

**Sull'effetto del sale e della sua rimozione dalle fibre di tessuti di lana rinvenute insieme ai "Salt Men" nella miniera di sale di Chehr Abad, Zanjan**

**Haeideh Khamseh**

Department of Archaeology, Islamic Azad University  
Abhar, Iran

**Neda Kan'ani**

Department of Archaeology, Islamic Azad University, Abhar, Iran  
Administration of Cultural Heritage, Handicrafts and Tourism, Zanjan, Iran

*Parole chiave: sale, tessuti, microscopia elettronica, analisi elementare, degrado*

### **1. Introduzione**

La miniera di sale Chehr Abad a Zanjan, grazie al suo particolare letto di sale, ha custodito in buono stato di conservazione, sia corpi mummificati sia oggetti di grande valore di natura organica e inorganica. Oggi, molti ricercatori sono stati in grado di ricavare preziose informazioni da questi oggetti, rimasti sepolti per molti anni nel cuore delle miniere di sale.

Gli oggetti estratti sono perlopiù costituiti da materiali organici, i quali, a causa delle proprietà disinfettanti del sale, sono rimasti immuni ai danni biologici di muffe e vermi. A causa delle condizioni ambientali della miniera, la maggior parte dei danni riscontrati negli oggetti ritrovati, specialmente in quelli organici, sono di natura fisica, i cui effetti sono stati riscontrati nei corpi mummificati e in altri oggetti organici, come i tessuti, costituiti da lana e così via. I manufatti tessuti a mano per il loro grande valore, meritano un'attenzione particolare. La scoperta delle ottime tessiture da differenti epoche storiche – Achemenide, Sassanide e Qajar – ha fornito ai ricercatori informazioni utili su tessuti e trame di diversi periodi, in particolare di quello Achemenide.

Nel presente studio, sono state eseguite alcune indagini su 5 campioni di tessiture di lana appartenenti all'epoca Achemenide al fine di analizzare gli effetti dei cristalli di sale nei tessuti. I campioni sono stati analizzati mediante microscopia ottica ed elettronica a scansione, SEM (Scanning Electron Microscope), e analisi EDX (Energy Dispersive X-ray Analysis); mediante il confronto tra le immagini microscopiche è stato possibile osservare la disposizione dei cristalli di sale sulle fibre.

### **2. Storia dell'esplorazione e studio della miniera di sale Chehr Abad di Zanjan**

*Salt man 1*

Durante il primo anno di esplorazione nell'inverno del 1993, i minatori, lavorando con i bulldozer per estrarre scarti e sale, scoprirono metà corpo del Salt Man in Figura 1, ritrovato nella zona sud della miniera di Chehr Abad, nella sezione centrale di una delle gallerie collassate scavata da sud-ovest a nord-est di 45 metri in lunghezza [1].

In seguito a notifica da parte dell'amministrazione dei Beni Culturali di Zanjan, nell'inverno dello stesso anno fu avviata la campagna archeologica, prima guidata dal dott. Hooshang Sobouti e poi dal dott. Ali Asghar Mir-Fatta. In seguito furono ritrovati alcuni oggetti di particolare interesse: tre coltelli con manico, uno dei quali munito di fodero in cuoio, un pulitore per orecchio d'argento, una mola, pantaloni con bordo decorativo, tre frammenti di vestiti dipinti, frammenti di corda in cuoio e lana e una noce, frammenti di ceramica e alcune ossa umane. Tuttavia, il più importante ritrovamento durante lo scavo del 1993 fu la gamba sinistra del Salt Man 1, che si trovava all'interno di un alto stivale. Lo stivale in cuoio misurava 48 cm in lunghezza [2].

Sobouti attribuisce il corpo del Salt Man all'VIII sec a.C., attribuzione fatta in accordo allo stile del taglio di capelli e del vestiario, e ai frammenti di ceramica ritrovati. Egli confrontò i vestiti del Salt Man con quelli dei Sakai e ritenne che il vestiario, gli orecchini d'oro e altri oggetti ritrovati insieme al corpo, costituissero una testimonianza del fatto che il Salt Man non fosse un lavoratore. Secondo Sobouti, si tratta di un commissario e di un rappresentante dell'amministrazione della miniera di sale [3].



Figura 1. Salt Man 1, Museo Nazionale, Tehran.

Terminata l'esplorazione, il corpo e gli oggetti ritrovati furono trasferiti al laboratorio di ricerca dell'Istituto di Restauro per ulteriori indagini afferenti diversi campi di ricerca, comprese analisi di datazione, studi di osteologia, studi mediante tomografia per immagini, determinazione del gruppo sanguigno, studi sul DNA, e così via. I risultati delle indagini condotte sono stati pubblicati su un opuscolo dedicato al Salt Man.

Dai risultati ottenuti dalla datazione al radiocarbonio (C14), eseguita su campioni di osso e di un vestito, si dedusse che il Salt Man 1 risalga a circa 1700 anni fa, cioè al periodo Sassanide. In base agli studi, è stato scoperto che il corpo recuperato appartiene ad un uomo di mezza età, il quale ricevette un forte colpo alla testa prima della sua morte. I suoi capelli e la sua barba erano originariamente marroni, divenuti poi bianchi a seguito delle condizioni ossidative e della presenza di cloruro nel pigmento dei capelli. È stato determinato il suo gruppo sanguigno. B. in particolare, lo studio del DNA del Salt Man è ritenuto uno dei più importanti studi condotti sul reperto [4].

Gli esperti dell'Istituto di Restauro basandosi sull'aspetto dell'uomo, dalla barba e lunghi capelli, dagli orecchini e stivali eleganti, hanno convenuto che inoltre non si trattasse di un lavoratore ordinario, ma che egli fosse probabilmente un cacciatore o un principe rimasto ucciso nella miniera [5].

#### Salt Man 2

Quando nel 2004 i minatori tornarono a lavorare con i bulldozer, si imbattono in resti di scheletri umani. Sfortunatamente, essi furono in gran parte distrutti dall'attività dei macchinari. Furono scoperti un cranio e una mascella, insieme a resti di capelli e barba, ossa, frammenti di vestiti e altro. Il corpo apparteneva ad un uomo di mezza età alto 1.80 m [6, 7].

#### Salt Man 3

Come il Salt Man 2, il Salt Man 3 venne scoperto durante l'attività dei bulldozer impegnati nella rimozione di scarti sotto una grande roccia di sale. Su un lato della roccia, evidenti i segni di incisione e scavo.

**Salt Man 4**

Finalmente, nel 2004, gli archeologi portarono alla luce il campione più integro del corpo di un Salt Man. È chiaro che l'ambiente asciutto saturo di sale e la limitata attività microbiologica hanno contribuito a preservare il corpo. Furono inoltre ritrovati alcuni contenitori di argilla, un coltello con fodero in cuoio e capi di vestiario integri.

**Salt Man 5**

Durante il secondo trimestre delle esplorazioni, fu scoperto il Salt Man 5, oltre a un pisooz (un tipo di lampada che brucia grasso animale), due pezzi di legno, un grande corno di mucca, alcuni fili di origine vegetale e frammenti di vestiti.

**Salt Man 6**

Il teschio del Salt Man 6 fu scoperto all'inizio della campagna di scavo del 2010, recuperato nella miniera soltanto durante la successiva stagione di scavo [8, 9].

### 3. Stato di conservazione delle mummie e dei tessili estratti dal sito archeologico

Al termine dello scavo e dell'esplorazione nei siti archeologici dell'antica miniera di Chehr a Zanjan nelle cui gallerie di sale furono ritrovati oggetti unici: le mummie naturali conosciute come "salt men", stoffe e tessuti, oggetti in legno, metallici, in terracotta e simili, furono rimossi dal letto di sale e classificati dagli esperti del settore in funzione del tipo di materiale. Infine, dopo la classificazione, gli oggetti furono sottoposti ad operazioni di lavaggio, dunque etichettati e numerati e infine imballati per il trasporto fino all'area di conservazione [10].

In seguito al trasferimento degli oggetti e delle mummie a Zanjan, furono allestite le vetrine espositive in cui preservare le mummie, incorporando all'interno, nella parte più bassa della vetrina, un dispositivo per il monitoraggio dei valori di temperatura e umidità attivo 24 ore su 24. I valori monitorati vengono registrati su un computer posto accanto alla vetrina. Utilizzando il quadro grafico ottenuto, possono essere facilmente controllate le eventuali fluttuazioni di temperatura e umidità cui sono sottoposte le mummie esposte in vetrina e, in caso di grandi variazioni, è possibile ricorrere tempestivamente a misure conservative e di restauro [11]. Le vetrine in cui le mummie sono conservate, sono monitorate da strumenti attivi 24 ore su 24; temperatura e umidità della sala sono monitorate in continuo (Figura 2 A, B).



Figura 2. A) Area di conservazione dei Salt Men; B) vetrina contenente Salt Man con sistema all'avanguardia per la rivelazione dell'umidità; C) manufatti tessili a mano all'interno di buste richiudibili. H. Khamseh, 2016.

Accanto ai corpi mummificati, è stato ritrovato anche un gran numero di meravigliose tessiture realizzate con diversi materiali, colori e intrecci risalenti a diversi periodi storici: Achemenide, Sassanide e Qujar.

I manufatti sono stati sottoposti ad operazioni di pulitura e lavaggio per favorire la rimozione del sale, valutando il materiale costitutivo, lana, cotone o pelo di capra e la severità del danno. I manufatti sono stati in seguito riposti in buste richiudibili secondo le loro dimensioni e conservati in condizioni normali (Figura 2 C).

Alcuni filati rivestono una certa importanza a causa della loro epoca, filo e colorazione. Gli oggetti intrecciati sono stati ripuliti e riparati dagli esperti del centro

di restauro dei beni culturali e del turismo di Tehran e subito esposti nel Museo archeologico della provincia di Zanjan, nella sezione dedicata ai Salt men (Figura 3).

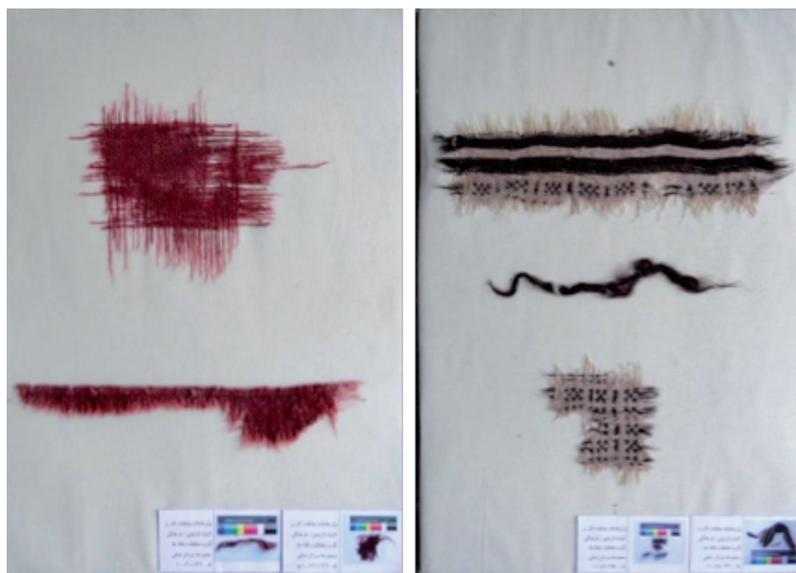


Figura 3. Tessuti tinti. H. Khamseh, 2016.

#### 4. Indagini di laboratorio

Per l'identificazione del tipo di fibra dei tessuti a mano, si utilizzano generalmente tre metodi: metodo della combustione, metodo chimico e metodo di analisi microscopica. Per quanto riguarda il metodo della combustione, una piccola quantità di fibra, già danneggiata, è stata tagliata con delle forbici; il piccolo frammento è stato dunque posizionato in prossimità della fiamma e quindi bruciato, analizzando l'odore e la cenere derivanti dalla combustione. In seguito all'indagine visiva della fibra bruciata e dalle caratteristiche dell'odore e della cenere, è stato possibile stabilire che si trattasse di fibra di lana (Figura 4).

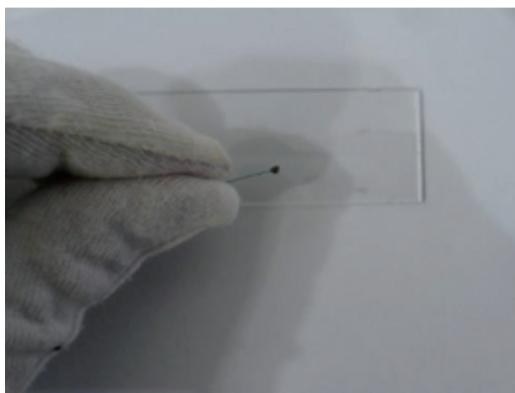


Figura 4. Metodo di combustione delle fibre (17).

### 5. Indagine al microscopio elettronico

Al fine di esaminare le fibre con microscopio elettronico a scansione (SEM), sono stati utilizzati dei campioni odierni al fine di confrontare le immagini microscopiche ottenute a differenti ingrandimenti.

I campioni sono i seguenti:

- Campione E1: un frammento del tessuto del Salt Man 3 di periodo Achemenide (unwashed 1)
- Campione E2: un frammento del tessuto del Salt Man 3 di periodo Achemenide (unwashed 2)
- Campione E3: un frammento del tessuto del Salt Man 3 di periodo Achemenide (washed 1)
- Campione E4: un frammento del tessuto del Salt Man 3 di periodo Achemenide (washed 2)
- Campione E5 GREEN: sottile fibra di lana contemporanea
- Campione E6 OLD: sottile fibra di lana del periodo Achemenide

In Figura 5 sono riportati i campioni utilizzati per le analisi al SEM, prima e dopo la metallizzazione con oro. I campioni ricoperti di oro si sono scoloriti. Infine, i campioni così preparati sono stati posizionati nel microscopio sotto vuoto RONTEC (Germania) e dunque osservati a diversi ingrandimenti.

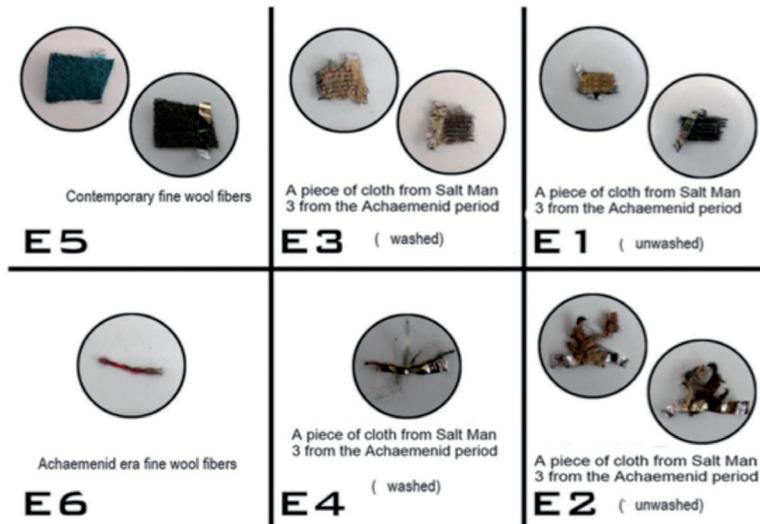


Figura 5. Campioni E1-E6 ricoperti d'oro.

### 6. Risultati immagini microscopiche

Come è possibile osservare dai campioni E1 e E2, la contaminazione è visibile ad occhio nudo. Inoltre, i cristalli di sale sono visibili utilizzando un microscopio ottico ad ingrandimenti di 20x e 40x e dalle micrografie SEM ad ingrandimenti di 100x, 2000x e 5000x (Figura 6 A, B).

Come si vede da Figura 6 A e B, ingrandimento 2000x, le squame delle fibre di lana sono danneggiate e i cristalli di sale sono penetrati all'interno della fibra.

Questo danno è più evidente nel campione E1 (Figura 6 A). Sempre nelle fibre di lana, sono chiaramente visibili sia fango sia cristalli di sale. In questo campione la fibra è inoltre distrutta.

In Figura 6 C del campione E3, con ingrandimenti di 20x e 40x, fini cristalli di

sale possono essere osservati nel tessuto di lana dei tessuti del Salt Man 3. A ingrandimenti di 100x e 2000x del SEM, nessun segno di cristalli di sale e altri contaminanti è stato osservato. Le squame della fibra sono poco danneggiate. In Figura 6 D del campione E4, la presenza dei cristalli di sale e danni della fibra di lana sono riconoscibili.

In Figura 6 E che mostra il campione E5, selezionato come campione di controllo, le squame sono visibili a ingrandimenti di 20x, 40x, 100x e 2000x.

La Figura 6 F mostra un campione di fibre sottili di lana di epoca Achemenide.

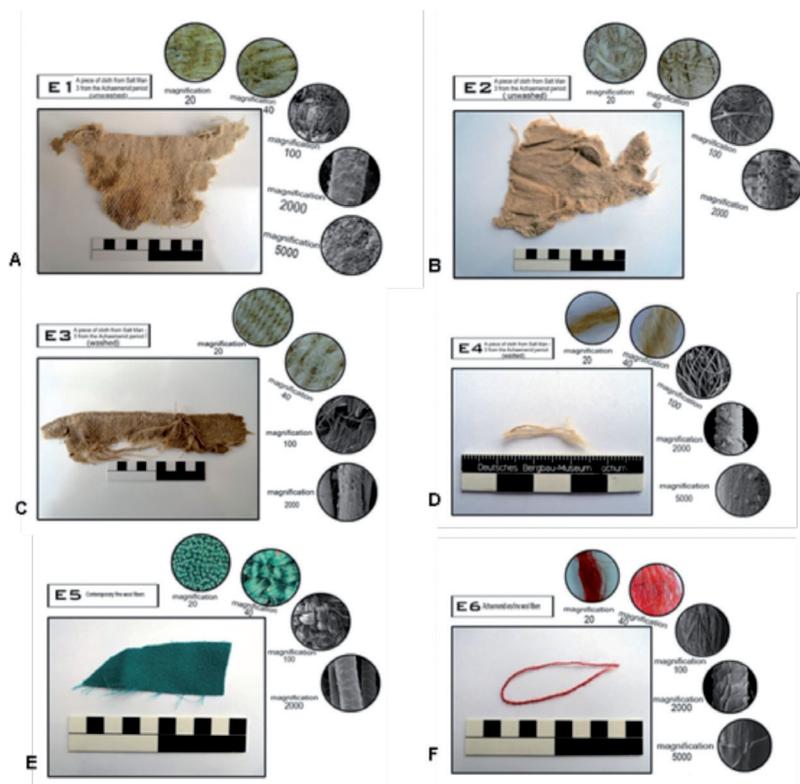


Figura 6. Indagini microscopiche dei campioni E1-E6 mediante microscopia ottica ed elettronica (SEM) a differenti ingrandimenti. A-B) Campioni E1 e E2, i cristalli di sale sono visibili a differenti ingrandimenti; C) Campione E3, nessun segno di cristalli di sale si osserva a ingrandimenti 100x e 2000x al SEM; D) Campione E4, presenza di sale sulla fibra; E) Campione E5, tessuto di controllo; F) Campione E6 sottili fibre di lana.

### 7. Confronto delle immagini al microscopio dei campioni

La Figura 7 mostra fibre di lana a un ingrandimento di 40x e 20x ottenute con microscopio ottico e in Figura 8 e 9 immagini ottenute al SEM ad ingrandimenti di 100x, 2000x e 5000x.

In accordo con i campioni di controllo E5 e E6, i cristalli di sale nei campioni E4, E2, E3 e E1 sono visibili.

Campioni di controllo E6 e E5; nel caso dei campioni E4, E2, E3 e E1 sono chiaramente visibili cristalli di sale e danneggiamento (Figura 7 B).

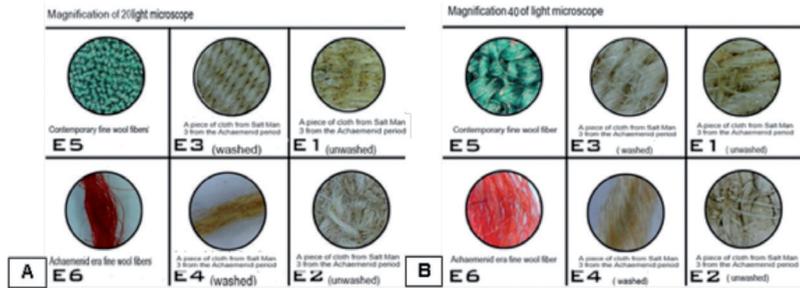


Figura 7. Fibre di lana dei campioni E1-E6. A) Ingrandimenti 20x e B) 40x utilizzando il microscopio ottico. I cristalli di sale sono visibili nei campioni E4, E2, E3 e E1.

In Figura 8 A si riportano micrografie delle fibre di lana ottenute a 100x con SEM. In Figura 8 fibre di lana possono essere osservate a 2000x con SEM. Campioni di controllo E6 e E5; nel caso dei campioni E4, E2, E3 e E1 sono chiaramente visibili cristalli di sale e danneggiamento.

Lo studio comparativo mostra che il campione E3 è in condizioni migliori rispetto agli altri, nonostante siano passati 2800 anni. Ciò può essere dovuto al lavaggio eseguito su fibre e tessuti dopo la loro scoperta sul letto di sale.



Figura 8. Fibre di lana dei campioni E1-E6. A) Ingrandimento 100 x e B) 2000x by SEM. Campioni di controllo E6 e E5; nel caso dei campioni E4, E2, E3, E1 cristalli di sale e danneggiamenti sono chiaramente visibili.

Ciò può essere confermato in Figura 9 che mostra ingrandimento 5000x mediante SEM.

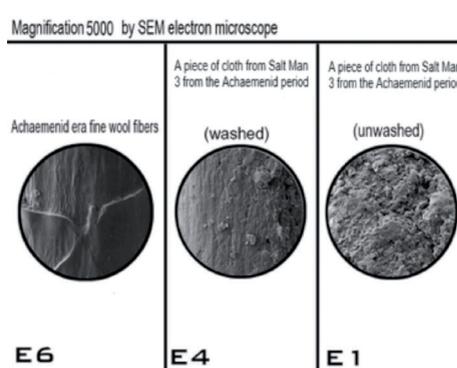


Figura 9. Fibre di lana dei campioni: E6 lavato, E4 lavato e E1 non lavato. Ingrandimento 5000x mediante SEM.

## 8. Analisi EDX

I risultati dell'analisi EDX sono mostrati nella seguente tabella e nei grafici (Figura 10). Non ci sono elementi di sodio e cloruro nel campione 3 (Tabella 1).

Tabella 1. Analisi elementare dei resti sulle fibre. H. Khamseh, 2016.

Elementi campione E1	Elementi campione E3	Elementi campione E2	Elementi del campione E5	No.
Carbonio	Carbonio	Carbonio	Carbonio	—
Ossigeno	Ossigeno	Ossigeno	Ossigeno	—
—	—	Sodio	—	—
Magnesio	Magnesio	Magnesio	—	—
Alluminio	Alluminio	Alluminio	—	—
Silicio	Silicio	Silicio	—	—
—	Zolfo	Zolfo	Zolfo	—
—	—	Cloro	—	—
Potassio	Potassio	Potassio	—	—
Calcio	Calcio	Calcio	—	—
Ferro	Ferro	Ferro	—	—
—	Rame	—	—	—
Oro	Oro	Oro	Oro	—

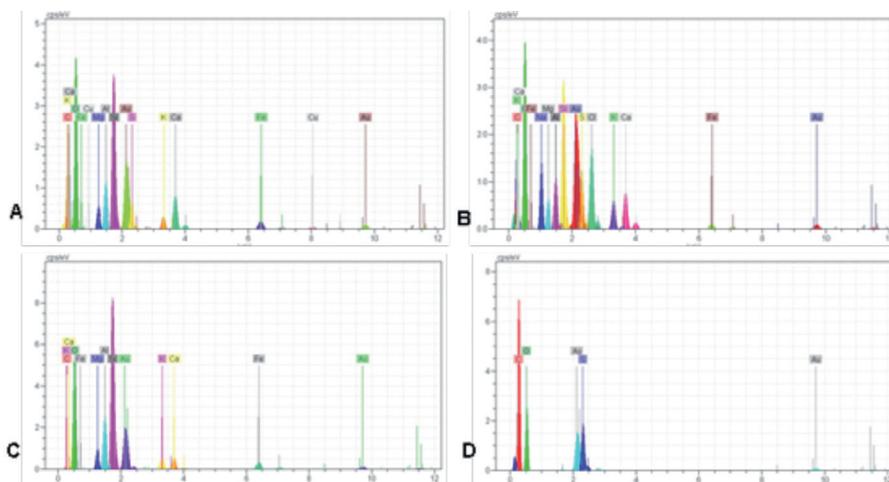


Figura 10. Analisi elementare campioni E3 (A), E2 (B), E1 (C), e E5 (D) mediante SEM EDX.

Tabella 2. Analisi elementare del campione E3.

Element	Series	unn. C [wt.-%]	norm. C [wt.-%]	Atom. C [at.-%]
Carbon	K series	7.56	9.14	16.33
Oxygen	K series	39.24	47.41	63.59
Magnesium	K series	1.34	1.62	1.43
Aluminum	K series	2.67	3.22	2.56
Silicon	K series	8.18	9.89	7.55
Sulfur	K series	2.11	2.55	1.70
Potassium	K series	1.20	1.45	0.80
Calcium	K series	3.81	4.60	2.46
Iron	K series	3.10	3.74	1.44
Copper	K series	1.26	1.52	0.51
Gold	M series	12.29	14.85	1.62
<hr/>				
Total:	82.8%			

Tabella 3. Analisi elementare del campione E2.

Element	Series	unn. C [wt.-%]	norm. C [wt.-%]	Atom. C [at.-%]
Carbon	K series	3.47	3.92	7.28
Oxygen	K series	42.93	48.54	67.57
Magnesium	K series	1.77	2.00	1.84
Aluminum	K series	4.53	5.13	4.23
Silicon	K series	14.06	15.90	12.61
Potassium	K series	2.20	2.49	1.42
Calcium	K series	2.25	2.55	1.42
Iron	K series	4.47	5.05	2.01
Gold	M series	12.75	14.42	1.63
<hr/>				
Total:	88.4 %			

Tabella 4. Analisi elementare del campione E1.

Element	Series	unn. C [wt.-%]	norm. C [wt.-%]	Atom. C [at.-%]
Carbon	K series	9.98	11.52	21.41
Oxygen	K series	33.20	38.31	53.45
Sodium	K series	3.17	3.66	3.55
Magnesium	K series	1.27	1.47	1.35
Aluminum	K series	2.12	2.44	2.02
Silicon	K series	5.91	6.82	5.42
Sulfur	K series	3.27	3.77	2.63
Chloride	K series	5.07	5.85	3.68
Potassium	K series	2.23	2.58	1.47
Calcium	K series	3.53	4.08	2.27
Iron	K series	1.68	1.93	0.77
Gold	M series	15.23	17.57	1.99
Total:		86.6 %		

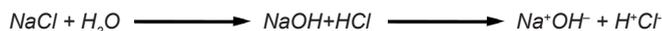
Tabella 5. Analisi elementare del campione E5.

Element	Series	unn. C [wt.-%]	norm. C [wt.-%]	Atom. C [at.-%]
Carbon	K series	49.28	49.28	61.25
Oxygen	K series	38.93	38.93	36.32
Sulfur	K series	3.93	3.93	1.83
Gold	M series	7.87	7.87	0.60
Total:		100.0 %		

### 9. Risultati e discussione

*Poiché la montagna di sale dove erano sepolti gli oggetti è alta e ripida, l'acqua fluiva velocemente giù, lontano dalla superficie della montagna, e conseguentemente gli oggetti sono rimasti in un ambiente asciutto, immuni all'umidità e alle precipitazioni atmosferiche. Come conseguenza di questo ambiente asciutto, il sale ha giocato un ruolo protettivo. In presenza di sale, i tessuti organici subiscono lentamente cambiamenti biologici nel tempo, compresa la degradazione chimica (modifica*

molecolare) e degradazione biologica (da microrganismi). In ogni caso, quando i tessuti vengono rimossi dal luogo del ritrovamento, qualsiasi sale contenuto nelle fibre si combina rapidamente con l'umidità dell'aria creando un ambiente ionizzato in accordo alla seguente formula:



Questi ioni liberi nell'ambiente hanno una forte affinità con le molecole organiche delle fibre. Dunque, le fibre di lana si degradano in un ambiente acido alcalino e come risultato si ha la distruzione della fibra nell'oggetto tessuto a mano. Dunque, per preservare i tessuti menzionati ci sono due soluzioni:

- 1) il tessuto non dovrebbe essere lavato ma mantenuto in un ambiente asciutto e controllato. Per esempio, i vestiti del Salt Man 4 conservati nelle vetrine del Museo, in condizioni controllate di temperatura e umidità, sono rimasti ben conservati.
- 2) i vestiti dovrebbero essere lavati e il sale rimosso interamente, quindi mantenuti in condizioni controllate di temperatura e umidità. Come osservato, il campione E3 lavato nell'anno 2010 e tenuto in condizioni normali, risulta meglio conservato rispetto al campione E4.

Inoltre questi 2 campioni sono meglio conservati rispetto a quelli non lavati, E1 e E2.

Il Salt Man 5 sepolto vicino alla superficie del terreno è più danneggiato rispetto agli altri campioni a causa dell'influenza dell'umidità e della ionizzazione (acido alcalina) ambientale. Al contrario il Salt Man 4 è rimasto in condizioni migliori per la sepoltura in profondità nel sale della montagna e lontano dall'umidità.

#### **Note biografiche**

**Haeideh Khamseh**, Dottorato in Archeologia, Laurea magistrale in Conservazione storica, Laurea triennale in Chimica, è Professore Assistente nel Dipartimento di Archeologia, sede di Abhar, all'Università Islamic Azad, Abhar. Iran.

**Neda Kan'ani**, Studente del corso di Master in Restauro, nel Dipartimento di Archeologia, sede di Abhar, all'Università Islamic Azad, Abhar, è esperto di restauro di manufatti storici presso l'Amministrazione dei Beni Culturali, Artigianato e Turismo, Zanjan, Iran.

## Summary

Examination of the salt men and their accompanying objects in Chehr Abad Salt Mine, Zanjan, has opened up an interesting research area for archaeologists and conservators. In addition to the historical and cultural values of these works, indicating the rich civilization of that period, investigation into the preservation and type of remaining ingredients, often putrescible organic materials, provides a rich field of research. In this case study, research was conducted on the discovered objects in Chehr Abad salt mine, with identification of the objects and hand-woven artifacts found in the mine and, more importantly, the effect of salt on the hand-woven artifacts. Since discovered artifacts are often sensitive to changes in environmental conditions, salt absorption and the role of salt as a disinfectant, are obvious factors to be considered. The discovered hand-woven artifacts are of paramount importance due to their history. They were discovered as a result of cooperation between archaeological teams working in Iran and Germany (from the Bochum museum and University). As these weavings were soaked in minerals and other wastes, the cleansing procedure was done by water washing. In order to protect the weavings, unearthed and removed from their original site of discovery, research on issues such as the removal and retention of salt, its impact on the life-span of organic materials, the probability of the hand-woven fibers being destroyed by salt crystals and the reaction of water and salt, all needed to be considered. In this paper an introduction is given to the discovered objects and artifacts from Chehr Abad salt mine, with a study of the wool fibers, examined by visual (macroscopic) inspection, optical micrographs, electron SEM micrographs, including an EDX analysis of the hand-woven artifacts. The results of the investigations have shown the conservative effect of the salt on the fibers.

## Riassunto

L'analisi dei *Salt man* e dei relativi oggetti, rinvenuti nella miniera di sale Chehr Abad, Zanjan, ha avviato un'importante area di ricerca per archeologi e conservatori. L'indagine sulla conservazione e sulla tipologia dei resti, spesso materiali organici putrescibili, oltre ad indicare il valore storico e culturale di queste opere come testimonianza della cospicua civilizzazione di quel periodo, fornisce un importante campo di ricerca. Per questo caso di studio sono state condotte diverse analisi sugli oggetti ritrovati nella miniera di sale di Chehr Abad, al fine di ottenere la caratterizzazione dei tessuti lavorati a mano e per valutare gli effetti del sale sugli oggetti stessi. Poiché i manufatti ritrovati sono solitamente sensibili ai cambiamenti delle condizioni ambientali, l'assorbimento del sale e il suo ruolo come disinfettante sono evidenti fattori da considerare. I manufatti tessili rinvenuti sono da ritenersi di fondamentale importanza a causa della loro storia. Essi furono ritrovati grazie alla cooperazione di squadre archeologiche che lavoravano in Iran e in Germania (museo Bochum e università). Poiché questi tessuti erano coperti di minerali e altri residui, l'operazione di pulitura è stata eseguita utilizzando un lavaggio acquoso. Al fine di proteggere gli intrecci di tessuto una volta riportati alla luce e rimossi dal loro sito originario, è stato necessario considerare alcune questioni, come la rimozione e la ritenzione del sale, il suo impatto sul ciclo vitale dei materiali organici, l'eventualità che i cristalli salini potessero distruggere le fibre dei tessuti e la reazione di acqua e sale. In questo lavoro si fornisce un'introduzione sugli oggetti e manufatti ritrovati nella miniera di sale di Chehr Abad, accompagnata dallo studio delle fibre di lana,

esaminata macroscopicamente o con micrografia ottica e micrografia al SEM, nonché analisi EDX dei manufatti. I risultati delle indagini hanno mostrato l'effetto conservativo del sale sulle fibre.

### Résumé

L'analyse des hommes de sel et des objets découverts dans la mine de sel de Chehrâbâd, dans la province de Zandjan, a ouvert une importante aire de recherche pour les archéologues et les conservateurs. Les investigations sur la conservation et sur la typologie des restes, qui sont souvent des matières organiques putrescibles, indiquent la valeur historique et culturelle de ces témoignages de la grande civilisation de l'époque, et fournissent un important secteur de recherche. Pour ce cas d'étude, plusieurs analyses ont été réalisées sur les objets retrouvés dans la mine de sel de Chehrâbâd, visant à obtenir la caractérisation des tissus travaillés à la main, et à évaluer les effets du sel sur ces objets. Les vêtements retrouvés étant généralement sensibles aux changements de conditions environnementales, l'absorption du sel et son rôle de désinfectant sont des facteurs qu'il faut bien évidemment prendre en compte. Les pièces de tissu qui ont été découvertes sont réputées d'une importance fondamentale, à cause de leur histoire. Elles furent retrouvées grâce à des équipes archéologiques travaillant en collaboration en Iran et en Allemagne (musée Bochum et universités). Ces tissus étant recouverts de minéraux et d'autres résidus, le nettoyage a été effectué par un lavage à l'eau. Afin de protéger les enchevêtrements de tissus une fois ceux-ci mis au jour et enlevés de leur site d'origine, il a fallu s'attacher à certaines questions telles que le retrait et la rétention du sel, son impact sur le cycle vital des matières organiques, l'éventualité que les cristaux salins puissent détruire les fibres des tissus, et la réaction de l'eau et du sel. Ce travail fournit une introduction aux objets et aux pièces découverts dans la mine de sel de Chehrâbâd, avec une étude des fibres de laine examinées de manière macroscopique, ou sur des micrographies optiques et des micrographies SEM, ainsi que l'analyse EDX des pièces. Les résultats des investigations ont montré l'effet conservateur du sel sur les fibres.

### Zusammenfassung

Die Analyse der "Salzmänner" und der zugehörigen Gegenstände, die im Salzbergwerk von Chehr Abad in Zanjan aufgefunden wurden, hat einen bedeutenden Forschungsbereich für Archäologen und Konservatoren aufgeworfen. Die Untersuchungen über den Erhaltungszustand und die Art der Überreste, die häufig aus verrottbarem organischem Material bestehen, zeigen nicht nur den historischen und kulturellen Wert dieser Werke als Zeugnisse der umfangreichen Zivilisation jener Zeit auf, sondern liefern auch einen bedeutenden Forschungsbereich. Im Rahmen dieser Studien wurden zahlreiche Analysen an den im Salzbergwerk von Chehr Abad aufgefundenen Gegenständen vorgenommen, um eine Charakterisierung der handgearbeiteten Gewebe zu erzielen und die Wirkungen des Salzes auf dieselben zu beurteilen. Da die aufgefundenen Gegenstände im Allgemeinen gegen Veränderungen der Umweltbedingungen sehr empfindlich sind, müssen die Absorption von Salz und dessen Rolle als Desinfektionsmittel als offensichtliche Faktoren berücksichtigt werden. Die aufgefundenen Gewebe sind wegen ihrer Geschichte als äußerst wichtig zu betrachten. Ge-

funden wurden sie dank der Kooperation von archäologischen Teams, die im Iran und in Deutschland tätig sind (Museum und Universität Bochum). Da diese Gewebe von Mineralien und anderen Resten bedeckt waren, wurden sie zur Reinigung mit wässriger Lösung gespült. Um die Geflechte des Gewebes zu schützen, nachdem sie wieder zum Vorschein gekommen waren und aus dem ursprünglichen Fundort verlagert wurden, mussten einige Fragestellungen in Betracht gezogen werden, wie beispielsweise das Entfernen und Zurückhalten des Salzes, sein Einfluss auf den Lebenszyklus des organischen Materials, die Möglichkeit, dass die Salzkristalle die Fasern des Gewebes zerstören und die Reaktion von Wasser und Salz. Diese Veröffentlichung liefert eine Einführung über die im Salzbergwerk von Chehr Abad aufgefundenen Gegenstände, begleitet von einer Studie der Wollfasern, die makroskopisch oder mit optischen und SEM- Mikrographien untersucht wurden, sowie von der EDX-Analyse der Gegenstände. Die Ergebnisse der Untersuchungen haben bewiesen, dass das Salz konservierend auf die Fasern gewirkt hat.

### Resúmen

El análisis de los hombres de sal y de los objetos de su pertenencia hallados en la mina de sal de Chehrâbâd, en la provincia de Zanyán (Irán), ha dado lugar a la apertura de una reveladora área de investigación para arqueólogos y conservadores. La investigación acerca de la conservación y el tipo de restos, a menudo materiales orgánicos putrescibles, además de señalar el valor histórico y cultural de estas obras como testimonios de la importante civilización de aquel período, proporciona un significativo campo de estudio. La investigación ha comprendido varios análisis de los objetos encontrados en la mina de sal de Chehrâbâd, con el fin de caracterizar los tejidos elaborados a mano y evaluar los efectos de la sal en tales objetos. Como las manufacturas halladas suelen ser sensibles a los cambios de las condiciones ambientales, la absorción de la sal y su efecto desinfectante son factores evidentes que hay que tener en cuenta. Las manufacturas textiles halladas deben considerarse de relevancia fundamental a causa de su historia. Fueron encontradas gracias a la cooperación de equipos arqueológicos que trabajan en Irán y Alemania (museo y universidad de Bochum). Como los tejidos estaban cubiertos por minerales y otros residuos, la operación de limpieza se llevó a cabo aplicando un lavado acuoso. Para proteger las tramas de los tejidos una vez devueltos a la luz y extraídos de su ubicación original, fue necesario tener en cuenta cuestiones como la eliminación y la retención de la sal, su impacto en el ciclo vital de los materiales orgánicos, la posibilidad de que los cristales salinos pudieran destruir las fibras de los tejidos y la reacción del agua y la sal. En esta obra se presenta una introducción sobre los objetos y manufacturas encontrados en la mina de sal de Chehrâbâd, acompañada por el estudio de las fibras de lana, examinadas macroscópicamente o con micrografías ópticas y micrografías mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), así como análisis EDX de las manufacturas. Los resultados de las indagaciones han evidenciado el efecto de conservación de la sal sobre las fibras.

### 概述

对赞詹 (Zanjan) 切拉巴德 (Chehr Abad) 盐矿中“盐人”以及相关文物的分析工作给考古学者和保护人员带来了一个重要的研究方向。对遗体保存和类型进行调查后

发现, 残留的易腐烂有机物质体现了巨大的文化和历史价值, 是当时文明程度的重要见证, 开拓了一个重要的研究领域。本文介绍了对切拉巴德 (Chehr Abad) 盐矿所发现物件进行的各种分析, 从而揭示当时手工织物的特点以及残留的盐分对物件保存所起到的效果。由于发掘的手工作品对环境变化的影响极其敏感, 织物上残留的盐分以及所起到的杀菌作用也是考虑的原因之一。发掘出的手工织物所蕴含的历史, 具有极大的重要性。得益于伊朗和德国 (波鸿博物馆和波鸿大学) 两地的考古团队所作的工作, 这些文物才得以重现。由于织物上有矿物和其它物质残留, 清洁工作采用水洗的方式进行。为保护织物上的经纬纱条, 这些文物从原始发掘点重见天日时, 就必须考虑部分因素, 如盐的移除和残留、对有机物质循环寿命的影响、盐颗粒可能破坏织物纤维以及水和盐可能发生的反应等。本文介绍了切拉巴德 (Chehr Abad) 盐矿所发现的手工作品、采用宏观观察法、光学/电子显微镜以及能量散射X光法对羊毛纤维的研究。调查结果显示了纤维上的盐分起到了保存效果。

### Резюме

Анализ соляных людей и связанных с ними предметов, найденных в соляных копях в местечке Чехрабад, Зенджан, открыл археологам и консерваторам обширное поприще для исследований. Изучение сохранности и типа находок, часто состоящих из органических разлагающихся материалов, не только показывает историческую и культурную ценность этих предметов как свидетельства развитой цивилизации той эпохи, но и предоставляет широкое место исследованиям. Для этой работы были выполнены анализы разного типа на предметах, обнаруженных в соляных копях в Чехрабаде, для определения характеристик обработанных вручную тканей и для оценки воздействия соли на эти предметы. Так как найденные артефакты, как правило, чувствительны к изменениям условий окружающей среды, то очевидно, что поглощение соли и ее роль в качестве дезинфицирующего вещества являются факторами, на которые следует обратить внимание. Найденные текстильные артефакты необходимо считать чрезвычайно важными с точки зрения их истории. Они были обнаружены благодаря совместной работе археологических экспедиций, работавших в Иране и Германии (университет и музей г. Бохума). Поскольку ткани были покрыты минералами и другими примесями, для их очистки применялась промывка водой. Для защиты переплетенных тканей после их обнаружения и вывоза с места раскопок возникла необходимость в рассмотрении некоторых вопросов, таких как удаление и задержание соли, ее влияние на жизненный цикл органических материалов, возможность разложения тканых волокон соляными кристаллами, реакция воды и соли. В этой работе сначала представлено описание предметов и артефактов, найденных в соляных копях в Чехрабаде, после чего приводится изучение шерстяных волокон в виде макроскопического исследования или оптических и СЭМ-микрографий, а также рентгеноспектральный анализ артефактов методом энергетической дисперсии. Результаты исследований показали консервирующий эффект, оказываемый солью на волокна.