

MIUR – Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca PRIN (bando 2015)

Progetti di ricerca di Rilevante Interesse Nazionale

Progetto 2015WPHSCJ (2017-2019)

Revisione 2018, *versione in lingua italiana*

PARTE A

1. Titolo del progetto di ricerca

Riscoprire Altamura. Indagini multidisciplinari avanzate sullo scheletro della grotta di Lamalunga, Italia.
Acronimo: KARST (Knowing the Altamura man thRough Science & Technology)

2. Durata (mesi)

36 mesi

3. Campo ERC principale

LS - Scienze della vita

4. Possibile altro campo ERC

SH - Scienze sociali e umanistiche

5. Sottocampi ERC

1. LS8_5 Biologia evolutiva: ecologia evolutiva e genetica, coevoluzione
2. SH6_3 Preistoria, paleoantropologia, paleomodografia, protostoria
3. LS8_3 Evoluzione dei sistemi, adattamento biologico, filogenesi, sistematica, biologia comparata

6. Parole chiave

4. EVOLUZIONE UMANA
5. NEANDERTHAL
6. SUD ITALIA
7. PLEISTOCENE
8. CONSERVAZIONE

7. Primo ricercatore (coordinatore)

Giorgio MANZI, Professore Ordinario

8. Elenco delle unità di ricerca

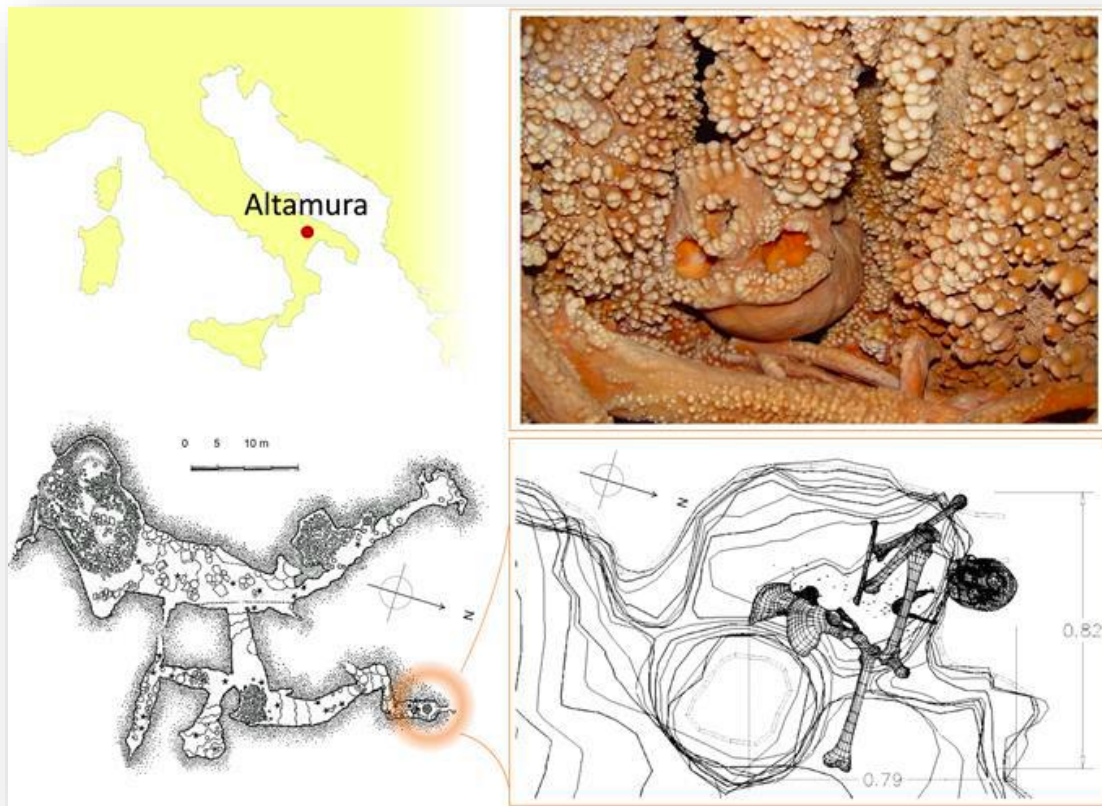
Responsabili Unità (UR)	Categoria	Istituzione	Indirizzo e-mail
1. Giorgio MANZI	Prof. Ordinario	Sapienza Università di ROMA	giorgio.manzi@uniroma1.it
2. Jacopo MOGGI CECCHI	Prof. Associato confermato	Università di FIRENZE	iacopo.moggicecchi@unifi.it
3. Damiano MARCHI	Prof. Associato (L. 240/10)	Università di Pisa	damiano.marchi@unipi.it

9. Sinossi del progetto

Lo scheletro umano di morfologia "arcaica" denominato "Uomo di Altamura", scoperto nel 1993 all'interno del sistema carsico di Lamalunga, presso Altamura (Puglia, Italia), rappresenta il più completo esemplare di Neanderthal mai scoperto e anche il più antico rappresentante della stessa specie dal quale è stato possibile estrarre DNA endogeno. Nonostante la sua importanza per la conoscenza dell'evoluzione umana in Europa durante il Pleistocene Medio-Superiore, lo scheletro è ancora in situ, ampiamente incorporato in una cortina di calcite e concrezioni coralloidi. Nel 2008 è stato avviato un progetto multidisciplinare che ha consentito l'estrazione di una porzione isolata dello scheletro (un frammento di scapola) insieme ad alcuni campioni di calcite. I primi risultati di questa nuova generazione di studi concorrono a indicare che lo scheletro di Altamura apparteneva a un Neanderthal, anche se con notevoli peculiarità nella sua morfologia, con una cronologia che va da 172 ± 15 ka a 130 ± 2 ka. Più di recente si è proceduto all'acquisizione, attraverso scansione laser 3D ad alta risoluzione e fotogrammetria, dell'intero sistema carsico e degli elementi visibili dello scheletro.

Il presente progetto è la continuazione di questo impegno scientifico sia nelle metodologie che nel coinvolgimento di gran parte del team di ricerca. La nostra intenzione è di condurre un'indagine multidisciplinare completa sullo scheletro umano, riguardo: cronologia, biologia scheletrica, tafonomia, storia evolutiva ed ecologia. Il progetto è sotto la supervisione della Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio della Città Metropolitana di Bari (di seguito Soprintendenza ABAP Bari) e in accordo con il Comune di Altamura. Il progetto sarà realizzato da 3 Unità di Ricerca (UR), rispettivamente rappresentate dalla Sapienza Università di Roma (Roma 1), con Roma Tre e Torino, dall'Università di Firenze e dall'Università di Pisa. Ogni UR esprime specifiche competenze scientifiche, realizzate da uno staff specializzato composto da profili accademici e non accademici. Le UR lavoreranno in piena autonomia pur mantenendo una stretta integrazione rispetto alle finalità del progetto. Il lavoro si svolgerà attraverso tre "fasi": 1) analisi in situ; 2) analisi di laboratorio; 3) progettualità.

Il progetto mira a creare le condizioni ottimali per lo studio, la conservazione e l'eventuale futura musealizzazione in Altamura, dello scheletro umano di Lamalunga. Prioritario è quindi il monitoraggio di tutti i parametri chimico-fisici presenti nel contesto ipogeo, in modo da garantire la conservazione del reperto nelle forme più idonee anche in vista di future ricerche. Le procedure applicate per lo studio e la conservazione del reperto nelle sue condizioni attuali, nonché lo sviluppo di un protocollo tecnico che punti a una futura musealizzazione ed estrazione in condizioni di sicurezza dei resti scheletrici, rendono questo progetto altamente innovativo dal punto di vista scientifico e tecnologico. Tutti i risultati che verranno conseguiti, saranno comunicati tanto alla comunità scientifica quanto al vasto pubblico dei non addetti ai lavori attraverso una diffusa opera di divulgazione con un impatto significativo per lo sviluppo socio-economico e culturale della città di Altamura, per il Parco Nazionale dell'Alta Murgia, la Regione Puglia e l'Italia nel suo complesso.



PARTE B

10. Stato dell'arte

Nell'ottobre del 1993, lo scheletro di un uomo di morfologia arcaica, parzialmente inglobato nella calcite, fu scoperto nella grotta di Lamalunga, vicino la città di Altamura in Puglia. Per l'eccellente stato di conservazione, l'assenza di deformazione e la probabile presenza di tutti gli elementi scheletrici, il reperto fossile denominato "uomo di Altamura" rappresenta una scoperta paleoantropologica unica e di primaria importanza scientifica.

Sono infatti pochissimi i reperti umani e preumani, distribuiti in un arco temporale di oltre 4 milioni di anni, ad essersi preservati nella loro interezza prima dell'avvento delle sepolture intenzionali e nessuno nelle condizioni di completezza ed eccezionalità che caratterizzano questo individuo maschile adulto.

Tuttavia, per molti anni dalla scoperta nessun tentativo venne fatto per estrarre e studiare in dettaglio porzioni dello scheletro le cui particolarità morfologiche furono valutate solo attraverso osservazioni e prospezioni fotografiche [1-3]. Ciò nonostante, la scoperta attirò da subito l'attenzione della comunità scientifica ricevendo ampia copertura mediatica a livello sia nazionale che internazionale [4].

All'interno della grotta di Lamalunga la maggior parte delle ossa sono chiaramente visibili tra le formazioni carsiche, il cranio si trova in posizione rovesciata e in un'area ristretta all'intorno si distribuiscono la mandibola e diversi elementi postcraniali tra cui ossa lunghe, bacino, costole e corpi vertebrali. Le caratteristiche visibili denotano una combinazione di tratti neandertaliani associati ad altri ancora più primitivi, in coerenza con la variabilità morfologica nota per i fossili umani europei del Pleistocene Medio-Superiore. Sebbene i tratti neandertaliani siano prevalenti, ci sono caratteristiche che distinguono questo esemplare dalla "classica" morfologia dei Neanderthal dell'ultimo glaciale [5]. Per esempio, mentre lo scheletro della faccia mostra una tendenza al prognatismo medio-facciale con un tipico rigonfiamento dei mascellari, la volta cranica ha una

morfologia più arcaica: in particolare la scatola cranica ha un profilo angolato a livello dei parietali, mentre le mastoidi sono grandi e sporgenti verso il basso. Anche a morfologia del toro sopraorbitario non sembrerebbe aver già raggiunto la tipica morfologia neandertaliana a doppio arco, presentando invece elementi più arcaici, come una marcata distinzione tra le componenti mediali e laterali. Tuttavia le estese concrezioni calcitiche che si ispessiscono proprio in questa regione rendono la lettura di questo carattere alquanto oscura. Di contro, l'occipitale appare decisamente simile a quello dei Neanderthal sotto molti aspetti, tra cui un toro occipitale bipartito e una fossa suprainiacca chiaramente espressa.

Nel 2008 grazie alla collaborazione fra la Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici della Puglia, la Soprintendenza Archeologia della Puglia, e un team scientifico che includeva alcuni dei partecipanti al presente progetto di ricerca, si è dato impulso a una nuova fase di studi e ricerche sull'Uomo di Altamura. Il nuovo gruppo di lavoro, coadiuvato dagli speleologi del Centro Altamurano Ricerche Speleologiche (CARS), ha effettuato nel 2009 una prima estrazione di un singolo campione osseo da utilizzare per estrazione di DNA antico (aDNA) e analisi morfologiche comparative. Nello stesso periodo, in base ad altri campionamenti (effettuati anch'essi da uno dei partecipanti al presente progetto di ricerca) sono state anche ottenute nuove datazioni radiometriche con il metodo Uranio/Torio.

Più in dettaglio, nel luglio 2009 la porzione articolare della scapola destra è stata estratta dalla grotta con l'ausilio di telemanipolatori dotati di microcamera, seguendo una procedura di estrazione specificamente progettata ed ispirata alla chirurgia laparoscopica. Durante le fasi di estrazione sono state adottate tutte le procedure necessarie per prevenire le contaminazioni del DNA del reperto. I primi risultati delle nuove analisi sono stati presentati in un volume monografico nel 2011 [6] e in articoli più ampi e dettagliati su riviste scientifiche di settore nel 2015 e 2016 [7,8]. Nel complesso, i risultati concorrono a indicare che lo scheletro di Altamura appartiene all'ipodigma della specie *Homo neanderthalensis*, mentre le sue peculiarità morfologiche appaiono coerenti la cronologia compresa tra 172 ± 15 ka a $130,1 \pm 1,9$ ka ricavata dall'analisi delle concrezioni anche a contatto con il reperto umano.

Nel 2014-2015 sono stati raggiunti ulteriori risultati, in particolare: a) l'acquisizione, mediante scansione laser ad alta risoluzione e fotogrammetria, sia dell'intero sistema carsico che degli elementi cranici e post-craniali dello scheletro umano visibili in situ; b) il recupero in condizioni sterili di due ulteriori frammenti della scapola destra.

Il lavoro svolto in questi ultimi anni rappresenta pertanto il preludio necessario e appropriato per lo svolgimento dell'attuale progetto di ricerca alla luce dei dati che mostrano come il reperto umano della grotta di Lamalunga sia probabilmente il più completo esemplare di Neanderthal mai scoperto e il più antico Neanderthal da cui DNA endogeno sia mai stato estratto.

Riferimenti bibliografici

1. Micheli M., Piperno M., Vacca E. (a cura di) 1996. L'uomo di Altamura e la grotta di Lamalunga. Abaco, Forlì.
2. Pesce Delfino V., Vacca E. 1993. Rivista di Antropologia 71, 249-257.
3. Vacca E., Pesce Delfino V. 2004. Collegium Antropologicum 28, 113-119.
4. Punti salienti della ricerca sulla natura 2015. Nature 520, 8 (doi: 10.1038 / 520008a).
5. Manzi G., Magri D., Palombo M.R. 2011. Sci. Rev. 30, 1420-1438.
6. Aa.vv. 2011. DiRe in Puglia 2, 1-70.
7. Lari M. et al. 2015. Journal of Human Evolution 82, 88-94.
8. Di Vincenzo F. et al. 2016. Atti XLVII Riunione Scientifica Istituto Italiano di Preistoria di Preistoria e Protostoria.



11. Descrizione dettagliata del progetto: metodologia, obiettivi e risultati che il progetto mira a raggiungere e il loro significato in termini di avanzamento della conoscenza

Il progetto prevede un'indagine scientifica multidisciplinare sullo scheletro umano conosciuto come "uomo di Altamura", scoperto all'interno del sistema carsico di Lamalunga nell'Alta Murgia (Altamura, Puglia). I lavori procederanno in completo accordo e sotto la supervisione della Soprintendenza ABAP di Bari, affrontando la tafonomia, la cronologia, la morfologia, la paleoecologia e la paleogenetica di questo esemplare arcaico, in modo da contribuire alla nostra comprensione dell'evoluzione umana in Europa durante il Pleistocene Medio-Superiore. Il progetto mira anche a promuovere la migliore conservazione del reperto e una sua futura musealizzazione nella città di Altamura.

Il progetto rappresenta la continuazione - per metodi applicati, obiettivi e team scientifico coinvolto - della fase più recente (a partire dal 2008) di indagini multidisciplinari eseguite sullo scheletro umano di Lamalunga. I risultati significativi ottenuti nelle fasi precedenti (vedi la sezione "stato dell'arte") permettono un ulteriore avanzamento degli studi sullo scheletro di Altamura e sul sistema di cavità carsiche in cui è stato trovato. Questo avanzamento necessario rappresenta una rara opportunità di applicare tecnologie all'avanguardia nel campo del patrimonio culturale e paleoantropologico per lo studio e la conservazione del campione di Neanderthal meglio conservato mai trovato.

Per svolgere tali attività, abbiamo creato 3 Unità di Ricerca (UR) guidate da esperti nei rispettivi settori. Abbiamo anche in programma l'assunzione di figure di elevata professionalità in grado di coadiuvare l'attività di ricerca e la dotazione di laboratori/strumenti dedicati per una serie di analisi specialistiche.

La prima parte delle indagini consisterà in un periodo di monitoraggio e osservazione dei parametri chimico-fisici presenti nella grotta di Lamalunga. Il monitoraggio di parametri come la temperatura dell'aria, l'umidità relativa e le concentrazioni di CO₂ sono il prerequisito per la caratterizzazione del particolare microclima

presente nella porzione della grotta di Lamalunga dove giacciono le ossa del Neanderthal. Tutte le attività da svolgere in grotta saranno pianificate con l'autorizzazione della Soprintendenza ABAP di Bari e saranno regolarmente documentate nel dettaglio relativamente a:

1a) Monitoraggio ambientale della grotta di Lamalunga: studio idrochimico e del microclima degli ambienti ipogei: lo stato termoigrometrico del complesso carsico e la sua evoluzione nel tempo è definita da parametri significativi e misurabili come la temperatura dell'aria e l'umidità relativa, l'illuminazione, la velocità dell'aria, la temperatura superficiale delle pareti e dei resti fossili, nonché - per quanto riguarda la stabilità del complesso carsico e dei reperti in esso preservati - la caratterizzazione dell'acqua nel suo contesto specifico. Tutto ciò ha lo scopo di interpretare l'entità degli scambi di energia tra l'ambiente della grotta e i resti scheletrici. L'indagine microclimatica della grotta di Lamalunga mira a definire eventi termo-igrometrici fondamentali e il loro impatto sui resti fossili.

1b) Studio *in-situ* e tramite tecniche di realtà virtuale della geoarcheologia del sito e della tafonomia dei resti fossili: i processi di formazione del complesso carsico di Lamalunga sono stati studiati in precedenti approcci benché fortemente limitati dalla conformazione angusta degli ambienti ipogei. Attraverso l'acquisizione digitale tramite laser-scanner e fotogrammetria dell'intero complesso della cosiddetta "abside dell'uomo" avremo la possibilità di eseguire studi di dettaglio in un ambiente virtuale 3D. Lo scopo dello studio geoarcheologico e tafonomico del sito di Lamalunga è di contestualizzare l'insieme di resti umani dal punto di vista del paleoambiente e del comportamento umano. Due domande principali riassumono questi aspetti: quali erano le condizioni ambientali in cui le ossa si sono accumulate all'interno della grotta? Perché e in che modo queste ossa sono finite in un luogo sotterraneo che non risulta altrimenti frequentato da esseri umani?

Le ossa sono piuttosto lontane dal probabile ingresso originale della grotta, una fossa verticale ora occlusa, da dove potrebbe essere penetrato l'individuo. I resti faunistici trovati in alcune delle gallerie sono spesso elementi ossei isolati accumulati nelle aree depresse della grotta, suggerendo che sono stati trasportati e dispersi dall'acqua. Questo non era il caso dello scheletro umano, poiché è ampiamente rappresentato e concentrato in una piccola area. Dunque, si può ipotizzare che, dopo la morte e la decomposizione del corpo, lo scheletro sia collassato dove è stato trovato. Fino ad ora non sono stati trovati strumenti litici nella grotta.

Lo studio geologico della grotta e dei suoi sedimenti di riempimento può essere utilizzato per ricostruire i processi di formazione del sito, compresa l'apertura di nuovi ingressi e la chiusura di quelli originali; gli studi sui sedimenti evidenzieranno i processi interni di erosione e accumulo, che potrebbero aver causato lo spostamento dei resti umani. Tali studi possono anche fornire informazioni di alta qualità sul clima del passato, perché le caverne fungono da trappole per sedimenti preservando importanti informazioni circa i processi ambientali di superficie. L'analisi, in situ e/o quelle digitali, della morfologia esterna delle ossa potrebbe evidenziare modalità specifiche di frattura/modificazione, usura superficiale o altri aspetti che indichino le modalità di accumulo e/o di modificazione da parte di altri uomini o di carnivori. Se usata in associazione con studi geoarcheologici, l'analisi tafonomica può essere uno strumento estremamente potente per ricostruire la storia peri- e post-mortem dell'assemblaggio osseo.

1c) Monitoraggio e acquisizione digitale (tramite scansione laser e fotogrammetria) della cosiddetta "abside dell'uomo" e degli elementi scheletrici conservati: nel corso del 2015 alcuni membri del nostro team hanno collaborato alla realizzazione di una acquisizione tramite laser scanner 3D ad alta risoluzione e rilievo fotogrammetrico dello scheletro di Altamura e della cavità carsica di Lamalunga. Scansioni e fotografie sono state acquisite ed elaborate con software specifici, come Leica Cyclone e Agisoft, utili per unire le scansioni in un unico sistema di riferimento, per ridurre fattori di disturbo ottico e verificare la copertura dei dati RGB. Partendo dallo stesso corpus di dati e con metodologia migliorata, in questa prima fase del progetto realizzeremo la documentazione completa circa la disposizione topografica in 3D degli elementi scheletrici all'interno dell'"abside dell'uomo".

1d) Pianificazione e definizione di un protocollo operativo per un'eventuale futura rimozione, conservazione ed eventuale musealizzazione degli elementi ossei presenti nell'"abside dell'uomo" e nel vano oltre l'"abside": è probabile che le attività di esplorazione e frequentazione succedutesi nella grotta durante gli anni successivi alla scoperta abbiano prodotto disturbo e variazioni nelle condizioni ambientali e microclimatiche della grotta. Gli

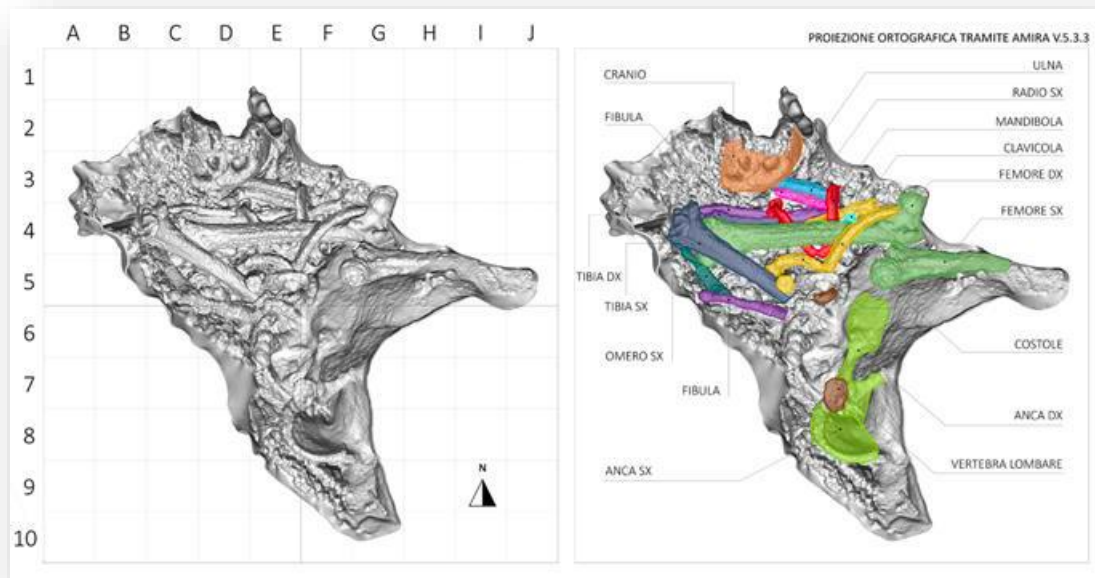
alti livelli di umidità e i valori del pH registrati nella grotta sono favorevoli allo sviluppo e alla crescita della vita microbica. Questa crescita di alghe e altri microrganismi in contatto diretto con i resti umani può produrre nel tempo danni gravi e forse irreversibili. In questa prospettiva, svilupperemo un protocollo dettagliato da utilizzare nel caso dell'eventuale estrazione degli elementi scheletrici e della loro conservazione in condizioni stabili (cioè 25°C, 45% di umidità relativa nell'aria). Prima di ogni possibile tentativo di rimuovere alcuni degli elementi ossei dalla grotta è fondamentale simulare il protocollo di estrazione per ridurre i disturbi non necessari.

Le principali aree di contatto tra i resti e le formazioni carsiche sono: a) le cosiddette "formazioni coralloidi", che costituiscono dei ponti tra il sistema stalagmitico e alcuni degli elementi scheletrici (ad esempio il cranio); b) concrezioni che aderiscono per uno spessore variabile. È quindi possibile pianificare, una volta verificata la fattibilità, un'estrazione eseguita da specialisti che utilizzino tecniche di visualizzazione e manipolazione ispirate alla chirurgia laparoscopica. Seguendo le indicazioni ricavate dall'acquisizione digitale dei principali elementi scheletrici, pianificheremo le seguenti attività 2a e 2b.

2a) Restauro digitale delle ossa estratte virtualmente (cioè senza alcun intervento fisico sui reperti originali, ma esclusivamente manipolando le immagini 3D precedentemente acquisite): tutti gli elementi ossei dello scheletro di Altamura sono incorporati in concrezioni di calcite di vario spessore e qualsiasi tentativo di rimuovere chimicamente o meccanicamente questa matrice può essere potenzialmente rischioso. Tuttavia, i recenti progressi nell'acquisizione digitale 3D hanno permesso l'applicazione della cosiddetta "paleoantropologia virtuale" come protocollo standard nello studio e nella conservazione di campioni di rilevanza antropologica, che permette lo studio non invasivo di alcune strutture anatomiche esterne e il loro restauro e conservazione digitale in condizioni di totale sicurezza per i materiali originali.

2b) Ricostruzione e studio morfologico del cranio e del post-cranio estratti tramite metodologie di paleoantropologia virtuale da immagini digitali in 3D: i) utilizzando una combinazione di tecnologia di imaging 3D e morfometria geometrica diventa possibile ottenere una grande quantità di informazioni dallo scheletro di Lamalunga per migliorare le nostre conoscenze sull'anatomia dei Neanderthal e la loro filogenesi; in particolare, il cranio e la mandibola dell'"Uomo di Altamura" mostrano una combinazione unica di caratteristiche neandertaliane miste ad altre ancora più arcaiche: in quest'ottica lo studio di questo materiale diventa cruciale per la comprensione delle complesse dinamiche evolutive che hanno portato all'emergere della tipica morfologia neandertaliana; ii) inoltre, lo studio dello scheletro postcraniale fornisce preziose informazioni per comprendere lo stile di vita delle specie estinte; mentre i metodi metrici tradizionali sono ancora validi per fornire una prima descrizione di un campione fossile, altri metodi che si basano sulla caratterizzazione biomeccanica e morfometrica delle ossa dello scheletro postcraniale sono più istruttivi per valutare i cambiamenti nella locomozione e nella morfologia corporea degli ominidi estinti: lo scopo dello studio dello scheletro di Altamura è dunque quello di fornire una completa caratterizzazione morfologica e funzionale degli elementi post-craniali disponibili attraverso metodologie di imaging 3D. L'analisi morfometrica, associata agli studi biomeccanici, consentirà una conoscenza di questo esemplare di Neanderthal nel contesto europeo del Pleistocene Medio-Superiore. Oltre all'estrazione virtuale e al restauro digitale degli elementi ossei, è auspicabile l'estrazione fisica di alcuni degli elementi ossei di minori dimensioni e che risultino in gran parte liberi da consistenti concrezioni calcitiche. Su questi campioni intendiamo pianificare le attività riportate a seguire (2c-2f).

2c) Analisi aDNA: finora, lo scheletro di Altamura rappresenta il più antico Neanderthal da cui il DNA endogeno sia mai stato estratto. Per descrivere in modo approfondito le relazioni genetiche tra questo Neanderthal arcaico e altri ominidi, i nostri obiettivi principali saranno: i) ricostruire e analizzare filogeneticamente il genoma mitocondriale completo del campione; ii) genotipizzare un gran numero di polimorfismi informativi a singolo nucleotide (SNP) e confrontarli con i dati disponibili sia per altri ominidi antichi sia di campioni umani moderni. Cercheremo anche di dedurre alcuni tratti fenotipici di questo straordinario reperto umano.



2d) Datazione del reperto e del contesto ipogeo tramite la serie di decadimento dell'Uranio: nelle grotte carsiche, il modo più affidabile di datare indirettamente resti umani di età superiore a 50 mila anni fa (50 ka) è la datazione della serie U/Th (Uranio/Torio) delle croste di calcite che rivestono le ossa. Questo approccio è stato utilizzato per la datazione preliminare dell'"Uomo di Altamura", ottenendo valori nell'intervallo tra 130 ± 2 ka e 172 ± 15 ka. Tuttavia, le età ottenute devono essere confermate con una seconda serie di analisi, poiché la calcite a diretto contatto con le ossa può essere influenzata dalla mutazione con l'Uranio che altera il calcolo dell'età. Questa parte del progetto mira a campionare e datare con il metodo della serie di decadimento dell'Uranio un numero statisticamente significativo di depositi di calcite (formazioni coralloidi e croste) a diretto contatto con le ossa di Neanderthal al fine di ottenere una più precisa età delle ossa. Similmente, la datazione degli speleotemi a contatto con le ossa fossili rivelerà il limite di età minima effettiva dello scheletro.

2e) Studio petrografico e paleoclimatico: un dettagliato studio petrografico e isotopico degli oligoelementi verrà effettuato sui depositi di calcite per valutare eventuali modifiche diagenetiche che possono influire sulla mutazione dell'Uranio e sulla determinazione dell'età. Inoltre, queste analisi forniranno approfondimenti sulle condizioni ambientali e climatiche durante le diverse fasi di crescita delle concrezioni.

2f) Studi isotopici di elementi ossei e dentali: abbiamo in programma di eseguire un'indagine isotopica dettagliata su parti dello scheletro e - se disponibili - su elementi dentali. Le analisi mirano a misurare la composizione e i rapporti isotopici di Stronzio, Ossigeno, Carbonio e Azoto. Verranno applicati metodi minimamente distruttivi (LA-MS) per ottenere proxy dietetici e ambientali che potrebbero essere ricollegati alla nostra comprensione del Pleistocene Superiore e potrebbero aiutare a definire meglio le strategie di sussistenza tra i gruppi neandertaliani.

2g) Analisi morfologiche e morfometriche dentali: la possibilità di studiare il cranio e la mandibola del campione di Neanderthal di Altamura offre l'opportunità di esaminare in dettaglio gli aspetti della sua dentatura. La completezza del campione ci consentirà di eseguire una serie di analisi (compresa la descrizione morfologica, la morfometria e la registrazione di patologie), che forniranno informazioni su diversi aspetti della biologia e dello stile di vita dell'individuo. L'approccio multi-disciplinare dello studio della dentizione consentirà il confronto con dati simili già disponibili da altri campioni del Pleistocene rinvenuti in diverse aree dell'Eurasia e in diversi periodi di tempo, al fine di documentare affinità o differenze con altre popolazioni di Neanderthal, possibile micro-evoluzione e specifici eventi adattativi nella linea Neanderthal.

12. Sviluppo del progetto, con identificazione del ruolo di ciascuna unità di ricerca e organizzazioni di ricerca coinvolte, in relazione agli obiettivi attesi, e modalità correlate di integrazione e collaborazione.

Lo sviluppo del progetto sarà svolto da 3 Unità di Ricerca (UR), differenziate in base a specifiche competenze scientifiche e tecniche, come meglio emergerà nelle sezioni a seguire. Le UR lavoreranno sotto la supervisione della Soprintendenza ABAP di Bari e in accordo con il Comune di Altamura e altre amministrazioni locali e nazionali, oltre che in collaborazione con specialisti accademici e non accademici. Ogni UR lavorerà in piena autonomia e, al tempo stesso, in stretta interazione e integrazione con le altre UR. L'esecuzione e il progresso di ciascuna parte del progetto saranno monitorati collettivamente e verranno pianificate azioni congiunte. L'organizzazione a tre fasi, dettagliata come segue, progredirà nel tempo per ciascuna UR sviluppando i diversi aspetti del progetto.

FASE 1: ANALISI IN SITU

Questa fase coinvolgerà eminentemente i primi 6-12 mesi del progetto e coinvolgerà principalmente la UR1 (con i collaboratori di ISCR, Roma; EURAC, Bolzano; Università di Newcastle, Australia) e la UR3, che parteciperà per aspetti specifici. L'obiettivo principale è quello di monitorare le condizioni odierne della grotta e dei resti scheletrici per valutare se e per quanto tempo gli interventi precedenti abbiano influenzato lo stato di conservazione del contesto.

Verranno utilizzati data-logger multicanale (temperatura, umidità relativa e CO₂) appositamente sviluppati per il monitoraggio a lungo termine in ambienti di grotta. I risultati dello studio rappresenteranno la base per la valutazione delle condizioni ambientali attuali all'interno della grotta e forniranno approfondimenti preziosi per la conservazione dei resti scheletrici.

Una mappatura geologica dettagliata della grotta includerà tipi e forme di speleotemi, possibile presenza di false superfici e sedimenti associati a testimonianza di precedenti fasi di riempimento ed erosione della grotta.

Campionamento dei sedimenti all'interno e all'esterno della grotta, per analisi fisiche e chimiche standard (granulometria, densità, Carbonio organico, CaCO₃), saranno eseguite analisi chimiche di dettaglio (SEM-EDX) e micromorfologia del suolo (sezioni sottili). A questo scopo potrà essere necessario un controllo limitato della sequenza di riempimento del sistema carsico.

L'indagine tramite ground-penetrating radar sul bacino esterno della grotta potrebbe evidenziare possibili entrate alternative, ora chiuse, e contribuire a spiegare la presenza di ossa umane e animali all'interno.

Gli studi tafonomici comprenderanno l'analisi delle modificazioni dei resti ossei umani e animali (alterazione del tempo, trasporto, frattura intenzionale o involontaria, modificazione per azione di carnivori, ecc.) da effettuare mediante stereomicroscopio e/o microscopio elettronico a scansione (SEM).

Lo sviluppo di un protocollo per la conservazione delle ossa in condizioni naturali (utilizzando una procedura di progressiva disidratazione delle ossa coperte dalle concrezioni calcitiche senza l'utilizzo di sostanze chimiche) sarà eventualmente testato su frammenti ossei disponibili, che verranno estratti utilizzando dispositivi controllati manualmente in modo da garantire il massimo controllo, replicando le operazioni simili a quelle già applicate. Gli elementi rimossi di interesse paleoantropologico saranno collocati in appositi contenitori, che garantiranno il microclima interno, i dispositivi di monitoraggio (in wi-fi), la resistenza ai disturbi meccanici esterni e la protezione da urti e contaminazioni.

FASE 2: ANALISI IN LABORATORIO

La seconda fase del progetto sarà completamente o parzialmente sviluppata a seguito della fattibilità circa l'estrazione (fisica o, alternativamente, virtuale/digitale) di elementi o frammenti ossei isolati, nel caso siano sufficientemente liberi da concrezioni in modo da essere rimovibili/acquisibili. Questa è la fase più lunga del progetto (24-30 mesi), che inizierà dopo circa 6 mesi di monitoraggio iniziale e lavoro in situ, e probabilmente

durere per la parte restante del progetto. Le UR coinvolte sono principalmente: UR1, per studi di tafonomici, morfologici e isotopici dello scheletro; UR2, per l'analisi dentale e l'estrazione di aDNA; UR3 per gli studi morfo-funzionali. La sub-unità rappresentata dall'università di Newcastle (Australia) eseguirà la datazione delle serie U/Th degli elementi scheletrici e degli speleotemi.

Il restauro digitale degli elementi ossei estratti virtualmente sarà eseguito utilizzando tecniche di morfometria geometrica. Sarà quindi possibile contestualizzare l'"Uomo di Altamura" all'interno della variabilità umana del Pleistocene Medio-Superiore. Per lo scheletro post-craniale, saranno disposte le stesse analisi oltre all'indagine biomeccanica attraverso la "cross-section geometry", la morfometria geometrica 3D e le analisi dell'osso trabecolare, allo scopo di raccogliere informazioni sui pattern di attività dell'individuo.

L'analisi di aDNA utilizzerà un approccio basato sulla Next-Generation-Sequencing (NGS) per ottenere ingenti quantità di dati genetici da questo campione eccezionalmente ben conservato. Le librerie genomiche saranno preparate seguendo un protocollo a singolo filamento che massimizza il recupero di molecole di DNA molto corte. Sia il genoma mitocondriale umano che il DNA nucleare saranno arricchiti da un approccio di cattura che consente un sequenziamento efficiente di obiettivi presenti in miscele complesse, come estratti di DNA antico. I dati di sequenziamento saranno analizzati mediante specifici strumenti di bioinformatica per rilevare la possibile presenza di contaminazione umana recente e per distinguere le sequenze autentiche da quelle contaminanti.

La datazione U/Th, tramite la serie di decadimento dell'Uranio mira a datare precisamente i resti scheletrici analizzando un numero statisticamente significativo di depositi di calcite (coralloidi e croste) a diretto contatto con le ossa di Neanderthal. Una petrografia ottica dettagliata, isotopi stabili ($\delta^{18}O$ e $\delta^{13}C$) e lo studio degli elementi in traccia (mediante LA-ICP-MS) saranno effettuati sui campioni di calcite. Sono possibili modificazioni diagenetiche che possono compromettere la determinazione cronologica. Queste analisi forniranno approfondimenti sulle condizioni climatiche e sull'evoluzione ambientale del sito. A seguito di questo screening, i campioni di calcite idonei saranno processati chimicamente tramite dissoluzione, spiking e diluizione in resine a scambio ionico spec-selettive. Le misurazioni saranno effettuate da un multicollettore ICP-MS.

Lo studio isotopico di elementi ossei e dentali richiederà l'estensione di un contratto RTD esistente, con due obiettivi principali: da un lato ottenere dati paleoambientali che contribuiranno alla ricostruzione del passato ambiente di questo contesto del Pleistocene Medio-Superiore, dall'altra ottenere informazioni paleonutrizionali sull'"Uomo di Altamura". Ciò comporta la misurazione di isotopi stabili di ossigeno ($\delta^{18}O$) e carbonio ($\delta^{13}C$) nei fosfati dentali umani, attraverso metodi minimamente distruttivi come un sistema di spettrometria di massa ad ablazione laser / gas cromatografia / isotopi (LA-GC-IRMS). Il rapporto isotopico dello Stronzio ($^{87}Sr / ^{86}Sr$) sarà anche misurato per esplorare meglio le relazioni dei reperti fossili con la geologia locale. Verranno applicate procedure non distruttive. Anche la fauna associata trovata all'interno del "abside dell'uomo" sarà analizzata come materiale di riferimento, tenendo presente che i contesti umani e animali possono avere cronologie significativamente diverse. La raccolta di campioni per analisi di laboratorio sarà concordata con la Soprintendenza ABAP di Bari e documentata di conseguenza. Il trasferimento dei campioni seguirà le procedure di sicurezza concordate.

Tutti i dati ottenuti saranno consegnati alla Soprintendenza.

FASE 3: CONSERVAZIONE

La fase finale riguarderà approssimativamente l'ultimo anno del progetto e coinvolgerà principalmente componenti della UR1 con la collaborazione di EURAC (Bolzano) per la creazione di condizioni ideali di conservazione del sito e degli elementi ossei che si saranno eventualmente potuti estrarre. Saranno attuate tutte le procedure e i protocolli necessari per una conservazione ottimale dei resti. In particolare:

1. manipolazione e trasporto in condizioni di sicurezza;
2. trasferimento in un ambiente sterile con monitoraggio delle condizioni microclimatiche;
3. conservazione e allineamento delle condizioni ambientali, chimiche e fisiche all'interno dei parametri

accettabili. Durante la fase analitica tutti gli elementi scheletrici e i campioni selezionati saranno conservati in appositi contenitori e trasferiti ai vari laboratori per l'analisi.

Qualsiasi elemento o frammento osseo sarà conservato in un ambiente ermetico con condizioni microclimatiche controllate. Tali condizioni possono essere impostate e modificate per favorire una migliore conservazione. Questo sistema garantisce un'elevata resistenza ai disturbi esterni; protezione ermetica contro liquidi e gas; lucchetto di sicurezza; Protezione dai raggi UV. Una volta raggiunto l'equilibrio, i resti possono passare a un ulteriore stadio conservativo, che potrebbe comportare un riallineamento di parametri chimici e fisici volti a garantire la conservazione per lo studio e l'eventuale musealizzazione.

13. Potenzialità applicative possibili e scientifiche e/o tecnologiche e/o sociali e/o impatto economico del progetto

Le procedure applicate rendono questo progetto scientificamente e tecnologicamente innovativo. I risultati saranno comunicati alla comunità scientifica attraverso pubblicazioni ad alto impatto e al vasto pubblico mediante opera di divulgazione; questo produrrà un significativo riscontro anche socio-culturale, contribuendo all'ulteriore sviluppo della città di Altamura, incluso il turismo all'interno del Parco Nazionale dell'Alta Murgia.

Il valore dello scheletro umano dalla grotta di Lamalunga è infatti molteplice. Sulla base di precedenti indagini, lo scheletro sembra essersi conservato sul luogo della morte dell'individuo. Seguendo i processi diagenetici di disarticolazione post-mortem, si nota tutte le ossa sono rimaste confinate in un'area limitata e in un eccellente stato di conservazione, date le particolari condizioni micro-climatiche e l'assenza di rilevanti fattori di disturbo.

Tali modalità di conservazione per un resto umano così antico rappresentano un unicum, in grado di fornire alla comunità scientifica, così come al vasto pubblico, la possibilità di conoscere ogni aspetto dell'anatomia scheletrica di un singolo individuo della specie *Homo neanderthalensis*. Nonostante i numerosi fossili di questa specie trovati in Eurasia, inclusa l'Italia, gli elementi scheletrici che li compongono sono spesso frammentari, isolati ed eterogenei per sesso ed età alla morte.

L'opportunità di studiare uno scheletro completo, senza particolari distorsioni o lacune, per cui sarà possibile stimare il sesso, l'età alla morte e rilevare possibili patologie e altri dati sulla storia della vita, non ha precedenti, anche considerando le recenti straordinarie scoperte della Camera di Dinaledi in Sudafrica o le evidenze fossili della Sierra de Atapuerca in Spagna. In base alle nostre ricerche avremo la possibilità di produrre una considerevole letteratura, che sarà di grande impatto su aspetti specifici tali da comportare una notevole eco nella comunità scientifica e tra il pubblico generale. In particolare, saranno disponibili dati morfo-funzionali ed evolutivi grazie all'applicazione di tecniche all'avanguardia e al coinvolgimento di esperti di primo piano nei rispettivi settori. Intendiamo così mettere a disposizione della comunità scientifica internazionale informazioni digitali sugli elementi scheletrici di Lamalunga in grado di aprire una nuova stagione di studi scientifici.

Data la sua antichità e in considerazione di alcuni tratti cranio-dentali arcaici, lo scheletro fossile di Altamura può essere collocato in una fase precoce dell'evoluzione dei Neanderthal. Lo studio dei suoi resti può quindi fornire informazioni vitali sull'origine e sulla successiva diffusione di questo taxon in Europa durante il Pleistocene. In particolare, l'interesse per le regioni meridionali dell'Italia si pone in relazione alle profonde fluttuazioni climatiche che hanno influenzato la storia evolutiva dei Neanderthal e che verranno affrontate attraverso una sistematica indagine multidisciplinare e interdisciplinare.

Dati molecolari indicano che la linea evolutiva neandertaliana si è separata dalle forme africane che hanno portato all'emergere della nostra specie prima di 500 ka. Secondo gli stessi dati di DNA antico, i Neanderthal entrarono in contatto secondario con le prime forme di *Homo sapiens* che uscirono dall'Africa intorno ai 60-70 mila anni fa e con le quali probabilmente ebbero scambi genici. Tuttavia, questo dato rimane controverso e non si può escludere l'ipotesi che la presenza di "geni neandertaliani" nelle popolazioni umane attuali extra-africane sia dipendente piuttosto dagli effetti della comune discendenza tra le due specie umane a partire da un antenato condiviso vissuto nel Pleistocene Medio. In questa prospettiva, il genoma dello scheletro di Lamalunga anticipa di circa 100 mila anni qualsiasi possibile ibridazione tra *H. neanderthalensis* e *H. sapiens*, potendo offrire un contributo fondamentale a tale importante dibattito.

Le attività scientifiche sviluppate nel presente progetto, come quelle portate a termine nel recente passato (dopo il 2008), tenendo nella dovuta considerazione anche le specificità del territorio e i contesti estremamente delicati in cui andranno ad agire, posso rappresentare una sorta di spina dorsale del Sistema Museale relativo all'"Uomo di Altamura" che negli anni scorsi a preso l'avvio. Anche per questo, i risultati del progetto saranno comunicati in conferenze aperte al pubblico, oltre che alla comunità scientifica. I partecipanti al progetto presenteranno anche contributi su aspetti specifici nei rispettivi campi di ricerca. Prevediamo inoltre diversi eventi per comunicare i nostri risultati al vasto pubblico, sia nel contesto pugliese che a livello nazionale e internazionale. La presentazione dei risultati del progetto avverrà anche presso siti convenzionati con la Soprintendenza ABAP di Bari. Inoltre, abbiamo in programma di produrre monografie sull'"Uomo di Altamura", indirizzate alla divulgazione delle conoscenze acquisite a partire da questo inestimabile tesoro paleoantropologico di Altamura.

DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA AMBIENTALE
SAPIENZA
 UNIVERSITÀ DI ROMA
 Roma, 11 gennaio 2016

Dr. Luigi La Rocca
 Soprintendenza Archeologia della Puglia
 Via Duomo 33, 74100 Taranto

Oggetto: Progetto "KARST" (PRIN bando 2015, prot. 2015WPHSCJ) e definizione convenzione

Illustre Soprintendente,

è con grande piacere che Le allego una descrizione del progetto "KARST", riguardante lo studio e la conservazione dello scheletro neandertaliano della grotta di Lamalunga presso Altamura, predisposto per una richiesta di finanziamento nell'ambito dei Programmi di Ricerca di Interesse Nazionale (PRIN - bando 2015, prot. 2015WPHSCJ).

Il progetto, di durata triennale, prevede la partecipazione di specialisti della ricerca scientifica in paleoantropologia -- colleghi delle università di Roma Tre, Firenze e Pisa -- e coinvolge anche alcuni esperti nell'ambito della conservazione e dello studio dei sistemi carsici e/o umidi afferenti all'EURAC, all'U.S.C.R. e alla University of Newcastle (Australia).

Mi auguro che la stesura del progetto risponda adeguatamente alle istanze di conoscenza, salvaguardia e valorizzazione dello straordinario contesto, istanze già condivise con codesta Soprintendenza, che persegue la tutela dell'importante giacimento di Lamalunga come proprio compito istituzionale, con esito invero assai favorevole nel corso delle comuni attività di ricerca e valorizzazione degli ultimi anni.

In questa direzione, come abbiamo anche avuto modo di condividere per le vie brevi, sarà certamente auspicabile arrivare quanto prima alla stipula di una convenzione tra la Soprintendenza Archeologia della Puglia e la Sapienza Università di Roma (cui afferisce l'unità proponente il progetto e da me coordinata), che possa sostenere le attività di terreno, di laboratorio e quelle rivolte alla conservazione e valorizzazione dell'importante reperto.

In attesa di un Suo gentile riscontro, Le porgo i più cordiali saluti

Prof. Giorgio Manzi
 Paleanthropology - Human Ecology & Primatology
 Museum of Anthropology «Giuseppe Sergi» (director)

DIPARTIMENTO DI BIOLOGIA AMBIENTALE
SAPIENZA
 UNIVERSITÀ DI ROMA
 Roma, 11 gennaio 2016

Prof. Giacinto Forte, Sindaco di Altamura
 Piazza Municipio 1, 70022 Altamura (BA)

Oggetto: Progetto "KARST" (PRIN bando 2015, prot. 2015WPHSCJ)

Egregio Signor Sindaco,

è con grande piacere che Le allego il progetto "KARST", riguardante lo studio e la conservazione dello scheletro neandertaliano della grotta di Lamalunga presso Altamura, predisposto per una richiesta di finanziamento nell'ambito dei Programmi di Ricerca di Interesse Nazionale (PRIN).

Il progetto, di durata triennale, prevede -- oltre all'unità di ricerca della Sapienza da me coordinata -- la partecipazione di altri specialisti della ricerca scientifica in paleoantropologia -- colleghi delle università di Roma Tre, Firenze e Pisa -- e coinvolge anche alcuni esperti nell'ambito della conservazione e dello studio dei sistemi carsici e/o umidi afferenti all'EURAC, all'U.S.C.R. e alla University of Newcastle (Australia).

Mi auguro che la stesura del progetto confermi il Suo interesse in rapporto alle istanze di conoscenza, salvaguardia e valorizzazione dello straordinario contesto di Lamalunga, oltre che nella prospettiva di ulteriori passi da fare insieme in questa direzione, visto che il reperto così com'è ora non è certo in uno stato di conservazione ideale né esso è accessibile alla fruizione culturale e (perché no?) emozionale da parte della cittadinanza e dei turisti.

In attesa di un Suo gentile riscontro, Le porgo i più cordiali saluti

Prof. Giorgio Manzi
 Paleanthropology - Human Ecology & Primatology
 Museum of Anthropology «Giuseppe Sergi» (director)

MODALARIO B.C. 201

Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo
 Soprintendenza Archeologia della Puglia - Taranto

Taranto 11/1/2016

Università La Sapienza di Roma
 Dipartimento di Biologia Ambientale
 Prof. G. Manzi
 P.le A. Moro, 5
 00185 ROMA

Prot. N° 325
 Ch. 31.10.06

OGGETTO: Altamura (BA). "KARST" (PRIN bando 2015, prot. 2015WPHSCJ) e definizione convenzione. Rif. nota 11 gennaio 2013.

In riferimento all'oggetto, si esprime piena condivisione alle linee progettuali espone nella bozza trasmessa e relative allo studio e alla conservazione dello scheletro neandertaliano della grotta di Lamalunga presso Altamura auspicandone il finanziamento nell'ambito dei Programmi di Ricerca di Interesse Nazionale (PRIN bando 2015, prot. 2015WPHSCJ).

Si condivide al tempo stesso la necessità di stipulare, in tempi brevi, una convenzione tra questa Soprintendenza e l'Università di Roma "La Sapienza" al fine di regolare e meglio condividere ogni attività di ricerca sul reperto paleo antropologico di Altamura in considerazione della competenza esclusiva della Soprintendenza in materia di tutela e conservazione e della necessità di collaborazione con istituzioni scientifiche di elevata specializzazione nelle attività di studio, documentazione e pubblicazione, quindi valorizzazione, del reperto.

Sarà cura pertanto dei rappresentati di entrambi gli Enti prendere contatti per definire i contenuti della convenzione e predisporre quanto prima un testo condiviso.

IL SOPRINTENDENTE
 dott. Luigi La Rocca

Soprintendenza Archeologia della Puglia
 Via Duomo, 33 I - 74100 Taranto. Tel. + 39 099-4713511, fax + 39 099-4600126.
 E-mail: sar-pug@beniculturali.it

CITTA' di ALTAMURA

ISSETTORE - UFFICIO DI GABINETTO -
 Piazza Municipio, 1 - 70022 ALTAMURA (BA) Tel. 080/3141019 Fax: 080/3141502
 Codice Fiscale 82002590725 Partita IVA 02422160727
 e-mail: sindaco@comune.altamura.ba.it

Comune di Altamura
 U - 14/01/2016 - 0002314

Egr. Prof. Giorgio Manzi
 giorgio.manzi@uniroma1.it

Dipartimento di Biologia Ambientale
 Università La Sapienza
 P.le Aldo Moro 5, 00185
 ROMA (Italy)

Oggetto: Progetto "KARST" (PRIN bando 2015, prot. 2015WPHSCJ) - riscontro nota dell'11.01.2016

Chiar.mo prof. Manzi,

la ripresa degli studi e la corretta conservazione dello scheletro neandertaliano della grotta di Lamalunga presso Altamura è un'attività auspicata da anni da tutta la comunità locale. Tale attività non può che trovare piena apertura e disponibilità da parte dell'amministrazione che dirigo. Mi auguro davvero che sia l'inizio di una nuova stagione di approfondite ricerche su un reperto così raro e interessante, che attragga l'interesse di studiosi e gente comune ai fini alti della conoscenza scientifica, della salvaguardia e della piena valorizzazione dello straordinario insieme paleoantropologico.

Prendo inoltre con piacere atto della disponibilità dimostrata a valutare prospettive di ulteriori passi da fare insieme in questa direzione anche con riferimento alla piena fruizione culturale ed emozionale da parte della cittadinanza e dei turisti.

Altamura, li 14 Gennaio 2016

IL SINDACO
 Prof. Giacinto FORTE