirreno meridionale) è palesemente rivelabile una forte similitudine tra i trend (Figura 8). Questo parallelismo ci ha permesso di sviluppare una ricostruzione preliminare delle fasi climatiche per gli ultimi 2000 anni anche per il Golfo di Gaeta. L'utilizzo dei *turnover* nelle associazioni a foraminiferi planctonici tra carnivori (*Globigerinoides ruber*, *G. quadrilobatus*, *Orbulinaspp.*, *Globigerinatella siphonifera*) e specie erbivore e opportuniste (*Turborotalita quinqueloba*, *Globigerinita glutinata*, *Globigerina bulloides*), approccio già seguito per il Golfo di Salerno, abbinato anche ai dati sui nannofossili calcarei (in particolare aumento della *Florispahera profunda* durante le fasi calde), ci ha portato ad individuare le transizioni *Roman Period / Dark Age*, *Dark Age / Medieval Classic Anomaly*, *Medieval Classic Anomaly / Little Ice Age* e *Little Ice Age / Industrial Period*.

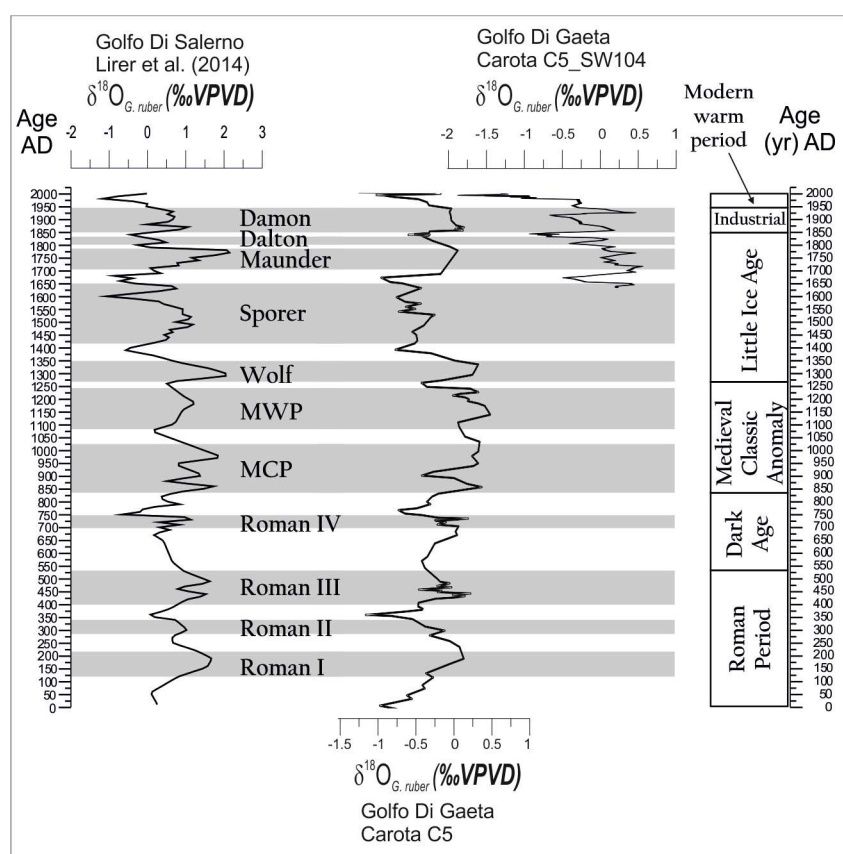


Fig. 8. Confronto tra il $\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber* misurato nel Golfo di Salerno (Lirer et al., 2014) e nel Golfo di Gaeta (carota C5 e C5_SW104). I dati plottati rappresentano delle medie mobili a 3 punti. MCP: *Medieval Cold Period*; MWP: *Medieval Warm Period*. La suddivisione degli ultimi 2000 anni in vari intervalli è conforme a quanto proposto da Lirer et al. (2014).

L'analisi tefrostratigrafica delle carote C5 e C5_SW104 del Golfo di Gaeta è stata condotta su tre livelli piroclastici identificati lungo il profilo di carotaggio attraverso valori elevati di suscettività magnetica e osservazioni al microscopio ottico. Al fine di ottenere una caratterizzazione chimica di tali livelli, in termini di ossidi espressi in percentuale e, quindi, il riconoscimento del loro centro eruttivo di provenienza, è stata separata un'aliquota di

frazione vetrosa da ciascuno di essi, inglobata in resina e montata su una sezione sottile successivamente lucidata. I campioni così preparati sono stati analizzati utilizzando un microscopio a scansione elettronica (SEM), accoppiato ad una microsonda di tipo EDS (*Energy Dispersive Spectrometry*). I risultati possono essere schematizzati come segue:

- le scorie rappresentative del tefra più superficiale (nella carota C5_SW104 il tefra è a 57 cm dal top carota, mentre nella carota C5 il tefra è nella Sez. G/5-6 cm a 53 cm dal top carota) hanno una composizione generalmente tefrifonolitica, che ci ha permesso di correlarle all'attività eruttiva recente del Somma-Vesuvio ed, in particolare, all'evento del 1906 AD;
- i tefra campionati ad una profondità di 450 cm (carota C5/sez. C/2-3 cm) e 620 cm (carota C5/sez. A/20-21 cm) al di sotto del fondo mare mostrano, invece, una composizione trachifonolitica tipica dei prodotti eruttivi dei Campi Flegrei. Nel dettaglio, il livello più superficiale, la cui frazione vetrosa è caratterizzata da pomici molto chiare, può essere correlato all'eruzione di Agnano Monte Spina (4.4-4.6 ka; Smith et al., 2011) mentre quello più basso stratigraficamente, rappresentato per lo più da *glassshards*, risulta essere correlabile ai prodotti prossimali del Tufo Giallo Napoletano (ca. 15 ka; Deino et al., 2004).

Le misure delle inclinazioni paleomagnetiche e dell'intensità relativa (RPI) misurate sulla carota C5 (Golfo di Gaeta) hanno mostrato: i) inclinazioni molto bene definite, con un MAD (*maximum angular deviation*) medio di 0.99; ii) dati RPI di alta qualità secondo i criteri sviluppati da Tauxe (1993). La mancanza di correlazione tra RPI e ARM indica che il profilo della RPI corrisponde più al campo magnetico che alle variazioni mineralogiche nella carota. L'inclinazione media della magnetizzazione Caratteristica Rimanente è di 57.5°, molto vicina all'inclinazione di 60.1°, predetta del modello di dipolo assiale geocentrico (GAD) per la latitudine della carota. Questa è un'ulteriore conferma che i dati paleomagnetici ottenuti da questa carota sono rappresentativi del segnale geomagnetico e non un artefatto dovuto, ad esempio, a variazioni della mineralogia magnetica.

Per quanto riguarda la raccolta di dati bibliografici finalizzati allo studio paleoclimatico degli ultimi 2000 anni e relativi ai siti marini del Mediterraneo, sono state individuate 26 carote marine (con tutte le referenze bibliografiche associate) provenienti da alcuni settori del bacino del Mediterraneo: 3 dal Mar Adriatico, 1 dal Golfo di Lione, 10 dal Golfo di Taranto, 1 dal golfo di Salerno, 3 dal Canale di Sicilia, 1 dall'area vicino a Israele, 1 dal Mar Egeo e 6 dal Mare di Alboran. La valutazione critica dei dati disponibili in letteratura ha permesso di identificare una successione di intervalli che corrispondono a cambiamenti climatici, riconoscibili a scala regionale. Questo schema è stato creato solo con i dati provenienti dai 5 siti suddetti, dal momento che solo in essi sono stati condotti studi ad alta risoluzione idonei ad una scansione temporale di dettaglio.

Un'attenta fase di ricerca dei dati pollinici disponibili in sedimenti italiani ha permesso di identificare 39 siti. Si riportano qui alcuni risultati preliminari riguardanti una ventina di siti pollinici dell'Italia peninsulare e insulare, la cui cronologia è basata su datazioni radiometriche. Nonostante vengano presentati solo i dati relativi ai cambiamenti del grado di forestazione, rappresentati dalla percentuale (media su 500 anni) del polline di piante arboree (AP), si possono già apprezzare significativi cambiamenti ambientali:

- 3000 anni BP: la maggior parte della penisola italiana è forestata (AP>70%), mentre i diagrammi insulari mostrano una vegetazione piuttosto aperta;

- 2750-2250 anni BP: si assiste a una deforestazione in ampie aree dell'Italia meridionale e Sicilia, mentre in Italia centro-settentrionale non si registrano forti variazioni della copertura forestale;
- 2250-1750 anni BP: la penisola italiana in generale mostra una modesta, ma diffusa, ripresa di vegetazione arborea;
- 1750-1250 anni BP: si assiste a una forte deforestazione, soprattutto in Italia centro-settentrionale, ad esclusione di alcuni siti del versante adriatico della penisola;
- 1250-750 anni BP: si verifica una nuova oscillazione in controtendenza, con incremento di foreste nel versante tirrenico e diminuzione nel versante adriatico della penisola e in Sicilia;
- 750-250 anni BP: si rileva un'ulteriore generale deforestazione, che però non coinvolge alcuni siti meridionali.

4.2 Pubblicazioni

LIRER F., SPROVIERI M., VALLEFUOCO M., FERRARO L., PELOSI N., GIORDANO L., CAPOTONDI L., (2014): Planktonic foraminifera as bio-indicators for monitoring the climatic changes occurred during the last 2000 years in the SE Tyrrhenian Sea. *Integrative Zoology Journal*, DOI: 10.1111/1749-4877.12083

BONOMO S., LIRER F., FERRARO L., ALBANO L., ALBERICO I., ANZALONE E., BARRA R., CAPPELLI C., CASCELLA A., CASTELLANO M., CAVALLINA C., DI STEFANO E., D'ORIANO C., FERRARO R., FRANCESCONI M., GAZZOLA R., GIORDANO L., LURCOCK P. C., MARGARITELLI G., MARSELLA E., PELOSI N., PUNZO M., VALLEFUOCO M., TARALLO D., ZARCONE G., (2013). *Final Report of the Oceanographic Survey NextData 2013 -Strait of Sicily - Gulf of Taranto (12-19 September 2013)*. CNRSOLAR, identification code 3691TR2013.

BONOMO S., LIRER F., FERRARO L., ALBANO L., ALBERICO I., ANZALONE E., BARRA R., CASCELLA A., CASTELLANO M., DI STEFANO E., D'ORIANO C., FERRARO R., GIORDANO L., LURCOCK P. C., MARGARITELLI G., MARSELLA E., PELOSI N., PUNZO M., VALLEFUOCO M., TARALLO D., ZARCONE G., (2014). *Core description collected during Oceanographic Survey: NextData2013 (12 – 19 September 2013) - Strait of Sicily – Gulf of Taranto*. CNRSOLAR, identification code 4517TR2014.

Inoltre, Fabio Florindo e Fabrizio Marra, entrambi coinvolti nel Progetto NextData, sono coautori di un lavoro attualmente in *review* su *Nature* dal titolo: Sea-level variability over five glacial cycles. Lista completa autori: K.M. GRANT, E. J. ROHLING, C. BRONK, RAMSEY, H. CHENG, R.L. EDWARDS, F. FLORINDO, D. HESLOP, F. MARRA, A.P. ROBERTS, M. TAMISEA, F. WILLIAMS. Questo articolo è di estrema importanza per l'interpretazione paleoclimatica dei dati delle nostre carote del Mediterraneo. Negli *acknowledgements* del lavoro è chiaramente riportato che è un contributo al Progetto NextData.

4.3 Disponibilità di dati e output modellistici (formato, supporto, etc)

- Dati quantitativi sulla distribuzione dei foraminiferi planctonici delle carote: C90_1m-C90-C836 (Golfo di Salerno, Tirreno meridionale), C5, C5_SW104 e C6 (Golfo di Gaeta, Tirreno centrale). Questi dati sono stati trasmessi al Portale Generale.
- Dati quantitativi sulla distribuzione dei nannofossili calcarei delle carote: C90_1m-C90-C836 (Golfo di Salerno, Tirreno meridionale), C5 e C5_SW104 (Golfo di Gaeta, Tirreno centrale). Questi dati sono stati trasmessi al Portale Generale.
- Dati $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^{13}\text{C}$ misurati sul foraminifero planctonico *Globigerinoides ruber* delle carote: C90_1m-C90-C836 (Golfo di Salerno, Tirreno meridionale), C5 e C5_SW104

- Dati quantitativi sulle associazioni polliniche della carota C5_SW104 (Golfo di Gaeta). Questi dati sono stati trasmessi al Portale Generale.
- Dati dei radionuclidi delle carote: C90_1m (Golfo di Salerno, Tirreno meridionale) e C5_SW104 (Golfo di Gaeta, Tirreno centrale). Questi dati sono stati trasmessi al Portale Generale.
- Dati sulle misure di suscettività magnetica delle carote: C5, C5_SW104, C6 e C13_SW104 (Golfo di Gaeta); ND9 e ND10 (Golfo di Taranto), ND11 (Canale di Sicilia occidentale), ND2 e ND13 (Canale di Sicilia orientale), ND5 e ND6 (piattaforma continentale maltese orientale). Questi dati sono stati trasmessi al Portale Generale.

D1.5.2: Relazione sulle oscillazioni climatiche riconosciute, su base bibliografica, in carotaggi marini per gli ultimi 2000 anni nel bacino del Mediterraneo; trasmissione delle informazioni agli archivi e al Portale Generale.

In queste carote sono stati misurati una serie di parametri (purtroppo non rilevabili in tutte le carote), utili per la stima delle *Sea Surface Temperature* (SST) e per comprendere la risposta della flora e della fauna alle forzanti climatiche. In dettaglio, la stima dei valori delle SST si basa su sedimenti marini recuperati secondo le seguenti modalità: 1) mediante due *boxcore* nel Mare di Alboran rispettivamente, a 1022 e 1108 metri di batimetria, 2) da 4 carote a

gravità nel Golfo di Taranto, a 173/174 metri di batimetria e 3) da una carota a gravità nel Mar Egeo settentrionale, a 1018 metri di batimetria. Gli altri siti recuperati ci hanno fornito altre tipologie di dati (flora, fauna e pochi dati geochimici) utili per le ricostruzioni paleoambientali/paleoceanografiche degli ultimi 2000 anni.

La valutazione critica dei dati disponibili in letteratura ci ha permesso di identificare una successione di intervalli che corrispondono a cambiamenti climatici riconoscibili a scala regionale (Tabella 2). I modelli di età proposti nei diversi settori del Mediterraneo sono comparabili (Tabella 2), ma devono comunque essere attentamente valutati per comprendere la sincronia delle fasi climatiche e le modalità di registrazione nei sedimenti marini. Inoltre è necessario definire uno standard per la codifica delle varie fasi climatiche, tale metodo, infatti, renderà più agevole il confronto tra i siti che si trovano in contesti ambientali differenti.

Nieto Moreno PhD thesis (2012) western Alboean Sea		Lirer et al. (2014) south Tyrrhenian Sea (Salerno Gulf)		Grauelet al. (2013) central Mediterranean (Taranto Gulf)		Piva et al. (2008) Adriatic Sea		Gogou et al. (2012) (Aegean Sea)	
Fase Climatica	Età (anni AD)	Fase climatica	Età (anni AD)	Fase Climatica	Età (anni AD)	Fase Climatica	Età (anni AD)	Fase Climatica	Età (anni AD)
		Modern warm Period	1940 AD upwards						
Industrial Period	1800 AD upwards	Industrial Period	1850 AD - 1940 AD						
Little Ice Age	1300 AD - 1800 AD	Little Ice Age	1240 AD - 1850 AD	Little Ice Age	1400 AD - 1850 AD	Little Ice Age	1400/1450 AD - 1840 AD	Little Ice Age	1300AD - 1850 AD
Medieval Classic Anomaly	800 AD - 1300 AD	Medieval Classic Anomaly	840AD - 1240AD	Medieval Warm Period	800 AD - 1200 AD	Medieval Warm Period	600 AD - 1200 AD	Medieval Warm Period	900AD - 1300AD
Dark Age	650 AD - 800 AD	Dark Age	530AD - 840AD	Dark Age Cold Period	500 AD - 750 AD	Dark Age Cold Period	350 AD - 600 AD	Dark Age	500AD - 900AD
Roman Humid Period	300 AD - 650 BC	Roman Period	top 530AD	Roman Classic Warm Period	1 AD - 200 AD	Roman Warm Period	150 AD - 350 AD	Roman Warm Period	0AD- 500 AD

Tab. 2. Elenco delle oscillazioni climatiche per gli ultimi 2000 anni riconosciute in carotaggi marini del Mediterraneo.

5. Commento su eventuali scostamenti fra attività/risultati/Deliverables previsti ed effettivamente realizzati

Le attività di ricerca nel secondo anno del progetto si sono svolte secondo quanto previsto dal piano esecutivo.

E' stata attivata, poiché non prevista nella fase iniziale del progetto, una rianalisi dei dati di letteratura relativi ai siti pollinici in collaborazione con la Dott.ssa Donatella Magri e il Dott. Federico Di Rita, del Dipartimento di Biologia Ambientale Botanica dell'Università di Roma La Sapienza.

6. Attività previste per il periodo successivo

Le attività di ricerca del terzo anno di progetto prevedono la realizzazione della Campagna oceanografica NEXTDATA-2014 a bordo della nave Urania del CNR, che si terrà nel periodo 4-

16 luglio 2014. Durante la suddetta campagna, verranno prelevate nuove carote in settori selezionati della piattaforma continentale italiana meridionale, con particolare riguardo al Mare Adriatico meridionale, al fine di riconoscere le fasi climatiche degli ultimi 2000 anni.

Continueremo a condurre lo studio integrato (plancton calcareo, pollini, isotopi, tefrostratigrafia e paleomagnetismo) delle carote prelevate nella campagna oceanografica NEXTDATA-2013, e in particolare verranno studiate in dettaglio tre carote, due nel Canale di Sicilia e una nel Golfo di Taranto. Questo studio permetterà di identificare e calibrare i principali eventi paleoclimatici riconosciuti negli ultimi 2000 anni nel Golfo di Salerno (Tirreno meridionale). Le successioni delle fasi climatiche identificate sia nei *record* marini del Golfo di Gaeta (carota C5 e C5_SW104) sia nei *record* marini del Canale di Sicilia e del Golfo di Taranto per gli ultimi 2000 anni, saranno, se possibile, confrontate con quelle riportate in altri contesti geologici, anche extra-Mediterranei, con particolare riferimento al settore atlantico fuori dallo stretto di Gibilterra. Tale approccio ci consentirà di comprendere i tempi di risposta del Bacino del Mediterraneo e di eventuali altre regioni extra-Mediterranee, alle principali forzanti climatiche a scala globale.

Inoltre, per quanto riguarda l'intervallo temporale degli ultimi 100 anni, verranno confrontate le SST ricostruite dai dati del $\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber* per le carote studiate con i dati delle SST ricostruite sui coralli (*Cladocoraca espitosa*) del Mediterraneo. Questa attività verrà svolta in collaborazione con il Dr. Paolo Montagna del CNR-ISMAR di Bologna.

Particolare attenzione verrà poi dedicata sia ai possibili effetti antropici sull'ecosistema marino che alla individuazione di possibili periodicità nei proxy paleoclimatici riconducibili a frequenze di oscillazione climatica note. Un notevole impegno sarà profuso per la ricostruzione delle SST attraverso le misure isotopiche condotte anche su altre specie di foraminifero planctonico (i.e. *Globigerina bulloides*) e bentonico (*Uvigerina peregrina*).

Sempre nel corso del 2014, verranno studiate le correlazioni tra la carota C5 e altre carote prelevate nei diversi settori di interesse, sulla base delle variazioni della suscettività magnetica, inclinazione della PSV, e della paleointensità. Inoltre i dati paleomagnetici della carota C5 saranno utilizzati per fini cronologici attraverso il confronto degli stessi con record noti e ben calibrati, disponibili della regione, e con modelli di variazione geomagnetica. Verranno inoltre effettuate altre misurazioni del magnetismo delle rocce su campioni della carota C5 per creare un record di variazione del magnetismo ambientale.

Per quanto riguarda i dati pollinici, verranno proposte nuove sintesi su singoli taxa o su tipi di vegetazione, consentendoci di mettere meglio in relazione i cambiamenti vegetazionali con le fluttuazioni climatiche (p. es. *Roman Warm Period*, *Dark Age*, *Medieval Classic Anomaly*, *Little Ice Age*), riconosciute da proxy data indipendenti, studiati a scala regionale e/o europea.

Continueremo a trasmettere i dati biotici e abiotici acquisiti in questo anno al Portale Generale.

Inoltre per il Progetto NextData verranno attivati due dottorati di Ricerca:

1. Dottorato di Ricerca finalizzato allo *Studio dei nannofossili calcarei come bioindicatori delle oscillazioni climatiche riconosciute nel Mediterraneo negli ultimi 2000 anni*, presso la Scuola di Dottorato "Scienze applicate al mare all'ambiente e al territorio" - curriculum "Scienze del mare, della terra e del clima", XXIX ciclo dell'Università degli Studi di Napoli "Parthenope";
2. dottorato di Ricerca finalizzato allo *Studio delle oscillazioni climatiche registrate negli ultimi 2000 anni nel Mediterraneo attraverso lo studio dei foraminiferi planctonici*, presso la Scuola di Dottorato in Scienza e Tecnologia per la Fisica e la Geologia, XXIX ciclo dell'Università degli Studi di Perugia;

3. rinnovo contratto post-doc finalizzato allo studio di paleomagnetismo e mineralogia magnetica di sequenze perforate nell'ambito del Progetto di Interesse Strategico NextData e sviluppo di software per correlazioni stratigrafiche e *stacking* di curve di paleointensità relative.

Verranno infine presentati al congresso *European Geosciences Union (EGU) 2014* di Vienna due contributi:

- Un contributo per la sessione scientifica *CL2.17 Studying the climate of the last two millennia*, dal titolo: Paleoclimatic changes occurred during the last two centuries in the Gulf of Gaeta (central-eastern Tyrrhenian Sea): a contribution of NEXTDATA project, di LIRER et AL. Vol. 16, EGU2014-12119, 2014;
- un contributo per la sessione scientifica *EMRP3.1 Open session on Rock magnetism and Paleomagnetism*, dal titolo: New stability test for high-resolution palaeomagnetic dat, di LURCOCK P.C. e FLORINDO F., mirato alla definizione di un innovativo approccio statistico finalizzato al riconoscimento del segnale di magnetizzazione primario in studi ad alta risoluzione come quelli del progetto NextData. Vol. 16, EGU2014-194-1, 2014.