



Iraqi-Italian Mission at Abu Tbeirah

# Le ceramiche di Abu Tbeirah (Iraq): i neutroni per l'analisi quantitativa

**Giulia Festa**

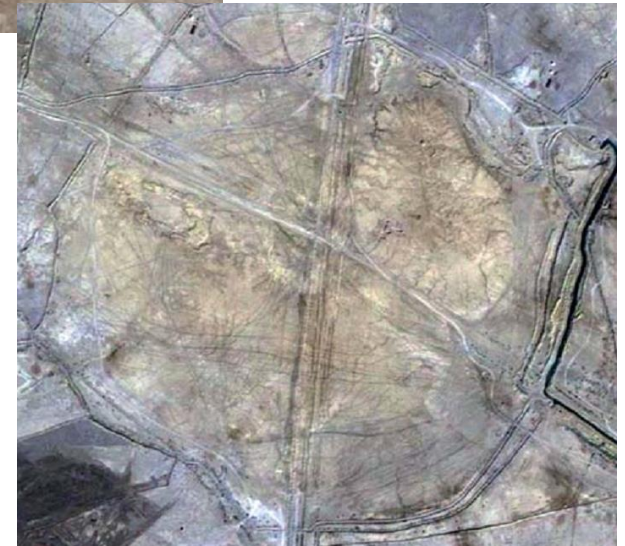
Università degli Studi di Roma Tor Vergata  
Dipartimento di Fisica & Centro NAST

# Sito archeologico Abu Tbeirah



In prossimità di **Nasiriyah** – Iraq  
20 km sud est dalla biblica Ur  
Scoperta metà 19<sup>esimo</sup> secolo

Tracce dell' antica **civiltà Sumera** nel  
sud dell'Iraq (**ancora poco scavata**)



Spedizione archeologica Sapienza Università di Roma  
(**Prof. D'Agostino, Dr. Romano**) dal 2012





# Ceramiche Mesopotamiche



**Materie prime:** cave della zona, argilla alluvionale omogenea



# Obiettivo dello studio

- 1) Caratterizzazione manufatti (natura e composizione materie prime ed inclusi)
- 2) Determinare metodi di cottura (temperatura di cottura, tipo di forno)



## Analisi con fasci di neutroni

- Neutroni non invasivi e non distruttivi
- Misure medie su tutto il campione (buono per campioni disomogenei)
- Misure simultanee per le **fasi** e gli **elementi**



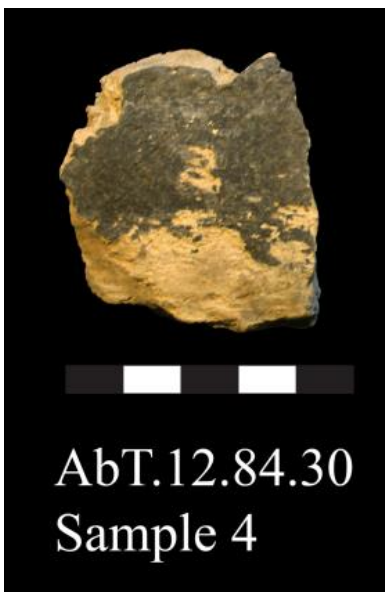
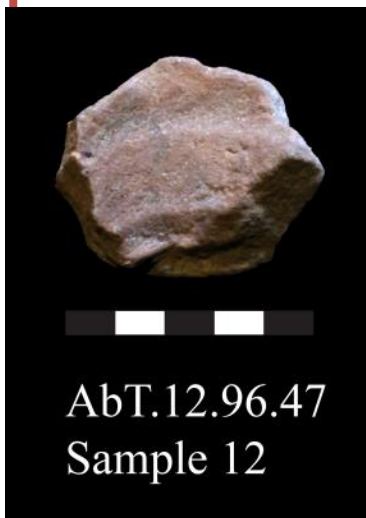
## Caso specifico ceramiche:

fasi legate all'impasto primario ed alle temperature di cottura (temperature soglia per innescare le reazioni chimiche)



# I campioni ceramici

Sono stati misurati **16 frammenti ceramici**. Essi si differenziano nel colore, grandezza dei grani, cottura. Appartengono a classi funzionali differenti.

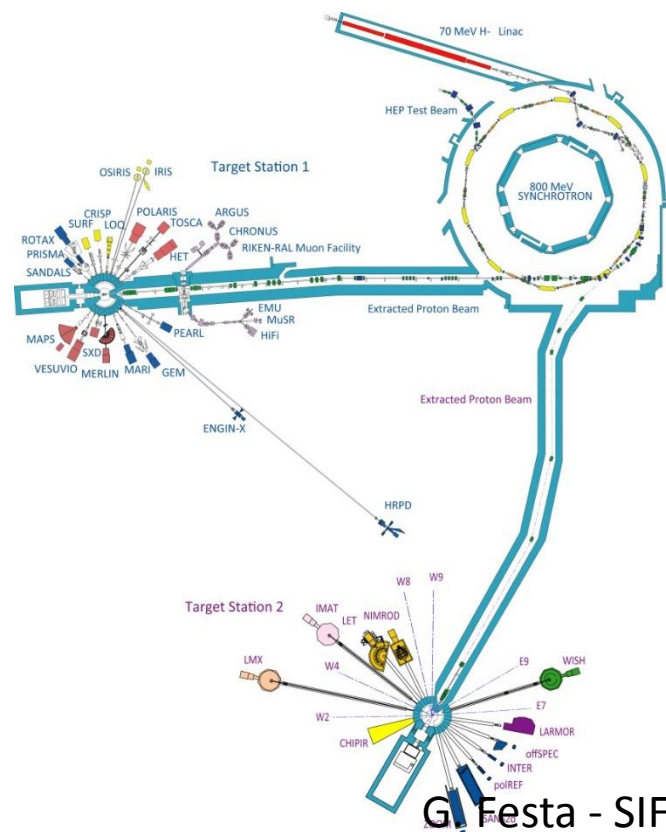




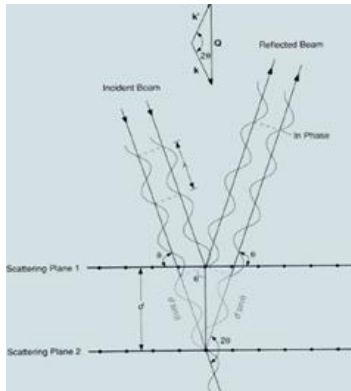
# Strumento INES presso sorgente di neutroni ISIS (UK)

**DIFFRAZIONE:** Diffrattometro da polveri

**NRCA:** Montato rivelatore (scintillatore+fotomoltiplicatore) per raggi gamma

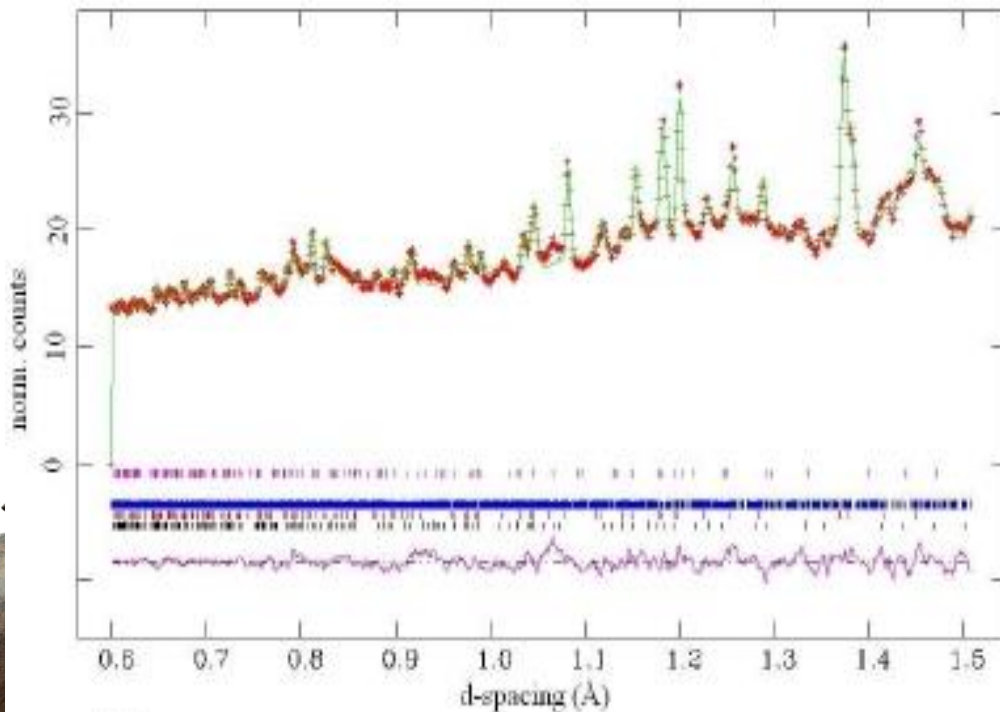


# Diffrazione di neutroni



**PRINCIPIO:** I neutroni interagiscono con il reticolo cristallino che compone l'oggetto e vengono deviati in direzioni privilegiate.

Tramite l'analisi dello spettro di diffrazione si ricavano informazioni strutturali:



**Fasi cristalline** presenti  
(Quarzo, calcite, plagioclase, etc.)

**Struttura cristallina**  
(distribuzione atomica di ogni fase)

**Struttura dei grani**  
(grandezza, orientazione, forma)

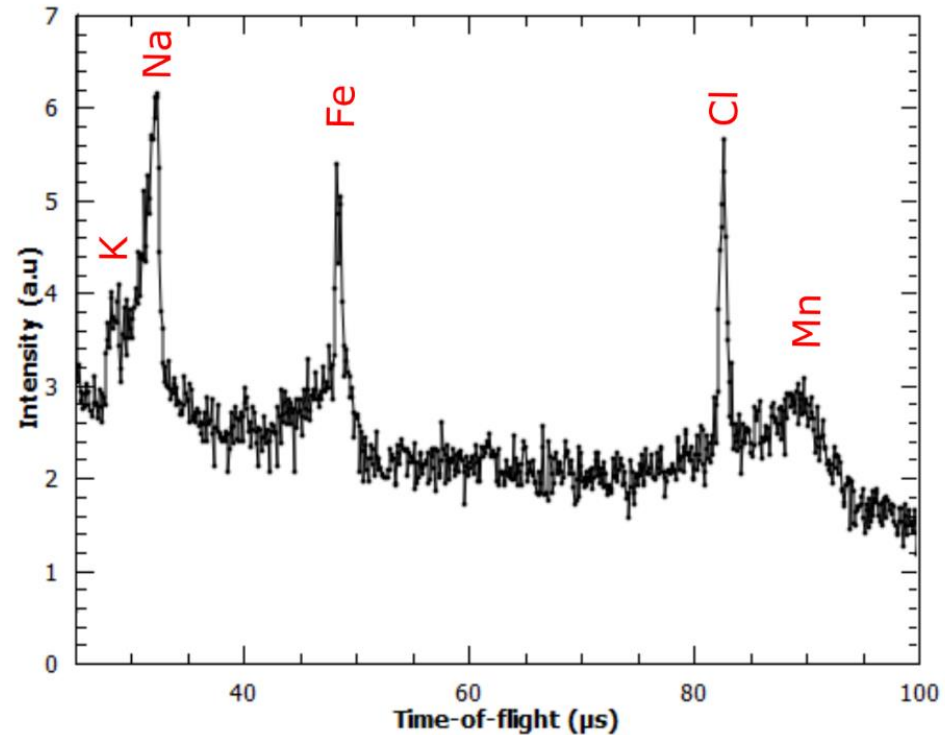
**Micro-struttura** (deviazioni dal cristallo ideale all'interno del grano)

# Neutron Resonance Capture Analysis

PRINCIPIO: Il fascio di neutroni incide sul campione, alcuni neutroni vengono assorbiti dai nuclei che compongono il campione e si producono raggi gamma

Ogni isotopo possiede un set unico di picchi.

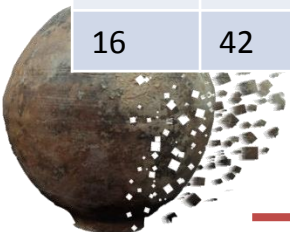
Spettro in tempo di volo: mostra risonanze tipiche degli isotopi presenti





N	Calcite	Quarzo	Diopside	Mullite	Muscovite	Ortoclasio	Bytownite	Elementi
1	0	9	70	21	0	0	0	K, Na, Fe, Cl, Mn
2	0	17	51	0	0	0	32	K, Na, Fe, Cl, Mn
3								
4	0	23	22	0	0	0	55	K, Na, Fe, Cl, Mn
5	15	28	22	0	0	35	0	K, Na, Fe, Cl, Mn
6	51	49	0	0	0	0	0	Na, Fe, Cl, Mn
7	53	47	0	0	0	0	0	K, Na, Fe, Cl, Mn
8 white	55	45	0	0	0	0	0	K, Na, Fe, Cl, Mn
8 black	60	34	6	0	0	0	0	K, Na, Fe, Cl, Mn
9	0	57	43	0	0	0	0	K, Na, Fe, Cl, Mn
10	0	21	79	0	0	0	0	K, Na, Fe, Cl, Mn
11	0	10	46	0	14	10	20	Na, Fe, Cl, Mn
12	29	71	0	0	0	0	0	Na, Fe, Cl, Mn
13	0	15	25	0	0	0	60	K, Na, Fe, Cl, Mn
14	0	29	0	0	0	0	71	Na, Fe, Cl, Mn
15	28	72	0	0	0	0	0	Na, Fe, Cl, Mn
16	42	34	24	0	0	0	0	K, Na, Fe, Cl, Mn

Si vanno ad osservare le **similitudini** e le **differenze** nel **set di campioni** per identificare **raggruppamenti**



# Risultati

**GRUPPO 1:** campioni costituiti principalmente da quarzo e calcite.

*Campioni 3, 6, 7, 8(zona chiara), 12, 15*  
Impasti crudi o poco cotti ( $T < 800^{\circ}\text{C}$ )

**GRUPPO 2:** campioni contenenti Quarzo, Diopside e Mullite (calcite assente).

*Campioni n. 1, 2, 4, 9, 10, 11, 13*  
Impasti cotti a più alta temperatura ( $T \approx 850-900^{\circ}\text{C}$ )

**GRUPPO 3:** campioni contenenti Quarzo, Calcite in media quantità, Diopside.

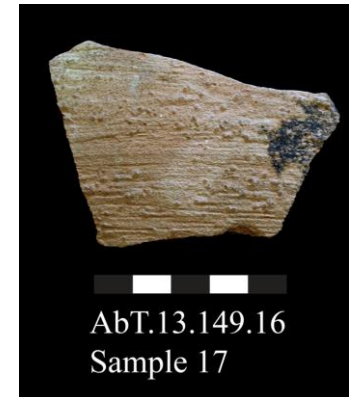
*Campioni n. 5, 8(zona scura), 16*  
Impasti cotti ma per poco tempo e non omogeneamente ( $T > 700^{\circ}\text{C}$  e  $T \approx 800-850^{\circ}\text{C}$ )



AbT.12.96.47  
Sample 3



AbT.12.96.46  
Sample 9



AbT.13.149.16  
Sample 17

Presenti Sali di impregnazione (NaCl) dovuto alla salinizzazione del sito

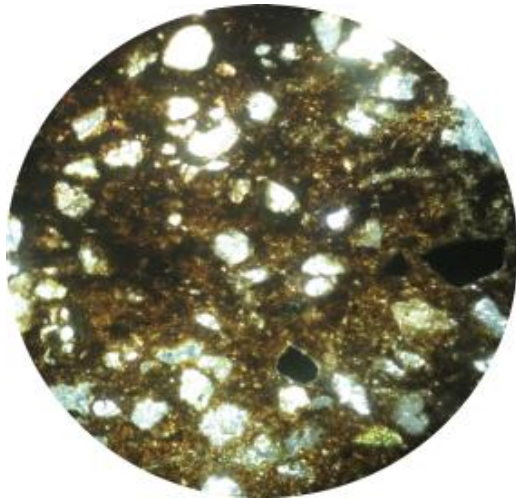
# Confronto con analisi delle sezioni sottili

Campione 8



**ANALISI NEUTRONICHE:** quarzo, calcite e diopside (nella zona più scura esterna) -> diopside si forma a seguito di cottura -> zona scura a contatto con fonte di calore  
Elementi presenti: Na, Cl , Fe, Mn, K

**SEZIONI SOTTILI:** inclusi composti da cristalli di quarzo, noduli di ossidi di ferro, e rari noduli argillosi. La matrice leggermente otticamente attiva, suggerendo una temperatura di cottura vicina agli 800-850 °C.





# Conclusioni

- ✓ Sono state effettuate indagini non distruttive e non invasive con neutroni presso la beamline INES (ISIS spallation neutron source, UK)
- ✓ **Ceramica omogenea** nei suoi costituenti – **materia prima** ottenuta in loco – pianura fluviale omogenea
- ✓ Differenze dovute ad una **variazione nel grado di cottura** ma non grandi differenze in funzione dell'utilizzo

- ✓ **Forni utilizzati di due tipi:**  
fornace a cielo aperto (gruppo 1)

fornace chiusa (gruppo 2)



# Gruppo di Ricerca:

Dr. Giulia Festa e Prof. Carla Andreani, Università degli Studi di Roma Tor Vergata, Dipartimento di Fisica & Centro NAST

Dr. Licia Romano e Prof. Franco D'Agostino, Sapienza – Università di Roma Dipartimento Scienze dell'Antichità e Dipartimento Istituto Italiano di Studi Orientali

**Grazie!**

