

## **RESULTS OF MINERALOGICAL INVESTIGATION OF ELEMENTS OF BREWERIES. TEL EL FARKA ARCHAEOLOGICAL SITE. NILE DELTA. EGYPT.**

### **Wyniki badań mineralogiczno-petrograficznych elementów browarów Ze stanowiska archeologicznego Tel el Farka. Delta Nilu. Egipt.**

Maciej Pawlikowski\*

*\*/ Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska,  
Katedra Mineralogii, Petrografii i Geochemii,  
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków  
e-mail: mpawlik@agh.edu.pl*

#### **Streszczenie**

Wykonano badania mineralogiczno-petrograficzne i geochemiczne materiału występującego w obiektach opisywanych dotychczas jako „browary” odkrytych w stanowisku Tell el-Farkha, Kom W i kom C. Próbkę pochodziły zarówno z cegieł jak i materiału znajdującego się między cegłami. Badania wykazały, że temperatury wypału cegieł i materiału znajdującego się między nimi okazjonalnie w niektórych miejscach przekraczały 800° C. Ponadto małe, pojedyncze fragmenty żużelków i ziarna metalu (żelazo z tytanem) zostały odkryte w materiale znajdującym się między cegłami. Badania dowodzą, że temperatura panująca w całym obiekcie była zdecydowanie zbyt wysoka do produkcji piwa.

**Słowa kluczowe:** Delta Nilu, Tel el Farka, mineralogia, archeologia,

#### **Abstract**

Mineralogical, petrographical as well as geochemical investigation of so called “brewery “ discovered in Tel el Farkha archaeological site were performed. Samples of roller shape bricks as well as accompanying material for examination were collected. Examination showed temperature of firing of bricks of all discovered “brewerys” were at some places even above 800° C what is difficult obtain without additional air blowing. Observed microscopically thermal alternation of bricks of all places et examined objects was to high for production of bier. Examination confirmed at some places the presence of small fragments of Fe slag, and rare grains of metals (pure iron).

**Keywords:** Nile Delta, Tel el Farkha, mineralogy, archaeology,

**Part of investigation supported by AGH grant no 11.11.140.319.**

## **Wstęp**

Badania zostały podjęte w celu znalezienia odpowiedzi na szereg pojawiających się pytań związanych ze strukturami najstarszych części stanowiska w tym ze strukturami określonymi mianem „browarów”, które odkopano zarówno w zachodniej (Kom W) jak i centralnej części (Kom C) stanowiska Tel el Farkha (Chłodnicki, Ciałowicz, Mączyńska 2012)

W opracowaniu poszukiwano odpowiedzi na następujące nurtujące problemy związane z najwcześniejszymi fazami zasiedlenia badanej geiziry w Tel el Fakha:

1. Dlaczego do budowy „browarów” użyto cegieł o kształcie wałkowatym, jak je formowano i wypalano? Do czego służyły specyficzne struktury przestrzenne określane jako „browary” wykonane ze wspomnianych cegieł? Jak i gdzie wykonywano cegły wałowate i jak je wypalono? \
2. Badane struktury „browarów” z Farkha są odmienne od browarów odkrytych na przykład w Herakopolis. Jaki jest powód tej odmienności?
3. Jakie zjawiska obok procesów naturalnych spowodowały specyficzną destrukcję „browarów”? Obiekty strukturalnie słabsze, które zbudowano z suszonych cegieł (mury) zachowały się dużo lepiej niż browary wykonane z mocnych, wypalonych cegieł (Pawlikowski, Słowiczek 2016). W murach zbudowanych z suszonych cegieł występuje zaprawa. Między cegłami wałkowatymi z „browarów” zaprawy nie ma.
4. Co spowodowało intensywne wypalenie całych „browarów”, a nie tylko miejsc w których stały kadzie z warzonym piwem.
5. W procesach niszczenia innych obiektów architektonicznych (murów) zbudowanych z suszonych cegieł widać logiczny ciąg zjawisk destrukcyjnych związanych z ich podmyciami, rozmyciami, przechylaniem się, erozją eoliczną murów, itd. Struktury „browarów” wykazują bardzo zaburzone układy. Jakie zjawisko spowodowało chaos w ułożeniu wypalonych cegieł w „browarach”?

Niniejsza publikacja prezentuje niektóre fakty i wyniki badań próbując znaleźć odpowiedzi na powyżej postawione pytania.

## **Metody badań**

W badaniach stosowano obserwacje przy pomocy lupy binokularnej, mikroskopu polaryzacyjnego i mikroskopu skaningowego połączonego z analizatorem do badań chemicznych EDS

Wyniki badań Już obserwacje terenowe dostarczyły interesujących informacji szczególnie w największym „browarze” odkrytym na terenie Komu W (Fot. 1 ). Ujawniły one nie tylko zróżnicowanie struktury „browarów (Fot.2) ale wiele szczegółów związanych z samym budulcem (wałkowatymi cegłami Fot. 3,) jak i ich wypaleniem (4). Z obserwacji tych częściowo wypalonych cegieł, które ustawione są w osadzie niemal pionowo wyraźnie widać wypalenie jedynie ich zewnętrznych części i niewypalenie części centralnej co dowodzi

slabego oddziaływania podwyższonej temperatury powodującej wypalenie powierzchni zakopanych cegieł.



Fot. 1



Fot. 2



Fot. 3



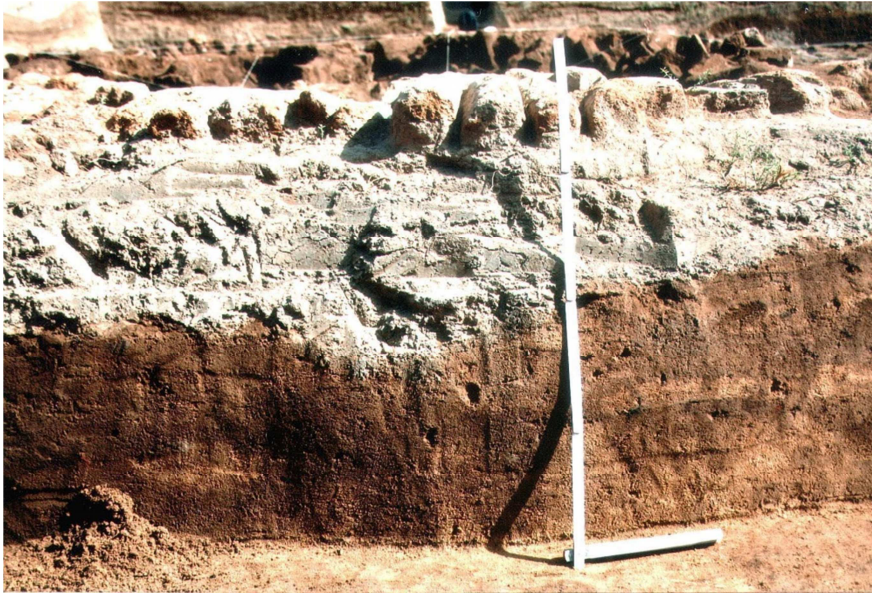
Fot. 4

Fot. 1 Ogólny widok zniszczonej konstrukcji „browaru” z Komu W. Fot. 2 Układy cegieł w południowej części struktury. Fot. 3 Długa, wypalona i przełamana cegła o kształcie wałka z widocznymi liniowymi, powierzchniowymi śladami związanymi z formowaniem cegieł metoda wyciskania. Fot. 4 „Przecięte” przez prace archeologiczne „ustawione pionowo” cegły wałkowe ze śladami jedynie powierzchniowego silnego przepalenia dowodzą wypalenia „surowych” cegieł częściowo zakopanych w osad.

W części „browaru”, ale także pod nim obserwuje się interesujące zjawisko wybielenie piasków na których zbudowano „browar” i wyraźną koncentrację czerwonych związków żelaza w głębszych partiach piasków. Takie wybielenie osadu obserwuje się także pomiędzy cegłami w samej strukturze „browaru”. Zjawisko to występuje jedynie w części obiektu i dowodzi oddziaływania kwasów organicznych powodującego wymywanie związków żelaza ze strefy powierzchniowej i wprowadzanie go do głębszych partii piasków gezir. Przypomina chemicznych charakterem zjawisko bielcowania gleb.

Wybielenie obserwowane zarówno w przestrzeniach między wałkowatymi cegłami jak i w mniejszym stopniu na powierzchni wypalonych cegieł wskazuje, że zjawisko „bielcowania” miało miejsce po zakończeniu działalności „browaru” bowiem bielcowaniu podlegał zarówno osad między cegłami jaki i powierzchnia wypalonych cegieł. Można przypuszczać,

że jest ono skutkiem penetracji kwasów organicznych przez strukturę „browaru”, już po jego zniszczeniu i być może nawet zasypaniu młodszymi osadami. Źródłem takich kwasów organicznych i przyczyną obserwowanego zjawiska mogła być stajnia zlokalizowana ponadresztkami tej części „browaru”, a w szczególności kwasy organiczne powstające z odchodów zwierząt.



Fot. 5 Kom W. Profil osadów pod konstrukcją „browaru” wykonaną z wałkowatych cegieł. Widoczne wtórne odbarwienie piasków geziry (białe piaski pod cegłami i osad między cegłami). Widać także odbarwienie powierzchni niektórych wypalonych cegieł wałkowatych. Zjawisko można nazwać odmiana bielcowania. Było to wymywanie żelaza przez kwasy organiczne ich transport w dół i wtórna intensywna mineralizacja żelazem osadu pod białymi „odżelazionymi” piaskami.

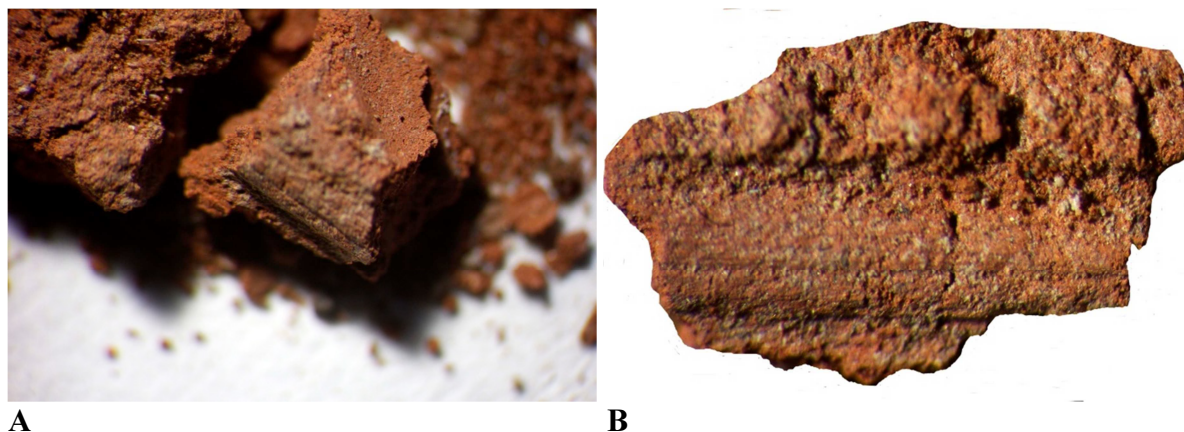
Oznacza to, że substancje organiczne powodujące bielcowanie były chemicznie agresywne. Bez wątplenia nie było to jednak „piwo”, które nie jest chemicznie wystarczająco agresywne by spowodować bielcowanie na skale obserwowaną w tej części „browaru”.

### **Wyniki badań wałkowatych cegieł (Kom W)**

Ślady w postaci długich rowków i bruzd, które zachowały się na powierzchni wypalonych wałkowatych cegieł (Fot. 6 A, B) dowodzą wyraźnie, że ich produkcją polegającą na wyciskaniu plastycznego siltu przez otwór. Natomiast ich skład mineralny dowodzi, że silt do ich produkcji był miejscowy bowiem posiadają cechy mineralogiczne bardzo zbliżone do siltu znajdującego się na przedpolu geziry od strony północnej gdzie ekspedycja wykonywała wiercenia oraz badania mineralogiczne prób pobranych z wierceń (Pawlikowski, Wasilewski 2012).

Silt do produkcji cegieł w przypadku ich produkcji metodą wyciskania musiał być odpowiednio plastyczny czyli wilgotny. Podczas wyciskania przez otwór formowano długi wałek, który cięto na mniejsze części. Na to wskazują końcówki niektórych cegieł. Po uformowaniu ale przed wypaleniem były one z pewnością suszone gdyż wypalanie mokrych

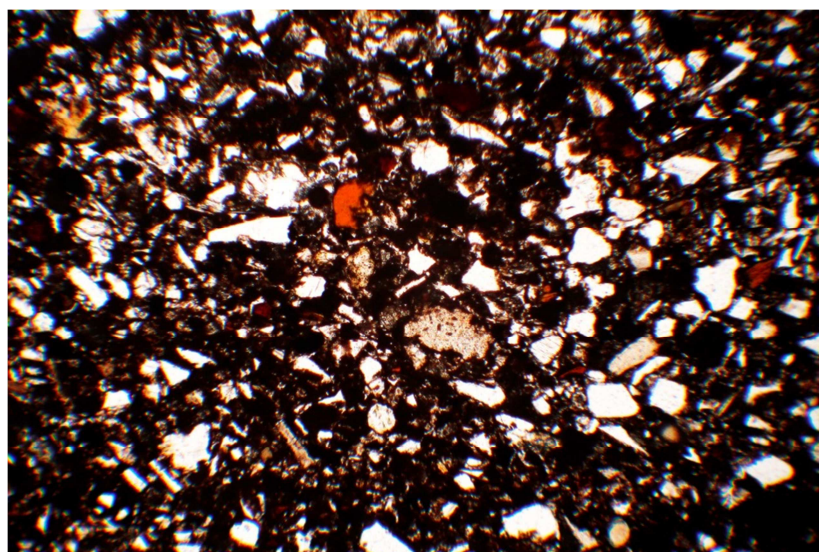
cegł spowodowałyby ich destrukcje, przez ciśnienie zagotowanej występującej w nich wody.



Fot. 6 A - fragmenty bardzo mocno przepalanej cegły rozsypującej się na drobny proszek. B - fragment powierzchni cegły wałkowatej z liniowymi śladem związanym z wyciskaniem masy ceglanej przez otwór. Lupa binokularna, powiększenie 40 x.

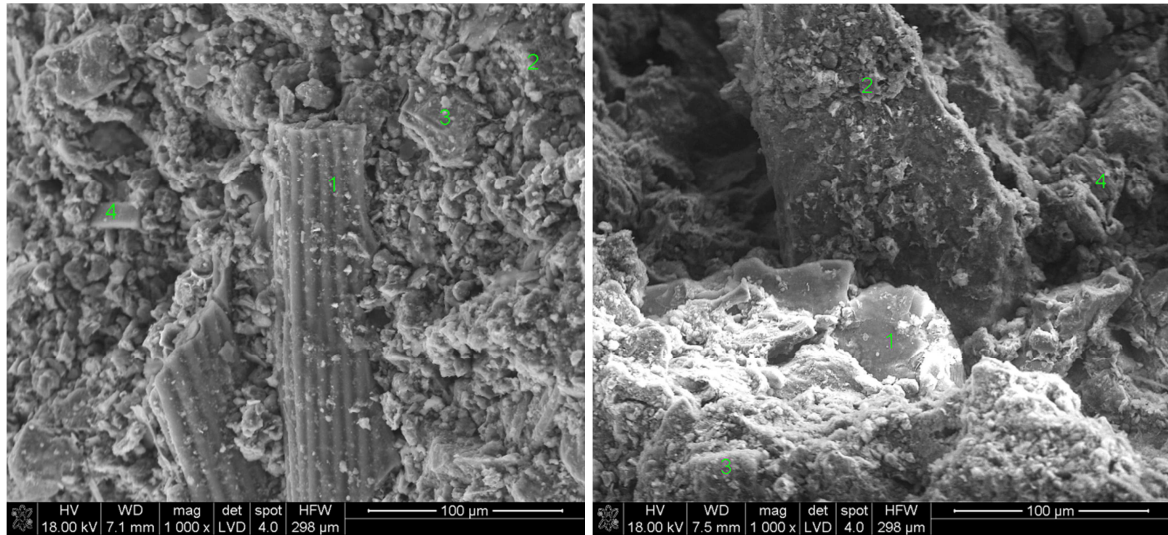
Natomiast z badań prowadzonych przy pomocy mikroskopu polaryzacyjnego wynika, że część minerałów ilastych podczas wypalania cegieł uległa zizotropizowaniu (Fot. 7). Oznacza to, że wypał cegieł odbywał się w temperaturach znacznie przekraczających 800° C.

Cegły wypalano po ich ustawieniu w strukturze browaru. Na to wskazują układ cegieł pokazany na fot. 4. Do wypalania były one ustawiane w różnych kierunkach tworzących wewnętrzną strukturę „browaru”. Ich wypał odbywał się w atmosferze utleniającej (przy dostępie powietrza) na co wskazuje ich czerwona barwa wynikająca z utlenienia związków żelaza. Temperatury wypału były wysokie. Na pierwotne wypalenie wałkowatych cegieł nałożyło się późniejsze wielokrotne ich wygrzanie powodujące przegrzanie minerałów ilastych cegieł prowadzące do ich izotropizacji. Zjawisko to obserwowano mikroskopowo w wielu przepalonych wałkowatych ceglach. Wskazuje ono na temperatury wypału przekraczające 800°C (Fot. 7).



Fot. 7 Zizotropizowana (częściowo zeszlona) masa ceramiczna przepalanej cegły wałkowej dowodząca wypalenia w bardzo wysokiej temperaturze. Mikroskop polaryzacyjny, polaroidy X, powiększenie 120 x.

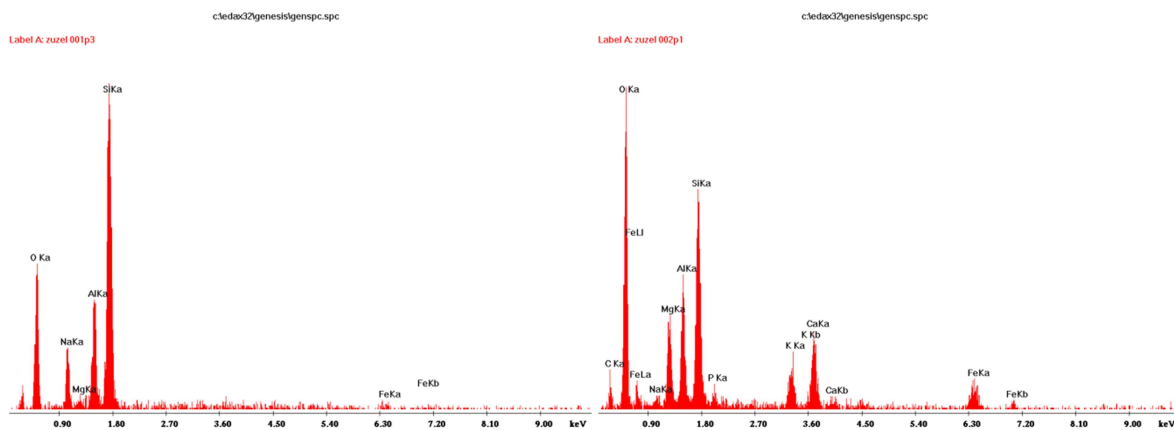
Do masy ceramicznej z której produkowano wypalone cegły dodawano siczki słomianej (lub popiołu ze spalonej siczki ) co rozpoznano prowadząc badania struktury cegieł przy pomocy mikroskopu skaningowego (Fot. 8, Fig, 1A,B) .



A

B

Fot. 8 Mirkoskopowe obrazy wypalonych mas ceramicznych z wałkowych cegieł z komu W. A – odcisnięte fragmenty przepalanej siczki dodanej prawdopodobnie intencyjnie do masy z której wytwarzano cegły. B - mikroskopowy obraz ziarn kwarcu występujących w wypalonej i częściowo zeszlonej masie ilastej wałkowej cegły. Numerki na fot. pokazują miejsca wykonania analiz chemicznych EDS. Mikroskop skaningowy. Powiększenia wg. skali



A

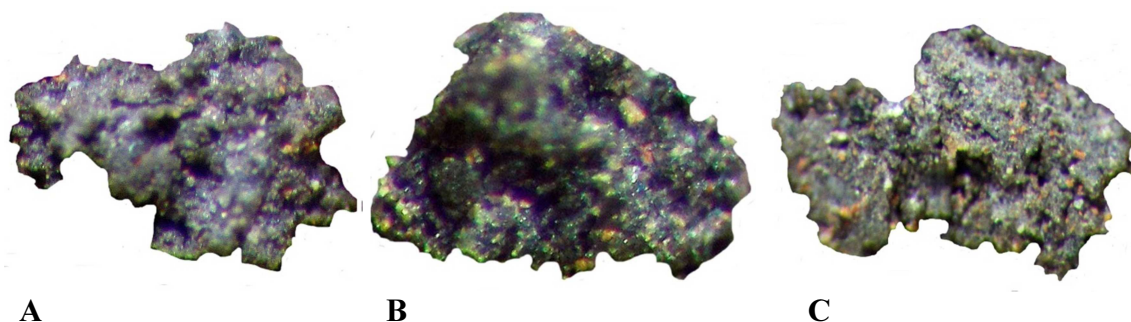
B

**Fig. 1** Widma energetyczne EDS pokazujące skład chemiczny obiektów obserwowanych przy pomocy mikroskopu skaningowego. A – do fot. 6 A - punkt 3 – widmo energetyczne odcisku siczki występującej w cegle wałkowej. B – do fot. 6 B – punkt 1 – widmo energetyczne ziarna materiału okruchowego występującego w cegle wałkowej (glinokrzemiany i krzemiany). Masa ceramiczna wyraźnie wzbogacona w Fe, Mg, K.

## Wyniki badań materiału znajdującego się między wałkowatymi cegłami (Kom W)

### Żużelki

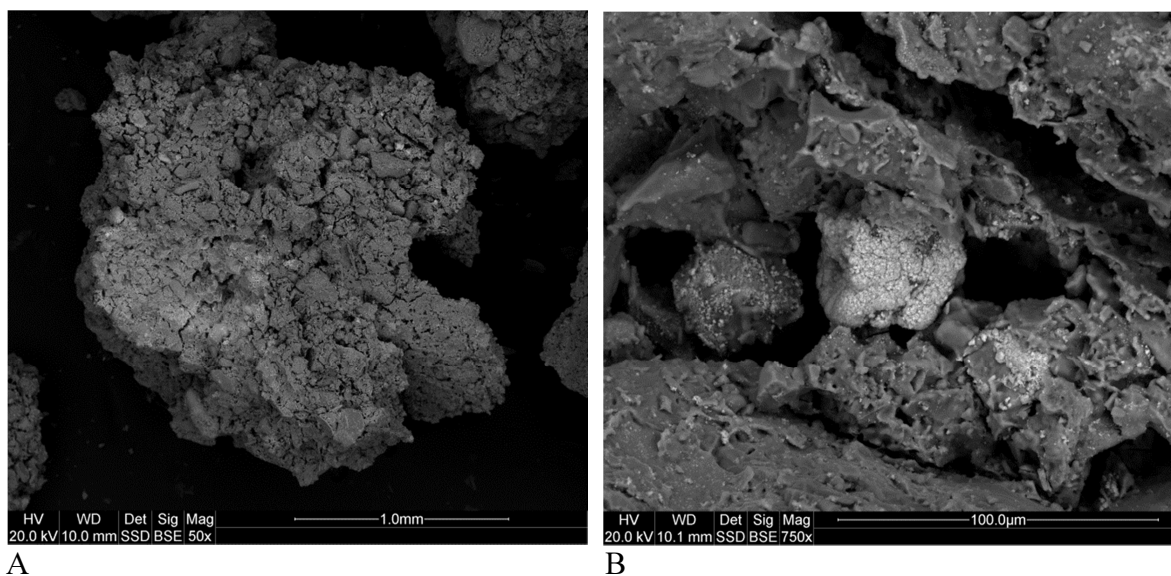
Szczegółowe obserwacje materiału otrzymanego po rozkruszeniu cegieł pozwoliły rozpoznać przy pomocy lupy binokularnej pojedynczych małych okruchów zeszlonych żużelków zawierających obok szkliska wtrącenia żelaza (Fot. 9).



Fot. 9 Przykłady żużelków z „browaru” z komu W. A – żużelek porowaty, bez metalicznych wtrąceń. B – żużelek z zielonymi mikroziarnami. C – żużelek z metalicznymi wprysnięciami. Lupa binokularna, powiększenie 40 x.

Obserwacje żużelków prowadzone przy pomocy mikroskopu skaningowego ujawniły już przy niewielkich powiększeniach, że w wałkowatych cegłach występuje częściowe spieczenie przepalonego materiału (Fot. 8 A). Z kolei badania prowadzone przy znacznie większych powiększeniach ujawniły występowanie w spieczony materiale okruchów metalicznego żelaza (Fot. 10, B, Fig. 2).

Obserwacja ta połączona z badaniami izotropizacji minerałów ilastych w cegłach sugeruje bardzo wysokie temperatury panujące w browarach, które mogły przekraczać nawet 1000° C.



Fot. 10 A – ogólny wygląd żużelka z „browaru” z komu W widziany przy małym powiększeniu. B – szczegóły budowy żużelka pokazanego na fot A. Jasny okruch

metalicznego żelaza z którego wykonano analizę EDS zamieszczoną poniżej. Mikroskop skaningowy, powiększenie wg. skali.

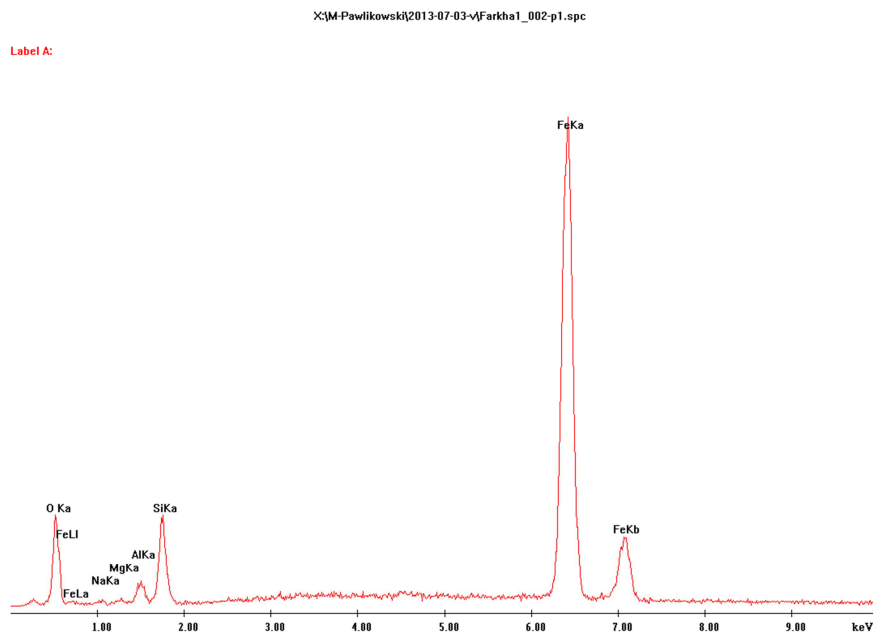
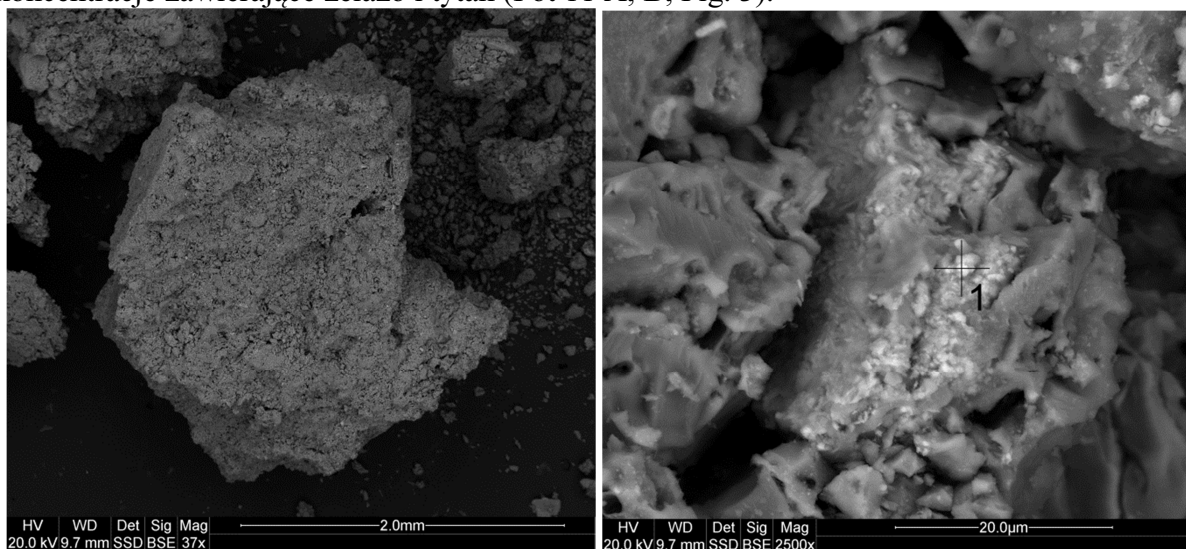


Fig. 2 Widmo EDS ziarna żelaza (czystego metalu, nie minerału) pokazanego na poprzedniej fotografii.

Zjawisko to potwierdzają analizy kilku fragmentów przepalonych cegieł w których obserwowano także nadtopienie minerałów ilastych jaki i rozproszone metaliczne koncentracje zawierające żelazo i tytan (Fot 11 A, B, Fig. 3).



Fot. 11 Żużelek z „browaru” z komu W. A – ogólny wygląd przepalonego materiału widziany przy małym powiększeniu. B - jasne plamki – koncentracje żelaza i śladów tytanu tkwiące z wnętrza przepalonego materiału pokazanego na fot. A. Krzyżyk (1) - pokazuje miejsce wykonania analizy chemicznej metodą EDS. Mikroskop skaningowy, powiększenie wg. skali.



Label A:

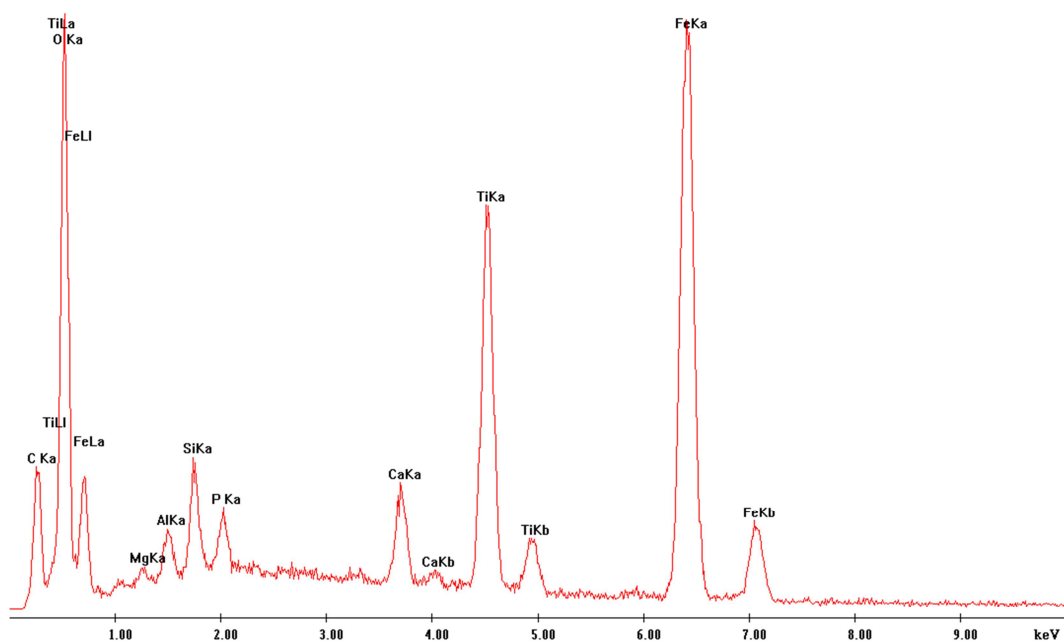
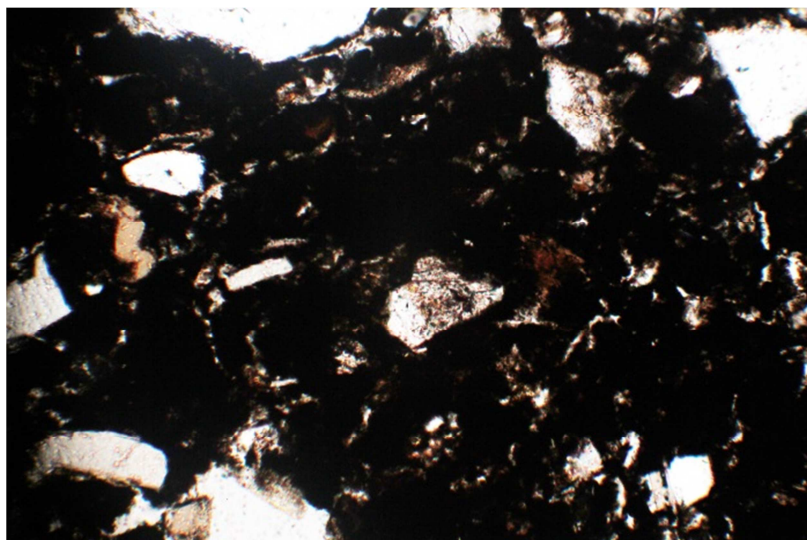


Fig. 3 Widmo EDS koncentracji żelaza i tytanu z przepalonego materiału z „browaru”, Kom W.

## Węgle

Węgielki, a właściwie pył węglowy znajdujący się w „browarze” z komu W znajduje się w przestrzeniach między wałkowatymi cegłami. Z obserwacji wynika, że obok typowych drobnych węgielków znajduje się tu głównie pył węglowy o drobnoziarnistej strukturze (Fot. 7). Współwystępuje on z przegrzаныmi ziarnami kwarcu. Obserwacje mikroskopowe wskazują, że jednym ze składników tego pyłu są uwęglone szczątki zboża (jęczmień?) co wskazuje, że do palenia w ‘browarze’ używano głównie słomy.



Fot. 12 Preparat mikroskopowy z materiału znajdującego się między wałkowatymi cegłami. pył węglowy (po spaleniu słomy?). Barwiący na czarno pył utrudnia identyfikację minerałów. Mikroskop polaryzacyjny, powiększenie 120 x, jeden polaroid.

### Wyjaśnienia i odpowiedzi na postawione pytania

Wykonane badania pozwalają na podjęcie próby odpowiedzi na postawione wcześniej pytani

Jeśli chodzi o wałkowate cegły z „browarów” to nie wykonywano ich klasyczną techniką taką jaką do dziś robi się cegły suszone. Nie używano form w których umieszczano materiał do wykonania cegły (Pawlikowski, Słowiczek 2012). Obserwacje morfologii cegieł i badania ich zewnętrznej i wewnętrznej struktury wskazują, że ten typ cegieł formowano wyciskając plastyczną masę ‘siltową’ (rozlasowany silt) przez otwór (Fig. 4). Dowodzą tego jednoznacznie liniowe ślady pozostałe na powierzchni cegieł (Fot. 6.), które obserwowano zarówno makroskopowo jak i mikroskopowo.

W mikroskopie w preparatach wykonanych z wałkowatych cegieł obserwowano charakterystyczny równoległy układ minerałów związany z kierunkowością formowania (wyciskania) masy plastycznej. Niektóre tak wykonane cegły były długie i miały ponad 60 cm, przy czym część z długich cegieł jest połamana.

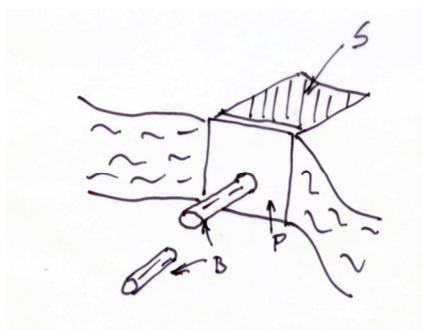


Fig. 4 Scheme of production of roller shape bricks. S - container filled up with soft silt (pressed down). P- gate with hole, B – bricks of roller shape with traces of squeeze

Dlaczego cegły o kształcie wałkowatym formowano inaczej niż zwyczajne cegły suszone? Prawdopodobnie było to związane z ich specyficzną funkcją omawianych obiektów – „browarów”.

Wydaje się, że cegiel tych nie wypalano klasycznie (w piecach), a wypalano je w omawianych obiektach „browarach”. Dowodzą tego „stojące” niemal pionowo cegły, które wypaliły się jedynie w części wystającej ponad powierzchnię terenu (Fot. 4).

Ilości węgla pozostającego w strukturach „browarów” są w stosunku do ilości wypalonych cegieł, znikome. Może się to przynajmniej częściowo wiązać z bardzo mocnym rozmyciem struktur przez przepływającą przez stanowisko i browary dosyć bystrą wodę. Występowania tego zjawiska dowodzą osady z naniesionym materiałem z „browarów” które rozpoznano między innym w geologiczny wykopie badawczym na skraju komu W (badania w roku 2002).

Zastanawiające jest przepalenie wielu cegieł w temperaturach grubo ponad 800°C co było trudne do uzyskania bez dodatkowego nadmuchu powietrza. Na tak wysokie temperatury wskazuje pojawienie się izotropowych faz powstałych w wysokich temperaturach z minerałów ilastych budujących pierwotny silt.

Cegły wałkowate wypalone zostały z pewnością z dostępem powietrza, ponieważ żelazo występuje w ceglach w formie związków zawierających  $Fe^{3+}$ . Powoduje ono zarówno zabarwienie samych cegieł jak i osadu pomiędzy nimi na kolor rudo - czerwony.

Zagadkowe jest występowanie wśród materiału występującego pomiędzy ceglami pojedynczych żużelków jak też metalicznego żelaza i żelaza z tytanem co stwierdzono badaniami SEM-EDS. Intersujący jest fakt rozkładu temperatur oznaczony na podstawie mikroskopowych badań cegieł. Wynika z nich, że w całych obiektach (browarach) temperatury były wysokie (do i prawdopodobnie nawet ponad 1000° C). Równocześnie rozkład temperatur w całej strukturze obiektów był mniej więcej równomierny.

Wydaje się, że w „browarach” przegrzane powinny być wyłącznie miejsca w których podgrzewane były kadzie z piwem tzn. w miejscach gdzie palono ogień. W innych miejscach temperatury wygrzania cegieł powinny być niskie lub powinny znajdować się cegły zupełnie nie wygrzane (nie mówiąc o wypaleniu).

Na pytanie: Jak i skąd wzięła się technologia wytwarzania i wypalania cegieł o wałkowatym kształcie, ? - chwilowo nie ma jednoznacznej odpowiedzi. Specyficzne układy cegieł ułożonych w formie „kanałów” doprowadzających z zewnątrz powietrze do ceglanych struktur wskazują na istotność doprowadzania powietrza do wnętrza „browarów” w celu uzyskania wysokich temperatur. Wydaje się to zbędne w browarach gdzie temperatury warzenia piwa powinny być umiarkowane. Zbyt intensywne grzanie kadzi z piwem spowodowałoby kipienie piwa, a w końcu jego wyparowanie.

Zakładając, że ceglane struktury „browaru” były pierwotnie uporządkowane można przypuszczać, że różnokierunkowość (chaos) w ułożeniu cegieł w „browarach” spowodowały wtórne zjawiska grzęźnięcia konstrukcji w podścielających siltach i piaskach, rozmiękłych w wyniku ich nawodnienia. Procesy różnokierunkowego grzęźnięcia struktur „browarów” doprowadziły do obecnie obserwowanego mocno zaburzonego i zdeformowanego obrazu konstrukcji.

Obserwacje zjawisk geologiczno – sedymentologicznych zarówno w samych browarach jak i równoczesnych z nimi sedymentach wskazują, że zostały one zniszczone przez dosyć bystro płynącą wodę. Ten gwałtowny i szybki przepływ wody spowodował wymycie z omawianych obiektów nawet wielkich fragmentów wałkowatych cegieł, węgla ale również fragmentów ceramiki. Obserwowano to np. w geologicznym w wykopie w zachodniej części komu W.

## Wnioski

Nietypowy wałkowaty kształt cegieł wykorzystanych w „browarach”, panujące w nich bardzo wysokie temperatury oraz obecność w ceglach ziarn czystych metali (żelazo, tytan i in.) jak też obecność mikrozupełków stawiają „browary” w rzędzie obiektów wyjątkowych. Otrzymane wyniki skłaniają to do stwierdzenia, że odkryte w Tel el Farka „browary” pozostają nadal tajemniczymi strukturami o nie w pełni wyjaśnionej genezie.

Biorąc pod uwagę wszystkie fakty i rezultaty wykonanych badań można przypuszczać, że omawiane struktury („browary”) to bardzo zniszczone piece ceramiczne, z których otoczenia i z samych pieców (jak wykazały badania geologiczne) bardzo szybko przepływająca woda usunęła wiele elementów w tym fragmenty cegieł (Pawlikowski 2005, 2010, 2013) węgla (Pawlikowski, Słowioczek 2015) ale też wypalanej ceramiki i in. Do takiej interpretacji skłaniają także kanały doprowadzające powietrze do wnętrza pieców, co byłoby zupełnie zbędne w przypadku browarów.

Zaburzone struktury i układy cegieł obserwowane w omawianych obiektach mogą sugerować, że miejscami wałkowate cegły były ustawione w ten sposób, że mogło między nimi łatwo przepływać nagrzane powietrze. Oznacza to, że tak ułożone cegły mogły pełnić rolę rusztu w piecach garncarskich.

Należy także stwierdzić, że przeprowadzone badania nie dały odpowiedzi na wszystkie postawione wcześniej pytania. Ujawniły jednak szereg nadzwyczaj interesujących problemów, których rozwiązanie jest możliwe jedynie w oparciu o kontynuację zarówno samych wykopalisk jak i badań specjalistycznych prowadzonych przez nauki dla archeologii pomocnicze, którymi bez wątpienia są mineralogii, petrografii i geochemii.

## Literatura

Chłodnicki M., Ciałowicz K., Mączyńska M., (ed.) 2012 Tel el Farkha I, Excavations 1998-2011. Poznań - Kraków, 437p..

Pawlikowski M., 2005 Reasons for the Predynastic-early dynastic transition in Egypt. Geological and climatic evidence. In: Hendrickx S., Friedman R.F., Ciałowicz K., Chłodnicki M., Egypt and its origin . Leuven -Paris-Dudley, MA 2004, 919-923.

Pawlikowski M., 2010 Tel el Farkha. Sedimentary structures.” Auxiliary Sciences in archaeology, preservation of relicts and environmental engineering. Auxiliary sciences in archaeology, preservation of relicts and environmental engineering. CD publication no 10. (Ed. M. Pawlikowski)

Pawlikowski M., 2013 Why are there very few archaeological sites of the Early Holocene in the Egyptian Nile Valley? Geological and geomorphological reasons. In: Noriyuki Shirai (ed.), Neolithisation of Northeastern Africa. Studies in Early Near Eastern Production, Subsistence, and Environment 16 (2) Berlin: ex Oriente. Springer, 83-96.

Pawlikowski M., Słowioczek E., 2012 Results of the mineralogical examination of the dried bricks from tombs and mastaba. Tell el-Farkha Archaeological Excavation Site. The Nile Delta. Egypt. Auxiliary sciences in archaeology, preservation of relicts and environmental engineering. CD publication - no 11. (Ed. M. Pawlikowski)

Pawlikowski M., Wasilewski M., 2012 Geology, sedimentology, mineralogy. W: Tel el Farkha I, (ed.) Chłodnicki M., Ciałowicz K., Mączyńska M., Poznań - Kraków. str. 375-383.

Pawlikowski M., Słowioczek E., 2013 Mineralogical investigation of sorption of charcoal from archaeological site Tel el Farkha. Nile Delta. Egypt. W: Ratajczak, G, Rzepa, T. Bajda (Ed.). Sorbenty mineralne, 327-346.

Pawlikowski M., Słowioczek E., 2016 Test results of fine sediments fractions from the Tel el Farkha archaeological site. Nile Delta. Egypt. Studies in ancient art and civilization no. 19, str. 41-56.