

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^{esimo} 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.



AbT.12.96.47
Sample 12



AbT.13.140.17
Sample 1



AbT.12.96.46
Sample 9



AbT.12.96.47
Sample 3



AbT.12.84.30
Sample 4



AbT.12.71.54
Sample 7



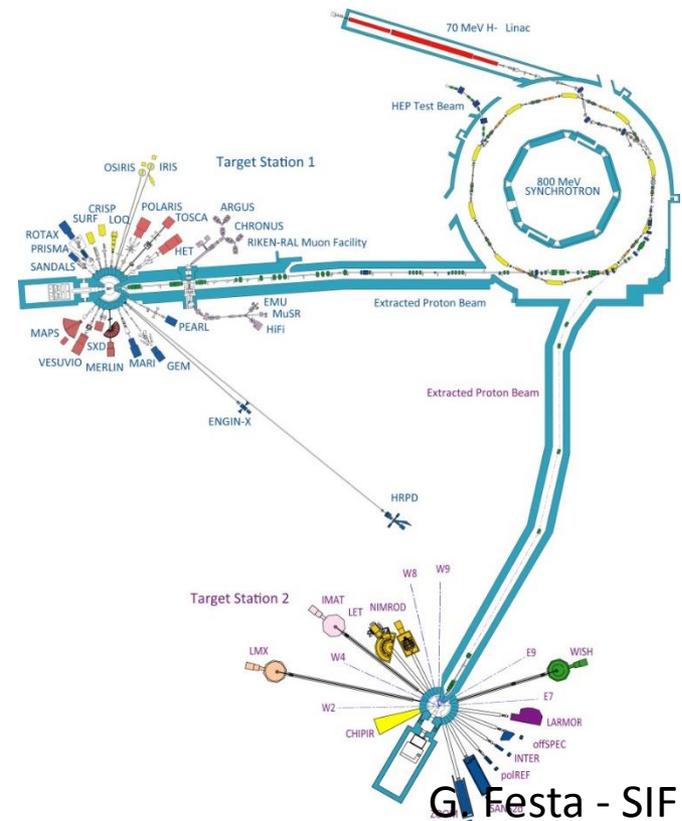
AbT.12.109.24
Sample 2



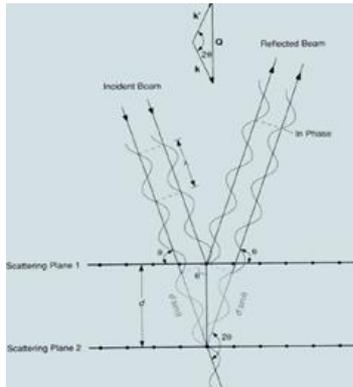
Strumento INES presso sorgente di neutroni ISIS (UK)

DIFFRAZIONE: Diffrattometro da polveri

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

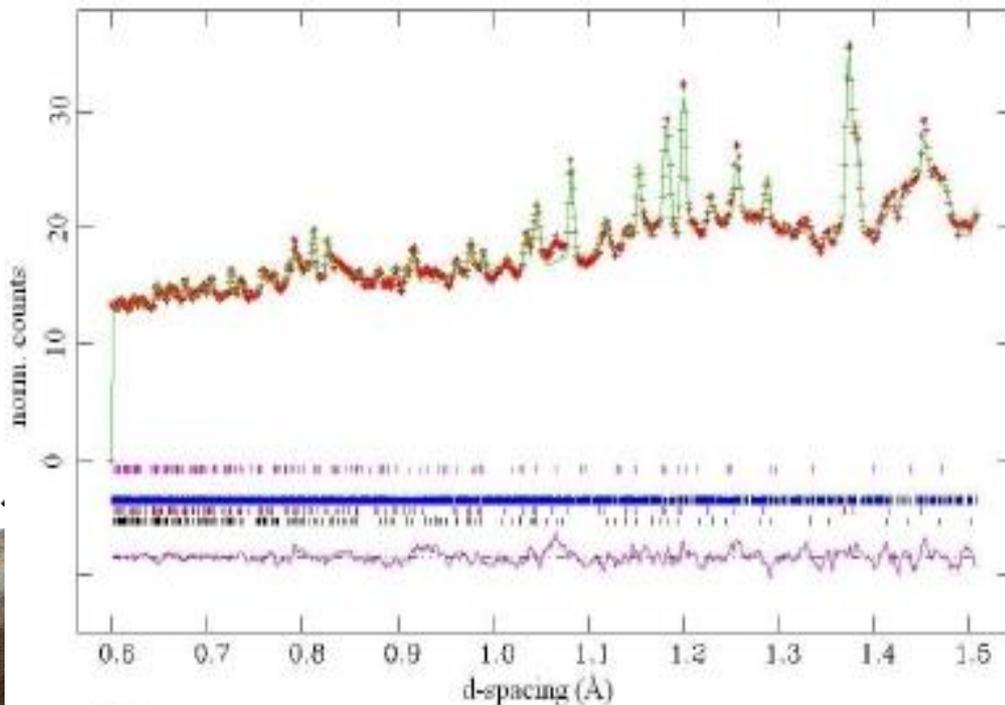


Diffrazione di neutroni



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)

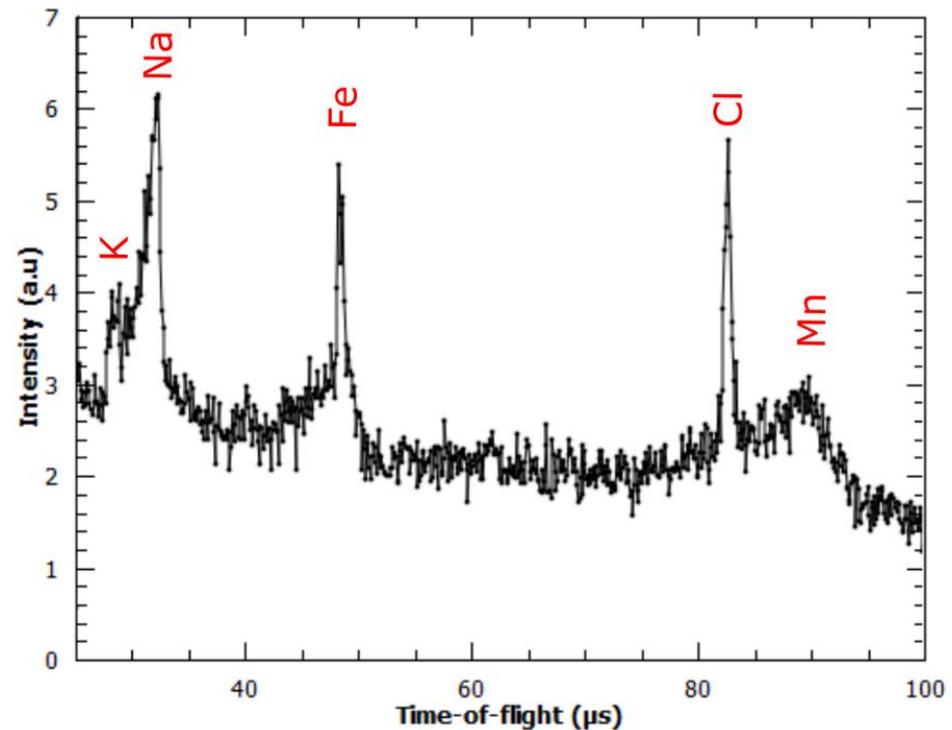
Micro-struttura (deviazioni dal cristallo ideale all'interno del grano)

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

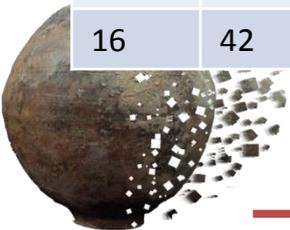
Ogni isotopo possiede un set unico di picchi.

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.

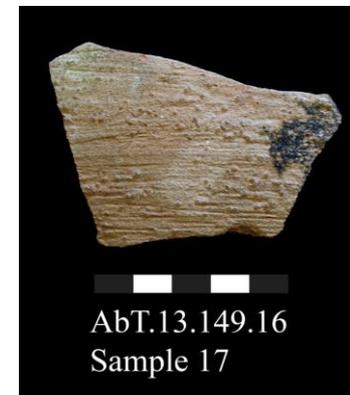
Campioni n. 5, 8(zona scura), 16
Impasti cotti ma per poco tempo e non omogeneamente ($T > 700^{\circ}\text{C}$ e $T \approx 800-850^{\circ}\text{C}$)



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

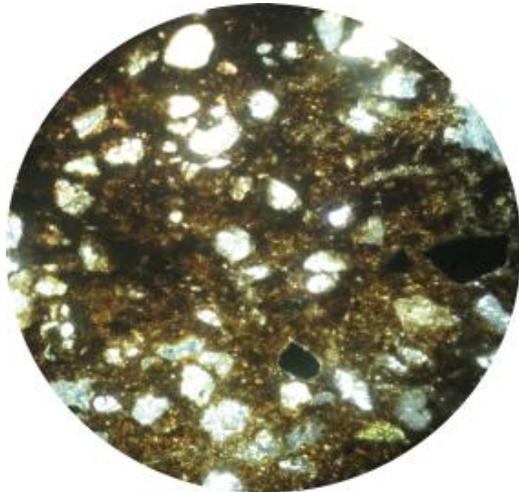
Confronto con analisi delle sezioni sottili

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!

