

# Spring Archaeology

Atti del Convegno, Siena  
15-17 maggio 2020

a cura di

Andrea Bellotti, Luca Luppino,  
Maria Messineo, Mickey Scarcella



Access Archaeology



# About Access Archaeology

*Access Archaeology* offers a different publishing model for specialist academic material that might traditionally prove commercially unviable, perhaps due to its sheer extent or volume of colour content, or simply due to its relatively niche field of interest. This could apply, for example, to a PhD dissertation or a catalogue of archaeological data.

All *Access Archaeology* publications are available as a free-to-download pdf eBook and in print format. The free pdf download model supports dissemination in areas of the world where budgets are more severely limited, and also allows individual academics from all over the world the opportunity to access the material privately, rather than relying solely on their university or public library. Print copies, nevertheless, remain available to individuals and institutions who need or prefer them.

The material is refereed and/or peer reviewed. Copy-editing takes place prior to submission of the work for publication and is the responsibility of the author. Academics who are able to supply print-ready material are not charged any fee to publish (including making the material available as a free-to-download pdf). In some instances the material is type-set in-house and in these cases a small charge is passed on for layout work.

Our principal effort goes into promoting the material, both the free-to-download pdf and print edition, where *Access Archaeology* books get the same level of attention as all of our publications which are marketed through e-alerts, print catalogues, displays at academic conferences, and are supported by professional distribution worldwide.

The free pdf download allows for greater dissemination of academic work than traditional print models could ever hope to support. It is common for a free-to-download pdf to be downloaded hundreds or sometimes thousands of times when it first appears on our website. Print sales of such specialist material would take years to match this figure, if indeed they ever would.

This model may well evolve over time, but its ambition will always remain to publish archaeological material that would prove commercially unviable in traditional publishing models, without passing the expense on to the academic (author or reader).



# Spring Archaeology

## Atti del Convegno, Siena

### 15-17 maggio 2020

a cura di

Andrea Bellotti, Luca Luppino,

Maria Messineo, Mickey Scarcella

**Access Archaeology**





ARCHAEOPRESS PUBLISHING LTD  
Summertown Pavilion  
18-24 Middle Way  
Summertown  
Oxford OX2 7LG  
[www.archaeopress.com](http://www.archaeopress.com)

ISBN 978-1-80327-000-5  
ISBN 978-1-80327-001-2 (e-Pdf)

© the individual authors and Archaeopress 2021

All rights reserved. No part of this book may be reproduced, stored in retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying or otherwise, without the prior written permission of the copyright owners.

This book is available direct from Archaeopress or from our website [www.archaeopress.com](http://www.archaeopress.com)

**Comitato Scientifico**

Stefano Bertoldi, Stefano Campana, Stefano Camporeale, Carlo Citter, Chiara De Marco, Roberto Farinelli, Elisabetta Giorgi, Laura Pagliantini, Rossella Pansini, Giulio Poggi, Francesco Ripanti, Nicoletta Volante, Andrea Zifferero

**Moderatori**

Stefano Bertoldi, Chiara De Marco, Rossella Pansini, Giulio Poggi, Francesco Ripanti

**Revisori**

Andrea Bellotti, Benedetta Baleani, Vincenzo Golia, Luca Luppino, Maria Messineo, Mickey Scarcella

**Comitato Organizzativo**

Andrea Bellotti, Giuseppe Prospero Cirigliano, Luca Luppino, Chiara Mendolia, Maria Messineo, Mickey Scarcella

**Organizzazione**

Benedetta Baleani, Andrea Bellotti, Giuseppe Prospero Cirigliano, Marta De Pari, Marco Fronteddu, Vincenzo Golia, Luca Luppino, Alessia Mandorlo, Michele Mantuano, Chiara Mendolia, Maria Messineo, Mickey Scarcella

*Si ringrazia Roberto La Malfa per la realizzazione del logo di Spring Archaeology.*

evento organizzato grazie al contributo di



con il patrocinio di



social media partner



# Indice

Due parole per un invito alla lettura .....	6
Spring Archaeology 2020: dal convegno in presenza al convegno online.....	7
<i>Andrea Bellotti, Luca Luppino, Maria Messineo, Mickey Scarcella</i>	
Sezione I .....	9
<i>Archeologia e Nuove Tecnologie</i> .....	9
Introduzione .....	11
<i>Giulio Poggi</i>	
PAPERS .....	13
Documentare i monumenti in archeologia: il caso di Villa San Marco a Castellammare di Stabia (NA).....	15
<i>Dario Saggese</i>	
L'identità nel frammento: riconoscimento del <i>taxon</i> attraverso l'impronta peptidica nel sito antico e medio olocenico di Takarkori (Libia) .....	32
<i>Martina Di Matteo, Francesca Alhaique, Wim Van Neer, Savino di Lernia</i>	
La <i>domus</i> in Piazza. Strumenti digitali per lo studio e la valorizzazione di un contesto archeologico urbano ..	43
<i>Eleonora Delpozzo</i>	
Metodi integrati per il controllo cronostatigrafico e l'interpretazione di strutture in pietra. Un esempio dal sito di Takarkori, Libia sud-occidentale .....	53
<i>Olivier Scancarello</i>	
Percepire l'invisibile nel paesaggio archeologico. Il caso studio di <i>Telesia</i> (BN) .....	62
<i>Davide Mastroianni</i>	
Ricostruire per quantificare: la fornace dei <i>Domitii</i> di Mugnano in Teverina .....	73
<i>Claudia Sorrentino</i>	
POSTERS .....	87
Automatic image colorization: l'intelligenza artificiale applicata all'archeologia funeraria .....	89
<i>Anna Lucia Rivieri</i>	
Cella Tricora di Dagala del Re (CT) .....	91
<i>Roberta Faro</i>	
Simulazione della risposta alle sollecitazioni sismiche di un edificio di XII-XIII secolo a Poggio Bonizio ..	93
<i>Devid Savegnago</i>	
Topografia archeologica di Corbetta e Albairate (MI): metodi tradizionali e nuove tecnologie .....	95
<i>Alberto Massari</i>	

Un'ipotesi ricostruttiva per l'Augusteum di Roselle .....	97
<i>Caterina Grassi</i>	
Sezione II .....	99
<i>Comunicazione e Valorizzazione</i> .....	99
Introduzione .....	101
<i>Francesco Ripanti</i>	
PAPERS .....	103
Archeologia accessibile - un caso studio dalla Sardegna .....	105
<i>Mattia Cogoni, Michela Scano, Federico Porcedda</i>	
Dalla ricerca alla divulgazione, dalla didattica alla comunicazione: il caso studio dello scavo palafitticolo del Lucone di Polpenazze .....	113
<i>Marco Baioni, Elisa Zentilini, Daniele Mittica</i>	
Itinerari del Romanico tra Verbano, Ossola e Golfo Borromeo. Conoscere e valorizzare un patrimonio comune .....	123
<i>Eleonora Casarotti, Chiara Ribolla</i>	
L'applicazione STRIBAR per la comunicazione e valorizzazione del sito archeologico funerario di Stribugliano (GR). Le tecnologie digitali per una fruizione del sito autonoma ed immersiva dei pubblici .....	132
<i>Francesca Prestipino</i>	
Marginalità come opportunità. Ricerca e valorizzazione nelle aree rurali del territorio siracusano .....	138
<i>Antonino Cannata, Valeria Platania</i>	
Uscire dal silenzio deliberato del dato archeologico attraverso la divulgazione scientifica. Come si comunica il passato all'Archeodromo di Poggibonsi (SI).....	147
<i>Federica Foresi</i>	
POSTERS .....	155
Archeologia e comunità: il Gonnostramatza Project .....	157
<i>Marco Cabras, Cristina Concu</i>	
Elini Paese Museo: dall'idea progettuale alla valorizzazione del patrimonio culturale locale.....	159
<i>Federico Porcedda</i>	
Smart Innovation e patrimonio culturale: una "piazza digitale" per Sant'Avendrace, un quartiere periferico di Cagliari (Sardegna).....	161
<i>Giulia Porceddu</i>	
Sezione III.....	163
<i>Cultura Materiale</i> .....	163
Introduzione .....	165
<i>Chiara De Marco</i>	

PAPERS .....	167
Analisi introduttiva della ceramica islamica dallo scavo archeologico di Dūmat al-Ġandal .....	169
<i>Simona Berardino</i>	
Gli strumenti da estrazione in pietra della miniera di cinabro neolitica del Poggio di Spaccasasso (Alberese-GR) .....	178
<i>Andrea Terziani</i>	
Indagini archeologiche in Palazzo Maggi Gambarà a Brescia: testimonianze ceramiche tardoantiche e associazioni di vasellame di prima età longobarda .....	191
<i>Beatrice Bellicini, Chiara Pupella</i>	
La ceramica da un silos di stoccaggio nella Casa delle Anfore a Marsiliana d'Albegna (Manciano, GR)....	212
<i>Sara Rojo Muñoz</i>	
Praedia Philippianorum. Un allevamento di cavalli nella Sicilia tardo antica.....	230
<i>Antonina Arena</i>	
Raining stones. Proiettili litici e plumbei nel Salento tardo ellenistico .....	241
<i>Carlo De Mitri</i>	
POSTERS .....	251
Considerazioni sui materiali della Tomba dei Giganti di San Cosimo (Gonnofanadiga – SU): possibili indicatori di contatti extrainsulari.....	253
<i>Gioia Concas</i>	
Frammenti anforici da Via Necchi a Milano: analisi e classificazione .....	255
Sezione IV .....	257
<i>Scavo e Ricerca</i> .....	257
Introduzione .....	259
<i>Stefano Bertoldi</i>	
PAPERS .....	261
Atlante delle tecniche murarie nel Biellese. Materiali e tecniche costruttive nei secoli XI-XIV .....	263
<i>Sara Roberto</i>	
Il contributo dei resti animali alla comprensione dell'evoluzione socio-economica del sito di Miranduolo (Chiusdino, SI).....	270
<i>Lisa Dall'Olio</i>	
Il popolamento rurale dell'Oltrepò pavese: quattro casi studio.....	280
<i>Lorenzo Radaelli</i>	
L'età del Bronzo sull'Altopiano del Gollei .....	291
<i>Lorenzo Bonazzi, Smeralda Riggio, Barbara Valdinoci</i>	
La pianura veronese tra Bronzo finale e prima età del Ferro: dinamiche del popolamento e organizzazione del territorio .....	302
<i>Andrea Giunto</i>	

Problemi di datazione e studio preliminare dello scafo della nave A - Pisa San Rossore .....	313
<i>Cristina Laurenti</i>	
POSTERS .....	321
I mosaici della Domus di Carsulae .....	323
<i>Alessandra De Nardo</i>	
La Felix Temporum Reparatio a Tuscania. Risultati preliminari di una ricognizione superficiale in località Marrucheto - Tuscania (Vt).....	325
<i>Alessandro Tizi</i>	
La Vitis Vinifera L. in età nuragica. Nuove acquisizioni della ricerca scientifica .....	327
<i>Giulia Marotto</i>	
Le sepolture fra Neolitico Antico e Medio-iniziale in Puglia e Basilicata orientale .....	329
<i>Cleo Barbafiera</i>	
Mercato di morte. Lorenzo Valeri, speciale di Toscanella-Tuscania, e il commercio di reperti archeologici nell'Ottocento .....	332
<i>Alessandro Tizi</i>	
Officine sulla riva: nuovi dati di età tardo medievale e moderna dall'isola di Torcello (VE) .....	334
<i>Jacopo Paiano, Martina Bergamo</i>	
Pompei, Insula IX.5: ricostruzione dei rinvenimenti attraverso la documentazione d'archivio.....	336
<i>Federica Ciminelli</i>	
Pratiche di seppellimento rituali ed anomale nella Preistoria .....	338
<i>Luca Bianchi</i>	
Testimonianze archeologiche della guerra: casi di studio dal mondo greco antico .....	341
<i>Roberto Domenico Melfi, Chrysanthi Kourta</i>	
Un edificio termale dal sito di Vignale (LI).....	343
<i>Jacopo Scoz</i>	
Sezione V .....	345
<i>Teoria e Metodo</i> .....	345
Introduzione .....	347
<i>Rossella Pansini</i>	
PAPERS .....	349
Import-export nell'area ionico-adriatica in età tardoantica e altomedievale. L'evoluzione commerciale attraverso l'analisi di due casi studio: le città lagunari di Orikum (Albania) e Salapia (Italia).....	351
<i>Sara Loprieno</i>	
Le domus dell'Etruria romana (province di Siena, Arezzo, Grosseto). Aspetti strutturali, sociali e urbanistici .....	363
<i>Anna Lidia Pagni</i>	

Metodologia di studio di un edificio attraverso l'analisi delle malte di allettamento e rivestimento. Il caso delle Terme Achilliane di Catania .....	370
<i>Lucrezia Longhitano</i>	
Oltre il riciclo. Analisi del butto del Castello di Miranduolo (Chiusdino, SI).....	380
<i>Carla Palmas</i>	
Progetto Media Valle del Cedrino: una metodologia per la ricognizione .....	390
<i>Lorenzo Bonazzi, Arianna Gaspari, Alessia Grandi, Smeralda Riggio</i>	
POSTERS .....	403
Aspetti metodologici dello scavo dell'abitato dell'Età del Bronzo di Solarolo (RA) .....	405
<i>Francesca Barchiesi</i>	
Nymphaea romana: analisi di una scenografia d'acqua fra forme e contesti.....	407
<i>Angela Bosco</i>	
Archeologia in Italia: stato dell'arte e prospettive di sviluppo .....	409
Indice degli autori .....	411

# L'IDENTITÀ NEL FRAMMENTO: RICONOSCIMENTO DEL TAXON ATTRAVERSO L'IMPRONTA PEPTIDICA NEL SITO ANTICO E MEDIO OLOCENICO DI TAKARKORI (LIBIA)

Martina Di Matteo<sup>1</sup>, Francesca Alhaique<sup>2</sup>, Wim Van Neer<sup>3</sup>, Savino di Lernia<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup> Sapienza Università di Roma

<sup>2</sup> Museo delle Civiltà, Roma - Sezione di Archeozoologia

<sup>3</sup> Royal Belgian Institute of Natural Sciences, Bruxelles

<sup>4</sup> GAES, University of Witwatersrand, Johannesburg

## Abstract

Faunal remains in archaeological contexts are often very fragmented. This significantly affects taxonomic identification and thus the understanding of the exploitation of animal resources. The biomolecular method ZooMS (Zooarchaeology by Mass Spectrometry) allows identifying even very small fragments at the genus level, sometimes at the species one, using the "collagen fingerprints".

We present the preliminary results of the first application of ZooMS on Takarkori rock shelter (Libya), a key site to reconstruct Early to Middle Holocene (10.200-4600 ka) socio-cultural dynamics in the Sahara. The analysis shows the successful application of the method on archaeological sequences from sheltered sites in hyper-arid environments. It also aims at opening the discussion on the need to develop effective biomolecular research to distinguish wild and domestic species, crucial to understand subsistence strategies.

## Keywords

*Central Sahara; Tadrart Acacus; Early-Middle Holocene; Faunal remains; ZooMS; Collagen fingerprint; Proteomics*

## Introduzione

L'archeozoologia sahariana, e in generale degli ambienti iper-aridi, si confronta da sempre con resti ossei in pessimo stato di conservazione, caratterizzati da un elevato grado di frammentazione e superfici sottoposte a numerosi processi diagenetici naturali spesso risultanti in esfoliazioni e concrezioni. Alla problematica suddetta si aggiungono le modificazioni che le ossa subiscono per intervento antropico, in particolare quelle legate alla preparazione e cottura dei cibi (e.g., estrazione del midollo), allo scarto dei rifiuti e alla loro gestione.

Nell'area del massiccio del Tadrart Acacus (Libia sud-occidentale), ricca di ripari sotto roccia occupati durante l'Olocene, il pessimo stato di conservazione dei resti faunistici è già stato sottolineato in lavori precedenti (Cassoli e Durante 1974; Corridi 1998; Gautier 1987; Gautier e Van Neer 1977), nei quali si evidenzia come i processi tafonomici abbiano influito negativamente sull'analisi dei dati spesso costringendo ad avanzare proposte interpretative sulla base di pochi frammenti determinati.

I ripari sotto roccia, inoltre, sono caratterizzati da peculiari processi di formazione e specifici - molteplici - processi tafonomici, che non interessano il deposito in maniera omogenea, ma sono determinati dalla morfologia del riparo (e.g., distanza dalla parete di fondo), dal tipo di deposito e dalla presenza o meno di materiale organico e/o inorganico. Questi contesti, infine, si presentano spesso come dei veri e propri palinsesti il cui record archeologico è stato interessato da erosioni, sovrapposizioni e disturbi sin- e post-deposizionali (Biagetti e di Lernia 2013; Cremaschi *et al.* 2014), e i cui complessi faunistici sono determinabili solo in minima percentuale, con conseguenze significative sulle possibilità e potenzialità interpretative.

*ZooMS (Zooarchaeology by Mass Spectrometry)*, un metodo biomolecolare che utilizza le “impronte peptidiche” del collagene, rappresenta una possibile alternativa per identificare frammenti anche molto piccoli, raggiungendo determinazioni a livello di genere, a volte di specie (e.g., Buckley *et al.* 2009). Anche se l'efficacia dell'applicazione del metodo su campioni provenienti da ambiente arido è già confermata (e.g., Buckley *et al.* 2009; Desmond *et al.* 2018; Harvey *et al.* 2016), il principale obiettivo della presente analisi condotta sui resti ossei di Takarkori è quello di testarne la validità in ambiente desertico su un contesto come un riparo. Il campione faunistico di Takarkori presenta un altissimo grado di frammentazione (90% di frammenti indeterminati; Van Neer *et al.* 2020); l'efficacia di *ZooMS* può rappresentare quindi un modo per ampliare il numero dei resti identificati, potendo anche raddoppiare le informazioni quantitative (cfr. Welker *et al.* 2015).

Infine, la presenza di agenti tafonomici come animali fossori, soliti frequentare questo tipo di ambienti anche dopo la formazione del deposito, insieme ad attività antropiche intenzionali o meno (e.g., calpestio), provocano spesso il dislocamento sia verticale che orizzontale dei reperti. In questo senso la possibilità di identificare la maggior parte della fauna può aiutare la lettura di eventuali fenomeni post-deposizionali, favorendo, ad esempio l'individuazione di evidenti incongruenze fra le specie determinate e il contesto crono culturale e ambientale indagato (e.g., specie intrusive).

### **L'identificazione della specie attraverso *ZooMS (Zooarchaeology by Mass Spectrometry)***

Il contributo dell'analisi biomolecolare come strumento per l'identificazione oggettiva della specie è stato già da tempo valorizzato, soprattutto nel campo della genetica e in particolare del DNA antico (Burger *et al.* 2000; Horsburgh 2008; Matisoo-Smith 2018; Waugh 2007). Questo tipo di analisi risulta spesso di difficile utilizzo a causa degli alti costi, sia in termini di tempo che di denaro, a cui si aggiunge anche la forte degradabilità a cui è sottoposto il DNA, che si deteriora più velocemente rispetto, ad esempio, al collagene. Inoltre, le possibilità di successo diminuiscono ulteriormente se si analizzano campioni provenienti da ambienti caldi e aridi (Kahila Bar-Gal *et al.* 2002; Larson *et al.* 2007), dove la degradazione post-deposizionale è ancora più veloce; contesti, tuttavia, caratterizzati da una grande varietà di specie selvatiche. La loro identificazione è cruciale, soprattutto negli studi che si occupano delle prime fasi della domesticazione e dell'allevamento. Recentemente è stato sviluppato un metodo biomolecolare alternativo per l'identificazione delle specie, denominato *ZooMS (Zooarchaeology by Mass Spectrometry)*, attraverso l'analisi dei peptidi del collagene (Buckley *et al.* 2009).

Il collagene è presente nei tessuti mineralizzati, nei palchi, nei denti e nelle ossa, dove è la proteina più abbondante (Ricard-Blum 2011). Tutte le tipologie di collagene sono proteine trimeriche, composte cioè da tre polipeptidi, che si avvolgono tra di loro formando la tipica tripla elica (Lodish *et al.* 2007). Le variazioni nelle sequenze delle catene di collagene possono essere usate per distinguere la specie, più spesso il genere, di frammenti di osso anche di piccole dimensioni. È possibile quindi attraverso le

diverse “impronte peptidiche” del collagene individuare sequenze aminoacidiche caratteristiche di un particolare gruppo animale: la cosiddetta *collagen fingerprint* (Collins *et al.* 2010). Ovviamente la quantità di collagene a disposizione, e quindi quella di cui si necessita per le analisi, dipende dalla localizzazione geografica, dalla tipologia di sito e dal periodo cronologico, fattori che incidono fortemente sullo stato di conservazione complessivo del campione.

Il metodo utilizza un approccio ben consolidato, ovvero la rilevazione delle impronte digitali di massa peptidica, con l’ausilio della spettrometria di massa ad alta capacità di trasmissione *Time of Flight Mass Spectrometry* (MALDI-ToF) (Buckley *et al.* 2009). Le ossa vengono quindi identificate attraverso le differenze nella massa dei peptidi, che derivano a loro volta dalle differenze di sequenza tra le specie (Figura 1). Questo metodo permette inoltre di analizzare frammenti ossei molto piccoli (sono necessari tra i 10 e i 30 mg) con tempi di esecuzione molto rapidi. Nonostante ciò, la lenta evoluzione delle catene di collagene si traduce nella capacità di ZooMS di distinguere, per esempio, le pecore dalle capre, ma non di distinguere una capra domestica da una selvatica.

### **Il riparo sotto roccia di Takarkori: inquadramento geografico e culturale**

Il riparo sotto roccia di Takarkori (Libia SO) si trova sulla riva sinistra dell’omonimo wadi<sup>1</sup> (Figura 2.b), il quale costituisce il più grande passo che separa il Tadrart Acacus in Libia dal Tadrart algerino (Desio 1937; El-ghali 2005; Figura 2.a). Il riparo è collocato in prossimità di un bacino endoreico (Figura 2.b), alimentato da un complesso sistema fluviale proveniente dal Tassili algerino e attivo fino all’insorgere delle condizioni desertiche, dopo la transizione all’Olocene Medio. Durante l’AHP (*African Humid Period*) la depressione era occupata da un lago (Cremaschi *et al.* 2014). Il sito è posizionato su un terrazzo strutturale nel massiccio, circa 100 m al di sopra del letto dello wadi. Il deposito (ca. 200 m<sup>2</sup> circa) è conservato nella parte più interna del riparo; questa parte è stata indagata tra il 2003 e il 2006 (Biagetti e di Lernia 2013) in 4 settori su 143 m<sup>2</sup> di superficie (Figura 2.c).

Durante l’AHP, grotte e ripari del Sahara centrale sono stati frequentati regolarmente (e.g., Barich 1987; Cremaschi e di Lernia 1998; di Lernia 1999; Garcea 2001; Mori 1965), occupati prima da gruppi di cacciatori-raccoglitori dell’Olocene antico (ca. 11.2-8.2 ka<sup>2</sup>), poi da pastori con bovini e ovicapri (ca. 8.0-4.5 ka); in epoca storica i ripari sono stati occupati dai Garamanti, mentre in tempi recenti sono stati sfruttati dai Tuareg. Takarkori presenta una sequenza stratigrafica che copre un intervallo cronologico da circa 10.2 a 4.6 ka, la cui articolazione interna è ben nota grazie a una ricca serie di datazioni radiocarboniche (Biagetti e di Lernia 2013). Il sito è considerato uno dei contesti chiave per la ricostruzione storica del passaggio da economie di tipo acquisitivo, come caccia-raccolta-pesca (fase *Late Acacus*) ad economie di tipo produttivo (*Early, Middle, Late Pastoral*) nel Sahara centrale (Biagetti e di Lernia 2013; Dunne *et al.* 2016, 2012; Mercuri *et al.* 2018).

## **Materiali e metodi**

### **Il campione faunistico di Takarkori**

Di un totale di 3365 NR (Van Neer *et al.* 2020), solo il 10% è stato identificato tassonomicamente (342 determinati; 3023 NR indeterminati, 90%). Lo spettro faunistico è caratterizzato da una grande quantità di resti di ittiofauna, seguiti dai mammiferi terrestri e in minor misura avifauna, rettili e anfibi. Le specie

---

<sup>1</sup> In arabo: وادي, *wādī*, pl. وديان, *widyān*; indica un alveo asciutto di un corso d’acqua a carattere torrentizio non perenne, caratterizzanti il Sahara e altre regioni desertiche.

<sup>2</sup> Tutte le datazioni vengono espresse in ka (“kilo annum”), un’unità di misura pari a mille anni dal presente, calibrate.

più sfruttate tra i mammiferi terrestri durante la fase Late Acacus (10.2-8.0 ka) sono *Ammotragus lervia* (ammotrigo) e la *Gazella dorcas* (gazzella dorcade), mentre il bestiame domestico (*Bos taurus*, bue, e *Ovis vel Capra*, ovicaprini) compare successivamente nelle fasi pastorali, a partire da circa 8.2 ka. Per le analisi ZooMS sono stati selezionati 17 frammenti ossei indeterminabili, scegliendone due<sup>3</sup> rispettivamente di piccolo/medio e grande mammifero/ungulato per ogni fase culturale individuata (Tabella 1). Sono stati quindi aggiunti 3 campioni di *Ammotragus lervia* moderno, nel tentativo di ottenere uno spettro di riferimento per l'ammotrigo, che risultava ancora non disponibile.

### ZooMS: l'impronta peptidica del collagene

Le analisi ZooMS hanno seguito il protocollo proposto da Buckley *et al.* (2009). Ogni campione (tra 10 e 30 mg) è stato sottoposto al processo di demineralizzazione con 250 µL di acido cloridrico (HCl) 0,6 M per circa 24 h a 4°C. Dopo 1 minuto di centrifugazione a 12.400 x g, ogni campione è stato sottoposto a tre lavaggi con 250 µL di idrossido di sodio (NaOH) 0,1 M, per rimuovere l'acido cloridrico rimasto, seguiti da due lavaggi con 200 µL di soluzione di bicarbonato di ammonio ((NH<sub>4</sub>)HCO<sub>3</sub>, AmBIC) 50mM. Si è proceduto, poi, con il processo di gelatinizzazione, aggiungendo 100 µL di AmBIC a ciascun campione, incubandoli per 1 h a 65°C. Dopo la centrifugazione di 1 minuto, 50 µL di surnatante sono stati inseriti in una nuova provetta *ependorf* (EXT, *extract*) con 1 µL di soluzione di tripsina, un enzima che divide il collagene in diversi peptidi. Gli estratti così prodotti sono stati incubati (12-18 h ca.) a ca. 37°C ca. Conclusa la digestione con la tripsina, ai campioni sono stati aggiunti 1 µL di 5% TFA (acido trifluoroacetico in 50:50 acetonitrile e acqua *Ultra-High Quality*) per fermare l'azione della tripsina. Per ogni campione sono stati quindi purificati, frazionati e estratti i peptidi, utilizzando delle C18S ZipTip (tip con 0,6 µL di resina C18). I campioni così preparati sono stati quindi analizzati tramite spettrometro di massa MALDI-ToF-MS (*Matrix Assisted Laser Desorption Ionization Time-of-Flight*) Bruker *ultraflex III*, nel *Centre of Excellence in Mass Spectrometry* (University of York). Gli spettri risultanti, infine, sono stati ispezionati manualmente utilizzando il software mMass 5.3.0.

### Risultati

Tre campioni su 17 hanno dato esito negativo (no ID) a causa della insufficienza di collagene. Dei restanti, sette sono stati identificati a livello di genere (*Gazella* sp., Figura 3; *Bos* sp.), quattro a livello di specie (*Capra hircus*) e due a livello di famiglia (*Bovidae*). Le uniche attribuzioni di specie sono quelle riferibili alla capra domestica (*Capra hircus*): l'assenza infatti del progenitore selvatico della capra (*Capra aegragus*) in Africa (e.g., di Lernia 2013) ci permette di attribuire questi campioni con assoluta certezza alla variante domestica (Figura 4). Per quanto riguarda il *Bos* s.p., la distinzione tra variante domestica e selvatica può essere condotta su base contestuale (Figura 5). Un unico campione risulta problematico, il cui spettro è assimilabile sia a quello di *Ovis aries* sia a quello di riferimento per *Ammotragus lervia*. Emerge una stretta correlazione tra le determinazioni tassonomiche tradizionali e i risultati di ZooMS; inoltre, c'è coerenza tra le specie identificate e le fasi culturali di provenienza.

### Discussione e conclusioni

Le analisi ZooMS sui resti di Takarkori rappresentano la prima applicazione di questo metodo nel Sahara centrale. I risultati ne mostrano la grande potenzialità su resti faunistici provenienti da ripari sotto roccia in ambienti aridi e desertici, con il raggiungimento di una buona risoluzione tassonomica. Il metodo risulta estremamente valido nell'identificazione di specie selvatiche, come le gazzelle (*Gazelle* sp.). Buoni esiti si ottengono nella determinazione della capra (*Capra hircus*) che possiamo, in questo

---

<sup>3</sup> Per la sottofase *Middle Pastoral* 1 sono stati selezionati 3 campioni perché uno di essi (#165) mostrava segni di combustione) e infatti le analisi hanno dato esito negativo a causa di insufficienza di collagene.

caso, attribuire con certezza alla variante domestica grazie alla risaputa assenza del suo progenitore selvatico nel continente africano. Il riconoscimento di questa specie potrebbe rappresentare, quindi, un elemento fondamentale per discriminare, seppur parzialmente, tra un'economia di tipo pastorale e una di caccia e raccolta in siti con materiale faunistico difficilmente determinabile. Tenendo ben presenti le problematiche relative alla lettura di palinsesti pluristratificati, che possono contenere materiali archeologici rimescolati quali esito di processi sin- e post-deposizionali, la possibilità di distinguere la capra domestica può comunque essere cruciale nell'individuazione delle prime specie domestiche presenti nell'area sahariana, nonché nell'Africa tutta.

ZooMS non è ancora totalmente efficace nella discriminazione tra pecora (*Ovis aries*), di certo domestica data l'assenza del suo progenitore selvatico in Africa (*Ovis orientalis*), e ammotrago (*Ammotragus lervia*), in quanto gli spettri emersi risultano del tutto identici. Questi dati non concordano con gli studi, ad oggi ancora pochi e con molti quesiti irrisolti, sul DNA mitocondriale dell'ammotrago, che invece mostrano una minore distanza filogenetica con la capra e non con la pecora (Mereu et al., 2008). Questo lavoro sottolinea quindi la necessità di ulteriori ricerche, anche genetiche, incentrate nell'individuazione di *biomarkers* molecolari volti alla discriminazione puntuale dell'ammotrago, specie centrale nella sfera economica e culturale dei gruppi umani dell'Antico e del Medio Olocene nel Sahara centrale e la cui identificazione, e soprattutto discriminazione rispetto alla pecora, risulta fondamentale. Infine, potendo auspicabilmente applicare in futuro il metodo sull'intero campione indeterminato di Takarkori, si stima che sarebbe possibile determinare circa il 70% del campione complessivo, aumentando notevolmente le potenzialità del dato archeozoologico, sia nella comprensione dei processi sin- e post-deposizionali, sia per inferire gli aspetti socioculturali ed economici del passato.

### **Ringraziamenti**

I risultati di questo studio sono parte delle attività di ricerca condotte dalla "Missione Archeologica nel Sahara", Dipartimento di Scienze dell'Antichità, Università La Sapienza di Roma, dirette da Savino di Lernia. In particolare, si ringrazia il laboratorio BioArCh dell'Università di York (UK) per l'assistenza nella conduzione delle analisi biomolecolari presentate.

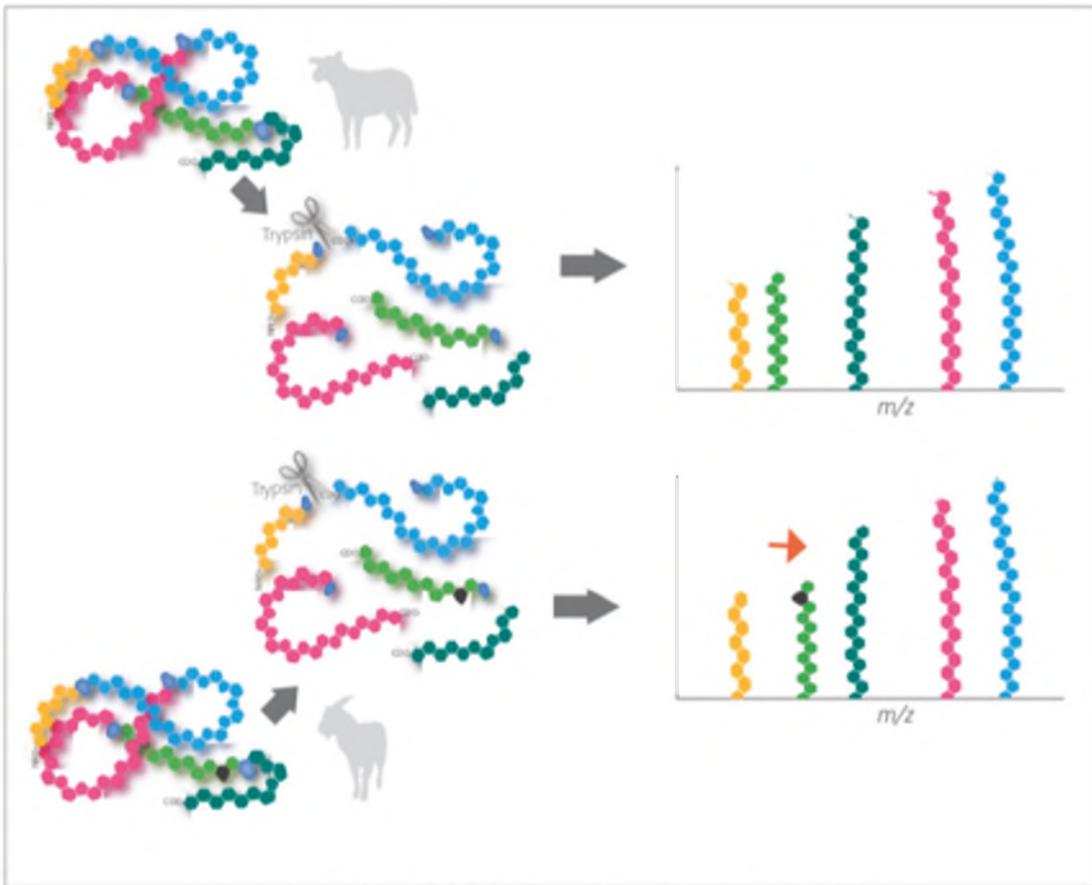


Figura 1 - Il principio della "peptide mass fingerprint" (Collins et al., 2010).

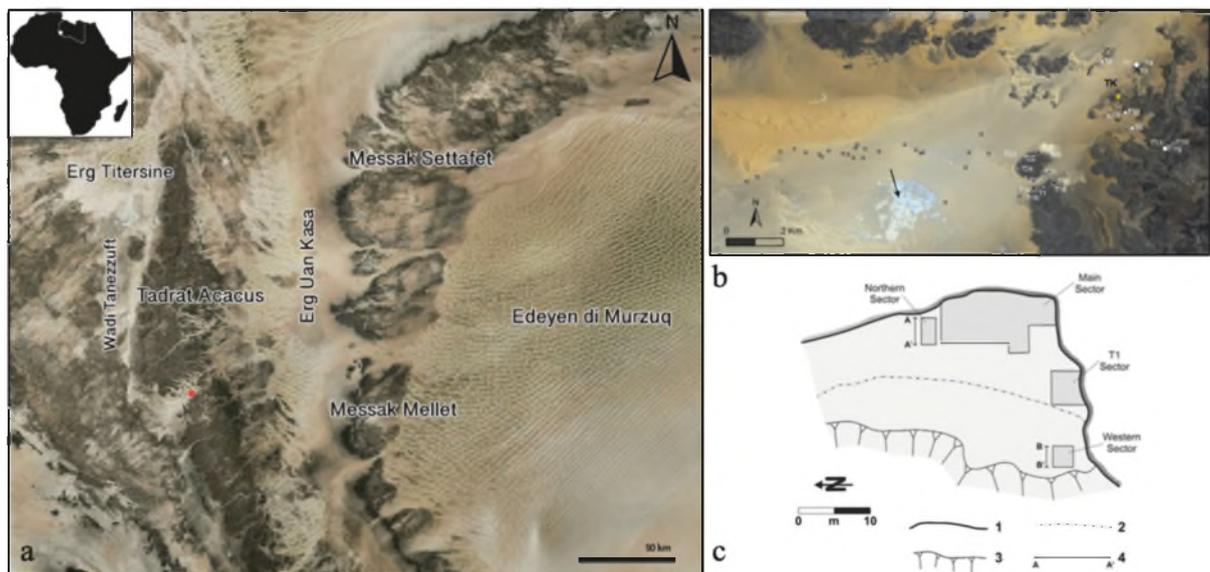


Figura 2 - a - Mappa che mostra la posizione del riparo di Takarkori (punto rosso) nel massiccio del Tadrart Acacus; b - dettaglio dell'area Takarkori (Google EarthTM) con il riparo e la depressione precedentemente occupata da un lago (freccia) (di Lernia e Tafuri 2013); c - Rappresentazione semplificata delle aree indagate all'interno del riparo di Takarkori (Cremaschi et al. 2014).

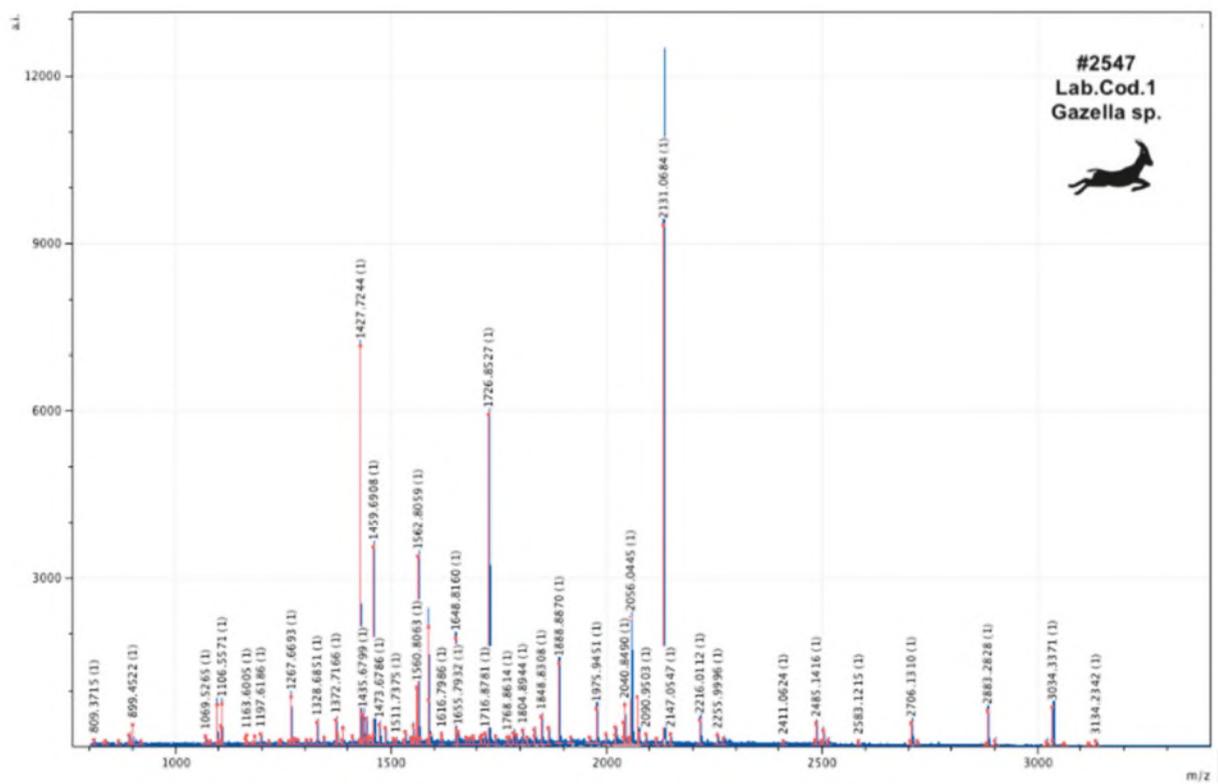


Figura 3 - Campione #2547, Lab. Code 1; Gazella sp., LA1.

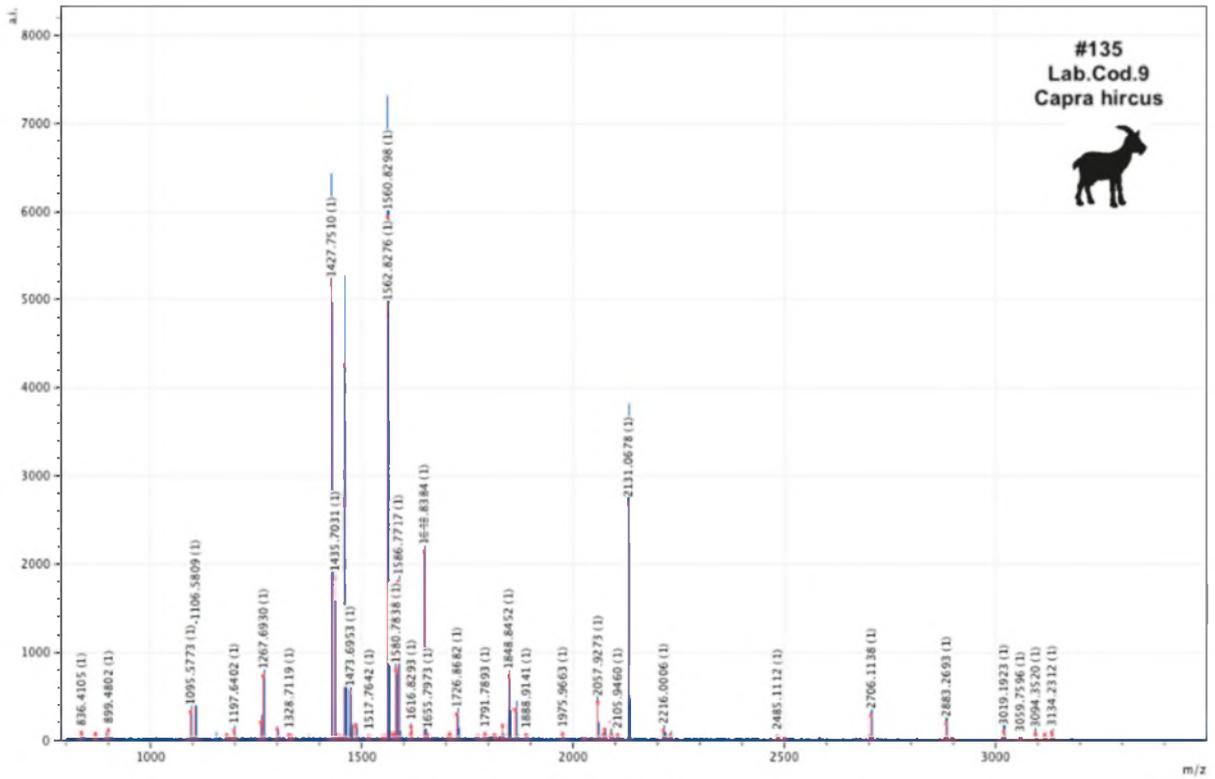


Figura 4 - Campione #135, Lab. Code 9; Capra hircus, EP2.

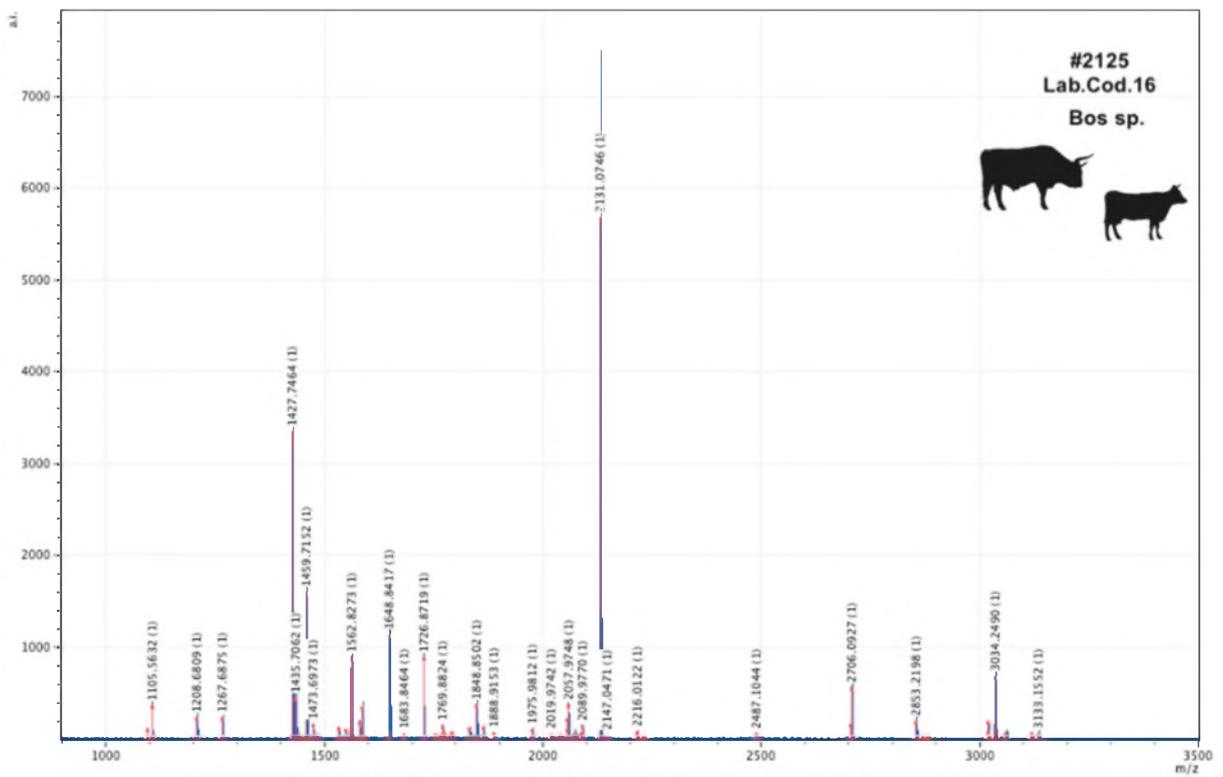


Figura 5 - Campione #2125, Lab. Code 16; Bos sp., LP1.

Campione	Lab. Code	Layer	Cronologia	Elemento anatomico	Specie
2547	1	394	LA1	scapola	Indeterminato ungulato tg. P
2546	2	394	LA1	osso lungo	Indeterminato mammifero tg. M
3	3	173	LA2	osso lungo	Indeterminato mammifero tg. M
3272	4	242	LA2	osso lungo	Indeterminato ungulato tg. G
3144	5	171	LA3	costa	Indeterminato ungulato tg. G
2518	6	340	LA3	tibia	Indeterminato ungulato tg. P
48	7	38	EP1	osso lungo	Indeterminato ungulato tg. G
58	8	105	EP1	osso lungo	Indeterminato mammifero tg. M
135	9	41	EP2	osso lungo	Indeterminato mammifero tg. M
3273	10	41	EP2	osso lungo	Indeterminato ungulato tg. G
3271	11	246	MP1	costa	Indeterminato mammifero tg. M
3269	12	246	MP1	indeterminabile	Indeterminato mammifero tg. G
165	13	246	MP1	osso lungo	Indeterminato ungulato tg. G
681	14	25	MP2	metapodio	Indeterminato ungulato tg. P
682	15	25	MP2	costa	Indeterminato ungulato tg. G
2125	16	7	LP1	osso lungo	Indeterminato ungulato tg. G
2126	17	7	LP1	costa	Indeterminato ungulato tg. P

Tabella 1: Provenienza e tipologia dei campioni prelevati per le analisi ZooMS<sup>1</sup>.

## Bibliografia

Barich 1987 = Barich, B.E. 1987. The Uan Muhuggiag Rock Shelter, in B.E. Barich (ed.) *Archaeology and Environment in the Libyan Sahara. The Excavations in the Tadrart Acacus, 1978-1983* (British Archaeological Reports International Series 368): 123–219. Oxford: Archaeopress.

Biagetti e di Lernia 2013 = Biagetti, S. and di Lernia, S. 2013. Holocene deposits of Saharan rock shelters: the case of Takarkori and other sites from the Tadrart Acacus Mts. (southwest Libya). *African Archaeological Review* 30: 305–328.

Buckley *et al.* 2009 = Buckley, M., Collins, M., Thomas-Oates, J. and Wilson, J. C. 2009. Species identification by analysis of bone collagen using matrix-assisted laser desorption/ionisation time-of-flight mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry* 23: 3843–3854.

Burger *et al.* 2000 = Burger, J., Hummel, S. and Herrmann, B. 2000. Palaeogenetics and cultural heritage. Species determination and STR-genotyping from ancient DNA in art and artefacts. *Thermochimica Acta* 365(1): 141–146.

<sup>1</sup> Le sigle tg. P, tg. M, e tg. G. si riferiscono rispettivamente a taglia piccola, media e grande.

- Cassoli e Durante 1974 = Cassoli P.F. and Durante S. 1974. La fauna del Tin-h-Torha (Acacus, Libia). *Origini* VIII: 159-161.
- Collins *et al.* 2010 = Collins, M. J., Buckley, M., Grundy, H.H., Thomas-Oates, J., Wilson, J. and van Door, N. 2010. ZooMS: the collagen barcode and fingerprints. *Spectroscopy Europe* 22(2): 6-10.
- Corridi 1998 = Corridi C. 1998. Faunal remains from Holocene sites of the Tadrart Acacus and surroundings, in Cremaschi M. and di Lernia S. (eds.) *Wadi Teshuinat. Palaeoenvironment and Prehistory in south-western Fezzan (Libya)*: 89-94. Milano: C.N.R.
- Cremaschi e di Lernia 1998 = Cremaschi, M. and di Lernia, S. (eds.) 1998. Wadi Teshuinat. Palaeoenvironment and Prehistory in South-western Fezzan (Libyan Sahara). Survey and excavations in the Tadrart Acacus, Erg Uan Kasa, Messak Settafet and Edeyen of Murzuq, 1990-1995. *C.N.R. Quaderni di Geodinamica Alpina e Quaternaria* 7. Firenze: All'Insegna del Giglio.
- Cremaschi *et al.* 2014 = Cremaschi, M., Zerboni, A., Mercuri, A.M., Olmi, L., Biagetti, S. and di Lernia, S. 2014. Takarkori rock shelter (SW Libya): an archive of Holocene climate and environmental changes in the central Sahara. *Quaternary Science Review* 101: 36-60.
- Desio 1937 = Desio, A. 1937. Geologia e Morfologia, in Reale Società Geografica Italiana (ed.) *Sahara Italiano. Parte I: Fezzan e Oasi Di Ghat*: 39-94. Roma: Società Italiana Arti Grafiche.
- Desmond *et al.* 2018 = Desmond, A., Barton, N., Bouzouggar, A., Douka, K., Fernandez, P., Humphrey, L., Morales, J., Turner, E., Buckley, M. 2018. ZooMS identification of bone tools from the North African Later Stone Age. *Journal of Archaeological Science* 98: 149-157.
- di Lernia 2013 = di Lernia, S. 2013. The emergence and spread of herding in Northern Africa: a critical reappraisal, in: P.J. Mitchell and P.J. Lane (eds.) *Oxford Handbook of African Archaeology*: 527-540. Oxford: Oxford University Press.
- di Lernia 1999 = di Lernia, S. 1999. Assembling the Evidence: Cultural Trajectories at Uan Afuda Cave, in: S. di Lernia (ed.) *The Uan Afuda Cave- Hunter-Gatherer Societies of Central Sahara, AZA Monographs*: 223-237. Firenze: All'Insegna del Giglio.
- di Lernia e Tafuri 2013 = di Lernia, S. and Tafuri, M.A. 2013. Persistent deathplaces and mobile landmarks. The Holocene mortuary and isotopic record from Wadi Takarkori (SW Libya). *Journal of Anthropological Archaeology* 32: 1-15.
- Dunne *et al.* 2012 = Dunne, J., Evershed, R.P., Salque, M., Cramp, L., Bruni, S., Ryan, K., Biagetti, S., di Lernia, S. 2012. First dairying in green Saharan Africa in the fifth millennium bc. *Nature* 486: 390-394.
- Dunne *et al.* 2016 = Dunne, J., Mercuri, A.M., Evershed, R.P., Bruni, S., di Lernia, S. 2016. Earliest direct evidence of plant processing in prehistoric Saharan pottery. *Nature Plants* 3: 1-5.
- El-ghali 2005 = El-ghali, M.A.K. 2005. Depositional environments and sequence stratigraphy of paralic glacial, paraglacial and postglacial Upper Ordovician siliciclastic deposits in the Murzuq basin, SW Libya. *Sedimentary Geology* 177: 145-173.
- Garcea 2001 = Garcea, E.A.A. 2001. Uan Tabu: In the Settlement History of the Libyan Sahara, *AZA Monographs* 2. Firenze: All'Insegna del Giglio.
- Gautier 1987 = Gautier, A. 1987. The archeozoological sequence in the Acacus, in B.E. Barich (ed.) *Archaeology and Environment in the Libyan Sahara. The Excavations in the Tadrart Acacus, 1978-1983. (British Archaeological Reports International Series 368)*: 283-312. Oxford: Archaeopress.
- Gautier e Van Neer 1977 = Gautier A. and Van Neer W. 1977. Prehistoric fauna from Ti-n-Torha (Tadrart Acacus, Libya). *Origini* XI: 87-127.

- Harvey *et al.* 2016 = Harvey V.L., Egerton V.M., Chamberlain A.T., Manning P.L., Buckley M. 2016. Collagen Fingerprinting: A New Screening Technique for Radiocarbon Dating Ancient Bone. *PLoS ONE* 11(3): 1-15.
- Horsburgh 2008 = Horsburgh K. A. 2008. Wild or domesticated? An ancient DNA approach to canid species identification in South Africa's Western Cape Province. *Journal of Archaeological Science* 35(6): 1474-1480.
- Kahila Bar-Gal *et al.* 2002 = Kahila Bar-Gal G., Khalaily H., Mader O., Ducos P., Horwitz L. K. 2002. Ancient DNA evidence for the transition from wild to domestic status in Neolithic goats: A case study from the site of Abu Gosh, Israel. *Ancient Biomolecules* 4(1): 9-17.
- Larson *et al.* 2007 = Larson G., Albarella U., Dobney K., Rowley-Conwy P., Schibler J., Tresset A. 2007. Ancient DNA, pig domestication, and the spread of the Neolithic into Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104(39): 15276-15281.
- Lodish *et al.* 2017 = Lodish H., Berk A., Kaiser C. A., Krieger M., Bretscher A., Ploegh H., Amon A., Martin K. (eds.) 2017. *Molecular cell biology*. W.H. Freeman & Co (8).
- Matisoo-Smith 2018 = Matisoo-Smith E. 2018. Ancient DNA in Zooarchaeology: New Methods, New Questions and Settling Old Debates in Pacific Commensal Studies, in Giovas C. M., LeFebvre M. J. (eds.) *Zooarchaeology in Practice. Case studies in methodology and interpretation in archaeofaunal analysis*: 209-226. Springer International Publishing.
- Mercuri *et al.* 2018 = Mercuri, A.M., Fornaciari, R., Gallinaro, M., Vanin, S., di Lernia, S. 2018. Plant behaviour from human imprints and the cultivation of wild cereals in Holocene Sahara. *Nature Plants* 4: 71-81.
- Mereu *et al.* 2008 = Mereu P., Palici di Suni M., Manca L., Masala B. 2008. Complete nucleotide mtDNA sequence of Barbary sheep (*Ammotragus lervia*). *DNA Sequence* 19: 241-245.
- Mori 1965 = Mori, F. 1965. *Tadrart Acacus. Arte Rupestre e Culture del Sahara Preistorico*. Torino: Einaudi.
- Ricard-Blum 2011 = Ricard-Blum S. 2011. The collagen family. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology* 3(1): 1-20.
- Van Neer *et al.* 2020 = Van Neer W., Alhaique F., Wouters W., Dierickx K., Gala M., Goffette Q., et al. 2020. Exploitation of aquatic resources during the Holocene at Takarkori (SW Libya). *PLoS ONE* 15(2): 1-34.
- Waugh 2007 = Waugh J. 2007. DNA barcoding in animal species: Progress, potential and pitfalls. *Bio Essays* 29(2): 188-197.
- Welker *et al.* 2015 = Welker, F., Soressi, M., Rendu, W., Hublin, J.-J., Collins, M. 2015. Using ZooMS to identify fragmentary bone from the Late Middle/Early Upper Palaeolithic sequence of Les Cottés, France. *Journal of Archaeological Science* 54: 279-286.