

UNIWERSYTET IM. ADAMA MICKIEWICZA W POZNANIU Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych

Marta Węcławska

Moździerze, amfory oraz wybrane typy ceramiki użytkowej z Tel Akko (północny Izrael, południowa Fenicja) z epoki żelaza i okresu perskiego: ich produkcja lokalna lub importy w perspektywie badań petrograficzno-chemicznych

> Praca doktorska wykonana pod kierunkiem: prof. UAM dr hab. Jacka Michniewicza oraz prof. dr hab. Jolanty Młynarczyk

Poznań, 2023

Praca doktorska została przygotowana w ramach projektu "GEO+: wysokiej jakości program studiów doktoranckich realizowany na Wydziale Nauk Geograficznych i Geologicznych Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu nr POWR.03.02.00-00-1039/16", który jest współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój (PO WER), Osi priorytetowej III Szkolnictwo wyższe dla gospodarki i rozwoju, Działania 3.2. Studia doktoranckie.

Podziękowania

W pierwszej kolejności chciałabym podziękować mojemu promotorowi – Panu profesorowi Jackowi Michniewiczowi – za wprowadzenie mnie w zagadnienia petrografii ceramiki, za to, że uwierzył we mnie i namówił do podjęcia wyzwania, jakim było rozpoczęcie studiów doktoranckich.

Bardzo dziękuję promotorce – Pani profesor Jolancie Młynarczyk – za przekazaną wiedzę, czas poświęcony na dyskusję oraz przekazanie ogromnego entuzjazmu badawczego.

Przede wszystkim dziękuję rodzinie – za wsparcie, wyrozumiałość i motywację.

Spis treści

Spis treści
1. Wstęp
1.1. Przedmiot badań i cel pracy 5
2. Akko – historia
2.1. Tel Akko – kontekst archeologiczny
2.2. Chronologia stanowisk archeologicznych południowego Lewantu oraz ceramiki przeznaczonej do badań
2.3. Położenie i paleogeografia Akko (epoka holocenu) 10
3. Geologia regionu
3.1. Litologia i stratygrafia 15
3.2. Gleby Galilei jako potencjalny surowiec ceramiczny
3.2.1. Kwestia piasku przybrzeżnego
4. Zastosowana metoda
4.1. Analiza petrograficzna
4.2. Zastosowany opis petrograficzny
4.3. Analiza chemiczna
4.4. Skaningowy mikroskop elektronowy
4.5. Interpretacja matematyczna
5. Wyniki badań
5.1. Moździerze (mortaria)
5.1.1. Wyniki badań moździerzy 28
5.1.2. Podsumowanie badań petrograficznych moździerzy
5.1.3. Wyniki badań chemicznych moździerzy
5.1.3.1. Dyskusja wyników badań chemicznych moździerzy
5.1.4. Podsumowanie wyników badań chemicznych i petrograficznych moździerzy
5.2. Naczynia zasobowe (Storage jars)
5.2.1. Wyniki badań petrograficznych naczyń zasobowych 52
5.2.2. Podsumowanie petrografii naczyń zasobowych 61
5.3. Inne rodzaje ceramiki użytkowej z Tel Akko 63

5.3.1. Garnki do gotowania i tace do pieczenia chleba (cooking pots & baking trays)
5.3.1.1. Wyniki badań garnków i tac do pieczenia 67
5.3.2. Lampki oliwne – oil lamps
5.3.2.1. Wyniki badań lampek oliwnych
5.3.3. Miski i kratery (bowls & kraters)
5.3.3.1. Wyniki badań naczyń typu miski i kratery
5.3.4. Pozostałe naczynia ceramiczne
5.3.5. Podsumowanie – pozostała ceramika użytkowa
6. Analiza wyników badań chemicznych zbioru próbek z Tel Akko
7. Konkluzje
Bibliografia
Lista Figur 112
Lista Tabel
Aneks I – dokumentacja fotograficzna 116
Dokumentacja fotograficzna – moździerze 117
Dokumentacja fotograficzna – naczynia zasobowe
Dokumentacja fotograficzna – garnki i tace do pieczenia
Dokumentacja fotograficzna – lampki oliwne 128
Dokumentacja fotograficzna – miski i kratery129
Dokumentacja fotograficzna – pozostałe134
Aneks II – Wyniki badań chemicznych 136
Aneks III – Wyniki badań SEM-EDS 141

Aneks IV – Sugerowana proweniencja – podsumowanie 153

1. Wstęp

Kooperacja nauk o ziemi z archeologią ma swoją ugruntowaną historię, współpraca tych dyscypliny łączy się w pojęciach takich jak archeometria i geoarcheologia. Pojęcia archeometrii i geoarcheologii są bliskoznaczne i funkcjonują głównie na gruncie międzynarodowym, dodatkowo na gruncie polskim istnieje również pojęcie petroarcheologii. Archeometria to dziedzina nauki, w której badacze stosują techniki i metody z nauk fizycznych, chemicznych, biologicznych i nauk o Ziemi oraz inżynierii w celu rozwiązania pytań i problemów archeologicznych (Wells 2014). Geoarcheologia wykorzystuje metody, teorie i bazę wiedzy nauk o Ziemi do rozwiązywania problemów archeologicznych (Hill i Rapp 2014), z kolei petroarcheologia skupia się na badaniach surowca skalnego.

W przedstawionym opracowaniu próbki o charakterze archeologicznym zostaną poddane badaniom i analizie przy pomocy metod oraz wiedzy z zakresu geologii i nauk o Ziemi.

1.1. Przedmiot badań i cel pracy

Przedmiotem badań są 104 próbki ceramiki ze stanowiska archeologicznego w Tel Akko w północnym Izraelu. Pochodzą one z wykopalisk prowadzonych w ramach projektu Tel Akko Total Archaeology przez Ann E. Killbrew (Uniwersytet Stanowy Pensylwanii) oraz Michal Artzy (Uniwersytet w Hajfie). Wytypowane przez Archeologów reprezentatywne próbki zostały pobrane podczas dwóch sezonów wykopaliskowych w 2017 oraz 2019 roku.

Przebadany zbiór jest niejednorodny i stanowią go naczynia ceramiczne o różnej funkcji oraz kształcie, co zwykle ma odzwierciedlenie w rodzaju surowca. W badanym zbiorze wyróżniamy naczynia takie jak moździerze (ang. *mortarium* – 20 próbek), naczynia zasobowe (ang. *storage jar* – 24 próbki), garnki do gotowania oraz tace do pieczenie (ang. cooking pot i ang. backing tray – 17 próbek), miski i kratery (ang. *bowls* – 27 próbek i ang. *kraters* – 3 próbki), lampki oliwne (ang. *oil lamps* – 3 próbki), oraz inne naczynia użytkowe (10 próbek). Większość próbek pochodzi z epoki żelaza II i epoki żelaza III, cztery próbki pochodzą z okresu perskiego a dwie z hellenistycznego. Próbki pobrane podczas sezonu 2017 mają nadany numer laboratoryjny – liczbę arabską, próbki z sezonu 2019 – liczbę arabską z litera A

Głównym celem prezentowanych badań było określenie regionu z którego pochodzi materiał wykorzystany do wyrobu ceramiki, w szczególności odróżnienie ceramiki wytwarzanej lokalnie od ceramiki pochodzącej z importujak też określenie zmienności surowca pomiędzy poszczególnymi typami naczyń.

2. Akko – historia

Obecnie oficjalną nazwą miasta jest Akko, przez miejscowych często określane jako Akka (Artzy 2015). Najstarsza część starożytnego Akko leżała na wzgórzu na wschód od dzisiejszego miasta. Wzgórze "Tel Akko" – zwane także Tell¹ el-Fukhar (tłumaczone na język angielski jako: "the Mound of Potsherds" – "Wzgórze Skorup") – w starożytności umiejscowione było na skrzyżowaniu dwóch ważnych szlaków handlowych: Via Maris (szlak wzdłuż wybrzeża) oraz szlaku wiodącego nad Morze Śródziemne z Syrii i Transjordanii. To właśnie dzięki temu położeniu, na początku II tysiąclecia p.n.e., stało się ono jednym z wiodących miast na wybrzeżu Lewantu (Dothan 1993).

Najstarsze ślady osadnictwa w Tel Akko są datowane na okres III tysiąclecia p.n.e. Akko jest często wspominane w egipskich dokumentach z epoki późnego brązu, jak również w listach z Amarny², co dowodzi, iż odgrywało ważną rolę polityczną, np. w sporach pomiędzy miastami Kanaanu. Dokumenty ugaryckie i akkadyjskie świadczą także o dużej wadze Akko jako miasta portowego (Dothan 1993). W Biblii Akko bezpośrednio wspomniane jest w Księdze Sędziów 1:31, natomiast zgodnie z innymi zapisami (1 Księga Królewska 9:11-13 i 2 Księga Samuela 24:7) Królestwo Izraela rozciągało się aż do twierdzy Tyr. Można z tego wnioskować, że w czasie panowania Dawida i w początkowym okresie panowania Salomona Akko należało do zjednoczonego królestwa Izraela. W drugiej fazie epoki żelaza (VIII i VII w. p.n.e.) Akko było znaczącym miastem fenickim. Źródła greckie wskazują, że w czasach Kambyzesa było jednym z ważnych ośrodków militarnych i administracyjnych imperium perskiego (Artzy i Beeri 2010). W 332 r. p.n.e. miasto zostało zajęte przez Aleksandra Wielkiego, w ten sposób rozpoczynając w nim okres hellenistyczny (Dothan 1976; Dothan 1993).

W odpowiedzi na zmieniającą się linię brzegową (por. rozdział 2.3.), miasto – znane od początków III w. p.n.e. jako Ptolemais – przesunęło się na zachód na miejsce, w którym obecnie znajduje się współczesne Stare Miasto Akko. Po muzułmańskim podboju regionu w VII w. n.e., została przywrócona oryginalna hebrajska nazwa Akko. Na początku XII w. n.e. miasto – nazywane przez europejskich krzyżowców Acre (Akra) – po raz kolejny zaczęło służyć jako węzeł morski i główny port. Po poddaniu przez krzyżowców Jerozolimy Saladynowi w 1187 r., Acre zostało stolicą Królestwa Jerozolimskiego (pozostało nią do 1291 r.) i jego najbogatszym miastem, ustępując zamożnością jedynie Konstantynopolowi. Akko, po podboju ottomańskim w 1516 r., zaczęło odzyskiwać swoją wagę w regionie. W drugiej połowie XVIII w. zostało stolicą prowincji Sydonu, będącej we władaniu Paszy Ahmada al-Jazzara, który rozwinął Akko w ośrodek polityczny i militarny, zdolny pokonać wojska Napoleona w 1799 r. (Killbrew et al., 2017).

¹ Hebrajskie *tel* lub arabskie *tall*, słowo oznaczające wzgórze, jest wkomponowane w wiele współczesnych nazw miejscowości na terenie Izraela, w kontekście archeologii Bliskiego Wschodu tell to wzgórze powstałe przez nagromadzenie pozostałości związanych z osadnictwem.

^{2 380} glinianych tabliczek odnalezionych w el-Amarna na południe od Kairu. Tabliczki zostały zapisane pismem klinowym w języku akadyjskim, stanowiły część korespondencji dyplomatycznej faraonów Amenophisa III i Amenophisa IV (Echnaton) z XIV wieku p.n.e. Większość listów wysłano do Egiptu z państw zachodnioazjatyckich i miast kananejskich (Goren i in. 2002; Goren i in. 2004).

Upamiętnienie tego wydarzenia odnajdujemy dzisiaj w fakcie nazywania Tel Akko Wzgórzem Napoleona. Późniejsza historia Akko była równie burzliwa: po zniszczeniu miasta podczas wojny egipsko-ottomańskiej w 1840 r., zostało odbudowane przez Turcję. Ostatecznie, po zakończeniu I wojny izraelsko-arabskiej (1948 r.), miasto znalazło się na terytorium współczesnego Izraela. Wartym wspomnienia jest fakt, że od 2001 r. Stare Miasto Akko zostało wpisane na listę światowego dziedzictwa UNESCO (Killebrew i in. 2017).

2.1. Tel Akko – kontekst archeologiczny

Pierwsze wykopaliska w Tel Akko zostały przeprowadzone w latach 1973-1989 przez Moshe Dothana i zespół z Uniwersytetu w Hajfie, we współpracy z Diethelmem Conradem z Uniwersytetu w Marburgu (Dothan 1976, 1993). Przebadano wówczas jedenaście sektorów: pięć w części północnej telu (A, AB, B, F, H), jeden na północnym- wschodzie (K), jeden sektor w części zachodniej (G) oraz cztery (C, P, PH i S) w środkowej i południowej części telu (Figura I). Po trwającym niemal dekadę zawieszeniu badań, krótki sezon został przeprowadzony w roku 1999 pod przewodnictwem Michal Artzy i Ann E. Killbrew. Określono wówczas, że Akko było zamieszkiwane w sposób ciągły już od epoki wczesnego brązu aż do wczesnego okresu hellenistycznego. W 2010 r. w Tel Akko rozpoczęto nową serię wykopalisk w ramach projektu *Tel Akko Total Archaeology*. Badania te były prowadzone przez Ann E. Killbrew (Uniwersytet Stanowy Pensylwanii) oraz Michal Artzy (Uniwersytet w Hajfie) (Olson i in. 2013).

Efekt prac wykopaliskowych przeprowadzonych przez Dothana w latach 1973-1989

Aktualnie przyjmuje się, że najwcześniejsze pozostałości architektoniczne w Tel Akko pochodzą z okresu środkowego brązu - z tego okresu pochodzi, niewiele wyższy niż naturalne wzgórze, wał ziemny, na którego szczycie zbudowano mur obronny. Pod koniec tej epoki mury zostały przedłużone na południe, zachód i prawdopodobnie na wschód. Wał osiągnął wysokość 22 metrów i szerokość 60 metrów, część północna została wzmocniona, wzniesiono tzw. "Bramę Morską" (Dothan i Raban 1980), a na szczycie wzgórza powstała ceglana twierdza. Przez wzgląd na naturalną barierę, jaką stanowiło morze, mury obronne były niższe po stronie zachodniej i południowo-zachodniej (Artzy i Beeri 2010). Wśród pozostałości datowanych na epokę późnego brązu, główną rolę odgrywają budowle rzemieślnicze i rolnicze takie jak kamienne silosy. Na stanowisku A odkryto dużą kamienną strukturę, zawierającą grubą warstwę pokruszonych muszli ślimaków typu Murex, co wskazuje na prawdopodobne miejsce wytwarzania purpurowego barwnika. Podobnego odkrycia dokonano również na stanowisku F. Na stanowisku G odnaleziono pozostałości kamiennych ścian, sugerujących istnienie w tej części ogromnego budynku (Dothan 1993). Według Dothana, pozostałości tych budowli świadczą o tym, że miasto dobrze prosperowało, a znaleziska ceramiki cypryjskiej i mykeńskiej świadczą o powiązaniach handlowych z Cyprem i rejonem Morza Egejskiego (Dothan 1993).

W okresie przejściowym, między epoką brązu a epoką żelaza, mieszkańcy Akko zajmowali się rzemiosłem – znamienne jest to, że budynki są wzniesione na murach, które utraciły charakter obronny. Archeolodzy odkryli, pochodzące z tego okresu, pozostałości po piecach do wypału ceramiki i ślady dawnego przemysłu farbiarskiego. W początkowej fazie epoki żelaza Akko utraciło pozycję centrum administracyjnego na rzecz pobliskiego Tell Keisan (Artzy i Beeri 2010), świadczą o tym między innymi niewielkie pozostałości architektoniczne z tego okresu. Odkryto piec do wypału ceramiki oraz zauważono, że niektóre budowle z wcześniejszej epoki zostały ponownie wykorzystane (Dothan 1993).

W środkowej i późnej części **epoki żelaza** zaczęły powstawać nowe budowle W sektorze A większość z nich miała charakter mieszkalny, powstał tu również kamienny mur biegnący ze wschodu na zachód – pełnił on funkcję muru oporowego i wzmacniał zbocze. W sektorze H odkryto kamienną zabudowę stanowiącą prawdopodobnie część systemu obronnego miasta. W sektorze K, gdzie większość znalezisk jest datowana na epokę żelaza, odsłonięto część budynków mieszkalno-warsztatowych oraz owalny piec z cegły z podtrzymującą kolumną wewnątrz i otynkowany od strony zewnętrznej (Dothan 1993).

W okresie perskim Akko ponownie zyskało na znaczeniu i było dobrze prosperującym miastem portowym (Dothan 1993; Artzy i Beeri 2010). Centrum administracyjne przesunęło się bliżej portu. W sektorze A odkryto duży budynek użyteczności publicznej z dziedzińcem i zespołem pomieszczeń, zbudowany z ciosanych kamieni. W tymże budynku znaleziono również ceramikę z Attyki oraz przedmioty kultu. Silny wpływ kultury greckiej jest widoczny szczególnie w zabudowaniach zlokalizowanych w sektorze F, gdzie wśród licznych znalezisk ceramicznych odkryto naczynie o dekoracji czerwonofigurowej, przedstawiające Herkulesa (Dothan 1993; Artzy i Beeri 2010). W okresie hellenistycznym miasto przeżywa okres rozwoju i dobrobytu, pojawiają się duże ilości importowanej ceramiki, jak również przedmioty kamienne i metalowe (Dothan 1993; Artzy i Beeri 2010). Liczne piece kuchenne zlokalizowane w sektorze A wskazują, iż był to obszar głównie mieszkalny. Wyjątkiem jest tutaj budynek administracyjny wzniesiony na bazie wcześniejszej budowli z okresu perskiego. Według Dothana osada hellenistyczna została zniszczona i opuszczona pod koniec II wieku p.n.e. (Dothan 1993).

Wykopaliska wznowione w 2010 r. przez Killbrew i Artzy mają na celu: udokumentowanie i uzupełnienie prac wykopaliskowych nieopublikowanych przez Dothana, zbadanie epoki brązu i epoki żelaza pod kątem roli Akko jako ośrodka handlu i transportu morskiego, zbadanie skali wpływu imperium babilońskiego na Lewant w późnej epoce żelaza oraz opracowanie i udoskonalenie nowych technik dokumentacyjnych (Killebrew i Olson 2014; Killebrew i Quartermaine 2016). W sezonach 2013 i 2014 kontynuowano prace wykopaliskowe w niepublikowanym wcześniej sektorze A/AB. W kontekście perskim i późnej epoki żelaza odkryto ogromne ilości żużla żelaznego. Obecność i wygląd palenisk oraz znaczne ilości żelaznych łusek świadczą o tym, że w tym okresie w Akko obrabiano metal na dużą skalę (Killebrew i Quartermaine 2016).



Figura 1. Mapa Tel Akko z zaznaczonymi obszarami wykopalisk. Źródło: (Artzy i in. 2021)

2.2. Chronologia stanowisk archeologicznych południowego Lewantu oraz ceramiki przeznaczonej do badań.

Epoka żelaza na obszarze Lewantu rozpoczęła się ok. 1200 roku p.n.e. wraz z końcem dominacji Egiptu i dzieli się na epokę żelaza I, II i III (Tabela I). Początek epoki żelaza II wyznacza rozprzestrzenienie się ceramiki typu *"red slipped wares, hand burnished"* na terenie Lewantu i *"black on red"* na terenie Cypru (Sharon 2014).

Początek dominacji Egiptu nad Lewantem rozpoczął się w późnej epoce brązu i trwał do początku epoki żelaza. W środkowej epoce żelaza, między 911 a 632 rokiem p.n.e., teren Lewantu znajdował się pod wpływem imperium neoasyryjskiego (Schneider 2014). Pod koniec VII wieku p.n.e. Egipt ponownie na krótko odzyskał dominację, by na początku końcowej epoki żelaza stracić ją na rzecz imperium babilońskiego (626-539 p.n.e.) (Schneider 2014). W roku 539 p.n.e. perski król Cyrus Wielki pokonuje ostatniego babilońskiego króla Nabonidusa i tym samym rozpoczyna się okres perskiej dominacji nad regionem (Elayi 2014).

Okres r	zymski	64 p.n.e337
Okres hell	enistyczny	332-64 p.n.e.
Okres	perski	532-332 p.n.e.
	Ш	604-539 p.n.e.
Epoka żelaza	Ш	1000-604 p.n.e.
	I	1150-1000 p.n.e.
	późna	1550-1150 p.n.e.
Epoka brązu	środkowa	2000-1550 p.n.e.
	wczesna	3100-2000 p.n.e.

Tabela 1. Uproszczona chronologia stanowisk archeologicznych południowego Lewantu (Bettles 2003; Sharon 2014).

W zbiorze próbek ceramiki z Tel Akko przeznaczonym do badań, większość reprezentuje epokę żelaza II i III, cztery próbki zostały rozpoznane jako pochodzące z okresu perskiego a dwie z hellenistycznego.

Spośród moździerzy, 9 próbek pochodzi z epoki żelaza II (próbki nr: 37, 38, 17A, 18A, 19A, 20A, 22A, 23A, 24A, 29A), 7 próbek z epoki żelaza III (próbki nr: 3A, 4A, 6A, 7A, 8A, 11A, 14A), jedna próbka z okresu perskiego (nr 42). Ze względu na charakter czerepu wiek dwóch próbek moździerzy nr 4 i 39 nie został określony.

Wśród próbek naczyń zasobowych, 9 próbek reprezentuje epokę żelaza (VII, VII/VI wiek p.n.e.; próbki nr: 9, 36, 49, 50, 54, 63, 73, 88, 25A) , 7 próbek pochodzi z VI i IV/V wieku p.n.e. co odpowiada przełomowi epoki żelaza III i okresu perskiego, (próbki nr: 53, 65, 98, 16, 27, 74, 85).

Spośród garnków i tac 5 próbek (próbki nr: 11, 28, 29,30, 90,91) reprezentuje epokę żelaza II; jedna próbka epokę żelaza III (próbka 12A); do okresu perskiego należą próbki nr 24 i 80; do okresu hellenistycznego próbki nr 33 i 43.

W zbiorze misek i kraterów 9 próbek należy do epoki żelaza II (próbki nr: 23, 25, 26, 55, 56, 58, 61, 94), do epoki żelaza III należy 7 próbek, które nie zostały przypisane wiekowo³.

2.3. Położenie i paleogeografia Akko (epoka holocenu)

Tel Akko położone jest nad zatoką Hajfy, na północno-zachodnim krańcu Równiny Zevulun – powstałej jako rów tektoniczny, którego południową granicę stanowi uskok Karmelu, a północną uskok Ahihud (fig) (Zviely i in. 2006; Zilberman i in. 2011).

³ Typologię i wiek naczyń została określona przez prof. Jolantę Młynarczyk.

Zmiany następujące w kształcie linii brzegowej współczesnego Izraela miały duże znaczenie dla osadnictwa i były przyczyną relokacji Akko. Brzeg uległ wyraźnym zmianom w epoce holocenu, czyli od czasu pojawienia się najstarszych śladów osadnictwa.

Na końcu plejstocenu i na początku holocenu linia brzegowa znajdowała się w odległości około 20 km na zachód od obecnej. Następnie przesuwała się w kierunku wschodnim, by około 3000-4000 lat temu osiągnąć swój maksymalny zasięg (na obszarze zatoki Hajfy) (Figura 2). Studia paleogeograficzne oraz archeologiczne dowodzą, że swój obecny zakres i kształt linia wybrzeża osiągnęła około 2000-2500 lat temu. (Galili et al. 2005; Zviely et al. 2006; Giaime et al. 2018). W epoce brązu, w momencie zasiedlania wzgórza, warunki hydrologiczne i środowiskowe były odmienne od dzisiejszych - było ono otoczone wodą od strony południowej i południowo-wschodniej (Inbar and Sivan 1983; Zviely et al. 2006). Badania paleogeograficzne wykazały, że rzeka Na'aman płynęła wokół południowej strony wzgórza, podczas gdy obecnie znajduje się około 700 metrów na południe (Inbar and Sivan 1983). W epoce brązu około 5200-5600 lat temu linia brzegowa Równiny Zevulun przesunęła się na zachód, co wyznaczają pasma kopalnych, zdiagenezownych wydm (eolianitów) zwanych kurkarami. Na Równinie Zevulun nie znaleziono do tej pory żadnych archeologicznych dowodów, wskazujących na migrację wybrzeża na zachód w okresie ostatnich 3000 lat – wyjątkiem są tu obszary Tel Akko i Tel Abu Hawam (Galili et al. 2005; Zviely et al. 2006). Duże ilości piasku kwarcowego, które nagromadziły się w ciągu ostatnich 3000 lat, wskazują, że zatoka Hajfy służyła jako końcowy basen depozycyjny dla osadów nilowych (Zviely et al. 2006) (zob. Kwestia piasku przybrzeżnego). Większość przedholoceńskich jednostek litologicznych na obszarze Zatoki Hajfy nie jest odsłonięta. Wyjątek stanowią poziomy kopalnych wydm (arab. kurkar) przewarstwionych poziomami czerwonych piaszczystych gleb zwanych hamra. Tworzą one trzy morfologiczne progi, z których dwa znajdują się pod wodą, a trzeci przebiega wzdłuż aktualnej linii brzegowej. W budowie tych struktur są wyróżniane dwa główne poziomy. Plio-plejstoceński poziom dolny, poza wyjątkami nieodsłonięty zwany kurdani, oraz poziom górny, późnoplejstoceński, który jest powszechnie dostępny.

Kurdani są jednorodne, barwy czerwonobrązowej i zawierają kawerny wypełnione piaszczysto-ilastą zwietrzeliną (*hamrą*). Młodsze *kurkary* są barwy żółto-brązowej i także są przedzielone poziomami gleb kopalnych. Ponadto są bogate w skamieniałości: mięczaki, kolce echinoidea, otwornice i algi (Zviely i in. 2006). Jedną z nielicznych wychodni kurdani jest wzgórze, na którym powstało Akko (Sivan i in. 1999; Zviely i in. 2006; Zviely i in. 2007). Wyeksponowana sekwencja składa się z naprzemiennych warstw gruboziarnistych piaskowców, bogatych we fragmenty muszli oraz warstw drobnego i dobrze wysortowanego piasku (Sivan i in. 1999).

Badania geoarcheologiczne potwierdzają, że od początku II tysiąclecia (środkowej epoki brązu) Tel Akko było ważnym portem i ośrodkiem handlowym. Istniały wówczas dwie przystanie morskie: jedna na południu, druga na zachodzie telu. Stanowisko południowe było lepiej osłonięte i znajdowało się przy ujściu rzeki Na'aman, zachodnie zaś służyło prawdopodobnie do wciągania łodzi na brzeg.

W okresie perskim ujście rzeki zaczęło wypełniać się osadami i przystań zachodnia stała się głównym miejscem kotwiczenia.

W okresie hellenistycznym wzgórze zostało porzucone i osadnictwo przeniosło się w miejsce współczesnego Starego Miasta Akko (Giaime i in. 2018; Artzy i in. 2021)



Figura 2. Uproszczona mapa przedstawiająca zmiany linii brzegowej i lokalizację Tel Akko według (Giaime i in. 2018).

3. Geologia regionu

W skali regionalnej, Akko położone jest na obszarze zachodniej (dolnej) Galilei⁴ stanowiącej część Lewantu – obszaru zajmującego wschodnią, azjatycką część basenu Morza Śródziemnego. Aktualna, kontynentalna krawędź południowego Lewantu jest kopalną krawędzią pasywną (szelfem) płyty afrykańskiej. Odsłonięte sekwencje skalne pochodzą z okresu od kredy do holocenu i są w większości zdominowane przez morską sedymentację węglanową, której litologia stanowi odzwierciedlenie głębokości zbiornika (Figura 3). Następujące po sobie warstwy wapieni, dolomitów, kredy i margli – stanowią zapis zmiennych warunków eustatycznych związanych z okresami pogłębiania, względnie spłycania basenu.

Wczesnokredowa faza subsydencji i transgresji spowodowała powstanie płytkiego morza w warunkach platformy morskiej, przebiegającej w pasie równoległym do wybrzeża od Syrii i Libanu przez Izrael, północny Synaj po Egipt.

Wczesnokredowa faza subsydencji i związanej z tym transgresji morskiej na lądowe, dolnokredowe podłoże reprezentowane przez piaskowce formacji Kurnub, spowodowała powstanie płytkiego basenu stanowiącego szelf kontynentu afrykańskiego.

Od górnej kredy do późnego paleogenu kompresja spowodowana zamykaniem Oceanu Neotetydy, spowodowała fałdowanie skał tego obszaru, tym samym rozwój *syryjskiego łuku fałdowego* – asymetrycznych antyklin oraz synklin przebiegających diagonalnie, względem północy na przestrzeni 1000 km od Półwyspu Synaj (Egipt), poprzez Pustynię Negev, Judeę, Samarię, Góry Antylibanu po Góry Palmyra. Powstanie w eocenie ryftu Morza Czerwonego i związanego z nim poprzecznego rozłamu – uskoku transformującego Morza Martwego – doprowadziło do rozcięcia łuku syryjskiego. Jednocześnie powstała strefa uskoków i rowów tektonicznych, względem których nastąpiło przesunięcie Półwyspu Arabskiego o 100 km na północ względem półwyspu Synaj. Efektem tego procesu jest powstanie zatoki Akaba, zapadlisk Morza Martwego, Jeziora Galilejskiego, zarazem wypiętrzenie Wzgórz Golan oraz niezwykle intensywna aktywność wulkaniczna (Walley 1998) (Figura 2). Towarzyszące tym ruchom siły kompresji wyniosły bloki łuku syryjskiego, w tym masyw Karmelu, i utworzyły zapadliska – w tym Dolinę Jezreel (Schattner i Ben-Avraham 2007; Segev i Rybakov 2010a).

Od wczesnej do późnej kredy (Turonu) obszar Lewantu był silnie dotknięty działalnością pióropusza płaszcza, który prawdopodobnie był zlokalizowany pod północnym Izraelem oraz w pasie fałdowym Palmyra w Syrii. W tym okresie wystąpiły cztery epizody magmowe (wulkanizm Tayasir, Elije, Ramon oraz Karmelu) (Segev 2009). Jednostki wulkaniczne znajdują się w obrębie 2000 metrów skał węglanowych należących do grup Kurnub i Judea (Tabela 2) (Segev i Rybakov 2010a; Segev i Rybakov 2010b).

⁴ Tel Akko w ujęciu historycznym, (kulturowo) należało do południowej Fenicji.

W późnej kredzie na skutek konwergencji płyt tektonicznych i formowania syryjskiego łuku fałdowego powtały baseny wypełnione osadami kredy i margla grupy Mount Scopus. (Walley 1998; Flexer i Yellin-Dror 2009).

Od górnej kredy (późnego mastrychtu) do późnego eocenu nastąpił okres spoczynku tektono-magmatycznego trwający około 25 milionów lat. W tym czasie subsydencja płyty arabskiej spowodowała największą transgresję od czasów jurajskich, powstawały osady grupy Avedat reprezentowane przez pelagiczną kredę oraz poziomy pelagicznych wapieni (Segev i Rybakov 2010b).

Pomiędzy eocenem a wczesnym miocenem wpływ pióropusza płaszcza wywołał subsydencję termalną północnej części płyty afrykańsko-arabskiej. Od wczesnego miocenu do dziś, aktywna granica uskoku transformacyjnego Morza Martwego jest przyczyną przesunięcia około 100 km wzdłuż granicy płyt (Schattner i in. 2006).

W pliocenie, na równinie przybrzeżnej, ponowne gwałtowne podniesienie poziomu morza spowodowało osadzanie się niebieskszarych łupków ilastych i margli (formacja Yafo) o miąższości około 1000 m (Avisar i in. 2002, Segev i Rybakov 2010a).



Figura 3. Uproszczona mapa tektoniczna regionu, DSF – uskok transformacyjny Morza Martwego. Źródło: (Walley 1998).





3.1. Litologia i stratygrafia

Jednostki stratygraficzne w Galilei są przedstawione w Tabeli 2.

Grupa Kurnub – piaskowce, łupki i wapienie wieku dolnej kredy (Flexer i Yellin-Dror 2009). Na terenie Izraela osady tej grupy odsłaniają się w górnej części Doliny Jordanu i wschodniej Samarii. Grupa ta jest ważna jako potencjalny surowiec dla ceramiki wykonywanej w południowym Izraelu (Porat 1989; Michniewicz 2009).

Grupa Judea – to osady wieku kredowego (Cenomanian–Turonian) (Figura 3) powstałe w środowisku płytkomorskim – na terenie Izraela, reprezentowane głównie przez wapienie i dolomity z czertem oraz margle (Sneh 2008). Odpowiednikami na terenie Libanu są formacja Sannine (kreda i margiel, lokalnie z krzemionką i fosforanami, bogate w substancje organiczne, wieku dolno- i górnokredowego) oraz formacja Maameltain (szarobiała miękka kreda, margiel z grudkami fosforanowymi) (Walley 1997).

W kontekście surowców ilastych dla ceramiki istotna jest marglista Formacja Moza odsłaniająca się na wzgórzach Judei (Goren 2000). Formacja Moza cechuje się wysoką zawartością kaolinitu (Michniewicz 2009). Jest do dziś wykorzystywana razem z glebami *terra rossa* i rędzina do wytwarzania ceramiki przez wiele małych warsztatów w okolicach Hebronu (Michniewicz 2009).

Grupa Mount Scopus – osady kredy, senonian do paleocenu oraz **Grupa Avedat** (eocen) (Figura 3). Osady tych grup powstały w środowisku związanym z otwartym, pogłębiającym się zbiornikiem morskim. Na terenie Izraela są reprezentowane przez masywną białą kredę oraz margle, wapienie i dolomity (Sneh 2008; Flexer i Yellin-Dror 2009). Tworzą wypełnienia synklin Ramot Menashe w Galilei i Bekka w Libanie (Bentor 1966; Flexer i Yellin-Dror 2009). Osady grupy Mount Scopus oraz Avedat są wyekspo-nowane na wzgórzach Galilei, charakteryzujących się łagodną morfologią (Sneh 2008).

Paleoceńska Formacja Taqiya jest ważnym źródłem surowców ilastych dla ceramiki (Porat 1989; Goren 2000; Bettles 2003; Michniewicz 2009). Osady tej formacji zostały zakumulowane głównie w synklinach Na skrajach antyklin mają małą miąższość lub są nieobecne (Flexer i Yellin-Dror 2009). Odsłonięcia tej formacji ciągną się wzdłuż całego południowo-wschodniego wybrzeża Morza Śródziemnego, w Izraelu odsłaniają się głównie w północnej i środkowej części Pustyni Negew, na Pustyni Judzkiej i wzdłuż zachodnich zboczy antykliny Judei i Samarii. Na terenie Libanu odpowiednikiem jest formacja Chekka (Walley 1997) i łupki Esna w Egipcie (Bentor 1966; Goren 2000). Formacja Taqiya, zbudowana z margli i łupków wapiennych o zawartości gliny wahającej się od 30% do 80%, charakteryzuje się bogatą zawartością planktonu i bentosowych otwornic (Bentor 1966).

Grupa Saqiye – reprezentuje skały od późnego eocenu do wczesnego plejstocenu (Figura 3). są to głównie margle z interkalacjami wapieni rafowych i bioklastycznych oraz piaskowce i konglomeraty (Gvirtzman i Buchbinder 1978; Sneh 2008). Ich obecność ogranicza się do wybrzeża Izraela, obszaru Jeziora Kinneret-Wadi Taiyiba oraz południowej części basenu Morza Martwego. (Flexer i Yellin-Dror 2009).

Grupa Kurkar – tworzą ją dwie formacje: Kurdani i Hefer. Formacja Kurdani składa się głównie z piaskowca wapiennego i wapieni piaszczystych, z szarobrązowym paleosolem u podstawy (Sivan i in. 1999). Formacja Hefer to głównie piaski poprzeplatane paleoglebą – *hamrą*. Częścią tej formacji są również odsłonięte wzdłuż wybrzeża Izraela eoliczne *kurkary*. Holoceńskie osady tej formacji są obecne na wybrzeżu w kierunku na północ od Akko. Są bogate w mikrofaunę, spośród której dominują otwornice z gatunku Elphidium i Ammonia beccari. (Sivan i in. 1999). Związana z tą formacją, żelazista bogata w minerały ilaste i piasek kwarcowy, paleogleba *hamra* jest potencjalnym źródłem surowca do wykonywania ceramiki (Sivan i in. 1999; Goren 2000).

	Epok	a		Jednostki Litostraty- graficzne, Izrael Shefaram wg Sneh (2008)	Grupy Litostraty- graficzne	Jednostki Litostratygraficzne Libanu wg Walley (1997)		
	Czwartorzed	Hol	ocen	Alluvium, colluvium Soil				
	,	Plejs	tocen	Hefer Fm.	Kurkar			
		Plic	ocen	Kurdane Fm.				
	Neegen			Bet Nir		Zahle Fm.		
<u>.</u>	Neogen	Mic	ocen	-	Cogiug			
ozou				Ziglag Fm.	Sadiye			
Ker		Olig	ocen	-				
				Bet Guvrin Fm.				
	Palaagan	Fo	con	Maresha Fm.	Avodat			
	i aleogen	LU	Cen	Timrat Fm.	Aveuat	wapienie, margle, numulity		
				Adulam Fm.				
		Pale	ocen	Taqiya Fm.				
			Mas- trycht	Ghareb Fm.				
		U	Kampan	Mishash	Mt Scopus	Chekka Fm.		
		inoria	Santon	Manuha Em				
		Ser	Koniak					
			Turop	Bina Fm.		Maameltain Em		
	Kreda Górna			Yirka Fm.				
				Yanuh/Sakhin Fm.				
e			Litos graf Jzrael S wg SneHolocenAllu colluviPlejstocenHefePliocenKurdaMiocenZiglaOligocenMaresEocenBet Gu MaresPaleocenTimr AdulaPaleocenTaqiy Mas- trychtKampanMis Ghard Timr AdulaCenomanMe Amr CenomanAlbYanuh/S Me Amr Fin, Fa InterceAlbYagu HatirAlbYagu HatirBarremHatir	Me Ammit Basalt	Judea			
Kree		Cend	enoman Mas- trycht Karka Alb Yagu Alb Yagu Alb Yagu Alb Yagu Apt Allur colluvi ejstocen Allur colluvi ejstocen Hefe Cliocen Kurda Bet Mares Bet Mares Adula Bet Ghare Mas- trycht Bina Mas- trycht Bina Mas- trycht Alb Mas- trycht Alb	Deir Hanna Fm, Fahm Tuff Intercalation		Sannine Fm.		
				Karkara mbr				
		А	lb	Yagur Fm.		Hammana Fm.		
				Rama Fm.		Mdairai Em		
	Krada Dalpa	٨	nt	Hidra Fm.	Kurpub			
		A	μı	Ein El Asad Fm.	r\urriub	Abeih Fm.		
				Hatira Fm.		Chouf Sandstone		
		Bar	rem	Hatira Fm.		Fm.		

Tabela 2. Uproszczona tabela stratygraficzna obszaru północnego Izraela oraz Libanu. Na podstawie: (Sneh, A., Bartov, Y., Rosensaft 1997; Walley 1997; Sivan i in. 1999; Sneh 2004; Sneh 2008; Segev 2009; Segev i Rybakov 2010b)

3.2. Gleby Galilei jako potencjalny surowiec ceramiczny.

Charakterystyka gleb zaczerpnięta z The soils of Israel (Singer 2007).

Charakter gleb jest uwarunkowany głownie przez podłoże skalne i klimat, odmiany gleb zasobne w minerały ilaste były od zawsze wykorzystywane do produkcji ceramiki.

Gleby wzgórz

Terra rossa – rozwija się w wilgotnym lub półwilgotnym klimacie śródziemnomorskim, jej skałami macierzystymi są krystaliczny wapień i dolomit. W paśmie górskim Galilei skały te występują głównie w utworach kredy środkowej (cenoman i turon) oraz paleogenu (eocen). Terra rossa często współwystępuje z glebami typu rędzina, często w takim stopniu, że granica między nimi bywa trudna do rozpoznania. Głównymi minerałami *terra rossy* są kaolinit i illit, hematyt oraz zmienne ilości kwarcu, skaleni, kalcytu i minerałów ciężkich (epidot, cyrkon).

W szlifach petrograficznych badacze często identyfikują zaokrąglone żelaziste grudki *terra rossy* jako domieszki, ale również często uznawana jest za materiał bazowy ceramiki (Goren 2000; Gorzalczany 2006; Michniewicz 2009).

Rędziny tworzą się na porowatych węglanowych osadach, głównie kredzie i marglu. Występujące w rejonach górskich wychodnie kredy (górna kreda, senon) oraz margla (cenoman) są pokryte glebami typu rędzina. Jasne rędziny możemy znaleźć w całym pasie wyżynnym (Galilei, Samarii i Judei). W wyższych partiach gór współwystępuje razem z *terra rossą*. Głównymi składnikami frakcji piaskowej są kwarc i skalenie, a minerały ciężkie reprezentują epidot i hornblenda. Węglany są skoncentrowane we frakcji ilastej, a głównymi minerałami ilastymi są smektyt oraz illit i kaolinit. Rędzina razem z *terra rossą* są szeroko rozdystrybuowane w Izraelu na wzgórzach Judei, Samarii i Galilei. Obszar występowania tych gleb pokrywa się z wychodniami wapieni, dolomitów a zwłaszcza margli górnej kredy (Figura 3, Figura 4). Rędzina jest często rozpoznawana jako materiał bazowy dla próbek ceramiki historycznej (Cohen-Weinberger i Goren 2004; Gorzalczany 2006; Michniewicz 2009).

Gleby równiny przybrzeżnej

Na obszarze Zevulun występują dwie główne grupy gleb: czerwone piaszczyste gleby uformowane na różnorodnych osadach piaszczystych oraz gleby ciemne gliniaste (vertisole) uformowane na osadach aluwialnych.

Czerwone piaszczyste gleby występują na całej równinie przybrzeżnej od północy (na granicy z Libanem) do południa (śródziemnomorskiej granicy Synaju). Głównym materiałem macierzystym do ich powstania są wydmy oraz eoliczne piaskowce (*kurkar*). Kluczowymi minerałami ilastymi dla czerwonych piaszczystych gleb są kaolinit i smektyt. Przeważającym zaś jest dobrze wysortowany kwarc, natomiast skaleń i minerały ciężkie pojawiają się w niewielkich ilościach. Zawartość kalcytu wzrasta z południa na północ. Do tej grupy należy również gliniasto-piaszczysta gleba typu "*hamra*". Jest to gleba kopalna, zwykle czerwonobrązowa, zbudowana głównie z drobnoziarnistego piasku o zawartości węglanu wapnia około 12% (Ubeid 2011).

Vertisole Doliny Jezreel – głównymi materiałami macierzystymi dla vertisoli na obszarze Izraela są: drobnoziarniste piaski aluwialne (plejstocen–holocen) i bazalty (plestocen). Skały macierzyste łatwo ulegają wietrzeniu i generują powstawanie dużych ilości materiału ilastego – głównie smektyty. Vertisole są obecne na równinie przybrzeżnej, jednak dominują w dużych, poprzecznych Dolinach Jezreel i Charod oraz mniejszych, międzygórskich dolinach Galilei, są również obecne na Wzgórzach Golan.

Na północ od Akko występują **sołonczaki** – są to gleby, które zawierają znaczące ilości soli pochodzącej z wody lub powietrza. Sołonczaki miały doskonałe warunki do rozwinięcia się w ciepłym klimacie na równinie przybrzeżnej z gleb posiadających doskonałą przepuszczalność, takich jak *hamra* i vertisole.



Figura 5. Uproszczona mapa gleb północnego Izraela. Na podstawie: (Ravikovitch 1969; Dan i in. 1975)

3.2.1. Kwestia piasku przybrzeżnego

Skład mineralny piasku przybrzeżnego jest jedyną ze wskazówek proweniencji ceramiki wytwarzanej na wybrzeżu Lewantu. Zmienna proporcja składu mineralnego wynika z tego, że zatoka Hajfy jest końcowym basenem depozycyjnym dla osadów niesionych z Delty Nilu wzdłuż wybrzeża Synaju ku Libanowi (Zviely i in. 2006). Na południe od Akko dominuje nilowy piasek kwarcowy, natomiast na północ jego proporcja maleje na rzecz piasku węglanowego i bioklastów (Landau i Goren 2012). Piasek plażowy z okolic Sydonu składa się głównie z węglanów (Ownby i Griffiths 2009). Dominację bioklastów w piaskach połnocnego Izraela potwierdzają również badania Michniewicza i Młynarczyk (2017). Piasek plażowy pobrany na północ od Akko składa się z organo-de-trytycznych węglanów, zaś próbki pobrane na południe składają się głównie z kwarcu z niewielkim udziałem węglanów (Michniewicz i Młynarczyk 2017).

Bettles (2003) opisała próbki piasku przybrzeżnego z czterech lokalizacji: Sydonu, Tyru, Akko oraz Shiqmony. Próbka z Sydonu składa się w 60% z kwarcu i 40% z węglanów, piasek z Tyru składa się głównie z bioklastów, próbka z Akko to w 80% kwarc, a próbka z Shiqmony to w 99% ziarna biogeniczne (Bettles 2003).

4. Zastosowana metoda

Wytypowane przez archeologa fragmenty naczyń ceramicznych, po uprzednim określeniu ich typu i wieku, opisano makroskopowo. Badania makroskopowe uzupełniono obserwacjami w mikroskopie stereoskopowym OLYMPUS SZX9. Z każdej próbki wykonano preparat, płytkę cienką, który poddano badaniom petrograficznym przy pomocy mikroskopu Olympus AX70. Uzyskane wyniki umożliwiły rozpoznanie składu mineralnego ceramiki, jak też jej cech strukturalnych oraz wyodrębnienie grup petrograficznych ceramiki wzajemnie podobnej. Weryfikację efektów badań petrograficznych dokonano, stosując badania składu chemicznego.

Do analizy chemicznej wybrano 65 próbek reprezentacyjnych dla wyodrębnionych grup petrograficznych. Próbki, po uprzednim utarciu w moździerzu agatowym, przesłano do Laboratorium ACTLABS Activation Laboratories w Ancaster, Ontario (Kanada). Tam wykonano analizy na zawartość 50 pierwiastków metodą instrumentalnej analizy aktywacyjnej (INAA) oraz spektralnej analizy plazmowej (ICP-OES).

Otrzymane wyniki koncentracji wybranych pierwiastków głównych oraz śladowych poddano interpretacji matematycznej metodą analizy składowych głównych (PCA) oraz dendrytu wrocławskiego. Obliczenia wykonano za pomocą programu Statistica 13.

Problematyczne do rozpoznania petrograficznie fazy mineralne przebadano za pomocą skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM) Hitachi S-3700, połączonego z mikroanalizatorem składu chemicznego EDS (Noran SIX). Badania wykonano w Laboratorium Mikroskopii Skaningowej i Mikroanalizy na Wydziale Nauk Geograficznych i Geologicznych Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. SEM/EDS wykorzystano w celu uzyskania bardziej szczegółowych informacji na temat składu chemicznego minerałów, takich jak pirokseny, plagioklazy czy też składu faz określonych jako *"czerwone fragmenty*". Dane te pozwalają na bardziej szczegółową klasyfikację minerału i dalsze sugestie dotyczące warunków jego pochodzenia. Identyfikację mikroorganizmów zachowanych w ceramice zlecono Państwowemu Instytutowi Geologicznemu w Krakowie. Analizy wykonał dr Andrzej Szydło.

4.1. Analiza petrograficzna

Badania petrograficzne ceramiki dostarczają wartościowych informacji o składzie ceramiki – komponentach mineralnych, domieszce stosowanej przez wykonawców naczyń oraz strukturze i teksturze badanego materiału. W wielu przypadkach zjawisko anizotropii minerałów pomaga określić przybliżoną temperaturę wypału. Mimo iż jest to metoda niszcząca artefakt, to szlif pozyskany do badań może stać się cennym materiałem porównawczym dla innych badaczy Trwałość szlifu daje też możliwość ponownego rozpatrzenia próbki nawet po długim czasie.

W opisie petrograficznym stosuje się klasyfikację i nomenklaturę odpowiednią dla

danego typu skały osadowej, metamorficznej lub magmowej. Jednak podejmując się opisu petrograficznego ceramiki, trudno jest zachować podobne ramy i klasyfikacje. Powszechnie stosuje się elementy opisu zaczerpnięte z charakterystyki szkieletu ziarnowego skał okruchowych, takie jak stopień wysortowania lub stopień obtoczenia (Middleton i in. 1985; Whitbread 1995; Bettles 2003; Quinn 2013).

Terminologia stosowana przy tradycyjnym opisie ceramiki jest odmienna od pojęć stosowanych w geologii i nawiązuje do terminologii technologicznej.

Bolewski definiuje **ceramikę** jako wyroby, które uzyskuje się przez wypalanie lub spiekanie surowców ilastych lub mas plastycznych zawierających surowiec ilasty jako środek spajający (Bolewski i in. 1991).

Ceramika w ujęciu archeologicznym to artefakt bogaty w ił (ang. "*clay rich*") wykonany i użytkowany w przeszłości (Quinn 2013).

Glina (ang. *clay*) – W technologii ceramiki rozumiana jest jako dowolny materiał, który po dodaniu odpowiedniej ilości wody staje się plastyczny i można go wykorzystać do formowania naczyń, po wypaleniu traci właściwości plastyczne. W geologii glina rozumiana jest jako materiał ilasty ze zmienną zawartością frakcji piaszczysto-żwirowej. Aktualnie termin ten jest stosowany głównie w odniesieniu do osadów ilastych czwartorzędu (na terenie Polski są to głównie osady morenowe): "*ił (glina) jest to skała utworzona głównie z minerałów ilastych, która może zawierać domieszkę ziaren kwarcu i innych minerałów, a także wodorotlenku żelaza, manganu oraz węglanu wapnia i magnezu; mogą być w niej obecne substancje organiczne, np. resztki roślin"* (Bolewski i in. 1991). Bolewski zauważa, że w wielu krajach używane są technologiczne tradycyjne nazwy skał ilastych wykorzystywanych do wyrobu ceramiki i nie zawsze są one przetłumaczalne na inne języki (Bolewski i in. 1991).

W literaturze anglojęzycznej określenie *clay* ma 4 znaczenia. Pierwsze, dotyczy minerałów ilastych (uwodnionych glinokrzemianów) powstających w wyniku wietrzenia skał. Drugie znaczenie nawiązuje do wielkości i oznacza bardzo drobne cząstki o średnicy mniejszej niż 0,002 mm. Trzecie znaczenie mówi o glebie w 35-40% złożonej z bardzo drobnych cząstek. Czwarte znaczenie mówi o bardzo drobnoziarnistym materiale, który pod wpływem wody staje się plastyczny, a pod wpływem ciepła twardnieje (Rice 1987).

Domieszka (ang. *temper*) – jest materiałem celowo dodanym do gliny, aby poprawić jej właściwości. Domieszką mogą być piasek, rośliny, pokruszona ceramika (ang. *grog*) lub muszle. Odpowiednio dobrana poprawia właściwości gliny, takie jak zwiększenie porowatości, skrócenie czasu schnięcia, zmniejszenie deformacji podczas suszenia czy zapobieganie pękaniu podczas wypału (Rice 1987; Quinn 2013). Jednak jednoznaczne stwierdzenie, które z ziaren obserwowanych w próbce zostały dodane celowo, a które są elementem naturalnie występującym w bazowym surowcu ilastym, jest zwykle utrudnione i budzi wiele wątpliwości (Rice 1987; Quinn 2013).

Ang. *paste* – to to materiał z którego formuje się naczynie. Rice (1987) określa paste jako: glinę lub połączenie gliny i domieszki, często używane jako synonim materiału ceramicznego.

Tło – (ang. *clay matrix, background, groundmass*) – jest częścią ceramiki obserwowaną pod mikroskopem, tworzą ją głównie minerały ilaste (Quinn 2013; Braekmans i Degryse 2017). Do tła zaliczają się wszelkie elementy frakcji pyłowej, poniżej 0,0625 mm (Manecki i Muszyński 2008).

Inkluzje – w rozumieniu petrografii ceramiki to elementy, takie jak minerały i fragmenty skał odpowiadające wielkością frakcji piaskowej – grupa ta jest określana w literaturze jako *aplastic inclusions* (Whitbread 1995; Quinn 2013), również jako *nonclay mineral component* (Rice 1987). Mogą to być zarówno ziarna naturalnie obecne w surowcu, jak i intencjonalnie dodana domieszka. Druga grupa inkluzji to plastic inclusions, czyli widoczne w ceramice grudki gleby lub materiału ilastego, wyraźnie oddzielające się od tła (Whitbread 1995; Quinn 2013).

4.2. Zastosowany opis petrograficzny

Podstawowy opis próbek będzie opierał się na zestawieniu tabelarycznym. Zastawienie to zawiera informację o zawartości minerałów i fragmentów skał oraz najważniejszych cechach teksturalnych dotyczących tła próbki. Poszczególne grupy petrograficzne zostały opisane pod kątem najważniejszych cech wspólnych dla konkretnej grupy oraz najważniejszych cech wyróżniających.

Tło – w opisie zawracano uwagę na to, czy tło jest izotropowe oraz czy są w nim obecne fragmenty mikroorganizmów (ze szczególnym zwróceniem uwagi na obecność otwornic). Innymi opisywanymi cechami są obecność koncentracji tlenków żelaza oraz obecność grudek gleby, materiału ilastego. Oszacowano udział frakcji pyłowej oraz piaskowej w opisywanym szlifie, do opisu procentowego zastosowano wizualną skalę porównawczą wg (Terry i Chilingar 1955).

Ziarna minerałów i fragmenty skał odpowiadające frakcji piaskowej – frakcję domieszki oszacowano zgodnie z klasyfikacją Petijohna z 1972 r. (Manecki i Muszyński 2008), ich udział określono jako:

Dominujący (ang. predominant)	> 70%
Przeważający (ang. dominant)	50-70%
Częsty (ang. frequent)	30-50%
Powszechny (ang. common)	15-30%
Niewielki (ang. <i>few</i>)	5-15%
Bardzo niewielki (ang. very few)	2-5%
Rzadki (ang. <i>rare</i>)	2,52%
Bardzo rzadki (ang. very rare)	< 0,5%
(Whitbread 1995)	

Wtórny kalcyt (ang. secondary calcite)

Kalcyt w ceramice może być obecny jako składnik pierwotny lub wtórny. O kalcycie pierwotnym mówimy wtedy, gdy jego kryształy nie uległy zmianom podczas wypału. Kalcyt wtórny tworzy się w ceramice po jej wypaleniu. Podczas wypalania ceramiki, kalcyt ulega dekompozycji termalnej, w wyniku czego powstaje wolne wapno (CaO), następuje rekarbonatyzacja i węglany osadzają się na pustkach w formie drobnokrystalicznej (Fabbri i in. 2014). Kalcyt wtórny może wytrącić także podczas pogrzebania naczynia w ziemi. Koncentruje się wówczas w miejscach, do których może dotrzeć woda (Fabbri i in. 2014).

4.3. Analiza chemiczna

Analiza chemiczna jest uzupełnieniem dla analizy petrograficznej. Ze względu na dokładność, szeroki zakres pierwiastków, tego typu badania są obecnie często stosowane, aby ustalić skład chemiczny glinianych artefaktów, najczęściej jednak w celu rozpoznania proweniencji, ale również poznania technologii produkcji. Pozyskane w ten sposób dane, są nazywane "liniami papilarnymi" (ang. *chemical fingerprints*) badanej próbki i pomagają znaleźć grupy próbek podobnych do siebie chemicznie (Michelaki i Hancock 2011).

Wykorzystana technika INAA polega na wystawieniu próbki materiału na działanie strumienia neutronów generowanych przez reaktor jądrowy, w celu "aktywacji" lub stworzenia radioaktywnych izotopów obecnych w próbce pierwiastków. Monitorowanie rozpadu izotopów pozwala na identyfikację i określenie ilości pierwiastków (Minc i Sterba 2016). W metodzie ICP-OES próbka w postaci roztworu jest rozpylana w wytworzonej indukcyjnie plazmie. Wzbudzone atomy emitują charakterystyczne dla siebie promieniowanie, możliwe do rozpoznania przy pomocy spektrometru (Golitko i Dussubieux 2016).

4.4. Skaningowy mikroskop elektronowy

Zasada działania SEM jest oparta na emisji wiązki elektronów wytwarzanych przez katodę, wysyłanych w kierunku umieszczonej w komorze próżniowej próbki. Wiązka omiata próbkę linia po linii, generując jej obraz. Próbka pod wpływem wiązki elektronów generuje sygnał w postaci: elektronów wtórnych SE (*secondary electrons*), elektronów wtórnie rozproszonych BSE (*back scattered electrons*). Sygnały te są rejestrowane przez odpowiednie detektory, a następnie przetwarzane na obraz próbki. Dodatkowo spektrometry spektroskopowej dyspersji energii (EDS) umożliwiają analizę składu chemicznego próbki, każdy pierwiastek emituje widmo o charakterystycznej energii. Atomy badanej próbki emitują widmo promieniowania rentgenowskiego z zewnętrznych powłok elektronowych na skutek wzbudzenia przez wiązkę. Widmo to jest odbierane i analizowane przez detektor, każde z nich mówi o obecności i ilości konkretnego pierwiastka (Goldberg i Macphail 2006).

4.5. Interpretacja matematyczna

Dane pozyskane z analizy chemicznej zostały opracowane za pomocą metod statystycznych: analizy składowych głównych (PCA) oraz dendrytu wrocławskiego. PCA pomaga nam zwizualizować wzajemne położenie punktów (przypadków) w wielowymiarowej przestrzeni, w której każdy z wymiarów/wektorów odpowiada zawartości poszczególnego pierwiastka. Metoda polega na zredukowaniu liczby wektorów do kilku wypadkowych zwanych składowymi głównymi przy możliwie najlepszym zachowaniu odległości i kątów pomiędzy próbkami Ta metoda zniekształca odwzorowanie wzajemnych odległości i kątów między obiektami, alogicznie do obiektu umieszczonego w przestrzeni trójwymiarowej, a cienia tego obiektu, jaki rzuca na płaszczyznę, zatem PCA polega na wybraniu takiego rzutu, aby był jak najbliższym odwzorowaniem (Michniewicz 2009; Baxter 2016; Michniewicz i Młynarczyk 2017).

Dendryt wrocławski lub taksonomia wrocławska opiera się na połączeniu punktów na podstawie wartości najkrótszych odległości euklidesowych. Odległości między punktami są miarą ich podobieństwa, im krótszy dystans, tym większe podobieństwo. Struktura stworzonego w ten sposób dendrytu, odzwierciedla chemiczne podobieństwo między punktami (Perkal 1958).

5. Wyniki badań

5.1. Moździerze (mortaria)

Moździerze w literaturze występują pod nazwami: *mortarium*, ang. *heavy bowls* lub *mortar-bowls*. Są to to płytkie, otwarte naczynia o charakterystycznym grubym obrzeżu, średnicy około 30 cm. (Spataro i Villing 2009). Najwcześniejsze przykłady tych naczyń pochodzą z Cypru i są datowane na VIII wiek p.n.e. (Zukerman i Ben-Shlomo 2011). W południowym Lewancie najwcześniej mortaria pojawiły się pod koniec VIII wieku p.n.e. i rozprzestrzeniły się wzdłuż południowego wybrzeża Fenicji, są częstszymi znaleziskami w warstwach datowanych na VII i VI wiek p.n.e. W epoce żelaza moździerze miały zwykle prostą, wywiniętą na zewnątrz ścianę oraz zagięty brzeg. Ich obręcz była zawsze pogrubiona zewnętrznie, ale szczegóły jej profilu są różne: owalne, wydłużone lub trójkątne (Zukerman i Ben-Shlomo 2011).

Wyróżnia się dwa typy podstaw: 1) o płaskim dnie (ang. *flat-based*) (Figura 6. A) oraz 2) formę wklęsłą, w kształcie pierścienia (ang. *ring-footed*) (Figura 6. B).

Moździerze o płaskim dnie były bardziej rozpowszechnione na całym wschodnim wybrzeżu Morza Śródziemnego (Figura 6 B), (Villing 2006). Materiał z którego moździerze były wykonywane jest średnio lub grubo ziarnisty i dobrze wypalony, ściany naczyń są grubości 1,5–2,5 cm (Zukerman and Ben-Shlomo 2011). Tym charakterystycznym głębokim misom przypisuje się różnorakie funkcje według Sapina (1998) misy o grubszych ścinkach służyły do rozcierania natomiast te o cieńszych do serwowania (Sapin 1998; Fantalkin 2001). Ze względu na ich częste współwystępowanie z amforami niektórzy badacze przypuszczali iż misy te mogły pełnić funkcję miarki (np. do racji żywności), jednak większość z naczyń nosi ślady ścierania (Villing 2006).

Stan badań archeometrycznych

Próbki z okresu perskiego, ze stanowisk Tel Mikhal i Horbat Malta, opisane przez Gorzalczanego (2006, 2008), zostały uznane jako pochodzące z zachodniego Cypru. Charakteryzują się węglanowym tłem, frakcję piaskową reprezentowały: kwarc, wapień, łupek, serpentynit, doleryt i perydotyt. Podobne wyniki uzyskał Fantaklin (2001) w Mezad Hashavyahu, według którego *mortaria* powstały w regionie ofiolitowym, prawdopodobnie na Cyprze. Badania petrograficzne i INAA moździerzy z Tell El-Hesi, pochodzących z okresu perskiego (V-IV wiek p.n.e.), wykazały także, że wykorzystany surowiec ilasty i domieszka nie są lokalne. Zdaniem autorów pochodzą z północnej Syrii lub południowej Anatolii (Blakely i Bennett 1989; vide Fantalkin 2001).

Badania petrograficzne, przeprowadzone przez Spataro i Villing, próbek z różnych części Morza Śródziemnego (Miletos, Xanthos, Al Mina, Naukratis, Lachish) wykazały, zespół odrębnych cechach petrograficznych i geochemicznych wskazujących na wiele lokalizacji. Materiał opisywany jako cypryjski został scharakteryzowany jak drobnoziarnisty, zawierający kwarc, nieznaczną ilość fragmentów węglanowych, oraz tlenki żelaza, serpentynit, pirokseny, fragmenty skał magmowych (Spataro i Villing 2009). Spataro i Villing (2009) na podstawie danych petrograficznych oraz analizy SEM/EDS wnioskują, że Cypr był głównym ośrodkiem produkcji moździerzy przez cały okres archaiczny, handlowano nimi między innymi z Palestyną i wschodnią Grecją.

Mortaria z Ekronu, Aszdodu i Horvat Rosh Zayit przebadane przez Zukermana i Ben-Shlomo (2011) wykazują także cechy pochodzenia ofiolitowego. Świadczą o tym, ciemne nieprzeźroczyste tło, obecność oliwinów, w niewielkiej ilości fragmenty bazaltu, stwierdzono również obecność kwarcu, skaleni i mik. Jednocześnie próbki z Gezer wykazują cechy petrograficzne, które badacze przypisują równinie przybrzeżnej Izraela – są bogate w kwarc i fragmenty węglanowe (Zukerman i Ben--Shlomo 2011).

Figx prezentuje naczynie typu *mortarium* z Tel Akko, odnalezione w obszarze A, warstwach stratygraficznych 7-8 przypisanych wiekowo do Epoki Żelaza II (Dothan 1976).



Figura 6. A, B – Moździerze z Tel Akko sektor A warstwa 7-8 (Dothan 1976). Przekroje: C – próbka 23A, D – próbka 6A.

5.1.1. Wyniki badań moździerzy

Przebadano 20 próbek ceramicznych moździerzy, 19 zostało również objętych analizą składu chemicznego. Wśród moździerzy wyodrębniono 3 grupy petrograficzne. Tabela 4 zawiera dane podsumowujące wygląd makroskopowy próbek, Tabela 5. zawiera tabelaryczne zastawienie cech petrograficznych

Numer laboratoryjny	Naczynie	Locus	Baskets	ltem	Stratum	Kontekst	Grupa petrograficzna
4		2942	24700	22	AO		nieprzypisana
37		2984	24756	20	A4b	7/6 wiek p.n.e.	2a
38		2984	24756	6	A4b	7/6 wiek p.n.e.	2b
39		2942	24700	3	AO		3
42		3035	24813	15	A1	5-4 wiek p.n.e.	nieprzypisana
ЗA		3352	27256	21		650-575 p.n.e.	1
4A		3352	27257	1		650-575 p.n.e.	3
6A		3352	27316	1		650-575 p.n.e.	1
7A		3352	27317	2		650-575 p.n.e.	1
8A	Mantaniuna	3352	27317	10		650-575 p.n.e.	nieprzypisana
11A	Mortarium	3352	27321	1		650-575 p.n.e.	3
14A		3352	27385	8		650-575 p.n.e.	nieprzypisana
17A		2899	27231	20		8-7/6 wiek p.n.e.	3
18A		3371	27233	9		7/6 wiek p.n.e.	2a
19A		3585	27007	6		7-6/5 wiek p.n.e.	3
20A		3585	27055	6		7-6/5 wiek p.n.e.	3
22A		3585	27123	10		7-6 wiek p.n.e.	1
23A		3613	27389	1		7 wiek p.n.e.	2b
24A		3613	27389	14		7 wiek p.n.e.	nieprzypisana
29A		3192	27483	9	A4b	7/6 wiek p.n.e.	3

Tabela 3. Lista przebadanych próbek moździerzy

			Moździerze			
Nr laboratoryjny	Kolor - symbol wg Munsela	Kolor (określany potocznie)	ziarna	przełam	dotyk	wysortowanie
4	6,1 2,5YR	jasno brązowo szary	widoczne ziarna piasku	haczykowaty	chropowaty	dobre
37	8/2 2,5 Y	szary, blado żółty	czerwone pukty	równy	gładki	bardzo dobre/ dobre
38	6,1 2,5YR	jasno brązowo szary	widoczne ziarna piasku	haczykowaty	chropowaty	średnie
39	5,1 10YR	szary	widoczne ciemne ziarna piasku i czerwone pukty	nieregularny	chropowaty	dobre
42	5,1 10YR	szary	widoczne ziarna piasku i czerwone pukty	nieregularny	chropowaty	bardzo dobre/ dobre
ЗА	6,1 2,5YR; 5,8 2,5YR	brązowo szary, żółto czerwony	widoczne ciemne i białe ziarna piasku	haczykowaty	szorstki/rough	bardzo poor
4A	6/1 10YR (6/2)	szary; jasno brązowo szary	widoczne czerwone punkty	nieregularny	chropowaty	dobre
6A	5/6 5YR; 4/1 5YR	żółto czerwony; ciemny szary	widoczne białe ziarna piasku	nieregularny	chropowaty	dobre
7A	4,6 5YR; 5,4 5YR	żółto czerwony; czerwono brązowy	białe punkty	równy	chropowaty	dobre
8A	8/3 10 YR; 7/4 7,5 YR	jasno brązowy z jasno czerownym	widoczne ciemne i białe ziarna	równy	chropowaty	średnie
11A	5,1 10YR	szary	zairna piasku i czerwone pukty	nieregularny	chropowaty	dobre
14A	5/8 5YR	żółto czerwony	widoczne białe ziarna piasku	nieregularny	chropowaty	dobre
17A	8,3 10YR; 8/2 7,5 YR	bardzo jasno brązowy; różowo biały	widoczne ciemne ziarna piasku	nieregularny	chropowaty	dobre
18A	8/2 2,5 Y	szary, blado żółty	nie widoczne	równy	chropowaty	bardzo dobre/ dobre
19Д	8/3 10YR	bardzo jasno brązowy	widoczne pojedyńćze ziarna ciemnego piasku i białe pamki	nieregularny	chropowaty	średnie
20A	8,3 10YR; 8/2 7,5 YR	bardzo jasno brązowy; różowo biały	widoczne ciemne ziarna piasku	nieregularny	chropowaty	dobre
22A	6/8 YR	jasno czerwony	widoczne ziarna piasku	równy	gładki	dobre
23A	4,6 5YR; 5,4 5YR	żółto czerwony; czerwono brązowy	nie widoczne	równy	chropowaty	bardzo dobre
24A	7/6 5 YR	czerwono żółty	czerwone czerwone punkty	równy	gładki	bardzo dobre
29A	7/3 10 YR	bardzo blado brązowy	widoczne ciemne ziarna piasku	haczykowaty	chropowaty	średnie

Tabela 4. Zestawie cech opisu makroskopowego moździerzy

18A 19A 20A 22A		nie nie tak	tak tak tak tak	nie nie tak	tak tak tak tak	2% 3% 5% 2%	tak tak tak tak		5-10% 30% 20% 40%		dominujący rzadki rzadki częsty	troche troche tak tak		rzadki	bardzo bardzo rzadki rzadki	troche		rzadki				tak tak tak tak		tak tak nie	tak
17A		nie	tak	tak	tak	5%	tak		40%		chny rzadki	chny powszechny		rzadki								ле.			
11A 14A		nie tak	nie tak	nie	nie tak	2% 7%	tak tak	nie tak	50% 45%		rzadki powszec	wszechny powszec						troche				tak tak			tak
42		nie	tak	nie	nie	5-7%	tak		20%		rzadki	powszechny po						troche				tak		nie	
41	-	nie	nie	tak	nie	7%	tak	tak	25%		dominujący	troche	rzadki		troche	troche						tak		tak	
39		nie	tak	nie	< tak	3%	k tak		% 30%		ujący bardzo mało	hẹ czẹsty	rzadki		he	hẹ trochẹ						k tak		< tak	
37 38	-	nie	ak nie	nie tal	nie tak	3% 2%	ak tak		10% 209	SZKA	zechny dominu	trocl	rdzo adki	adki	sche troc.	troc						ak tak		ak tak	
4		tak n	nie ti	nie	tak n	4% 3	tak ti		20% 5-3	SKOWEJ/DOMIE	częsty pows:	tro	bai	LZ	tro				często			nie		nie	
	СЕСНҮ ТŁА	Anizotropia	Mikroorganizmy	Grudki gleby	Tlenki żelaza	Udział pyłu	Pył kwarcowy	Pył węglanowy	Udział frakacji piaskowej	ZIARNA FRAKCJI PIA	Kwarc	Węglany mikryt	Skalenie potasowe	Plagioklazy	Pirokseny	Amfibole	Oliwin	Czert	Mika	Dolomit	Kalcyt	Kalcyt wtórny	FRAGMENTY SKAŁ	Bazaltoidy	Kreda

Tabela 5. Zestawienie cech petrograficznych moździerzy

	23A	24A	29A	ЗА	4A	6A	7A	8A
CECHY TŁA								
Anizotropia	nie	nie.	nie.	nie	nie	tak	nie	nië
Mikroorganizmy	tak	nie	tak	tak	tak	tak	nie	tak
Grudki gleby	tak	tak	nie	tak	nie		tak	
Tlenki żelaza	tak	tak	tak	nie	tak	tak	tak	tak
Udział pyłu	3%	25%	5%	2%	2%	ы	7%	3%
Pył kwarcowy	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
Pył węglanowy	tak	nie	tak	nie	tak		tak	tak
Udział frakacji piaskowej	35%	2%	25%	40%	40%	30%	30%	20%
ZIARNA FRAKCJI	PIASKOWEJ/D0	OMIESZKA						
Kwarc	dominujący	rzadki	trochẹ	dominujący	troche	powszechny	powszechny	trochẹ
Węglany mikryt		rzadki	tak	trochẹ	powszechny	powszechny	powszechny	powszechny
Skalenie potasowe				bardzo rzadki				bardzo rzadki
Plagioklazy	bardzo rzadki	bardzo rzadki	rzadki					
Pirokseny	bardzo rzadki		trochẹ			rzadki		rzadki
Amfibole				bardzo rzadki		bardzo rzadki		rzadki
Oliwin								
Czert							bardzo rzadki	
Mika	rzadki							
Dolomit								
Kalcyt								
Kalcyt wtórny		tak		nie	tak	tak		tak
FRAGMENTY SKA	لد							
Bazaltoidy	tak	nie	tak	tak	nie	tak	nie	tak
Kreda		nie	tak		nie		tak	tak
inne	CF		CF, chromit		CF	CF	CF	chromit

Tabela 5. Zestawienie cech petrograficznych moździerzy c.d.

Dokumentacja fotograficzna próbek moździerzy jest zamieszczona w Aneksie I – Dokumentacja fotograficzna – moździerze.

Grupy petrograficzne moździerzy

Grupa petrograficzna 1 – ił bogaty w otwornice z szarą kredą i piaskiem kwarcowym Próbki nr: 3A, 6A, 7A, 22A.

Makroskopowo jest to ceramika barwy jasnoczerwonej, wnętrze czerepu jest ciemniejsze – brązowe. Przełam w dotyku jest chropowaty, na jego powierzchni widoczne są szare ziarna piasku kwarcowego.

W badaniach optycznych **Tło** jest brązowe, i ciemnoczerwone – zawartość pyłu kwarcowego jest w nim mniejsza od 3% objętości. Jest to ił bogaty w węglan wapnia, o zawartości CaO 12-13% (Tabela 7). Charakterystyczną jest obecność licznych, na ogół dwukomorowych przekrojów otwornic, średnicy 0,1-0,2 mm. Uległy one termicznej dekompozycji, aktualnie tworząc skupienia złocistego mikrytu. Równie charakterystyczną jest domieszka szarej kredy w formie nieregularnych, zróżnicowanej wielkości klastów. Jest ona bogata w mikroorganizmy, zwłaszcza otwornice (przypominające Globigerinelloides).

Ziarna frakcji piaskowej: najczęstszymi są półobtoczone kwarce dobrze wysortowane o średnicy około 0,1 mm, zajmujące około 30% objętości próbki, obecne są także skalenie alkaliczne wykazujące kratkowe zbliźniaczenia, rzadko występują polisyntetycznie zbliźniaczone – wysokowapniowe plagioklazy (Tabela 6). Spośród minerałów ciężkich stwierdzono obecność bardzo rzadkich amfiboli oraz minerałów grupy epidotu.

Próbka			3	A		
An %	34,87	62,54	12,21	11,67	12,21	11,67
Ab %	63,48	35,73	8,19	5,73	8,19	5,73
Or %	1,65	1,74	79,60	82,60	79,60	82,60

Tabela 6. Udział procentowy cząsteczki anortytu, albitu oraz skalenia potasowego wśród skaleni z próbki 3A, Grupa petrograficzna 1

Grupa Petrograficzna 2 – jasny margiel

Makroskopowo próbki mają barwę jasno żółtą (kremową). W dotyku są chropowate, ich przełam jest nieregularny lub równy z widocznymi ziarnami szarego piasku. Grupę wyróżnia wybitnie marglisty charakter tła. Półilościowa analiza składu chemicznego tła próbek metodą SEM-EDS wskazuje na wysoką zawartość CaO, rzędu 18-26% wagowych. (Tabela 7). Potwierdzają to także wyniki analizy przeprowadzone metodą INAA (powyżej 12%)⁵.

⁵ W przeciwieństwie do analiz INAA wykonanych z całości utartych próbek, analizy SEM-EDS mają charakter analiz półilościowych, zaletą tej metody jest możliwości zbadania składu tła bez ziaren domieszki piaszczystej.

Grupa petro- graficzna	1	1	1	-	2	1	2	2	2	3	3	3	-	3
Próbka Zwiazek chemiczny	ЗA	6A	7A	14A	18A	22A	23A	37	38	4A	11A	29A	24A	42
C02	6,96	14,22	12,29	9,14	19,77	11,6	8,52	30,41	27,35	22,18	22,3	27,01	24,25	30,56
Na20	0,81	0,94	1,01	0,63	1,87	1,24	0,96	0,74	1,2	0,76	1,58	0,78	1,31	1,29
MgO	3,46	3,04	3,2	2,16	1,56	1,55	5,71	1,69	1,53	2,88	3,19	2,6	3,6	2,47
Al203	15,17	13,55	14,77	17,51	10,86	12,85	15,32	11,97	13,37	10,74	10,88	9,28	13,45	10,25
Si02	49,17	44,79	43,96	47,49	34,05	32,77	43,71	31,41	35,06	41,06	39,99	28,24	42,92	37,55
P205	0,79	0,98	0,91	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K20	1,74	1,84	1,63	2,5	0,31	2,26	1,27	1,1	1,7	1,41	0,87	0,41	2,49	1,15
CaO	12,14	12,34	13,17	12,4	26,96	32,91	17,53	18,11	14,77	14,52	15,05	24,95	5,25	11,35
TiO2	1,38	1,15	1,23	0,88	0,68	0,67	0,84	0,58	0,7	0,72	1,01	0,61	1,07	0,71
MnO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00	0,00
Fe203	8,4	7,15	7,82	6,36	3,93	4,15	6,14	3,98	4,32	5,73	5,11	5,91	5,66	4,67

Tabela 7. Analiza SEM-EDS składu chemicznego pola – tła ilastego w próbkach moździerzy.

Podgrupa 2a – czysty margiel z kwarcem

Próbki nr: 18A, 37

Tło: jest barwy szarozielonej (próbka A18) oraz szarej (próbka 37), w miejscach koncentracji wtórnych węglanów – złociste. Po skrzyżowaniu nikoli nieaktywne optycznie, szare z odcieniem zielonym (próbka A18) lub izotropowe – ciemne (próbka nr 37). Jest to surowiec bogaty w mikroorganizmy, zwłaszcza otwornice globigeriny, których pozostałością są liczne, równomiernie rozproszone, ciemnoczerwone przebarwienia w próbce A18, oraz czarne tlenki Fe będące efektem redukcyjnych warunków wypału (próbka nr 37). Zawartość kwarcowego pyłu jest znikoma (około 2-3% objętości).

Ziarna frakcji piaskowej: przeważają nieobtoczone i słabo obtoczone ziarna kwarcu średnicy ok. 0,1 – 0,15 mm. Zawartość piasku stanowi około 20% objętości w próbce A18 oraz 5% objętości w próbce 37.

Grupa 2b – margiel z kwarcem i *terra rossą* Próbki nr: 23A, 38

Surowiec próbek podobny do podgrupy 2a lecz wzbogacony w domieszkę *terra rossy* przebarwiającej lokalnie tło na kolor czerwony.

Tło: jest jasno brązowe bądź szare, wypalone w wysokiej temperaturze na co wskazuje brak aktywności optycznej i częściowa dekompozycja węglanów. Pustki po skorupkach otwornic jak też podłużne pory zostały wypełnione wtórym kalcytem. Grupę wyróżnia domieszka żelazistej *terra rossy*, rozproszonej i stanowiącej barwnik tła oraz obecnej w formie owalnych grudek. Zawartość pyłu kwarcowego jest niewielka, < 2-3% objętości.

Ziarna frakcji piaskowej: dominuje zmiennie obtoczony kwarc, obecne są również nieliczne plagioklazy oraz ziarna czertów. Frakcja piaskowa stanowi 20 – 25% objętości.

Grupa petrograficzna 3 – margiel bogaty w pirokseny.

Próbki: 4, 39, 42 4A, 8A, 11A, 17A, 19A, 20A, 29A, (Aneks tabela).

Makroskopowo próbki mają barwę jasną, szarą lub szarobrązową, przełam nierówny z widocznymi na powierzchni czarnymi, z rzadka białymi, ziarnami piasku.

Tło: jest ciemne, szaro brązowe, we wszystkich próbkach nieaktywne optycznie, w próbkach {4A, 11A, 17A, 20A} obecne są ślady mikroskamieniałości. Zawartość frakcji pyłowej w próbkach tej grupy nie przekracza 5% obj. Charakterystyczną jest wysoka zawartość węglanów obserwowanych bądź w postaci złocistego mikrytu, bądź – w przypadku naczyń intensywnie spieczonych – mlecznych przebarwień. Zawartość CaO, oznaczona metodą SEM-EDS wynosi 14-25 % (Tabela 7).

Ziarna frakcji piaskowej: dominują pirokseny, równie liczne są owalne mikrytowe węglany. Amfibole, kwarc i skalenie występują rzadko, we wszystkich próbkach są obecne także fragmenty bazaltoidów.

W próbkach 4A, 19A, 20A, 29A charakterystyczną jest obecność ziaren koloru czerwono-pomarańczowego. Przy skrzyżowanych nikolach wykazują one strukturę mikromozaikową. Ziarna te są zaokrąglone, niektóre wydłużone najczęściej są wielkości 0,2-0,4 mm.

Plagioklazy o charakterystycznych polisyntetycznych zbliźniaczeniach są nieliczne, mają wielkość 0,2-0,3 mm.

Spinele

W badaniach optycznych próbek o numerach 4A, 11A, 17A, 19A zwraca uwagę obecność ziaren barwy ciemnoczerwonej, izotropowych, o ostrym reliefie (Figura 7-1). W badaniach SEM-EDS kryształy te wykazują skład chemiczny podobny do spinelu chromowego (Figura 7-3) (Aneks III).

Średnie wartości liczby chromowej Cr# [Cr/ (Cr + Al)] znajdują się w przedziale od 0,65 do 0,80, podczas gdy wartości Mg# [Mg/ (Mg + Fe2+)] wynoszą 0,12-0,44. Taki skład odpowiada magnezo-chromitowi (Figura 7-3). Obecność chromitów stanowi wy-jaśnienie podwyższonej zawartości Cr w analizach INAA próbek 4A i 11A.







Figura 7. Próbka 4A: 1: obraz czerwonego chromitu uzyskany przy równoległych nikolach. 2: Ziarno chromitu w obrazie SEM-BSE; 3: klasyfikacja zbadanych chromitów wg (Bónová i in. 2018).

Pirokseny

Ich kryształy są duże, mają podłużny kształt, zwykle około 0,35-0,5 mm, często o podłużnym pokroju, część z ziaren jest automorficzna, zarazem wyraźnie zwietrzała (Figura 8).

Wyniki po normalizacji – przeliczeniu analizy piroksenu przedstawia diagram klasyfikacyjny wg Morimoto (Figura 9).

Szesnaście z badanych ziaren piroksenów to diopsydy, pozostałe 28 to augity, 1 ziarno z próbki 11A reprezentuje enstatyt.



Figura 8 Analiza SEM-EDS – próbka 20A – Augit.



Figura 9. Klasyfikacja piroksenów według (Morimoto 1988) z naniesionymi wynikami analiz próbek ze zbioru moździerzy.

Skalenie

Dominują plagioklazy typu albit – oligoklaz, obecne są także plagioklazy wysokowapniowe (Tabela 8, Figura 10)

Próbka		4A		8A		20)A			29	7A		42
Numer ziarna	1	2	3	1	1	2	3	4	1	2	3	4	1
An %	93,34	7,34	8,19	44,72	17,67	8,95	8,99	15,04	11,72	37,98	13,28	21,23	81,75
Ab %	5,17	91,06	90,28	50,29	79,79	88,66	84,63	83,07	85,76	59,90	84,34	77,39	14,37
Or %	1,49	1,60	1,53	4,99	2,54	2,39	6,39	1,89	2,52	2,12	2,38	1,38	3,87

Tabela 8. Udział procentowy cząsteczki anortytu, albitu oraz skalenia potasowego wśród plagioklazów Grupy petrograficznej 3, przeliczony na podstawie analiz składu chemicznego metodą SEM-EDS.


Figura 10. Analiza SEM-EDS wybranych skaleni.

Epidot

Występuje rzadko, został rozpoznany w próbkach 3A, 20A i 29A – jego obecność potwierdziły analizy SEM-EDS (Figura 11). Występuje w postaci pojedynczych rozproszonych kryształów lub współwystępuje z albitem – zastępuje wówczas bogate w wapń plagioklazy.



Figura 11. Próbka 3A, analiza SEM-EDS epidotu.

"Czerwone fragmenty" (CF) – fazy trudne do identyfikacji.

W próbkach 4A, 11A, 19A 20A, 29A, stwierdzamy obecność optycznie bliżej nieokreślonych, czerwonych fazy mineralnych. W obrazie petrograficznym, przy skrzyżowanych nikolach, zachowują one ciemnoczerwony odcień oraz budowę mikrokrystaliczną. Ostatecznie nie można ich zidentyfikować na podstawie cech optycznych. Analizy SEM-EDS w próbkach: 4A, 11A, 19A, 20A, 29A, wskazują iż są to krzemiany magnezu (Figura 12). Chemicznie jest to skład odpowiadający oliwinowi względnie minerałom grupy serpentynu – mogącym powstać kosztem oliwinu.



Figura 12 Analiza składu chemicznego wybranych" czerwonych fragmentów" zawartych w próbkach 20A, 29A, 4A.

Mikropaleontologia moździerzy (wg Andrzeja Szydło 2022)

Specjalistyczną analizą paleontologiczna objęto próbki moździerzy z Petrograficznej grupy 3. Zostały one wykonane na podstawie analizy płytek cienkich.

W reprezentatywnych próbkach 4A oraz 19A stwierdzono obecność planktonicznych organizmów znanych z paleocenu i starszego eocenu np. *Subbotina* (próbka 19A) (Figura 13) oraz *Tuborotalia pomeroli* (próbka 4A). *Turobortoalia pomeroli* jest przypisywana do biozony późnego lutetu – eocenu (Szydło 2022).





Figura 13. Dokumentacja mikropaleontologiczna próbki 4A i 19A

Próbki nieprzypisane

Jest to zespół moździerzy, których cechy petrograficzne czynią je odrębnymi od Grup petrograficznych 1,2 i 3.

Próbka 14A jest także niemal pozbawiona pyłu kwarcowego. Tło, ma barwę brązową zawiera nieliczne otwornice, cześć z nich jest zastąpiona tlenkami żelaza. Frakcję piaskową (40% objętości) stanowią w przewadze ziarna węglanów, zazwyczaj bioklastów w tym fragmenty czerwonych alg (prawdopodobnie Amphiroa) oraz fragmenty muszli mięczaków. Nieco mniej liczny jest słabo obtoczony, monokrystaliczny kwarc.

Próbka 24A cechuje się wysoką zawartością kwarcowej frakcji pyłowej, jej tło jest jednorodne, bogate w czerwone blaszki mineralne prawdopodobnie biotyt. Zawiera także grudki brunatnej żelazistej gleby średnicy 0,3-0,4 mm. Charakterystyczny jest brak ziaren frakcji piaskowej.

5.1.2. Podsumowanie badań petrograficznych moździerzy

Grupa petrograficzna 1 – ił bogaty w otwornice z szarą kredą i piaskiem kwarcowym Tło próbek grupy 1 jest ciemnoczerwone z licznymi mikroorganizmami, zawiera grudki jasnej kredy i ciemnej żelazistej gleby. Ziarna frakcji piaskowej to głównie drobne kwarce i rzadko skalenie, występują bioklasty. Gęsto rozmieszczone drobne ziarna

Próbka 4A, Tuborotalia sp.EDS spektrum

kwarcu w czerwonym tle są mylące i próbka mikroskopowo przypomina *hamrę*, piasek jest jednak bardziej drobnoziarnisty a ilaste tło jest bogate w mikroorganizmy.

Pewne podobieństwo opisu petrograficzne znajdziemy w grupie 2A opisanej przez Bettles (Bettles 2003), tło opisywane w grupie 2A jest żelaziste ciemne miejscami węglanowe z rzadkimi otwornicami. Piasek kwarcowy jest bardziej gruboziarnisty występują ziarna węglanowe, ale nie występują jasne kredowe grudki. Bettles sugeruje związek tego surowca z *hamrą*. Jednak ze względu na różnicę, można przypuszczać że materiał grupy 1 jest lokalną odmianą tego typu surowca.

Grupa petrograficzna 2 – jasny margiel

Tło Grupy Petrograficznej 2 jest margliste i zawiera grudki gleby, prawdopodobnie *terra rossa*. We frakcji piaskowej znaczny udział mają ziarna węglanowe – w tym fragmenty alg i otwornic, kwarc występuje rzadko. Powyższa kombinacja cech petrograficznych jest zbyt powszechna, aby wskazać lub zawęzić potencjalny obszar źródłowy dla badanego materiału. Materiał marglisty, w rejonie Akko, występuje w warstwach środkowej i górnej kredy oraz paleogenu, również obszar występowania gleb takich jak *terra rossa* i rędzina, związanych z wapiennym podłożem skalnym, rozciąga się od Libanu przez północny i środkowy Izrael. Prawdopodobnie kremowa ceramika marglista z piaskiem węglanowym jest związana z mieszczącym się między Akko a Tyrem wybrzeżem fenickim.

Analogie:

Stanowiska archeologiczne Tell Keisan i Sha'ar-Ha'Amakim – materiał przedstawiony jako grupa IV "ceramika kremowa" (Michniewicz i Młynarczyk 2017) opisywana jako margiel z domieszką gleby *terra rossy*.

Stanowisko archeologiczne Tell Keisan – grupa "B" (Waiman-Barak i Gilboa 2016). Grupa opisana jako Neogeński margiel z kwarcem i bioklastami pochodzenia morskiego.

Grupa Petrograficzna 3 - margiel bogaty w pirokseny

Pirokseny

W badaniach przyjęto założenie iż skład chemiczny piroksenów może z dużym prawdopodobieństwem wskazywać na pochodzenie surowca. Zastosowana metoda pozwoliła potwierdzić jednorodność zbioru próbek zawierających pirokseny. Wyniki badań chemicznych wskazują, że pirokseny z Troodos mają charakter diopsydowy (Batanova i Sobolev 2000), podczas gdy klinopirokseny z ofiolitu Mersin są typu enstatytowego (Ishimaru i in. 2018), klinopirokseny z Hatay to przeważająco augity (Tekeli i Erendil 1986). W świetle uzyskanych wyników pomaga to wyeliminować ofiolit Mersin, region Cylicji, z rozważań na temat proweniencji.

Spinele

Grupa spineli jest powszechnym dodatkiem zarówno do skał magmowych, jak i metamorficznych, jest także obecna jako ziarna detrytyczne w skałach osadowych. Chromit jest powszechny w ultrazasadowych skałach magmowych (Deer i in. 2013). Koncentracje Chromitu, związane z ofiolitami, występują w pobliżu granicy dunit-harzburgit, głównie są to skupienia składają się ze spinelu chromowego i oliwinu (Billor i Gibb 2002). Chromity z południowego pasa ofiolitów (ofiolity Hatay i Islahiye) wykazują podobne właściwości chemiczne do chromitów z ofiolitu Troodos (Billor i Gibb 2002). Chromity badane w próbkach ceramiki Akko również wykazują podobny charakter chemiczny.

Skalenie

Skład chemiczny skaleni informuje o rodzaju i pochodzeniu skał, skalenie wapienne – plagioklazy dominują w skałach maficznych (bazalt i gabro), a skalenie sodowe typu ortoklaz i mikroklin występują w granitoidach oraz często w gnejsach metamorficznych i granulitach, Skalenie łatwo wietrzeją i zamieniają się w minerały ilaste, dlatego ich udział w skałach osadowych jest niewielki. Ortoklaz, obecny w znaczących ilościach tylko w próbce 3A (grupa petrograficzna 1), jest związany ze skałami granitoidowych i jest niskie prawdopodobieństwo jego obecność i skałach związanych z ofiolitem. Potwierdza to sugerowany podział na grupę importowaną (skały źródłowe związane z ofiolitem) i wytwarzaną lokalnie – pochodzące z wybrzeża fenickiego (materiał związany z wychodniami skał północnego Izraela lub Południowego Libanu).

Analogie:

Najbardziej zbliżony opis petrograficzny został opisany stanowiska Evreti na Cyprze, i dotyczy naczyń kuchennych. W pracy zaprezentowano 12 odmiennych petrograficznie materiałów z czego dwa opisy są analogiczne do materiału Grupy Petrograficznej 3 z Tel Akko. Materiał I – gruboziarnisty z ortopiroksenem, zwietrzałym piroksenem, ziarnami amfiboli i fragmentami gabro oraz materiał IV – gruboziarnisty z fragmentami czertu i diabazu oraz zwietrzałymi ziarnami piroksenu (Dikomitou-Eliadou i in. 2016).

Na stanowisku archeologicznym Aszkelon, wśród naczyń kuchennych i amfor, wyodrębniono jedną analogiczną grupę petrograficzną, której pochodzenie określono jako Cypryjskie (Stager i in. 2011). Materiał zawiera: wapienie z licznymi skamieniałościami, kredę i świeże ultrazasadowe skały magmowe, sporadycznie klasty bazaltowe (Stager i in. 2011).

Mikropaleontologia grupy petrograficznej 3

Rozpoznane w próbkach organizmy pochodzące z późnego Lutetu przybliżają prawdopodobne źródło surowca ilastego. Na terenie Izraela są to wychodnie kredy formacji Maresha grupy Avedat są obecne na północny wschód od Akko, na granicy z Libanem (Sneh 2004) oraz za wschód od Sydonu, występują razem z wychodniami późno Kredowych wapieni. Z kolei na terenie Cypru późny Eocen jest związany z formacją Lapithos reprezentowaną przez kredowe wapienie i margle, pelagiczne wapienie z blokami ryolitu i bazaltową lawą (Pantazis 1979). Wychodnie są obecne na południowy wschód od Pafos gdzie współwystępują z wychodniami kompleksu Mamonia (wapienie i szaro zielone piaskowce, mułowce, oraz radiolaryty) (Pantazis 1979) oraz na północny wschód od Limassol gdzie współwystępują z wychodniami masywu Trodos (lawy poduszkowe, bazalt oliwinowy, pikryt) (Pantazis 1979). Rozpoznane paleontologicznie próbki 4A i 19A nalezą do grupy petrograficznej 2 (margiel z piroksenami) dlatego najbardziej prawdopodobnym źródłem surowca ilastego są wychodnie Eocenu za północny wschód od Limassol.

Kwestia związku z kompleksem ofiolitowym Troodos

Ofiolit to kompleks skał dna oceanicznego, który został wyniesiony ponad powierzchnię wody w wyniku ruchów płyt litosferycznych. Obecność ofiolitów w rejonie morza Śródziemnego wiąże się ze zderzeniem płyt afrykańskiej, arabskiej i euroazjatyckiej. Powstała w ten sposób strefa subdukcji doprowadziła do zamknięcia Oceanu Neotetydy. W rezultacie obecnie możemy zaobserwować pas kompleksów ofiolitowych rozciągający się od Serbii po Grecję i od Turcji po Oman (Maffione et al. 2017).

Ofiolity: Troodos, Baer-Bassit i Hatay znajdują się w rowie cypryjskim. Kompleks skał Troodos powstał w późnej kredzie (Garzanti et al. 2000). Pionowa sekwencja skał Troodos jest zdominowana przez jednostki ultramaficzne, kumulaty maficzne, dajki pakietowe i bazalty poduszkowe (Maffione et al. 2017). Najwyżej położone bazaltowe części ofiolitu są pokryte osadami bogatymi w żelazo i mangan (umbry) oraz radiolaryty wieku późno kredowego (Formacja Perapedhi) (Lapierre et al. 2007). Późniejszy okres niskiej aktywności tektonicznej był zdominowany przez depozycję osadów węglanowych. Dwie główne jednostki to formacja Lefkara (głębokomorska) i formacja Pakhna (płytko morska) (Cohen et al. 2012). W południowo-zachodniej części Cypru ofiolit sąsiaduje z kompleksem Mamonia, na który składają się skały magmowe, metamorficzne i osadowe. Powszechnie uważa się, że ofiolit Troodos był częścią mikropłyty razem z ofiolitami Baer-Bassit i Hatay. W północnym Lewancie dowody geologiczne wskazują na magmatyzm triasowy. Kompleks Mamonia na południowo-zachodnim Cyprze zawiera triasowe lawy i prawdopodobnie podobne skały są odsłonięte w Baer-Bassit w północno-zachodniej Syrii (Segev 2005)

Goren (Goren et al. 2004) analizując potencjalne pochodzenie tablic amarneńskich, zwraca uwagę na jeden ważny fakt: w ofiolitowych rejonach Mersin, Hatay i Baer – Bassit, w różnych częściach kompleksu ofiolitowego uwidaczniają się różnego rodzaju wychodnie, co z kolei wpływa na charakter regolitu i gleby. W rzeczywistości najbardziej eksponowanym rodzajem skał w ofiolicie Hatay są perydotyty, składające się głównie z serpentynowego harzburgitu (z oliwinem, ortopiroksenem i spinelem) (Tekeli i Erendil 1986). Według Gorena ceramika tego regionu charakteryzuje się obecnością radiolarytu i serpentynitu (Goren et al. 2004), opisane powyżej moździerze z Tel Akko (grupa petrograficzna 2) mają inny skład mineralny.

Skały typu gabro wydają się najbardziej prawdopodobnym źródłem dla dużych ziaren piroksenu widocznych w próbkach moździerzy z Tel Akko. Można je znaleźć na północ od dzisiejszego Limassol (okolice dawnego Amathus). Wychodnie te są drenowane przez system strumieni i transportowane w kierunku wybrzeża. Ten typ osadu został udokumentowany przez Waimana-Baraka, Georgiadou i Gilboa (Waiman-Barak i in. 2021).

5.1.3. Wyniki badań chemicznych moździerzy

Wyniki analiz chemicznych ceramiki, wykonanych metodą INAA, ICP zostały zamieszczone w Aneksie II.

Do analiz służących korelacji matematycznej wytypowano 18 pierwiastków: Cu, Ni, Al, Ca, Cr, Co, Fe, Li, Mg, Mn, Sc, Th, U, La, Ce, Md, Sm, pomijając pierwiastki, których wartości są niższe od poziomu wykrywalności metody, pominięto także wysoko – mobilny sód.

Przed wykonaniem obliczeń PCA, dane zostały zlogarytmowane (zastosowano logarytm dziesiętny) aby zbliżyć zmienność analizowanych danych do rozkładu normalnego, w obliczeniach zastosowano macierz kowariancji (Stanisz 2006).

Pierwsze dwie składowe główne odzwierciedlają 84,86% całkowitej zmienności chemicznej badanego zbioru, pierwsze trzy składowe główne odzwierciedlają 88,78% zmienności (Tabela 9.). Współczynnik korelacji ((R2) x 100%) podaje Tabela 10. Pierwszą składową główna determinuje zmienność Mg, Sc, Cr, Ni, Co, zmienność drugiej składowe j determinują pierwiastki: Al, Ca, Li, Cu, Sr.

Składowa główna	Procent wyjaśnienia zmienności	Wartość skumulowana
1	73,55%	73,55%
2	11,31%	84,86%
3	3,92%	88,78%

Tabela 9. Procent wyjaśnienia zmienności i jej wartość skumulowana pierwszych trzech składowych głównych dla zbioru moździerzy.

Pierwiastek	Cu	Ni	Al	Ca	Со	Cr	Fe	Li	Mg	Mn	Sc	Sr	Th	U	La	Ce	Nd	Sm
PC1	50,79	86,91	0,1	7,3	84,72	87,91	79,74	6,12	91,44	82,09	93,2	10,52	53,99	59,79	71,63	47,59	60,96	54,93
PC2	30,91	2,16	73,66	51,61	6,06	8,03	10,34	41,82	1,51	13,97	0,59	29,94	18,46	3,77	10,02	7,97	2,96	14,98

Tabela 10. Współczynnik korelacji (R2) x 100% pierwiastków dla pierwszych dwóch składowych głównych.

5.1.3.1. Dyskusja wyników badań chemicznych moździerzy.

Uzyskane wyniki pozwalają na wyodrębnienie dwóch grup chemicznych. Do Grupy chemicznej należą próbki numer : 4, 39, 42, 4A, 8A, 11A, 17A, 20A, 29A; natomiast do Grupy chemicznej 2 próbki numer: 37, 38, 3A, 6A, 7A, 14A, 18A, 22A, 23A; próbką odstającą (ang. *chemical loners*) jest 24A.

W badanym zbiorze zauważamy, że Mg wykazuje dodatnią korelację z Ni, Co, Cr, Mn, Sc i V (Rys. 3. A), a ujemną korelację z Zn, Ba, Cs, Eu, La i Y. Skand i Lantan wykazują silną korelację ujemną. Tym samym możemy uznać iż Pierwsza składowa główna jest determinowana pierwiastkami związanymi z Grupą petrograficzną 2 podczas gdy drugą składową główną (PC2) determinuje ceramika Grupy petrograficznej 1.

Potwierdza to zgodność wydzieleni petrograficznych z wydzielenia mi dokonanymi na podstawie analiz chemicznych.

Tor jest jest pierwiastkiem o małej mobilności i dobrym indykatorem środowiska. W analizowanym zbiorze Th wykazuje słabą korelację dodatnią z Zn, Ba, Hf, U, Sm, La, Y, Ce i Lu oraz słabą korelację ujemną z Mg, Ni, Co, Mn i Eu.

Cechą wyróżniającą Grupę chemiczną 1 jest stosunkowo wysoka zawartość pierwiastków REE i Th w porównaniu z Grupą chemiczną 2.

Grupa chemiczna 2 charakteryzuje się dużą zawartością pierwiastków: Mg, Sc, Cu, Ni, Mn, które związane są z obecnością minerałów, takich jak pirokseny, amfibole i oliwiny, tym samym skałami maficznymi i ultramaficznymi.

Próbka 24A wykazuje podwyższoną zawartość zarówno REE, jak i Mg, Ni, Mn, Fe. Ponadto zawiera najmniej Ca i najwięcej Al spośród wszystkich przebadanych próbek moździerzy.

Najwyższy współczynnik korelacji dla pierwszej składowej głównej PC1 mają pierwiastki Mg, Sc, Cr dla składowej drugiej, PC2, są to: Al, Ca, Li, Cu, Sr.

Charakterystyka najważniejszych pierwiastków determinujących PCA moździerzy:

Magnez, który jest główną jedna z głównych determinantą PCl, powszechnie występuje w skorupie ziemskiej jest składnikiem maficznych minerałów skałotwórczych takich jak oliwin, piroksen, amfibol, spinel, chloryt, serpentynit oraz minerałów ilastych, takich jak montmorylonit, w skałach osadowych jest składnikiem dolomitów (De Vos i in. 2006). Gleby takie jak *terra rossa*, których skałą macierzystą jest dolomit są także bogate w Mg. W glebach magnez wykazuje dodatnią korelację z zawartością smektytu (Singer 2007). Tym samym ilość magnezu znacznie wzrasta w glebach i regolicie pochodzenia wulkanicznego.

Większość **skandu** w litosferze jest obecna w minerałach ferromagnezowych, zwłaszcza piroksenach bogatych w żelazo. Zawartość skandu w skałach typu gabro i bazalt jest wysoka, natomiast w skałach osadowych niska (De Vos i in. 2006).

Chrom jest litofilnym pierwiastkiem, którego głównym minerałem jest chromit, Cr jest również obecny akcesorycznie w minerałach takich jak spinele, amfibole, pirokseny, mika i granaty. Podwyższone wartości chromu przyjmuje się za indykator środowiska maficznego i ultramaficznego. Z kolei obniżone wartości Cr w zestawieniu z wysokimi wartościami K, Th, U, wskazują na skały jasne (felzytowe). **Glin**, jest litofilnym pierwiastkiem, trzecim najbardziej rozpowszechnionym pierwiastkiem w skorupie ziemskiej, i najpowszechniejszym metalem w litosferze (De Vos i in. 2006; Migaszewski i Gałuszka 2007), jest głównym składnikiem minerałów skałotwórczych takich jak skalenie, mika, amfibole, pirokseny, granaty. Glin jest zawarty w minerałach będących produktem wietrzenia jakich jak kaolinit, smektyt, gibbsyt. Większość naturalnie występującego glinu znajduje się skaleniach i produktach ich wietrzenia (minerałach ilastych). Al wykazuje tendencje do korelacji z Fe, Cr i V w minerałach związanych z wietrzeniem, (De Vos i in. 2006). W glebach Al. Wykazuje silną korelację dodatnią z Fe, Sc, V, Ti i większością REE, oraz dobrą korelację z Th, U, Co, Zn, Mn, co podkreśla znaczenie minerałów ilastych w dystrybucji powyższych pierwiastków (De Vos i in. 2006).

Wapń tworzy powszechne minerały takie jak kalcyt, aragonit, gips, dolomit i fluoryt, jest również obecny w minerałach takich jak skalenie (wapniowe plagioklazy), granaty.

Lit, występujący głównie w minerałach krzemianowych (skalenie, łyszczyki) oraz minerałach ilastych (takich jak illit), może zastępować pierwiastki K, Na i Mg (De Vos i in. 2006; Migaszewski i Gałuszka 2007).

Lantan (pierwiastek ziem rzadkich) jest silne powinowaty do skał granitoidowych. Występuje w skałach magmowych a zwłaszcza pegmatytach, jest związany z plagioklazami, piroksenami, amfibolami i apatytem. Skalenie, pirokseny i amfibole ulegając wietrzeniu uwalniają lantanowce do środowiska (De Vos i in. 2006; Migaszewski i Gałuszka 2007).

Miedź jest pierwiastkiem często współtworzącym minerały siarczkowe. Podwyższone wartości miedzi mogą wskazywać na obecność skał maficznych i ultramaficznych (De Vos i in. 2006; Migaszewski i Gałuszka 2007).

Tor w badaniach nad proweniencją ceramiki jest pierwiastkiem istotnym z uwagi na małą mobilność. Skały granitoidowe wykazują wyższe wartości Th dodatkowo Tor jest silnie absorbowany przez minerały ilaste podczas wietrzenia (De Vos i in. 2006). Wartości Th są podwyższone w Grupie chemicznej 2 (Petrograficznej grupie 1).

Podwyższone ilości skandu w Grupie chemicznej 2 i niskie w Grupie chemicznej 1 są zgodne z mineralogią obu grup petrograficznych. Sc jest zwykle akumulowany w większych ilościach w skałach maficznych, podczas gdy w skałach osadowych, zwłaszcza pozbawionych większej zawartości związków żelaza jest akumulowany w stopniu niewielkim.

Poszukując podobieństwa chemicznego dla Grupy chemicznej l i 2 wykorzystano materiał porównawczy z baz danych: Cyprus Ceramic Data i Israel Ceramic Data (Boulanger 2014a; Boulanger 2014b). Dane chemiczne z tych baz pozwalają podjąć problem ewentualnego podobieństwa omawianej grupy moździerzy do ceramiki z innych stanowisk archeologicznych. Podobieństwo rozpatrzono pod kątem zawartości pierwiastków takich jak La, Sc, (LREE), oraz Th. Analizując dane z Israel Ceramic Data (Boulanger 2014), próbki ceramiki z Tel Aszdod wykazują największe podobieństwo chemiczne do próbek moździerzy z Grupy chemicznej 1, co wskazuje na to iż analogiczna ceramika była obecna na tym stanowisku archeologicznym, nie wskazuje to jednak miejsca produkcji.

Grupa chemiczna 2 jest podobna do ceramiki ze stanowisk z Kouklia (Palaepaphos), Kition, Enkomi i Milia. Można zauważyć, że wszystkie te lokalizacje znajdują się w pobliżu *sukcesji osadowej Circum – Troodos* (CTSS), w pobliżu formacji osadowych Pakhna i Lefkara.

Pochodzenie próbki 24A jest niesprecyzowane. Być może łączy on granicę między dwoma środowiskami magmowym i sedymentacyjnym, o czym świadczy podwyższona zawartość zarówno REE, jak i Fe, Mn, Mg, Sc. Analizując dane chemiczne z bazy danych Cyprus Ceramic Data (Boulanger 2014) najbliższe dopasowanie chemiczne wykazują próbki ceramiki mykeńskij ze stanowiska Enkomi. Najwyższe wartości REE występują w regionie Kokkinokhoria na Cyprze, wzdłuż granicy Troodos i CTSS (Ren et al. 2015). W porównaniu z Israel Ceramic Data (Boulanger 2014), ceramikę o podobnym charakterze chemicznym znaleziono w Tel Akko, Tel Aszdod, Tel Dan, jest ona również klasyfikowana jako ceramika mykeńska. Charakterystyczna obecność płatków łyszczyków i stosunkowo wysoka zawartość pyłu kwarcowego w próbce 24A może prowadzić do przypuszczenia o pochodzeniu z rejonu Morza Egejskiego.

5.1.4. Podsumowanie wyników badań chemicznych i petrograficznych moździerzy

Dane petrograficzne połączone z danymi analiz chemicznych wyraźnie dzielą moździerze z Tel Akko na dwie grupy. Grupy petrograficzne 1 i 2 są związane z Grupą chemiczną 2 (lokalną). Grupa petrograficzna 3 pokrywa się z Grupą chemiczną 1 (importowaną), próbki nieprzypisane petrograficznie 8A, 4 i 42 wykazują podobieństwo chemiczne do Grupy chemicznej 1.

Za ceramikę lokalną dla Tel Akko uznano próbki ceramiczne o wysokiej zawartości pierwiastków, takich jak Th (6,8-10,8 ppm), La (28,6-37,1 ppm), oraz niskiej zawartości Sc (9,5-14,2 ppm) – dane te odpowiadają Grupie chemicznej 2, skorelowanej z Grupą petrograficzną 1.

Dla stanowiska Tel Akko za ceramikę importowaną możemy uznać ceramikę o wysokiej zawartości Mg (1,59-3,93%), Fe (4,2-6,9%), Sc (15-27 ppm) oraz Cu (53-82 ppm), Cr (597-3890 ppm) – co odpowiada Grupie chemicznej I. Grupa ta jest skorelowane z Grupą petrograficzną 3, zawierającą minerały takiej jak pirokseny, chromit. Z dużym prawdopodobieństwem materiał ceramiczny pochodzi spoza wschodniego wybrzeża Lewantu, a powyższe badania mineralogiczne i mikropaleontologiczne sugerują południowy Cypr.

Materiał ceramiczny próbki 24A został wykonany poza wybrzeżem Lewantu jednak brak danych mogących przybliżyć miejsce pochodzenia ceramiki.

5.2. Naczynia zasobowe (Storage jars)

W angielskojęzycznej literaturze pojęcia oznaczające duże naczynia zasobowe: *amphora* oraz *storage jar*, *store jar* i *transport jar* i często są traktowane bliskoznacznie. Cechą wyróżniającą naczynia zasobowe jest obecność uchwytów, dzięki którym można je podnosić i transportować. Amfory greckie i rzymskie charakteryzują się wąską szyjką pozwalającą na zapieczętowanie naczynia (Katz i Faust 2011), natomiast amfory fenickie zazwyczaj mają krótką szyjkę lub są jej pozbawione (Bettles 2003). Naczynia zasobowe zwykle mają od 50 cm do 1 m wysokości i pojemność od 40 do 60 litrów (Killebrew 2007; Katz i Faust 2011). Zarówno rodzaj, położenie uchwytów oraz wielkość i wysokość brzuśca są różnorodne i ulegały licznym modyfikacjom w zależności od epoki. Jednak niezmienną, podstawową funkcją tych naczyń jest przechowywanie i transport, w szczególności morski, żywności – głównie wina i oliwy (Whitbread 1995; Bettles 2003).

Na Figurze 14. przestawiono naczynie typu *storage jar* znalezione w Tel Akko w obszarze A, w warstwach stratygraficznych 7-6 przypisanych wiekowo do epoki żelaza II (Dothan 1976).



Figura 14. Storage jar z Tel Akko (Dothan 1976)

Stan badań archeometrycznych

Przez wzgląd na powszechność użytkowania naczyń zasobowych oraz częste wykorzystywanie ich do transportu, te naczynia ceramiczne cieszą się dużym zainteresowaniem badaczy, a określenie pochodzenia i materiału, z którego były wykonywane, rzuca światło na dawne centra produkcji oraz możliwości wymiany handlowej.

Griffiths, Glanfield i Sayegh (1998) scharakteryzowali petrograficznie trzy grupy naczyń pochodzących z wykopalisk na obszarze **fenickiego portu w Bejrucie**: "Typowe libańskie naczynia transportowe okresu perskiego" (*"Typical Lebanese Transport Jar of* Persian Period" – TLTJ), "Amfory typu greckiego" ("*Greek-type amphora*" – GTA) oraz "Amfory z uchwytem koszowym" ("*Basket-handled amphora*" – BHA) (Griffiths i in. 1998). Badacze stwierdzają, że każda z grup ma odmienny charakterystyczny dla siebie materiał.

TLTJ zawiera żelaziste grudki gliny oraz niewiele mikroorganizmów i ziaren kwarcu o średnicy 100 mikrometrów. Obtoczone ziarna wykazują faliste wygaszanie.Drobnoziarnisty materiał GTA charakteryzuje się obecnością nieobtoczonych ziaren kwarcu o średnicy od 40 do 100 mikrometrów oraz podłużnymi ziarnami o wysokiej dwójłomności – prawdopodobnie miki. Ponadto zawiera małe grudki o wysokiej zawartości żelaza. Materiał BHA posiada małe inkluzje kwarcu, zwykle mniejsze niż 50 mikrometrów, rzadko występują w nim ziarna polikrystalicznego kwarcu o rozmiarze około 250 mikrometrów. Badacze zaobserwowali ponadto grudki pomarańczowej gliny oraz czerwone prześwitujące ziarna o nieznanym pochodzeniu (Griffiths i in. 1998).

Bettles (2003) przedstawiła najobszerniejszą pracę uwzględniającą petrografię amfor pochodzących ze stanowisk archeologicznych **południowego wybrzeża Lewantu (południowej Fenicji)**. Autorka przebadała 307 próbek ceramicznych amfor (*carinated-shoulder amphorae*) z okresu perskiego. Próbki pochodzą z 21 stanowisk archeologicznych położonych na wybrzeżu południowego Izraela i północnego Libanu, m.in.: Tel Abu Hawam, Tell Ashdod, Ashkelon, Akko, Dor, Tel Michal, Sarepta czy Shiqmona. W publikacji zostały wyodrębnione dwa główne rodzaje materiałów, oznaczone jako FC 1 i FC 2, z których wykonane zostały amfory.

Z pierwszego z nich – Fabric class 1 (FC 1) – wydzielono cztery podgrupy. Podgrupa FC 1A, w opisie mikroskopowym, charakteryzuje się znaczącym udziałem kwarcu i węglanów we frakcji piaskowej, a minerały akcesoryczne to: skalenie, czert, epidot i hornblenda oraz fragmenty alg *Amphiroa sp.* Tło jest pomarańczowe, jednorodne, wapienne – bogate w tlenki żelaza i otwornice, wśród których rozpoznano paloegeńskie typy: *Globigerinidae* i *Acarinina Sp.* (Bettles 2003). Podgrupa FC 1B charakteryzuje się wapiennym tłem z licznymi mikroorganizmami. Ziarna wykazują bimodalny rozkład wielkości: frakcja piaskowa średnioziarnista zwiera kwarc, algi, bardzo rzadko amfibole i otwornice, natomiast frakcja drobnoziarnista składa się z kwarcu, minerałów akcesoryjnych i bioklastów (Bettles 2003). W podgrupie FC 1C tło jest jednorodne, bogate w kredę, zawiera liczne otwornice i fragmenty małżoraczków, natomiast frakcja piaskowa jest słabo wysortowana, z przewagą kwarcu. Od pozostałych grup wyróżnia ją większa ilość otwornic wieku kredowego. Podgrupa FC 1D ma tło o kolorze jasnobrązowym o charakterze węglanowym, we frakcji piaskowej również przeważają węglany (Bettles 2003).

Drugi materiał – FC 2 – charakteryzujący się czerwonobrązowym żelazistym tłem, z kwarcem jako dominującym minerałem we frakcji piaskowej, został również podzielony na cztery podgrupy. W podgrupie FC 2A tło jest żelazisto-wapienne, jasnoczerwone, frakcja piaskowa jest dobrze wysortowana, drobno- i średnioziarnista. Najczęściej występującym minerałem jest kwarc , powszechne są też węglany i skalenie, natomiast bioklasty występują rzadko. Ponadto w tej podgrupie znajdują się fragmenty skał okruchowych z cementem węglanowym. Podgrupa FC 2B – matriks jest homogeniczna, ciemnoczerwona, we frakcji piaskowej dominuje kwarc i powszechne są mikrokrystaliczne wapienie. Przeważającą część frakcji piaskowej podgrupy FC 2C stanowi kwarc wraz z węglanami, jednak znamienne jest występowanie ziaren bazaltoidowych, ziarna te są słabo wysortowane. Podgrupa FC 2D charakteryzuje się tłem jednorodnie brunatnym i pylastym, a w jej frakcji piaskowej występują: bazaltoidy, amfibole, skalenie, kwarc i węglany (Bettles 2003).

Bettles konkluduje, że materiałem źródłowym dla FC l jest margiel paleogeński z otwornicami pochodzący z warstw położnych między Akko a Sareptą. W próbkach skategoryzowanych jako FC IB i IC matriks pochodzi z warstw paleoceńskich. Próbki FC 2A i 2C pochodzą z wybrzeża Izraela. Dodatkowo Bettles wiąże pochodzenie FC 2 z glebami typu *hamra* (Bettles 2003). Autorka, na podstawie rozpoznania mikropaleontologicznego, uważa, że opisane przez nią materiały pochodzą z warstw wieku paleocen-eocen, wyjątkiem jest podgrupa IC wykonana z późno kredowego margla (Bettles 2003).

Badania petrograficzne ceramiki ze stanowisk archeologicznych **Horbat Malta i Tel Michal** wykonane przez Gorzalczanego (2006 i 2008), obejmują również fragmenty amfor i naczyń typu *storage jar*. Przebadane naczynia zasobowe zostały ujęte w 2 grupach petrograficznych: Grupie B – rędzina/*terra rossa*, zawierająca klastry kredy, kwarc, nieznaczne ilości otwornic i kalcytu, oraz Grupie D – ofiolitowej – charakteryzującej się obecnością: węglanów, hornblendy, amfiboli, piroksenów, oliwinów i łyszczyków (Gorzalczany 2006; Gorzalczany 2008).

Storage jars i *Amphorae* ze stanowiska **Ashkelon**, przebadane przez Stagera i in (2011) zostały zaklasyfikowane jako lokalne, zostały podzielone na dwie grupy petrograficzne: czerwono-brązowa gleba aluwialna z inkluzjami przybrzeżnymi oraz less z inkluzjami przybrzeżnymi (Stager i in. 2011). *Amphora* należące do grupy ceramiki fenickiej zostały opisane w grupie *"Phoenician clay"* charakteryzującej się intensywnie pomarańczowym, węglanowym tłem oraz obecnością glonów *Amphiroa* i biomikrytycznego piasku. W zbiorze z Ashkelon znajdują się również amfory transportowe, których surowiec jest opisywany jako glina pochodzenia Egejskiego oraz *Basket-handled amphora*, których budulec określony jest jako glina Cypryjska lub północno Syryjska, zawierająca polikrystaliczny kwarc, szkliwo wulkaniczne i inne minerały magmowe (Stager i in. 2011).

Autorki Waiman-Barak i Gilboa (2016) przebadały petrograficznie 51 próbek ze stanowiska **Tell Keisan**, w tym 21 próbek naczyń typu carinated jar, datowanych na wczesną epokę żelaza. Praca wyodrębnia 7 grup petrograficznych. Do uznawanych za lokalne grup: A2 i A3, różniących się między sobą głównie proporcją składników węglanowych, przypisano aż 26 próbek (Waiman-Barak i Gilboa 2016). Grupa A2 charakteryzuje się ciemnobrązowym, niewęglanowym tłem, we frakcji pylastej zawiera jednak węglany oraz dobrze wysortowany kwarc. Grubszą frakcję stanowią słabo wysortowane węglany, mikroorganizmy, algi, słabo obtoczony czert i dobrze obtoczony kwarc. Sugerowane pochodzenie dla grupy A2 to materiał z okolic Tell Keisan. Podgrupa A3 odróżnia się obecnością grudek *terra rossy*. W jej frakcji piaskowej występują kwarc, węglany i bioklasty, jest też bogata w pył kwarcowy. Sugerowane pochodzenie grupy to Akko lub Tell Keisan – Akko wydaje się być bardziej prawdopodobne, ponieważ większość próbek przypisanych do grupy A3 to fenickie naczynia transportowe (Waiman-Barak i Gilboa 2016). Grupa B obejmuje próbki zbudowane z neogeńskiego margla z kwarcem i bioklastami, a ich sugerowane pochodzenie to wybrzeże między Tyrem a Sydonem. Grupa C – glina wapienna, reprezentowana przez 9 próbek, jej sugerowane pochodzenie to wybrzeże Karmelu (Waiman-Barak i Gilboa 2016). Grupa C/D to materiał bogaty w otwornice, wapienie i kwarc, jego sugerowane pochodzenie to wybrzeże Karmelu, północna Filistia (Waiman-Barak i Gilboa 2016). Grupa D reprezentuje próbki zawierające materiał ilasty, bogaty w otwornice, z piaskiem kwarcowym. Jego sugerowane pochodzenie to północne wybrzeże Filistii. Grupa D/F to również materiał ilasty z piaskiem kwarcowym i węglanowym, jego prawdopodobne pochodzenie to obszar między wybrzeżem Filistii a północnozachodnim Negevem (Waiman-Barak i Gilboa 2016).

Obszerne badania, łączące dane petrograficzne z analizą chemiczną, zostały przedstawione w publikacji Michniewicz i Młynarczyk (Michniewicz i Młynarczyk 2017). Analizie poddano 250 próbek amfor pochodzących ze stanowisk **Sha'ar-HaAmakimi, Tell Keisan i Akko**. Wyróżnionych zostało 8 głównych grup petrograficznych.

Grupa I marglista o jasnym pomarańczowym kolorze jest bogata w otwornice i obejmuje 4 podgrupy. IAI, nazwana "Algae" ze względu na obecność glonów *Amphiroa sp.*, jest zbudowana z jasnego eoceńskiego margla bogatego w otwornice z domieszką piasku kwarcowego oraz czerwonych grudek gleby. Grupa IA2 zbudowana z kredowego margla, zawiera duże kredowe ziarna z otwornicami oraz grudki gleby *terra rossy* i duży udział pyłu kwarcowego. Grupa IA3 to eoceński jasny margiel, kwarc oraz grudki gleby, a wyróżnia ją obecność hyaloklastów. Grupa IA4 – wyróżniona tylko wśród próbek z Akko – to jasny eoceński margiel bogaty w otwornice, z piaskiem węglanowym oraz czerwonymi fragmentami.

Na grupę II składają się również 4 podgrupy, charakteryzujące się obecnością pyłu kwarcowego i węglanowego oraz różnych wiekowo otwornic, bogate w żelazo z nieznacznym udziałem frakcji piaskowej i rozpoznanymi grudkami gleby rędzina. Podgrupa IIA to materiał z licznymi otwornicami wieku paleogeńskiego oraz grudkami gleby typu rędzina, natomiast w grupie IIB przeważają otwornice wieku kredowego. Podgrupa IIC charakteryzuje się obecnością otwornic wieku kredowego oraz domieszką gleby z pyłem węglanowym, a IID obejmuje materiał wypalony w wysokiej temperaturze, zawierający dużo pyłu węglanowego i niemal pozbawiony frakcji piaskowej, z tłem nieaktywnym optycznie.

Grupa III to materiał marglisty, który wyróżnia obecność romboedrycznych kryształów dolomitu, głównie we frakcji pyłowej. Tło jest jasnoczerwone, w niektórych próbkach obecna jest domieszka *terra rossy*.

Grupa IV, obejmująca kremową ceramikę, jest zbudowana z kredowego margla z grud-

kami *terra rossy.* Podgrupa IVA to materiał marglisto-kredowy wieku paleocen-eocen z domieszką czerwonej gleby, jest ona pozbawiona frakcji piaskowej. Podgrupa IVB to eoceńska kreda marglista z dużymi grudkami gleby. Podgrupa IVC jest zbudowana z materiału kredowo-marglistego z grudkami gleby, fragmentami łupków ilastych oraz drobnym piaskiem kwarcowym. Podgrupa IVD to paleogeński margiel z domieszką piasku kwarcowego. Podgrupa IVE to margiel wieku kredowego z drobnym piaskiem kwarcowym, wyróżnia się ona obecnością drobnych nieprzezroczystych grudek gleby. IVF jest to eoceński margiel kredowy z płatkami miki. Podgrupa IVH – kreda z marglem wieku eoceńskiego o charakterystycznym szarym kolorze i tlenkami żelaza związanych z bioklastami. (Michniewicz i Młynarczyk 2017).

Grupa V charakteryzuje się wapienno-marglistym tłem z grudkami *terra rossy*, ze znaczną ilością frakcji piaskowej – głównie kwarcu – następnie wapieni i akcesorycznie plagioklazów, piroksenów oraz amfiboli.

Grupa VI, nazwana przez autorów "*hamra*", cechuje się ciemnoczerwonym, żelazistym tłem oraz dobrze wysortowanym kwarcem, stanowiącym około 30% objętości próbki. W niewielkich ilościach występują skalenie i amfibole.

Grupa VII cechuje się żelazistym, marglistym tłem, a spośród innych wyróżnia ją duża ilość pyłu dolomitycznego.

Cechą wspólną dla próbek grupy VIII jest ciemne żelaziste tło i obecność we frakcji piaskowej romboidalnych ziaren dolomitu (Michniewicz i Młynarczyk 2017).

W swoich badaniach Michniewicz i Młynarczyk (2017) sprecyzowali wiek surowca na podstawie określenia wieku szczątków mikropaleontologicznych. Surowce w większości przypadków reprezentują późną kredę, paleogen i eocen. Naczynia typu fenickiego wykonano głównie z materiału eoceńskiego. Nie stwierdzono, aby w badanym zbiorze znajdowała się ceramika wykonana z materiału wieku paleoceńsko-eoceńskiego odpowiadającego formacji Taqiye (Michniewicz i Młynarczyk 2017).

W badaniach petrograficznych naczyń ceramicznych pozyskanych ze stanowiska archeologicznego na obrzeżach miasta **Chhim**, położonego na północ od Sydonu, rozpoznano cztery grupy petrograficzne (Marzec i in. 2021). Wśród przebadanych próbek, 15 pochodziło z amfor pochodzących z okresu rzymskiego oraz bizantyjskiego. Wszystkie zostały przypisane do jednej grupy petrograficznej (*Fabric 1*), charakteryzującej się dominującą obecnością węglanów, kalcytu i dolomitu, a także mikroskamieniałości (algi i otwornice). Kwarc, skalenie i żelaziste grudki gleby występują rzadko, a materiał jest słabo wysortowany. Tło wykazuje dużą zmienność kolorystyczną – od pomarańczowego do ciemnobrązowego, a różnice występują również w obrębie pojedynczych próbek. Sugerowane pochodzenie tego materiału to okolice Chhim (Marzec i in. 2021). Autorzy sugerują analogię do grupy petrograficznej III z Sha'ar-HaAmakim i Tell Keisan (Michniewicz i Młynarczyk 2017).

5.2.1. Wyniki badań petrograficznych naczyń zasobowych

W poniższym rozdziale zaprezentowano i scharakteryzowano petrografię 24 próbek naczyń zasobowych. Kontekst oraz stratygraficzne dane archeologiczne są przedstawione w tabeli 11. Dziewięć próbek zostało również przebadanych chemicznie.

Charakterystyka makroskopowa materiału została przedstawiona w formie tabelarycznej Tabela 12. Zestawienie cech petrograficznych próbek przedstawia Tabela 13.

Numer laboratoryjny	Naczynie	Locus	Basket	ltem	Stratum	Kontekst	Grupa petrograficzna
1		2942	24685	13	AO		5
3		3013	24786	17	A4-A3 Mx		5
7		3009	24841	3	A4a-A3 Mx		5
9		2900	24796	9	A4b Mx	7-6/5wiek p.n.e.	4a
16		2033	20114	6	A0	Okres perski	2b
18*		3105	24583	10	A0		4b
22*		3035	24815	7	A1		nieprzypisana
27*		3022	24765	29	A0	6 wiek p.n.e.	5
36		2899	24780	25	A6-A5	7 wiek p.n.e.	4a
49*		2848	24773	9	Post-A4/ Pre-A3	7/6 wiek p.n.e.	4c
50		2899	24780	26	A6-A5	7 wiek p.n.e.	4b
53*	CL I	2939	24747	4	A7	6 wiek p.n.e.	3
54*	Store Jar	2899	24780	27	A6-A5	7 wiek p.n.e.	4b
63		2943,2	24953	3	A4b	7/6 wiek p.n.e.	5
65		2848	24773	22	Post-A4/ Pre-A3	Okres perski	2b
71		3019	24793	48	A4a Mx		5
73		3013	24786	9	A4-A3 Mx	7/6 wiek p.n.e.	5
74*		3062	24847	9	A00	6/5 wiek p.n.e.	2b
79		3120	25104	1	A4a		5
85		3013	24786	5	A4-A3 Mx	6/5 wiek p.n.e.	2b
88		3055,1	24819	29	A5 Mx	7 wiek p.n.e.	4b
96*		3015	24683	6	A1		4c
98		2999	24973	2	A5-A4b Mx	6th c. BC	5
25A*		3613	27507	9		7 wiek p.n.e.	4b

* - próbki przebadane chemicznie

Tabela II. Lista przebadanych próbek storage jars

			STORAGE JAR			
Nr laboratoryjny	Kolor - symbol wg Munsela	Kolor (określany potocznie)	Ziarna	Przełam	Dotyk	Wysortowanie
1	4,6 5YR; 5,4 5YR	żółto czerwony; czerwono brązowy	nie widoczne	równy	chropowaty	bardzo dobre
3	8/2 2,5 Y	blado żółty	czerwone punkty	równy	gładki	bardzo dobre/ dobre
7	6,1 2,5YR; 5,8 2,5YR	brązowo szary	widoczne ziarna piasku	haczykowaty	szorstki/ chropowaty	bardzo słabe
9	4,6 5YR; 5,4 5YR	żółto czerwony; czerwono brązowy	widoczne białe punkty	równy	chropowaty	słabe
16	7/6 5 YR	czerwono żółty	czerwone i białe punkty	równy	gładki	bardzo dobre
18	6,8, 7,5YR	czerwono żółty	czerwony i białe punkty	równy	gładki	słabe
22	7/6 5 YR	czerwono żółty	czerwone punkty	równy	gładki	bardzo dobre
27	6,1 2,5YR	brązowo szary	widoczne białe punkty	równy	gładki	bardzo dobre
36	4,6 5YR; 5,4 5YR	żółto czerwony; czerwono brązowy	widoczne ziarna piasku i czerwone pukty	równy	gładki	słabe
49	5/6 5YR; 4/1 5YR	żółto czerwony; ciemny szary	widoczne ziarna piasku	haczykowaty	szorstki	średnie
50	5/6 5YR; 4/1 5YR	żółto czerwony; ciemny szary	widoczne ziarna piasku	nieregularny	chropowaty	słabe
53	6,1 2,5YR	jasno brązowo szary	widoczne ziarna piasku	haczykowaty	chropowaty	dobre
54	5/6 5YR; 4/1 5YR	żółto czerwony; ciemny szary	widoczne ziarna piasku	nieregularny	chropowaty	słabe
63	4,6 5YR	czerwono brązowy	widoczne ziarna piasku	równy	gładki	średnie
65	6,1 2,5YR	jasno brązowo szary	widoczne ziarna piasku	haczykowaty	chropowaty	średnie
71	4,6 5YR	jasno brązowo szary	widoczne ziarna piasku	równy	gładki	średnie
73	6,1 2,5YR	jasno brązowo szary	widoczne ziarna piasku	haczykowaty	szorstki	średnie
74	6,1 2,5YR	jasno czerwone	widoczne ziarna piasku	nieregularny	szorstki	średnie
79	5,4 5YR	jasno brązowe	widoczne ziarna piasku i czerwone pukty	nieregularny	szorstki	dobre
85	8/2 2,5 Y	blado żółty	czerwone pukty	równy	gładki	bardzo dobre/ dobre
88	5/6 5YR; 4/1 5YR	żółto czerwony; ciemny szary	widoczne ziarna piasku	nieregularny	chropowaty	słabe
96	4,6 5YR	jasno brązowy	widoczne ziarna piasku	równy	gładki	średnie
97	4,6 5YR	czerwono brązowy	widoczne ziarna piasku, czerwone punkty	równy	gładki	średnie
98	6/8 YR	jasno czerwony	widoczne ziarna	równy	gładki	dobre
25A	5/6 5YR; 4/1 5YR	żółto czerwony; ciemny szary	widoczne ziarna piasku i czerwone pukty	równy	szostki	słabe

m 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	· ·	1 .	1	1	,	1	1
Tabela 12	Lestawie	cech onis	11 makros	skonowego	naczyn	zasobowyc	h
rabera 12.	Lebeanie	eeen opn	a manie or	mopolicgo	machijm	Labobbonje	**

	-	m	7	6	16	22	27	36	49	50	53	54	63
Anizotronia	, Act	4 X	, act		ب ح ل			.e.	.e	ta k	.e	t X	4et Xet
Mikroorganizmy	tak	nie	nie	nie	tak	nie	tak	nie	tak	tak	tak	tak	tak
Grudki gleby				tak	tak			ć	tak	tak		tak	tak
Tlenki żelaza	tak		tak	tak	tak	tak	tak	tak			tak	tak	tak
Udział pyłu	5%	1%	1%	4%	4%	4%	4%	1%	7%	5%	3%	5%	3%
Pył kwarcowy	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
Pył węglanowy	tak			tak	tak			tak	tak	tak	tak	tak	
Udział frakacji piaskowej	15-20%	15%	5%	5%	10%	3%	7%	35%	25%	10%	25%	20%	5 -10
ZIARNA FRAKCJI F	I/CAWOXEJ	DOMIESZKA											
Kwarc	dominujący	dominujący	dominujący	dominujący	dominujący	trochẹ	często	powszechny	dominujący	dominujący	trochẹ	częsty	częsty
Weglany mikryt	tak		mało	tak	częsty	troche	mało	tak	powszechny	częsty	mało	częsty	częsty
Skalenie potasowe			tak				bardzo rzadko						
Plagioklazy			bardzo rzadko						bardzo rzadko				
Pirokseny											trochẹ		
Amfibole											trochẹ		
Oliwin													
Czert	rzadko				rzadko					bardzo rzadko			bardzo rzadko
Mika						mato							
Dolomit													
Kalcyt		bardzo rzadko											
Kalcyt wtórny	tak		tak	tak	tak			tak	tak	tak	mało		tak
FRAGMENTY SKA													
Bazaltoidy		tak						tak			tak		
Kreda	tak				tak		tak			tak		tak	tak
inne		polikrystali- czny kwarc					algi						

Tabela 13. Zestawie cech petrograficznych naczyń zasobowych

	65	71	73	74	79	85	88	96	98	25A
СНҮ ТŁА										
izotropia	nie	nie	tak	nie	tak	nie	tak	nie	act	tak
kroorganizmy	tak	tak	tak	tak	tak	nie	tak	nie	tak	tak
udki gleby	C	tak					tak	tak		tak
enki żelaza	tak	tak	tak	tak	tak	tak			tak	tak
Iział pyłu	2%	1%	3%	5%	5%	3%	2%	10%	2%	10-15%
ł kwarcowy	tak	tak								
ł węglanowy			tak		tak		tak	tak	tak	
lział frakacji askowej	30%	20%	30%	15%	15-20	5%	3%	20%	15%	5%
ARNA FRAKCJI F	D/L3WOXEJ	OMIESZKA								
varc	dominujący	dominujący	dominujący	dominujący	dominujący	dominujący	powszechny	powszechny	powszechny	powszechny
eglany mikryt	mało	powszechny	mało	powszechny	mało		tak	mato	mato	mato
kalenie otasowe		rzadko		rzadko				rzadko		
agioklazy									bardzo rzadko	
rokseny										
nfibole										
iwin										
zert										bardzo rzadko
ika										
olomit										
alcyt										bardzo rzadko
alcyt wtórny	tak	tak	tak	tak		tak				
RAGMENTY SKAŁ	,1									
azaltoidy										bardzo rzadko
eda					tak		tak	tak		
e									algi	polikrystali- czny kwarc

Tabela 13. Zestawie cech petrograficznych naczyń zasobowych c.d.

Dokumentacja fotograficzna próbek naczyń zasobowych jest zamieszczona w Aneksie I – Dokumentacja fotograficzna – naczynia zasobowe.

Charakterystyka wyników badań chemicznych *storage jars* zostanie ujęta w rozdziale poświęconym analizie chemicznej całego zbioru (zob. rozdział 6. Analiza wyników badań chemicznych zbioru próbek z Tel Akko).

Grupy petrograficzne naczyń typu storage jars

Wśród zbioru próbek *storage jars* występują cztery próbki odpowiadające Grupie petrograficznej 2 i jedna próbka która odpowiada Grupie petrograficznej 3. Pozostałe próbki nie mają odpowiednika wśród dotychczas wyróżnionych grup petrograficznych opisanych w zbiorze moździerzy, numeracja dalszych grup petrograficznych jest kontynuowana.

Grupa petrograficzna 2, Podgrupa 2b – margiel z kwarcem i terra rossą.

Próbki nr: 16, 65, 74, 85 (Figura 15).

Tło: ma barwę jasnobrązową, zostało wypalone w wysokiej temperaturze, o czym świadczy brak aktywności optycznej minerałów ilastych oraz częściowa dekompozycja węglanów. Obecność amorficznych tlenków żelaza jest skupiona w miejscach obecności otwornic. W próbkach 16 i 65 są obecne małe 0,2-0,4 mm grudki ciemnobrązowej żelazistej gleby oraz szare grudki kredy.

Próbka nr 16 zawiera bardzo drobne ziarna barwy pomarańczowej, przy skrzyżowanych nikolach izotropowe. Chemicznie są to glinokrzemiany żelaza i wapnia, prawdopodobnie ich geneza jest syntetyczna (Figura 16).

Ziarna frakcji piaskowej: stanowi 5 do 15% objętości. Dominuje obtoczony i półobtoczony kwarc, współobecny z mikrytowymi węglanami. Drobne skalenie, plagioklazy – występują rzadko



Figura 15. Fotografie mikroskopowe przy równoległych nikolach próbek z grupy 2b



Figura 16. "Czerwony fragment" próbki nr 16 – obraz SEM-BSE, spektrum oraz skład chemiczny.

Grupa petrograficzna 3 - margiel bogaty w pirokseny

Próbka **53** – tło jest szaro brązowe, nieaktywne optycznie. Ziarna frakcji piaskowej są reprezentowane przez pirokseny (0,2-0,4 mm). Obecne są także węglany, fragmenty skał bazaltoidowych, rzadko występują automorficzne skalenie alkaliczne (ok 0,2 mm) i kwarc, bardzo rzadko obecne są "czerwone fragmenty".

Grupa petrograficzna 4 - jasna gleba pylasta, pylasto marglista

Próbki: 9, 36, 54, 88, 25A.

Główną cechą wyróżniającą grupę jest wysoka zawartość pyłu kwarcowego rozproszonego w żelazistym tle, względnie tle ciemnobrązowym, bogatym w pył oraz otwornice.

Makroskopowo jest to ceramika barwy jasnoczerwonej wewnątrz jest szara. Na przełamach widoczne są drobne ziarna szarego oraz białego piasku, na przełamie próbki 36 widoczne są owalne, czarne grudki tlenków żelaza lub manganu.

Podgrupa 4a – gleba pylasta

Próbki nr: 9, 36.

Tło: próbki nr 9 jest ciemne brunatne, przy skrzyżowanych nikolach nieaktywne optycznie ciemnoczerwone z mlecznymi przebarwieniami powstałymi na skutek dysocjacji węglanów. Zawartość pyłu kwarcowego wynosi ok 30% obj. Próbka 9 zawiera nieliczne klasty szarej kredy. Ziarna frakcji piaszczystej stanowią ok 5-7% objętości, są to głownie słabo obtoczone kwarce.

Tło próbki nr 36 jest nieco uboższe w pył kwarcowy (15-20% objętości), próbkę wyróżnia obecność licznych oolitów (Figura 17). W świetle odbitym ujawniają one koncentryczną budowę, utworzoną przez laminy tlenków żelaza i zapewne manganu. Geneza tych struktur niewątpliwie ma charakter pedogenny.

Ziarna frakcji piaskowej to głównie bioklasty zastąpione wtórnym mikrytem oraz drobno i średnioziarnisty, monokrystaliczny kwarc o zmiennym stopniu obtoczenia oraz fragmenty kwarcytowych mułowców.

Podgrupa 4b – gleba pylasta, bogata w otwornice.

Próbki nr 18, A25, 50, 54, 88 (Figura 17).

Tło próbek jest barwy brązowej, bardzo bogate w drobne otwornice: *Acarinina spp.* – przypisywane do starszego paleogenu oraz *Pseudohastigerina* i *Dripsidripella* przypisywane do paleocenu – starszego eocenu. Charakterystyczną jest znaczna domieszka mocno zażelazionej gleby obserwowana w formie owalnych grudek lub podłużnych smug. Ich barwa jest uzależniona od stopnia redukcji danej części czerepu – na ogół jest ciemnobrązowa. Próbki 50 i 54 zawierają klasty szarej kredy. Próbka 18 wyróżnia się obecnością jasnopomarańczowej grudki gleby lub gliny z duża ilością otwornic.

Podgrupa ta niemal nie zawiera ziaren frakcji piaskowej.

Podgrupa 4c – gleba pylasta, z drobnym piaskiem kwarcowym, bogata w otwornice. Próbki nr 49, 96

Tło próbek jest jasno brązowe, zawiera liczne drobne otwornice, rozpoznano *Lenticulina sp.*, węglany w próbkach uległy częściowej dekompozycji termicznej. Próbka 96 zawiera bardzo drobne owalne żelaziste oolity, wielkości poniżej 0,1 mm.

Ziarna frakcji piaskowej: to głównie drobny dobrze i średnio obtoczony kwarc 0,1 mm i rzadkie ziarna skaleni (Figura 19).

Grupa petrograficzna 4, podgrupa 4a Podgrupa 4a, Próbka 36



Grupa petrograficzna 4, podgrupa 4b



Grupa petrograficzna 4, podgrupa 4c Próbka 49 Próbka 96



Figura 17. Fotografie mikroskopowe przy równoległych nikolach próbek z grupy 4a, 4b, 4c

Grupa petrograficzna 5 – *pasta fenicka* jasny margiel z piaskiem kwarcowym i bioklastami, w tym Amphiroa sp.

Próbki: 1, 3, 7, 27, 63, 71, 73, 79, 98.

Grupa charakteryzująca się jasnym jednorodnym marglistym tłem z piaskiem kwarcowym oraz bioklastami. Makroskopowo próbki są bladoczerwone, szorstkie na przełamie, z widocznymi szarymi ziarnami kwarcu oraz jasnymi grudkami węglanów.

Tło: jest jednorodne, margliste, barwy jasno pomarańczowej lub jasno brązowej (Figura 18), lokalnie przebarwione czerwono-brunatnymi koncentracjami tlenków żelaza, zwłaszcza w pobliżu nagromadzeń otwornic (*Globigerina sp*), rozpoznano także obecność *Morozovella sp.* – (starszy paleogen – próbka 27) oraz *Lenticulina sp*. (Formy które, wymarły na przełomie Paleocenu i Eocenu – próbka 79).

Udział, pyłu kwarcowego, jest niewielki i wynosi od 1 do 5% objętości. Próbki 3, 7, 27, 61, 79, 98 są aktywne optycznie, próbka 71 jest nieaktywna.

Ziarna frakcji piaskowej: dominują półobtoczone ziarna kwarcu, frakcji 0,2-0,3 mm. Węglany (mikryt) są nieliczne (do 4% objętości próbki), próbki o numerach 1, 27, 79, 98 zawierają fragmenty alg (prawdopodobnie *Amphiroa sp.*). Pojedyncze ziarna plagioklazów są półobtoczone, ich średnica nie przekracza 0,1 mm, analiza składu chemicznego SEM/EDS (Tabela 14) ziaren w próbkach 16 i 71 wykazała obecność andezynów.



Figura 18. Fotografie mikroskopowe przy równoległych nikolach próbek z grupy 5

Grupa petrograficzna	2b	5		4	С	
Dréhka	17	71		9	6	
РТОрка	10	/ 1	1	2	3	4
An %	34,16	44,75	26,90	28,53	0	0
Ab %	65,84	55,25	67,01	71,47	8,97	63,58
Or %	0	0	6,08	0	91,03	36,42

Tabela 14. Udział procentowy cząsteczki anortytu, albitu oraz skalenia potasowego wśród skaleni ze zbioru naczyń *storage jars*, przeliczony na podstawie analiz składu chemicznego metodą SEM-EDS.

Próbka 96



Figura 19. Analiza składu chemicznego SEM-EDS skalenia próbka 96.

Mikropaleontologia naczyń zasobowych

Ekspertyza mikropaleontologiczna wykonana przez A. Szydło (2022) w wybranych próbkach wykazała obecność szczątków form planktonicznych takich jak: *Morozo-vella sp.* (próbka 27 – Grupa petrograficzna 5) (Tabela 15, Figura 20) lub *Acarinina spp.* (próbka 25A – Grupa petrograficzna 4) wiekowo należą one do starszego pale-ogenu. *Lenticulina sp.* reprezentuje formy bentoniczne, które wymarły na przełomie Paleocenu i Eocenu (Szydło 2022), forma ta jest obecna w próbkach 49 (Grupa 4) i 79 (Grupa 5). *Subbotina* obecna w próbce 63 (Grupa petrograficzna 5) i 25A miała szerszy zakres miejsc oraz czasu występowania, jej obecność nie jest diagnostyczna w określeniu proweniencji surowca. Obecne w próbce 25A formy planktoniczne *Pseudohastigerina wilcoxensis* oraz *Dripsidripella cf. danvillensis* należą wiekowo do paleocenu – starszego eocenu (Szydło 2022).

Grupa petrograficzna	4b	5	4c	5	5
Próbka Gatunek	25A	27	49	63	79
Morozovella sp.		Х			
Subbotina cf. Linaperta		Х			
Subbotina eoceana				х	
Acarinina Spp.	х				
Pseudohastigerina wilcoxensis	х				
Dripsidripella cf. Danvillensis	х				
Lenticulina Sp.			х		х

Tabela 15. Zestawienie rodzajów rozpoznanych mikroorganizmów w próbkach *storage jars* o numerach: 27, 49, 63, 79, 25A

Próbka 25A, Pseudohastigerina wilcoxensis i małe formy Acarinina Spp.

Próbka 27, Morozovella sp.



Figura 20. Dokumentacja mikropaleontologiczna próbki 25A i 27.

Próbki nieprzypisane – próbki których zestawienie cech obserwowanych pod mikroskopem nie pozwala na utworzenie grupy petrograficznej w zbiorze *storage jars*.

Próbka 22 – przy równoległych nikolach ilaste tło ma kolor czerwony oraz, brunatno czerwony. Zawartość pyłu kwarcowego wynosi 5%. Próbka jest niemal pozbawiona frakcji piaskowej, zawiera pojedyncze ziarna kwarcu,. Diagnostyczną jest obecność muskowitu, którego blaszki są równomiernie rozłożone w całej próbce.

5.2.2. Podsumowanie petrografii naczyń zasobowych

Podsumowanie grup petrograficznych 1-3 zostało przedstawione w podrozdziale o moździerzach (5.1.), poniższe podsumowanie uwzględnia Grupy petrograficzne 4 i 5 scharakteryzowane przy opisie naczyń zasobowych.

Grupa petrograficzna 4 – gleba pylasta, pylasto marglista

Podgrupa 4a gleba pylasta – próbki z ciemnym brunatnym tłem przewagą frakcji pylastej nielicznymi ziarnami kwarcu we frakcji piaskowej. Podobny surowiec opisał Ben-Shlomo jako rędzina z mikroorganizmami i pyłem kwarcowym oraz piaskiem węglanowym, w opracowaniu ceramiki z Jerozolimy tegoż autora została zaklasyfikowana jako grupa 7 – surowce ilaste związane z rędziną (Ben-Shlomo 2019a; Ben-Shlomo 2019b) – ponieważ opisy te dotyczą innej ceramiki użytkowej zostały przybliżone w podrozdziale 5.3.

Podobnie jak *terra rossa* gleba typu rędzina jest powszechna z Izraelu pojawia się na centralnych wzgórzach Izraela, w Galilei oraz regionie Shephelah, analizując lokalne do Jerozolimy formacje geologiczne autor sugeruje, że próbki zawierające dolomit mogły być wykonane w okolicach Jerozolimy (Ben-Shlomo 2019b).

Podgrupa 4b (gleba pylasta, bogata w otwornice) i **podgrupa 4c** (gleba pylasta, z drobnym piaskiem kwarcowym, bogata w otwornice.) wydają się być analogiczne

do Petrograficznej Grupy II opisanej przez Michniewicz i Młynarczyk (2017) oraz do materiału fabric 2 opisywanego na stanowisku Chhim w Libanie (Marzec i in. 2021). Analogie znajdujemy też w opisach materiału ceramicznego pochodzącego ze stanowiska Tell Keisan (Grupa Petrograficzna A2 (Waiman-Barak i Gilboa 2016).Ta grupa petrograficzna nie ma odpowiednika w opracowaniu Bettles (2003). *Fabric 2* z Chhim wykazuję pewne różnice: tło jest bardziej żelaziste ma większy udział pyłu kwarcowego a mniejszy udział mikroorganizmów.

Wspólnym mianownikiem ceramiki z tych grup petrograficznych jest czerwono brązowe tło, obecność pyłu kwarcowo-węglanowego, i otwornic, dobrze wysortowany, półobtoczony kwarc, obecność grudek gleby (prawdopodobnie rędziny) i fragmentów wapieni mikrytycznych.

Próbki materiału *fabric 2* z Chhim oraz grupy petrograficznej 4 posiadają porównywalne proporcje żelaza, glinu, wapnia, chromu, manganu. Grupa petrograficzna 4 wykazuje większe podobieństwo chemiczne pod kątem proporcji pierwiastków takich jak wapń, skand, żelazo, mangan do grup IA1 i IA2 z opracowania Michniewicz i Młynarczyk (2017).

Sugerowanym przez Barak & Gilboa obszarem pochodzenia grupy petrograficznej A2 z Tell Keisan jest "rejon zatoki Hajfy, wybrzeże Akko" (Waiman-Barak i Gilboa 2016), dla grupy IA2 "Eoceńskie margle równiny przybrzeżnej Izraela, Libanu i dolnej Galilei", natomiast dla grupy petrograficznej II pochodzenie pozostaje nieokreślone (Michniewicz i Młynarczyk 2017). Materiał *fabric 2* z Chhim uważany jest za produkcję lokalną dla Chhim (Marzec i in. 2021).

Zważywszy na rozbieżność w interpretacji autorów, można przypuszczać, że tego typu materiał jest obecny w pobliżu wszystkich opisywanych stanowisk i ma wiele wariantów w skali regionu równiny przybrzeżnej Izraela i Libanu.

Grupa petrograficzna 5 – pasta fenicka

Grupa petrograficzna 5 wydaje się być odpowiednikiem grupy Al opisanej przez Bettles (Bettles 2003) oraz materiału B opisanego w Tell Keisan (Waiman-Barak i Gilboa 2016), jak też Petrograficznej Grupy IAl wyróżnionej przez w amforach z okresu perskiego z Sha'ar-Ha'Amakim, Tell Keisan i Akko (Michniewicz i Młynarczyk 2017). Wspólną cechą jest jasne margliste pomarańczowe tło, niewielki udział frakcji piaskowej i pyłowej reprezentowanej głownie przez kwarc, obecność grudek czerwonej żelazistej gleby oraz licznych rodzajów otwornic (paleogeńskie *Morozovella sp. i Acarinina Sp*) i alg *Amphiora*.

Sugerowanym obszarem źródłowym dla naczyń z Tell Keisan jest południowy Libanu, okolic Tyru, Sydonu, Sarepty (Waiman-Barak i Gilboa 2016), podobnie Bettles określa materiał jako "*Palaeogene foraminiferous marl*" pochodzący z okolic Sarepty (Bettles 2003), dla grupy IA1 z Sha'ar-Ha'Amakim, Tell Keisan i Akko, sugerowanym surowcem jest Eoceński margiel którego wychodnie są w północnym Izraelu (Nahariya) południowym Libanie (okolice Sydonu i Mannsouri) (Michniewicz i Młynarczyk 2017).

5.3. Inne rodzaje ceramiki użytkowej z Tel Akko

Niesklasyfikowane wcześniej naczynia użytku domowego zostały przypisane do trzech grup, a ich podział wynika z podobieństwa w sposobie ich użytkowania, i co za tym idzie, z podobnego rodzaju materiału, z którego zostały wykonane. Ten rozdział prezentuje wyniki badań petrograficznych, natomiast wyniki badań chemicznych dla tych zbiorów naczyń, zostaną przedstawione w kolejnym rozdziale.

5.3.1. Garnki do gotowania i tace do pieczenia chleba (*cooking pots* & *baking trays*)

Naczynia typu *cooking pot* charakteryzują się otwartym, kulistym kształtem o wysokości około 20 cm i obrzeżem o średnicy około 20 cm. Mają krótką szyjkę lub są jej całkiem pozbawione. Niektóre z nich posiadają uchwyty w kształcie pętelek (Ben-Shlomo 2019a). Przykładowe garnki z epoki żelaza II przedstawione przez Dothana (1976) miały dwa rodzaje obrzeży, różniące się budową ich dolnej części: mogła być ona cienka lub pogrubiona. (Figura 21) (Dothan 1976). Z kolei *baking tray* to okrągłe, płytkie naczynie o średnicy około 20 cm. Ze względu na swoją funkcję, naczynia ww. grup, były wykorzystywane do przyrządzania potraw, zwykle połączonego z obróbką termiczną. W związku z tym materiał, z którego są wykonane, powinien mieć określone parametry, a więc być nieprzepuszczalny, odporny na szok termiczny i wytrzymały na długotrwałe działanie temperatury (Freud 2012; Ben-Shlomo 2019a). I właśnie dlatego materiał, z którego są wykonane ceramiczne naczynia kuchenne, jest bardzo specyficzny – już w rozpoznaniu makroskopowym jest widoczny charakterystyczny gruboziarnisty piasek, zazwyczaj kalcyt.

Intencjonalne wykorzystanie kalcytu, jako domieszki, jest obserwowane w ceramice takiej jak garnki od wczesnej epoki brązu do końca epoki żelaza (Goren 1995). Zaletą obecności kalcytu w ceramice jest zwiększenie odporności na szok termiczny oraz redukcja porowatości. Jest to związane z tym, że minerały ilaste w glinie oraz kalcyt mają podobną rozszerzalność cieplną (Arnold 1985; Goren 1995).

Do tej pory powstało niewiele prac archeometrycznych poświęconych, sensu stricto, garnkom do gotowania. Zwykle naczynia kuchenne są opisywane przy okazji badań większych zbiorów naczyń.



Figura 21. Cooking pot - garnki. Sektor A, strata 7-6 (Dothan 1976).

Stan badań archeometrycznych

Wszystkie naczynia użytku codziennego pochodzące ze stanowiska **Megiddo**, przebadane przez Arie (2006), datowane na epokę żelaza, takie jak garnki, miski, kratery, również lampka oliwna, przynależą do grupy petrograficznej A (Arie i in. 2006). Grupa A charakteryzuje się węglanowym tłem, zawartością pyłu (2-5%), głównie kwarcowego, i sporadycznie występującymi kulistymi grudkami *terra rossy*. Frakcję piaskową stanowią głównie obtoczone ziarna wapienia, trawertyn, kreda, czert i bazalt alkaliczno-oliwinowy. Połączenie bazaltu i skał węglanowych badacze przypisują do regionu dolnej i wschodniej Galilei, a ponieważ ten typ materiału jest najpowszechniejszy wśród przebadanych próbek ceramiki, został uznany za lokalny dla Megiddo (Arie i in. 2006).

Gorzalczany (2006, 2008) opisał tylko trzy naczynia z grupy cooking pot ze stanowisk archeologicznych w **Horbat Malta** (2 próbki) i **Tel Mikhal** (1 próbka) (Gorzalczany 2006; Gorzalczany 2008). Zostały one przypisane do grupy petrograficznej *hamra* – cechuje się ona czerwonym, żelazistym tłem pozbawionym węglanów z domieszką kwarcu, którego ziarna są słabo wysortowane i półobtoczone (Gorzalczany 2006; Gorzalczany 2008).

Sześć próbek naczyń typu cooking pot (7 wiek p.n.e.), należących do ceramiki lokalnej ze stanowiska **Ashkelon**, zostało poddanych badaniom petrograficznym przez Stager (Stager i in. 2011). Próbki przypisano do 3 grup zaklasyfikowanych jako lokalne. Do najpowszechniejszej grupy petrograficznej z Ashkelon, charakteryzującej się ciemnym, brązowoczerwonym izotropowym tłem z inkluzjami gruboziarnistego obtoczonego kwarcu, przypisane są dwie próbki *cooking pot*. Kolejna grupa, do której należą również dwie próbki, to ceramika powstała na bazie *terra rossy* z inkluzjami kredy. Ostatnie dwie próbki to grupa lessowa z inkluzjami związanymi z wybrzeżem, takimi jak pasek plażowy i minerały ciężkie (Stager i in. 2011).

Wyniki badań petrograficznych 22 garnków z **Edomu** pozwoliły wyodrębnić 6 grup petrograficznych (Freud 2012). Pierwsza grupa *"piaskowiec z Edomu"* charakteryzuje się żelazistym, brązowym matriksem, którego główną domieszkę stanowi kwarc i w nie-wielkiej ilości skalenie. Ziarna są nieobtoczone lub średnio obtoczone. Sugerowane pochodzenie to piaskowce z formacji Hazeva⁶. Druga grupa *"wybrzeże hamra"* cechuje się ciemnym, brązowym matriksem. Domieszkę stanowią dobrze wysortowanie i obtoczone ziarna kwarcu, czert i skalenie (mikroklin). Sugerowane pochodzenie to wybrzeże Izraela na południe od Karmelu. Trzecia grupa *"terra rossa"* ma żelaziste tło, a domieszka to głównie kruszone fragmenty nari⁷ i nieobtoczony kwarc. Czwarta grupa *"biała lessowa"* charakteryzuje się wysoko wypalonym, izotropowym węglanowym tłem z drobnoziarnistym kwarcem i węglanami, a jej sugerowane pochodzenie to gleby lessowe występujące w północnym Negewie. Piątą grupę "egejską" cechuje obecność fragmentów skał metamorficznych takich jak łupki, którym towarzyszą ziarna biotytu,

⁶ Formacja obecna w południowym Izraelu, tworzą ją mioceńskie piaskowce, konglomeraty i osady ilaste (Calvo i Bartov 2001; Flexer i Yellin-Dror 2009)

⁷ Nari – (Nāri) jest rodzajem ewaporatów węglanowych powstałych zwłaszcza na podłożu kredowym lub marglistym, jest formacją powszechną w półpustynnym śródziemnomorskim regionie Lewantu (Itkin i in. 2012).

muskowitu, kwarcu i skaleni. Sugerowane pochodzenie tej grupy to wschodni basen Morza Egejskiego. Szósta grupa "nieokreślona" – jej ilaste tło zawiera pył węglanowy, a domieszkę stanowią ziarna kredy, blaszki miki, duże ziarna kwarcu i fragmenty organiczne (Freud 2012).

W opracowaniu petrograficznym ceramiki (garnków, misek, dzbanów) z regionów **Judei oraz Filistii** z epoki żelaza II rozpoznano 4 grupy petrograficzne (Cohen-Weinberger i in. 2017). Grupa A z jasnym węglanowym tłem, oraz kwarcem i pyłem z dolomitu. Grupa B materiału bogatego w otwornice z piaskiem i pyłem kwarcowym i dodatkiem kredy analiza otwornic wykazała ich paleogeński wiek. Grupa C z charakterystycznym żelazistym tłem, zawiera pył kwarcowy oraz akcesorycznie cyrkon, skalenie, zawiera piasek kwarcowy i fragmenty *kurkarów*. Grupa D z żelazistym tłem zawierającym pył kwarcowy i węglanowy i charakterystyczne słabo wysortowane ziarna kruszonego kalcytu. Sugerowane surowce dla poszczególnych grup to formacja Moza dla grupy A, dla grupy B to gleba związana ze skałami paleogenu, grupa C nie została określona, natomiast surowiec bazowy dla grupy D to *terra rossa* (Cohen-Weinberger i in. 2017).

Obszerne opracowanie dotyczące ceramiki epoki żelaza z **Jerozolimy** autorstwa Ben-Shlomo (2019) zawiera analizę petrograficzną ponad 400 próbek ceramiki użytkowej. Przebadano 90 próbek garnków kuchennych, 151 próbek misek i kraterów i 139 próbek naczyń zasobowych (*jars, holemouth, pithoi*). Pozostałe próbki zostały określone jako specjalne rodzaje naczyń ceramicznych (naczynia dekorowane, cienkościenne) (Ben-Shlomo 2019b). Autor wyróżnił 20 grup petrograficznych, podkreślając jednak, że grupy petrograficzne: 1, 2, 3 oraz 7 obejmują 80% całości przebadanego zespołu próbek. Grupy petrograficzne 1 i 3 są określone jako grupy związane z *terra rossa* (Ben-Shlomo 2019b).

Grupa petrograficzna 1 ma żelaziste, czerwono-brązowe tło, który w części próbek jest nieaktywny optycznie. Pory zajmują od 10 do 15% powierzchni. Grubsza frakcja to zwykle wapienie, obtoczony piasek kwarcowy, pył kwarcowy, pył dolomitowy, czert i grudki gliny. Autor wyodrębnił 7 podgrup. Podgrupa la charakteryzuje się dwoma głównymi rodzajami domieszki: ziarnami kwarcu (20-35%) oraz ziarnami węglanów (5-25%). Kwarc jest obtoczony lub średnioobtoczony, ma 0,1-0,8 mm, niektóre ziarna mają pęknięcia i wykazują wygaszanie faliste. Węglany to głównie wapienie, kreda i mikroorganizmy. Grudki gliny zdarzają się rzadko i mają rozmiar około 0,5 mm (Ben--Shlomo 2019b). Podgrupa 1b wyróżnia się mocno czerwonym tłem. Podgrupę 1c cechuje większy udział mikroskamieniałości oraz kredy (do 15% objętości badanego szlifu). Podgrupa 1d ma większą proporcję nieobtoczonych i średnio obtoczonych ziaren węglanowych. Podgrupa le wyróżnia się obecnością dużych porów – pustek po dekompozycji klacytu. Podgrupa 1f charakteryzuje się dużą proporcją wapienia i romboedrycznego piasku dolomitowego, niektóre ziarna mają powyżej 1 mm średnicy, a udział węglanów zwykle wynosi około 30% i bardzo rzadko 40%. Podgrupa 1g jest grupą bogatą w pył dolomitowy (Ben-Shlomo 2019b).

Grupa 3 wykazuje ciemne tło, izotropowe przy skrzyżowanych nikolach. Pył kwarcowy jest nieobtoczony, dobrze lub średnio wysortowany, grubsza frakcja – piasek kwarcowy – jest bardzo rzadki. Ziarna węglanowe o rozmiarze od 0,3 do 0,9 mm zajmują do 20% objętości próbki. Grudki gleby są rzadkie i mają około 0,4 mm. Ten rodzaj materiału jest powszechny dla garnków (Ben-Shlomo 2019b).

Grupa 7 (związana z glebą typ rędzina) ma czerwony, węglanowy tłem – to właśnie charakter tła jest główną cechą rozróżniająca grupę 1 i 7. Materiał zaklasyfikowany do tej grupy zawiera kredę, mikroskamieniałości, wapienie, dolomit i pył kwarcowy. W tym przypadku wyróżniono 5 podgrup. Podgrupa 7a charakteryzuje się wapiennym, aktywnym optycznie, czerwonym matriksem. W jej frakcji piaskowej dominuje kreda i mikroskamieniałości. Ziarna kredy są średnio obtoczone i obtoczone o wymiarach około 0,55 -0,9 mm. Mikroskamieniałości są zwykle związane z koncentracjami tlenków żelaza. Czert i minerały nieprzezroczyste występują w niewielkich ilościach. Frakcja pylasta – nieobtoczony kwarc – stanowi ok. 5-10% powierzchni próbki. Podgrupa 7b wyróżnia się większym udziałem frakcji pylastej – dobrze wysortowanego, nieobtoczonego kwarcu. Podgrupa 7c cechuje się zwiększonym udziałem kwarcu, zarówno we frakcji piaskowej, jak i pyłowej, a obok węglanowej domieszki, takiej jak wapienie, zawiera również dolomit. Podgrupa 7d jest analogiczna do grupy 7c, jednak bez obecności dolomitu. Podgrupa 7e wyróżnia się obecnością kanciastego, nieobtoczonego kalcytu (Ben-Shlomo 2019b).

W **grupie 2**, związanej z materiałem ilastym formacji Moza, wyróżniono 6 podgrup. Podgrupa 2a, której tło jest aktywne optycznie, ma charakter węglanowy i kolor czerwonobrązowy. Głównym elementem jej frakcji piaskowej jest dolomit, często zachowany w formie romboedrycznej. Podgrupa 2b charakteryzuje się większym udziałem ziaren wapiennych, głównie mikroskamieniałości i wapienia. Podgrupa 2c wyróżnia się tym, że ziarna dolomitu są zaokrąglone, średnio obtoczone lub obtoczone. Podgrupa 2d cechuje się czerwonym tłem oraz koncentracjami tlenków żelaza, a we frakcji piaskowej ma większy udział kwarcu (do 10%). Podgrupa 2e wyróżnia się zwiększonym udziałem grudek gliny o rozmiarze do 1 mm – zajmują one do 5% objętości próbki, są czerwone i zawierają nieobtoczony pył kwarcowy – jest to prawdopodobnie *terra rossa*. Podgrupa 2f charakteryzuje się znaczącym 45-50-procentowym udziałem dolomitu. Ziarna mają średnią wielkość 0,15 mm Wyróżniająca jest również mniejsza, niż w pozostałych grupach, ilość minerałów nieprzezroczystych, grudek gliny, innych węglanów i pyłu kwarcowego (Ben-Shlomo 2019a).

Kolejna publikacja Ben-Shlomo (Ben-Shlomo 2019a) dotycząca naczyń typu *cooking pot* z epoki żelaza prezentuje analizę petrograficzną 90 próbek pochodzących z wykopalisk w Jerozolimie: z *Ophel, City of David* oraz Tel Moza. Autor wyróżnia dwie grupy materiału źródłowego dla badanych naczyń – jednym z materiałów jest *terra rossa*, drugim marglista formacja Moza. Ceramika wykonana z *terra rossy* charakteryzuje się czerwonym, żelazistym tłem Materiał ilasty zawiera głównie wapień, kredę, obtoczony piasek i pył kwarcowy, czert oraz grudki gliny. Wiele z inkluzji jest dużych, ostrokrawędzistych, intencjonalnie pokruszonych.

Materiał pochodzący z **formacji Moza** charakteryzuje się węglanowym matriksem, bogatym w romboedryczny piasek dolomitowy (Ben-Shlomo 2019a). Osobny paragraf jest poświęcony analizie domieszki. Autor wyróżnia jako podstawowe elementy: domieszkę węglanową – wapienie, kredę, mikroorganizmy, muszle, dolomit i nari oraz domieszkę kwarcową. W zależności od proporcji składników domieszki, autor wyróżnia cztery grupy ceramiki: *terra rossa* z domieszką kwarcową – pyłem kwarcowo-dolomitycznym, *terra rossa* z kruszonym kalcytem i pyłem kwarcowo-węglanowym, *terra rossa* z piaskiem kwarcowym i pyłem kwarcowo-dolomitycznym oraz rędzina z piaskiem węglanowym, mikroorganizmami i pyłem kwarcowym (Ben-Shlomo 2019a).

Numer laboratoryjny	Naczynie	Locus	Basket	ltem	Stratum	Kontekst	Grupa petrograficzna
11	Cooking pot	2939	24747	3	A7	6 wiek p.n.e.	8
12*	Baking tray	3055,1	24819	18	A5 Mx		7
24*		3040	24920	3	A00	4 wiek p.n.e.	6a
28		2942	24749	1	AO	epoka żelaza II C	8
29		2943,2	24811	17	A4b	6 wiek p.n.e.	6a
30*		3055,1	24819	7	A5 Mx	epoka żelaza II C	7
33	Cooking pot	3099	25045	2	AO	okres hellenistyczny	6a
43*		3038	24863	5	A6-A4 Mx	okres hellenistyczny	6a
52*		3026	24742	5	Post-A4/ Pre-A3		6b
78		2899	24777	1	A6-A5		7
80*	Delving trou	3024	24720	27	A4b	okres perski	4d
84	вакінд паў	2942	24750	8	AO	10-8 wiek p.n.e.	8
90*		2942	24749	2	AO	epoka żelaza II C	7
91		2942	24685	3	AO	7/6 wiek p.n.e.	4d
92	Cooking pot	3026	24742	6	Post-A4/ Pre-A3		6b
97*		2899	24818	5	A6-A5		7
12A*		3352	27372			650-575 p.n.e.	8

5.3.1.1. Wyniki badań garnków i tac do pieczenia

*-próbki przebadane chemicznie

Tabela 16. Lista przebadanych próbek naczyń typu cooking pot i backing tray

Rozdział przedstawia wyniki badań 17 próbek garnków do gotowania oraz tac do pieczenia chleba. Kontekst oraz stratygraficzne dane archeologiczne są przedstawione w Tabeli 16. Charakterystyka makroskopowa materiału została przedstawiona w formie tabelarycznej (Tabela 17).

Petrograficznie opisano 17 naczyń, z których 9 zostało przebadanych chemicznie. Zestawienie cech petrograficznych próbek prezentuje Tabela 18. Badania chemiczne zbioru naczyń typu cooking pot i backing tray zostaną ujęte w kolejnym rozdziale (por. 6. Analiza wyników badań chemicznych zbioru próbek z Tel Akko).

		COOł	KING POT / BACKIN	IG TRAY		
Nr laboratoryjny	Kolor - symbol wg Munsela	Kolor (określany potocznie)	Ziarna	Przełam	Dotyk	Wysortowanie
11	5/6 5YR; 4/1 5YR	jasno czerwony; ciemny szary	widoczne białe ziarna kalcytu	nieregularny	chropowaty	słabe
12	5/6 5YR; 4/1 5YR	jasno czerwony; ciemny szary	widoczne białe ziarna kalcytu	nieregularny	chropowaty	słabe
24	4/8 2,5YR	czerwony	widoczne białe ziarna	równy	szorstki	dobre
28	5/6 5YR; 4/1 5YR	jasno czerwony; ciemny szary	widoczne białe ziarna kalcytu	nieregularny	chropowaty	słabe
29	4/8 2,5YR	czerwony	widoczne ziarna piasku	równy	szrostki	dobre
30	5/6 5YR; 4/1 5YR	jasno czerwony; ciemny szary	widoczne białe ziarna kalcytu	nieregularny	chropowaty	słabe
33	4/1 5YR	szary	widoczne ziarna piasku i białe grudki	równy	szorstki	dobre
43	4/8 2,5YR; 6/8 YR; 2,5YR	czerwony; brązowo szary	widoczne ziarna piasku i białe grudki	równy	szorstki	dobre
52	4/8 2,5YR	czerwony	widoczne białe ziarna	równy	szorstki	dobre
78	4,6 5YR; 4/1 5YR	jasno brązowy, szary	widoczne szare ziarna kwarcu	równy	szorstki	dobre
80	4,6 5YR; 5,4 5YR	żółto czerwony; czerwono brązowy	widoczne białe grudki	równy	szorstki	słabe
84	5/6 5YR; 4/1 5YR	jasno czerwony; ciemny szary	widoczne białe ziarna kalcytu	nieregularny	chropowaty	słabe
90	5/6 5YR; 4/1 5YR	jasno czerwony; ciemny szary	widoczne białe ziarna kalcytu	nieregularny	chropowaty	słabe
91	4,6 5YR	żółto czerwony	widoczne ziarna piasku ciemno szare i białe	równy	chropowaty	dobre
92	4/8 2,5YR	czerwony	widoczne duże białe ziarna	równy	szorstki	słabe
97	5/6 5YR; 4/1 5YR	jasno czerwony; ciemny szary	widoczne białe ziarna kalcytu	równy	chropowaty	słabe
12A	4/8 2,5YR	czerwony	widoczne białe ziarna	równy	szorstki	dobre

Tabela 17. Zestawienie cech opisu makroskopowego garnków i tac do pieczenia

84		nie	nie	nie	nie	25	tak	tak	10		częsty	częsty														
80		act	nie	ле.	tak	15-20%	tak	tak	5%		częsty	częsty	bardzo rzadki													
78		nie	nie	tak	tak	10%	tak	tak	15%		trochẹ	dominujący									trochẹ	nie			tak	
52		tak	tak	nie	nie	Ð	tak	tak	30		dominujący	dowszechny		rzadki												
45		nie	nie	nie	nie	വ	tak	nie	40		dominujący															
43		tak	nie	nie	tak	5%	tak	nie	25%		dominujący	rzadki						bardzo rzadki								
33		nie	nie	tak	nie	വ	tak	nie	30		dominujący	troche														
30		act	tak	tak	nie	10%	tak	tak	10%		bardzo rzadki			bardzo rzadki							częsty					
29		tak	nie	tak	nie	Ð	tak	tak	40		dominujący	powszechny	troche									tak				
28		nie	tak	nie	nie	20	tak	tak	10		rzadki	częsty	bardzo rzadki									tak		nie	tak	-
24		tak	nie	nie		3%	tak	tak	25%		dominujący	rzadki	rzadki					rzadki								
12		nie	nie	nie.	nie.	7%	tak	tak	15%	OMIESZKA	rzadki	rzadki									częsty					
11		nie	nie	nie Die	nie	10-15%	tak	tak	Q	D/L3W0XEJ	powszechny	powszechny										tak				
	CECHY TŁA	Anizotropia	Mikroorganizmy	Grudki gleby	Tlenki żelaza	Udział pyłu	Pył kwarcowy	Pył węglanowy	Udział frakacji piaskowej	ZIARNA FRAKCJI F	Kwarc	Węglany mikryt	Skalenie potasowe	Plagioklazy	Pirokseny	Amfibole	Oliwin	Czert	Mika	Dolomit	Kalcyt	Kalcyt wtórny	FRAGMENTY SKA	Bazaltoidy	Kreda	

Tabela 18. Zestawienie cech petrograficznych garnków i tac do pieczenia

	06	91	92	12A
СЕСНҮ ТŁА				
Anizotropia	act	tak	л.	act
Mikroorganizmy	tak	tak	nie	nie
Grudki gleby	tak	tak	nie.	nie
Tlenki żelaza	nie	nie	nie	tak
Udział pyłu	5%	15-25	ω	5%
Pył kwarcowy	tak	tak	tak	tak
Pył węglanowy	tak	tak	tak	tak
Udział frakacji piaskowej	15%	10	25	25%
ZIARNA FRAKCJI H	d/rawoxsi	OMIESZKA		
Kwarc	trochẹ	częsty	powszechny	powszechny
Węglany mikryt	dominujący	częsty	częsty	powszechny
Skalenie potasowe				
Plagioklazy			bardzo rzadki	
Pirokseny				
Amfibole				
Oliwin				
Czert		rzadki		
Mika				
Dolomit				
Kalcyt				
Kalcyt wtórny				tak
FRAGMENTY SKA				
Bazaltoidy				
Kreda	tak			
inne	ali	chalcedon		CF



Dokumentacja fotograficzna próbek garnków i tac do pieczenia jest zamieszczona w Aneksie I Dokumentacja fotograficzna – garnki i tace do pieczenia.

Grupy petrograficzne garnków i tac do pieczenia

Wśród przebadanych naczyń dwie próbki przypisano do Grupy petrograficznej 4, pozostałe próbki są wykonana z surowca nie występującego we wcześniej opisanych grupach, przypisano je do Grupy petrograficznej 6 i 7.

Grupa petrograficzna 4

Przez wzgląd na charakterystyczne pylaste tło dwie próbki zostały przypisane do Grupy petrograficznej 4. Została wyodrębniona Podgrupa 4d z domieszką piasku kwarcowego.

Makroskopowo próbki mają kolor czerwono brązowy, widoczne są szare ziarna piasku i białe grudki węglanów.

Podgrupa 4d – gleba pylasta z drobnym piaskiem kwarcowym (Figura 22). Próbki nr: 26, 80, 91.

Tło: jest czerwone, jasno pomarańczowe, margliste, frakcja pylasta przeważa, pył kwarcowy stanowi około 20% objętości.

Ziarna frakcji piaskowej: ziarna są rozmieszczone nieregularnie, najczęstszy jest kwarc półobtoczony i obtoczony (0,1-0,2 mm) razem z mikrytowymi, obtoczonymi węglanami i bioklastami (0,3-0,5 mm). W próbce 80 obecny jest fragment *kurkaru*: ziarna kwarcu połączone spoiwem węglanowym. Ich wielkość wynosi 0,5 do 1 mm.

```
Grupa petrograficzna 6 – hamra
```

Próbki: 24, 29, 33, 43, 52, 92.

Ceramika tej grupy ma czerwone żelaziste tło z niewielka ilością pyłu kwarcowego oraz znaczną zawartość piasku. Wyróżnione dwie podgrupy różni skład mineralny frakcji piaszczystej, kwarcowy (Podgrupa 5a) oraz kwarcowo-węglanowy (Podgrupa 5b).

Makroskopowo próbki wykazują intensywnie czerwony kolor, szorstki przełam z widocznymi szarymi ziarnami piasku kwarcowego oraz białymi grudkami węglanów.

Podgrupa 6a – *hamra* z piaskiem kwarcowym (Figura 22).

Próbki: 24, 29, 33, 43.

Tło: jest żelaziste, ma barwę ciemno czerwoną, czerwono brązową, w próbkach nr. 24, 29, 43 jest aktywne optycznie, w próbce 33 nieaktywne. Frakcja pylasta jest równomiernie rozproszona w próbkach i stanowi 3-5%, charakterystyczną jest jednokierunkowa znaczna porowatość czerepu.

Ziarna frakcji piaskowej: dominuje kwarc średnicy 0,2 – 0,3 mm., ziarna są najczęściej słabo i półobtoczone. Obecne są także nieliczne czerty o mozaikowej strukturze oraz skalenie, zwłaszcza zbliźniaczone kratkowo (mikroklin).

Podgrupa 6b – *hamra* z piaskiem kwarcowo-węglanowy (Figura 22). Próbki nr: 52, 92.

Tło jest w kolorze ciemno czerwonym, wybitnie żelaziste, z gęstą podłużną porowatością, pył kwarcowy z niewielkim udziałem węglanów stanowi 5-7% objętości.

Ziarna frakcji piaskowej: Dominującym minerałem jest monokrystaliczny kwarc, którego ziarna są średnio obtoczone, średnicy około 0,2-0,3 mm. Węglany są powszechne, mikrytyczne, dobrze obtoczone, ich ziarna są widoczne również makroskopowo mają wielkość około 1 mm. Nieliczne skalenie są dobrze obtoczone mają rozmiar 0,1-0,2 mm (Figura 23). Występują pojedyncze ziarna chalcedonu (Figura 23), są one obtoczone często podłużne (0,15 mm).

Grupa petrograficzna 7 – pylasta, żelazista gleba i kruszony kalcyt (ang. *Crushed calcite*) Próbki 12, 30, 78, 90, 97.

Makroskopowo próbki mają jasnoczerwony kolor w strefie przypowierzchniowej oraz szary do ciemnoszarego wewnątrz, na świeżym przełamie widać duże nieobtoczone ziarna kalcytu. Są szorstkie dotyku.

Tło: ciemno brązowe, brunatne, nieaktywne optycznie. Pył kwarcowo-węglanowy stanowi 5-10% objętości próbki. Próbki nr 30 i 78 są wzbogacone ciemnoczerwoną, pylastą *terra rossą*, widoczną w postaci owalnych grudek. W przeciwieństwie do ceramiki wykonanej z *hamry* (Grupa petrograficzna 6) jest to ceramika masywna o niewielkiej porowatości

Ziarna frakcji piaskowej: dominują duże, ostrokrawędziste ziarna kalcytu w rozmiarze od 0,2 do 1,5 mm (Figura 22) widoczne również makroskopowo. Próbka nr 90 zawiera także ziarna obtoczonych mikrytycznych węglanów oraz bioklasty, w tym krasnorosty (prawdopodobnie *Amfiroa sp*). **Grupa petrograficzna 8** – pylasta, żelazista gleba z przybrzeżnym piaskiem węglanowym Próbki: 11, 12A 28, 84

Jest to ceramika wykonana, z żelazistej, bogatej w pył kwarcowy gleby typu *terra rossa*, zawierającej średnioziarniste ziarna węglanów, w tym liczne fragmenty alg (prawdopodobnie *Amfiroa sp*), mniej liczne ziarna średnioziarnistego, słabo obtoczonego piasku oraz pojedyncze ziarna *kurkarów* (ziarna kwarcu spojone cementem węglanowym) – Ceramika ma charakter lokalny ze strefy przybrzeżnej. Podobnie do Grupy petrograficznej 7 czerep jest masywny, o niewielkiej porowatości.

Grupa 4, podgrupa 4d, próbka 91



Grupa 6, Podgrupa 6a próbka 29



Grupa 7 próbka 78





Grupa 8 próbka 28



Figura 22. Fotografie mikroskopowe przy równoległych nikolach próbek z grupy 4d, 6, 7.
Próbka 29 –	skaleń	potasowy
-------------	--------	----------

Na20	Al203	SiO2	K20	TiO2	Fe203	BaO	An	Ab	Or
3,29	18,38	66,22	10,80	0,05	0,83	0,42	0,00	31,65	68,35
Zdj	ęcie mikrosk	opowe		Zdjęcie	e SEM		E	DS spektrum	
						1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1			

Próbka 92 – skaleń potasowy

Na20	MgO	Al203	Si02	K20	Fe203	An	Ab	Or	
0,92	0,26	18,37	65,78	13,79	0,88	0,00	9,21	90,79	
Zdj	jęcie mikros	kopowe		Zdjęcie	SEM		E	DS spektrum	
	27								Base N/A

Próbka 52 – chalcedon

Si02



Figura 23. Analiza składu chemicznego SEM-EDS ziaren mineralnych z grup petrograficznych 6, 7,

5.3.2. Lampki oliwne – oil lamps

Do okresu hellenistycznego najpowszechniejsze lampki oliwne – określane jako lampki otwarte – miały kształt pogłębionego spodka ze ściśniętym jednym narożnikiem, tworzącym charakterystyczny wydłużony dzióbek (Figura 24) (Rosenthal i Sivan 1978). Brak jednak kompleksowych badań petrograficznych lampek z epoki brązu, żelaza i okresu perskiego.

Próbki lampek oliwnych reprezentujących okres hasmonejski oraz rzymski zostały opisane petrograficznie przez Michniewicza (Michniewicz 2009), badania objęły: 18 lampek z **Qumran**, 5 z **Jerycho** oraz jedną próbkę z **Ein Feshkha**. Lampki te zostały przypisane do 3 grup petrograficznych. 6 próbek należy do grupy I: glina bogata w otwornice z piaskiem i pyłem kwarcowym. 9 próbek należy do grupy II: charakteryzującej się drobnymi kryształami dolomitu oraz nieobtoczonymi węglanami w grubszej frakcji. 6 próbek należy do grupy III: bogata w piasek kwarcowy (10-15%) ze śladowymi ilościami pyłu kwarcowego oraz śladami po dekompozycji pyłu węglanowego (Michniewicz 2009).

Lampki oliwne opisane przez Gorzalczanego zostały przypisane do dwóch grup petrograficznych. Próbka z **Tel Mikhal** została przypisana do grupy petrograficznej "wybrzeża fenickiego" . Jej glina ma charakter węglanowy, zawiera mikrofaunę oraz grudki *terra rossy*, ziarna zaś to głównie nieobtoczony kwarc i węglany. Cechą wyróżniającą jest obecność alg *Amphiroa Sp*. (Gorzalczany 2008). Dwie próbki z **Horbat Malta** zostały przypisane do grupy petrograficznej Taqiya, której proweniencje określono jako wybrzeże fenickie. Grupę charakteryzuje jasna węglanowa matriks z otwornicami, pyłem kwarcowym i koncentracjami tlenków żelaza. Domieszkę stanowią średnio obtoczone i obtoczone ziarna kwarcu i rzadkie algi *Amphiroa* (Gorzalczany 2008).

Opisana przez Ben-Shlomo (2019) lampka oliwna z Jerozolimy z epoki żelaza II została przypisana do podgrupy petrograficznej 7c – gliny związane z glebą typu rędzina (Ben-Shlomo 2019b). Grupę 7 charakteryzuje czerwona węglanowa matriks z grudkami kredy, zawiera mikroskamieniałości, wapień, dolomit i pył kwarcowy. W przypadku grupy 7c uziarnienie ma charakter bimodalny, zawiera nieobtoczony pył kwarcowy oraz obtoczony piasek (0,1-0,8 mm) (Ben-Shlomo 2019b).

Kajzer, Marzec, Kiriatzi, Muller (2021) przedstawiły analizę petrograficzną lampek oliwnych z okresu hellenistycznego i rzymskiego, pochodzących z Paphos Agora na Cyprze. Wśród lampek oliwnych otwartych, wyodrębniono 3 grupy produkcyjne i wszystkie zaklasyfikowano jako pochodzące z Cypru (Kajzer i in. 2021).

Materiał opisany jako **grupa produkcyjna 1** zbudowany jest z drobnych ziaren kwarcu, skalenia, mikrytu, serpentynitu, czertu, średnioziarnistych fragmentów skał magmowych ze skaleniami oraz minerałów nieprzezroczystych, a także minerałów z grupy epidotów i szczątków mikropaleontologicznych. **Grupa produkcyjna 2** ma cha-

rakter wapienny, zawiera szczątki mikropaleontologiczne, kwarc, skaleń, serpentynit, minerały z grupy epidotów, czert, mułowiec i średnioziarniste fragmenty skał magmowych. **Grupę produkcyjną 3** cechuje tło wapienne, obecność mikroorganizmów oraz inkluzje, takie jak węglany, kwarc, skalenie, serpentynit, czert i pirokseny. Sugerowane pochodzenie dla grup l i 2 to zachodni Cypr, natomiast pochodzenie grupy produkcyjnej 3 pozostało nieokreślone (Kajzer i in. 2021).



Figura 24. Lampka oliwna z Tel Akko, Sektor A stratum 7-6 (Dothan.1976).

5.3.2.1. Wyniki badań lampek oliwnych

Rozdział przedstawia wyniki badań 3 próbek lampek oliwnych (Tabela 19). Charakterystyka makroskopowa materiału została przedstawiona w Tabeli 20. Zestawienie cech petrograficznych przedstawia Tabela 21.

Numer laboratoryjny	Naczynie	Locus	Basket	ltem	Stratum	Kontekst	Grupa petrograficzna
62		2942	24750	2	AO		5
87	Oil Lamp	3018	24862	3	A4a Mx		5
21A		3585	27055	8			5

Tabela 19. Lista przebadanych próbek lampek oliwnych

			OIL LAMPS			
Nr laboratoryjny	Kolor - symbol wg Munsela	Kolor (określany potocznie)	Ziarna	Przełam	Dotyk	Wysortowanie
62	8/3 10 YR; 2,5YR	jasno brązowy, brązowo szary	widoczne szare ziarna piasku kwarcowego	równy	szorstki	dobre
87	8/3 10 YR	jasno brązowy	widoczne szare ziarna piasku kwarcowego	równy	szorstki	dobre
21A	8/3 10 YR;	jasno brązowy	widoczne jasne grudki	równy	chropowaty	dobre

Tabela 20. Zestawienie cech opisu makroskopowego lampek oliwnych

	62	87	21A
CECHY TŁA			
Anizotropia	act	act	act
Mikroorganizmy	tak	nie	tak
Grudki gleby	nie	nie	nie
Tlenki żelaza	nie	tak	tak
Udział pyłu	2%	3%	7-10%
Pył kwarcowy	tak	tak	tak
Pył węglanowy	tak	nie	tak
Udział frakacji piaskowej	30%	5%	10%
ZIARNA FRAKCJI P	IASKOWEJ/DOMIES	ZKA	
Kwarc	powszechna	dominujący	często
Węglany mikryt	trochę	bardzo rzadko	rzadko
Skalenie potasowe			
Plagioklazy	rzadko		
Pirokseny			
Amfibole			
Oliwin			
Czert	bardzo rzadko		
Mika			
Dolomit			
Kalcyt			
Kalcyt wtórny			tak
FRAGMENTY SKAŁ			
Bazaltoidy			
Kreda			
inne			

Tabela 21. zestawienie cech petrograficznych lampek oliwnych

Dokumentacja fotograficzna próbek lampek oliwnych jest zamieszczona w Aneksie I Dokumentacja fotograficzna – lampki oliwne.

Grupa petrograficzna 5 – pasta fenicka

Próbki: 21A, 62, 87.

Ceramika została wykonana z "lekkiego" wysoko-węglanowego margla, zawierającego

liczne bioklasty, kolce jeżowców, otwornice, (m. in *Globigerina sp*.) Charakterystyczną jest obecność rozproszonych czerwonych przebawień pochodzących od tlenków żelaza.

Tło próbek 21A, 87 jest jasno pomarańczowe, tło próbki 62 jest ciemnopomarańczowe, w strefie intensywnego spieczenia ciemnoszare. Zawartość pyłu kwarcowego jest mniejsza od 2% objętości.

Ziarna frakcji piaskowej w próbkach 21A, 87 są nieliczne, reprezentowane głównie przez słabo obtoczony kwarc. Próbka nr 62 jest bogata w kwarc frakcji piaszczystej (25% objętości).

Diagnostyczną dla próbek A21, 62 jest obecność pojedynczych fragmentów alg, próbka nr 62 zawiera fragment piaskowca kwarcowego o spoiwie węglanowym (*kurkar*).

Podsumowanie – Lampki oliwne

Próbki lampek oliwnych nr 21A, 62 i 87 z Tel Akko, mają analogiczną petrografię do lampek opisanych na stanowisku Tel Mikhal przynależą do grupy petrograficznej "wybrzeża fenickiego", tło próbek jest jasne margliste z tlenkami żelaza oraz niewielkim udziałem kwarcu we frakcji piaskowej. Lampka oliwna nr 62, pomimo dużej zawartości domieszki piaszczystej, należy do tej samej grupy petrograficznej. Pozostałe analogie do Grupa 5 *pasta fenicka* zostały przedstawione w podsumowaniu rozdziału 5.2.

5.3.3. Miski i kratery (bowls & kraters)

Ceramiczne miski, w zależności od pełnionej funkcji, mają różną wielkość – zmienia się zarówno ich średnica, jak i głębokość naczynia, przyjmują też różnorodne formy – ich kształt może być prosty, półkulisty, mogą mieć wywinięte obrzeże lub być bogato zdobione. **Kratery** to stojące, głębokie naczynia z wąską podstawą i obrzeżem oraz poszerzoną częścią środkową. Niektóre z nich miały uchwyty w kształcie pętelek (Dothan 1976; Stager i in. 2011; Ben-Shlomo 2019b).

Stan badań archeometrycznych

Gorzalczany, opisując petrografię naczyń z **Tel Mikhal**, przypisuje jedną miskę do grupy "*wybrzeża fenickiego*" (por. Lampki oliwne – *oil lamps*), dwie miski do grupy "*Taqiya, piasek przybrzeżny*", trzy do grupy "*mikowej*" (Gorzalczany 2006). Wyróżniona grupa *Taqiya* jest zbudowana z wapiennej gliny z koncentracjami tlenków żelaza, jej tło ma kolor od blado- do ciemnopomarańczowego. Zawiera dobrze wysortowany pył kwarcowy oraz średnio i nieobtoczony piasek kwarcowy, kredę oraz obtoczony wapień. Autor sugeruje, jako surowiec bazowy, paleoceński margiel z formacji *Taqiya* (Gorzalczany 2006). Kolejna grupa z gliny bogatej w mikę charakteryzuje się minimalnym udziałem frakcji piaskowej. Ziarna średnioobtoczonego kwarcu są bardzo rzadkie, sugerowane pochodzenie to wschodnie Morze Egejskie (Gorzalczany 2006). Wśród próbek z Horbat Malta został opisany jeden krater i przypisano go do grupy Taqiya. Grupa przedstawiona została jako posiadająca jasne, margliste tło z otwornicami, z udziałem pyłu kwarcowego do 2% i koncentracjami tlenków żelaza. Wśród domieszki przeważa obtoczony i średnio obtoczony kwarc, obecne są również fragmenty alg Amphiora (Gorzalczany 2008).

W zbiorze ceramiki z Ashkelon rozpoznano 8 misek wykonanych z gliny fenickiej, 15 misek i 1 krater z materiału lessowego z piaskiem przybrzeżnym, 1 miskę i l krater z materiału *terra rossą* z kredą, 5 misek z brązowoczerwonej aluwialnej gleby z piaskiem przybrzeżnym, 10 z gliny z Negewu lub południowo-wschodniej Filistii, 2 miski z gliny z Edomu, 5 z materiału nilowego (Stager i in. 2011). Materiały: terra rossa z kredą, less z piaskiem przybrzeżnym oraz brązowoczerwona gleba z piaskiem przybrzeżnym są uznawane za materiały lokalne z wybrzeża Filistii i pogórza Szefeli. Glina fenicka charakteryzuje się pomarańczowym wapiennym tłem z biomikrytycznym piaskiem, w próbkach obecne są algi Amphiroa - sugerowane pochodzenie materiału to wybrzeże północnego Izraela i południowego Libanu. Materiał przedstawiony jako glina z Edomu obok ziaren kwarcu wyróżnia się obecnością nieobtoczonych ziaren skaleni, rzadkimi piroksenami oraz dolomitem (Stager i in. 2011). Materiał z Negewu lub południowej Filistii to materiał lessowy, zawiera nieobtoczone ziarna kwarcu oraz nierozpoznane fragmenty skał ilastych. Ilasty materiał nilowy, przy znacznym udziale kwarcu, wyróżnia się obecnością we frakcji piaskowej różnorodnych ziaren pochodzenia magmowego i osadowego (piaskowce, mułowce) (Stager i in. 2011).

5.3.3.1. Wyniki badań naczyń typu miski i kratery

Badaniami objęto 21 fragmentów misek oraz trzy kratery (Tabela 22). Analizą chemiczną objęto 6 próbek ceramicznych misek i 1 krater.

Charakterystyka makroskopowa materiału została przedstawiona w Tabeli 23. Zestawienie cech petrograficznych próbek przedstawia Tabela 24.

Charakterystyka wyników badań chemicznych misek zostanie ujęta w rozdziale poświęconym analizie chemicznej całego zbioru (zob. rozdział 6. Analiza wyników badań chemicznych zbioru próbek z Tel Akko).

Numer laboratoryjny	Naczynie	Locus	Basket	ltem	Stratum	Kontekst	Grupa petrograficzna
14*		3063	24906	10	A4a Mx		5a
15		2999	24931	14	A5-A4b Mx		5b
17*		3055,1	24819	6	A5 Mx		5b
20		2939	24747	2	A7	6 wiek p.n.e.	4b
21*		2917	24617	1	A00		niprzypisana
23		2942	24682	45	AO	7 lub 6 wiek p.n.e.	6b
25		2961	24812	8	A1	7 lub 6 wiek p.n.e.	6b
26		2943,2	24811	25	A4b	7/6 wiek p.n.e.	4d
31*		2942	24749	12	AO		6a
35*		2943,2	24953	14	A4b	okres perski, 6/5 wiek p.n.e.	5a
40		2984	24756	10	A4b		5a
55		2942	24749	22	A0	Iron Age II C	4b
56*		2961	24812	5	A1	7 lub 6 wiek p.n.e.	6b
58	Bowl	2899	24777	3	A6-A5	8 lub 7 wiek p.n.e.	5a
61		3040	24920	4	A00	7-6 wiek p.n.e.	5a
66		2878	24870	7	A4 Mx	późny 7 wiek do 6/5 wiek p.n.e.	6b
69		3079	25007	3	AO	6 wiek p.n.e.	nieprzypisana
83		2999	24931	12	A5-A4b Mx		6b
93		3013	24787	10	A4-A3 Mx	6 do 5 wiek p.n.e.	5b
94		3055,1	24819	24	A5 Mx	8 lub 7 wiek p.n.e.	4b
1A*		3352	27214			650-575 BC	6a
2A*		3352	27251			650-575 BC	5b
9A		3352	27320			650-575 BC	4d
15A*		3352	27411			650-575 BC	6b
26A*		3594	27279	2			6b
27A*		3555	27362	7			5b
31A*		3614	27249				6b
19*		2848	24773	11	Post-A4/ Pre-A3		4b
51	Krater	3013	24787	8	A4-A3 Mx	6 wiek p.n.e.	5b
59		2999	24828	7	A5-A4b Mx	6 do 5 wieku p.n.e.	5a

* - próbki poddane analizie chemicznej

Tabela 22. Lista przebadanych próbek misek i kraterów

	_		BOWLS			
Nr laboratoryjny	Kolor - symbol wg Munsela	Kolor (określany potocznie)	Ziarna	Przełam	Dotyk	Wysortowanie
14	8/3 10 YR	jasno brązowy	widoczne szare ziarna piasku i czerwone punkty	równy	chropowaty	dobre
15	8/3 10 YR	jasno brązowy	widoczne szare ziarna piasku i czerwone punkty	równy	chropowaty	dobre
17	7/6, 5YR	żółto czerowny	widoczne szare ziarna piasku	równy	chropowaty	dobre
20	4/8 2,5YR	czerwony	widoczne białe ziarna	równy	szorstki	dobre
21	6/8 2,5YR	jasno czerwony	widoczne bardzo dorobne czrwone punkty	równy	gładka	-
23	4/8 2,5YR	czerwony	widoczne białe ziarna	równy	szorstki	dobre
25	4/8 2,5YR	czerwony	widoczne białe ziarna	równy	szorstki	dobre
26	8/3 10 YR	jasno brązowy	widoczne szare ziarna piasku	równy	szorstki	dobre
31	8/3 10 YR; 2,5YR	jasno brązowy, brązowo szary	widoczne ziarna piasku	nieregularna	chropowata	dobre
35	6/4 5YR	jasno czerwono rązowy	widoczne czerwone punkty i drobne pory	równy	gładka	dobre
40	7/2 5YR	jasny szary, różowo szary	widoczne drobne pory	równy	gładka	_
55	5/6 5YR; 4/1 5YR	jasno czerwony; ciemny szary	widoczne szare ziarna kwarcu i duże białe węglany	nieregularny	chropowaty	słabe
56	4/8 2,5YR	czerwony	widoczne ziarna piasku	równy	szorstki	dobre
58	4/8 2,5YR; 8/3 10 YR	czerwony, jasno brązowy	widoczne ziarna piasku	równy	szorstki	dobre
61	6/8 2,5YR	jasno czerwony	widoczne bardzo dorobne czrwone punkty	równy	gładka	_
66	5/6 5YR; 4/1 5YR	jasno czerwony; ciemny szary	widoczne szare ziarna kwarcu i białe węglany	nieregularny	chropowaty	słabe
69	7/2 5YR	jasny szary, różowo szary	widoczne drobne pory	równy	gładka	-
83	6,3 7,5YR	jasno brązowy	widoczny szary piasek kwarcowy	nieregularny	chropowaty	dobre
93	8/3 10 YR;	jasno brązowy	widoczne jasne grudki	równy	chropowaty	dobre
94	8/3 10 YR; 2,5YR	jasno brązowy, brązowo szary	widoczne ziarna piasku	równy	chropowata	dobre
1A	4/8 2,5YR	czerwony	widoczne białe ziarna	równy	szorstki	dobre
2A	4/8 2,5YR	czerwony	widoczne białe ziarna	równy	szorstki	dobre
9A	4/8 2,5YR	czerwony	widoczne białe ziarna	równy	szorstki	dobre

	Tabela 23.	Zestawienie	cech opisu	makroskopowe	go misek i kraterów
--	------------	-------------	------------	--------------	---------------------

			BOWLS			
Nr laboratoryjny	Kolor - symbol wg Munsela	Kolor (określany potocznie)	Ziarna	Przełam	Dotyk	Wysortowanie
15A	8/3 10 YR; 2,5YR	jasno brązowy, brązowo szary	widoczne ziarna piasku	równy	chropowata	dobre
26A	8/3 10 YR	jasno brązowy	widoczne czerwone i białe punkty	równy	gładka	-
27A	4/8 2,5YR; 8/3 10 YR	czerwony, jasno brązowy	widoczne ziarna piasku	równy	szorstki	dobre
31A	4/8 2,5YR; 8/3 10 YR	czerwony, jasno brązowy	widoczne szare ziarna piasku	równy	szorstki	dobre
			KRATERS			
19	6,4 7,5YR	jasno brązowy, szary	widoczne szare ziarna piasku i brązowe kropki	nieregularny	chropowaty	dobre
51	8/3 10 YR	jasno brązowy	widoczne czerwone i białe punkty	równy	gładka	_
59	6/8 YR	jasno czerwony	widoczne ziarna piasku	równy	gładki	dobre

Tabela 23. Zestawienie cech opisu makroskopowego misek i kraterów c.d.

	14	15	17	20	21	23	25	26	31	35	40	55	56
CECHY TŁA													
Anizotropia	nie	tak	tak	tak	tak	nie.	nie	tak	nie	nie	tak	tak	tak
Mikroorganizmy	nie	tak	tak	tak	nie	nie	nie	tak	nie		tak	tak	tak
Grudki gleby	tak	nie	nie	nie	nie	nie	nie	nie	tak	nie	nie	tak	nie
Tlenki żelaza	tak	tak	tak	tak	tak	nie	nie	tak	tak	tak	tak	tak	tak
Udział pyłu	7%	5%	7%	2%	7%	3%	3%	5%	2%	5%	10%	10%	5%
Pył kwarcowy	tak	tak	tak	tak	tak			tak	tak	tak	tak	tak	tak
Pył węglanowy	tak	tak	tak	tak				tak	nie	tak	tak	nie	tak
Udział frakacji piaskowej	15%	10%	15%	10%	2%	25%	25%	10%	30%	5%	5%	10%	25-30%
ZIARNA FRAKCJI F	D/L3WOMEJ/D	OMIESZKA											
Kwarc	częsty	częsty	częsty	częsty	trochẹ	dominujący	dominujący	częsty	dominujący	powszechny	częsty	częsty	częsty
Węglany mikryt						rzadkie	rzadko	rzadko			rzadko	rzadko	
Skalenie potasowe	rzadko	rzadko	częsty	rzadko		rzadkie	rzadko	rzadko	rzadko	powszechny	rzadko	rzadko	powszechny
Plagioklazy													
Pirokseny	bardzo rzadko												rzadko
Amfibole													
Oliwin													
Czert													bardzo rzadko
Mika					trochẹ								
Dolomit													
Kalcyt	bardzo rzadko												
Kalcyt wtórny	tak	Die Die	nie	nie	tak	ле. Л	nie	nie	tak	tak	nie	nie	nie
FRAGMENTY SKAŁ	1												
Bazaltoidy													tak
Kreda			tak					tak					
inne	CF		amfiroa									epidot b.rzadko	algi

Tabela 24. Zestawienie cech petrograficznych misek i kraterów.

	58	61	66	69	83	93	94	1A	2A	A9	15A	A26	A27
CECHY TŁA													
Anizotropia	nie	nie	nie	nie.	tak	tak	tak	tak	nie	tak	nie.	tak	tak
Mikroorganizmy	tak	tak	nie	nie	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	nie
Grudki gleby	tak	tak	tak	nie	nie	nie	tak	tak	nie	tak	tak	ле.	nie
Tlenki żelaza	nie	nie	nie	tak	nie	tak	tak	tak	tak	tak	nie	tak	nie
Udział pyłu	7%	10%	3%	5%	3%	7%	10%	7%	2%	10%	3%	2%	5%
Pył kwarcowy	tak	tak			tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak	tak
Pył węglanowy	tal	tal			nie	tak	tak	tak		tak	nie	tak	nie
Udział frakacji piaskowej	10%	3%	25%	3%	15%	15%	7%	20%	30%	10%	30%	30%	10%
ZIARNA FRAKCJI F	D/L3WOXSAI	OMIESZKA											
Kwarc	powszechny	powszechny	dominujący	dominujący	dominujący	częsty	dominujacy	powszechny	dominant	powszechny	dominant	frequent	dominant
Węglany mikryt	rzadko	b. rzadko	rzadkie	rzadkie	troche		rzadko			powszechny			
Skalenie potasowe	rzadko		rzadkie	rzadkie	b.rzedko	częsty	częsty	troche	troche	b.rzadko	trochẹ	częsty	trochẹ
Plagioklazy											bardzo rzadko		
Pirokseny								bardzo rzadko					
Amfibole													
Oliwin													
Czert												bardzo rzadko	bardzo rzadko
Mika													
Dolomit													
Kalcyt									rzadko				
Kalcyt wtórny				nie	nie	nie	nie	tak	tak	Die	tak		
FRAGMENTY SKAł	1												
Bazaltoidy												tak	
Kreda			tak			tak	tak	tak			tak		
inne						amfiroa		piaskowiec/ kurkar	CF	algi			

Tabela 24. Zestawienie cech petrograficznych misek i kraterów. c.d.

	F (V	-	-	- C L
	A31	17 Krater	JI KLALEL	37 Krater
CECHY TŁA				
Anizotropia	tak	tak	tak	nie
Mikroorganizmy	nie	tak	tak	tak
Grudki gleby	tak	tak	nie	nie
Tlenki żelaza	nie	tak	tak	tak
Udział pyłu	3%	7%	5%	10
Pył kwarcowy	tak	tak	tak	tak
Pył węglanowy	tak	tak	tak	tak
Udział frakacji piaskowej	25%	7%	7%	5
ZIARNA FRAKCJI F	a/rawowej/d	OMIESZKA		
Kwarc	częsty	powszechny	dominujący	dominujący
Węglany mikryt			troche	trochẹ
Skalenie potasowe	częsty	trochę	bardzo rzadko	
Plagioklazy				
Pirokseny	bardzo rzadko			
Amfibole				
Oliwin				
Czert	bardzo rzadko			
Mika				
Dolomit				
Kalcyt				
Kalcyt wtórny		nie.		
FRAGMENTY SKAŁ				
Bazaltoidy				
Kreda				
inne				СF

Tabela 24. Zestawienie cech petrograficznych misek i kraterów. c.d.

Grupy petrograficzne misek i kraterów

Petrograficznie przebadano 21 próbek naczyń typu bowl oraz 3 próbki naczyń typu krater.

Miski próbki o numerach: 14, 15, 17, 20, 21, 23, 25, 31, 35, 40, 55, 56, 58, 61, 66, 69, 83, 93, 94. 1A, 2A, 9A, 15A, 26A, 27A.

Krater próbki o numerach: 19, 51, 59

Petrograficznie w zbiorze misek i kraterów wyodrębniono trzy główne grupy petrograficzne. Dwie grupy odpowiadają grupom petrograficznym 3 i 4 (opisanych powyżej w zbiorze naczyń *storage jar*) Jedna z nich jest odpowiednikiem grupy petrograficznej 5 (opisanej powyżej w zbiorze *cooking pot* i *backing tray*).

Grupa petrograficzna 4, Podgrupa 4b – gleba pylasta, bogata w otwornice

Próbki nr 19, 20, 55, 94, 9A

Tło próbek jest barwy brązowej, bardzo bogate w drobne otwornice. Charakterystyczną jest znaczna domieszka mocno zażelazionej gleby obserwowana w formie owalnych grudek barwa zazwyczaj jest ciemnobrązowa. Próbki 19, 20 i 94 zawierają klasty szarej kredy bogatej w mikroorganizmy, próbka 9A zawiera węglanowe bioklasty

Podgrupa ta niemal nie zawiera ziaren frakcji piaskowej.

Ziarna frakcji piaskowej: dominuje dobrze obtoczony piasek kwarcowy od 0,1 do 0,25 mm oraz w próbkach nr 19, 55, 94 powszechny jest obtoczony piasek węglanowy mirytyczny oraz obtoczone bioklasty (fragmenty alg). W próbkach nr 20, 94 można zaobserwować większe fragmenty mikrytycznych węglanów z mikroorganizmami często słabo obtoczone, wydłużone o wymiarach od 0,5 do 1,5 mm.

Grupa petrograficzna 5 – pasta fenicka

Próbki nr: 14, 15, 17, 20, 35, 40, 51, 55, 58, 59, 61, 93, 94, 2A.

Wspólnym mianownikiem dla tego zbioru próbek jest jasne margliste tło z mikrorganizmami, Podgrupy zostały wyodrębnione ze względu na proporcje składników frakcji piaskowej i pyłowej oraz obecność grudek gleby i bioklastów.

Podgrupa 5a – *pasta fenicka* z pyłem kwarcowym Próbki nr: 14, 35, 40, 58, 59, 61.

Materiał ten jest praktycznie pozbawiony frakcji piaszczystej ziarna zdarzają się rzadkie ziarna kwarcu nie większe niż 0,1mm. Tło jest margliste, zawiera liczne otwornice, ma barwę od jasno pomarańczowej, jasnobrązowej, do szarej przygaszonej (próbka nr 14), pył kwarcowy stanowi do 7%, W próbkach nr 14, 35, 59, węglany uległy dekompozycji pozostawią wtórny kalcyt. Próbka 58 jako jedyna posiada wyraźne grudki *terra rossa*.

Podgrupa 5b – *pasta fenicka* z domieszką piaszczystą Próbki: 15, 17, 27A, 51, 93, 2A.

Tło: jasne margliste, jednorodne, ma barwę pomarańczową lub brązowo pomarańczową, jest bogate w mikroorganizmy i zawiera koncentracje tlenków żelaza, występuje pył kwarcowy około 3% objętości próbki, w próbce 93 są koliste grudki gleby *terra rossa* o średniej średnicy ok 0,3 mm.

Ziarna frakcji piaskowej: w próbkach 2A, 15 i 27A, 51 dominujący jest drobny około 0,1 mm dobrze wysortowany piasek kwarcowy (ok 10-15%), jest równomiernie rozmieszczony w próbce. Próbki 17 i 93 wykazują nieznacznie większy udział pyłu (około 5%) oraz zawierają we frakcji piaskowej kwarc, węglany mikrytyczne i duże bioklasty w tym algi *Amphiroa* (0,2-0,3 mm) (Figura 25).

```
Grupa petrograficzna 6 – hamra
```

Próbki: 23, 25, 31, 56, 66, 83, 1A, 15A, 26A.

Podgrupa 6a – *hamra* – piasek kwarcowy próbki nr: 1A i 31.

Tło charakteryzuje się ciemnym, żelazistym kolorem, jest aktywne optycznie w próbce 1A , nieaktywne w próbce nr 31, udział pyłu kwarcowego nie przekracza 2%,

Ziarna frakcji piaskowej: frakcja piaskowa stanowi zajmują 25-30% objętości. Przeważa kwarc, na ogół umiarkowanie obtoczony, dobrze wysortowany, ziarna o wymiarach 0,1 do 0,2 mm. Udział węglanów w tej grupie nie przekracza 2%. W próbce 1A występują rzadkie ziarna mikrytu, które wyróżniają się rozmiarem do 2 mm.

Podgrupa 6b – *hamra* – piasek kwarcowo-węglanowy próbki:, 23, 25, 56, 66, 83, 15A, 26A, 31A.

Tło: jest aktywne optycznie w próbkach 25, 31A, 56, ma kolor ciemnobrązowy lub

czerwony, żelazisty. W próbkach 25A i 31A tło wyróżnia się jasnobrązowym kolorem, rzadko występują punktowe koncentracje tlenków żelaza. Udział frakcji pylastej to około 3%, brunatne zaokrąglone grudki gleby są w próbkach 15A i 66. W próbkach 23, 25, 26A, 31, 31A, 56, 66 są widoczne rozmieszczone gęsto wydłużone pory

Ziarna: udział frakcji piaskowej to 25-30%, częste są ziarna węglanów oraz kwarcu wykazujące dobre wysortowanie (Figura 25). Na ogół są słabo obtoczone lub półobtoczone, mają średnią średnice około 0,2 mm, ziarna skaleni występują rzadko są dobrze obtoczone i wielkość około 0,1 mm. Bardzo rzadko występuje obtoczony czert, wielkości do około 0,1 mm.

Próbki nieprzypisane petrograficznie

Próbka **21** – tło o kolorze czerwonym, jest jednorodne i aktywne optycznie, zawiera koncentracje tlenków żelaza, próbka jest pozbawiona frakcji piaskowej, występuje pył kwarcowy około 7% oraz rzadkie minerały blaszkowe.

Próbka **69** – próbka jest nieaktywna optycznie, tło jest jasne szarobrązowe jednorodne, z koncentracjami tlenków żelaza, próbka jest pozbawiona frakcji piaskowej, widoczne jest jedno podłużne ziarno węglanowe ok 0,3mm które uległo częściowej dekompozycji, oraz pojedyncze rzadkie ziarna kwarcu około 0,1mm.

Grupa 4, Podgrupa 4b, próbka 94

Grupa 5, Podgrupa 5A, próbka 61



Grupa 5, Podgrupa 5B, próbka 17



Grupa 6, Podgrupa 6b, próbka 15A





5.3.4. Pozostałe naczynia ceramiczne

Dodatkowo do badanego zbioru naczyń z Tel Akko zostało włączonych 9 próbek innych naczyń głównie dbanów i dzbanuszków oraz jedna próbka naczynia o bliżej nieokreślonym kształcie (Tabela 25). Zostały one również uwzględnione w analizie chemicznej.

Numer laboratoryjny	Naczynie	Locus	Basket	ltem	Stratum	Kontekst	Grupa petrograficzna
6	Juglet/ dzbanuszek	3002	24913	10	A4a Mx	7-5 wiek p.n.e.	5
41	Dzban/Jar	3035	24813	11	A1		nieprzypisana
47	Jug / dzbanek	3013	24807	3	A4-A3 Mx	7- 6 wiek p.n.e.	6
57	Dzban/Jar	2899	24776	16	A6-A5	Iron Age II	5
67	Juglet / dzbanuszek	2848	24773	20	Post-A4/ Pre-A3	-	6
70	Dzban/Jar	3013	24786	3	A4-A3 Mx	-	5
77	Body sherd	2782	23523	30	A4a Mx	-	nieprzypisana
5A		3352	27262			650-575 p.n.e.	nieprzypisana
10A		3352	27321			650-575 p.n.e.	7
13A	an/Jar	3352	27373			650-575 p.n.e.	5
30A		3629	27365	11	A4b	650-575 p.n.e.	6

Tabela 25. Lista przebadanych próbek innych naczyń ceramicznych.

POZOSTAŁE							
Nr laboratoryjny	Kolor - symbol wg Munsela	Kolor (określany potocznie)	Ziarna	Przełam	Dotyk	Wysortowanie	
6	6,4 7,5YR	jasnyo brązowy, szary	widoczne białe ziarna piasku	nieregularny	chropowaty	słabe	
41	8/3 10 YR	jasno brązowy	widoczne drobne pory	równy	chropowaty	dobre	
47	4/8 2,5YR	czerwony	widoczne białe ziarna	równy	szorstki	dobre	
57	5/6 5YR; 4/1 5YR	żółto czerwony; ciemny szary	widoczne ziarna piasku	nieregularny	chropowaty	słabe	
67	4/8 2,5YR	czerwony	widoczne białe ziarna	równy	szorstki	dobre	
70	8/3 10 YR	jasno brązowy	widoczne czerwone punkty	równy	gładka	-	
77	6,3 7,5YR	jasno brązowy	widoczny szary piasek kwarcowy	nieregularny	chropowaty	dobre	
5A	6,4 7,5YR	jasnyo brązowy, szary	widoczny szary piasek i drobne pory	nieregularny	chropowaty	dobre	
10A	5/6 5YR; 4/1 5YR	jasno czerwony; ciemny szary	widoczne białe ziarna	nieregularny	chropowaty	dobre	
13A	5/6 5YR; 4/1 5YR	jasno czerwony; ciemny szary	widoczne białe ziarna	nieregularny	chropowaty	dobre	
30A	4/8 2,5YR	czerwony	widoczne białe ziarna	równy	szorstki	dobre	

	Tabela 26. Ze	stawienie cech	opisu	makroskopowe	ego innych	naczyń o	ceramicznych.
--	---------------	----------------	-------	--------------	------------	----------	---------------

	9	41	47	57	67	70	77	5A	10A	13A	30A
СЕСНҮ ТŁА											
Anizotropia	tak	nië	act	act	nie	act	nie	nien	nie	act	tak
Mikroorganizmy	tak	nië	tak	tak	nie	tak	nie	tak	nie	tak	nie
Grudki gleby	nie	tak	nie	tak	tak	nie	nie	nie	nie	tak	tak
Tlenki żelaza	nie	nie	nie	tak	nie	nie	nie	tak	tak	tak	nie
Udział pyłu	3%	7%	3%	7-10%		5%	1%	2%	5%	2%	2%
Pyt kwarcowy	tak	tak	tak	tak		tak	tak	tak	tak	tak	tak
Pył węglanowy	tak	tak?	nie				nie	tak	tak	tak	tak
Udział frakacji piaskowej	15%	25%	25%	10-15%		5%	30%	20%	25%	25%	25-30%
ZIARNA FRAKCJI I	I/LAWOXSAI	DOMIESZKA									
Kwarc	częsty	dominujący	dominujący	częsty	dominujący	częsty	dominujący	troche	powszechny	powszechny	trochẹ
Węglany mikryt	częsty		trochẹ	powszechny	trochẹ	rzadko	trochẹ	powszechny	powszechny	powszechny	powszechny
Skalenie potasowe			rzadko		rzadko		bardzo rzadko				
Plagioklazy		bardzo rzadko	rzadko		rzadko		bardzo rzadko	bardzo rzadko			bardzo rzadko
Pirokseny		bardzo rzadko									
Amfibole											
Oliwin											
Czert									bardzo rzadko	bardzo rzadko	
Mika		rzadko									
Dolomit											
Kalcyt								bardzo rzadko			
Kalcyt wtórny	nie			nie	tak				nie		tak
FRAGMENTY SKA	N										
Bazaltoidy		tak									
Kreda	tak					rzadko				tak	
inne											

Tabela 27. Zestawienie cech petrograficznych innych naczyń ceramicznych.

Dokumentacja fotograficzna próbek pozostałych naczyń ceramicznych jest zamieszczona w Aneksie I Dokumentacja fotograficzna – pozostałe.

Próbki zostały zaklasyfikowane do opisanych już wcześniej grup petrograficznych.

Grupa petrograficzna 5 - pasta fenicka

Próbki nr: 67, 30A – charakteryzują się ciemnym, intensywnie czerwonym, żelazistym tłem z pyłem kwarcowym. We frakcji piaskowej dominuje kwarc 0,1-0,15 mm, jest on dobrze wysortowany, obtoczony i półobtoczony, zaś mikrytyczne węglany są rzadkie.

Grupa petrograficzna 4 - jasna gleba pylasta, pylasto marglista

Próbki nr: 6, 57, 70, 13A – mają jasne margliste tło bogate w mikroorganizmy. W próbce 57, 70 i 13A widoczne są grudki gleby jasnej, kremowej z licznymi otwornicami oraz ciemnej, żelazistej *terra rossy*. Obtoczony drobnoziarnisty kwarc występuje często we frakcji piaskowej, ale również jako pył.

Grupa petrograficzna 8 - pylasta, żelazista gleba z przybrzeżnym piaskiem węglanowym

Próbka nr 10A. Jej tło jest czerwonobrązowe, żelaziste, niejednorodne. Pył kwarcowy jest równomiernie rozprowadzony po próbce, ok. 7-10%, we frakcji piaskowej są obecne obtoczone ziarna mikrytycznych węglanów i kwarcu – około 0,2-0,3 mm. Bardzo rzadkie są ziarna czertu.

Nieprzypisane próbki

41 – próbka ma ciemnobrązowe nieaktywne optycznie tło. Udział pyłu kwarcowego wynosi około 5-7% objętości próbki. Piasek kwarcowy we frakcji piaskowej jest drobnoziarnisty do około 0,1 mm, dobrze wysortowany, półobtoczony i obtoczony, ziarna węglanów uległy zaś częściowej dekompozycji.

77 – tekstualnie próbka przypomina grupę petrograficzną 5, jednak po dalszej obserwacji zauważamy, że ma ciemnobrązowe margliste tło bez śladów po mikrorganizmach, podłużne (0,2-0,5 mm długości) i równomiernie rozmieszczone pory. Półobtoczony kwarc, około 0,15 mm, wykazuje falowe wygaszanie, a mikrytyczne ziarna węglanowe są bardzo rzadkie.

5.3.5. Podsumowanie – pozostała ceramika użytkowa

Charakterystyka Grup petrograficznych 1-5 została omówiona we wcześniejszych podsumowaniach podrozdziałów o moździerzach (5.1.) i naczyniach zasobowych (5.2.). Poniżej zostaną omówione grupy petrograficzne 6-8 rozpoznane wśród ceramicznych garnków i misek

Grupa petrograficzna 6 – hamra

Tego rodzaju surowiec z czerwonym żelazistym tłem oraz dobrze wysortowanym, obtoczonym piaskiem kwarcowym i kwarcowo węglanowym jest udokumentowany na wielu stanowiskach archeologicznych między innymi: Beer Sheba (Ben-Shlomo 2019a), Horbat Malta i Tel Mikhal (Gorzalczany 2006; Gorzalczany 2008), związany z *hamrą* jest również surowiec przedstawiony przez Bettles jako 2A (Bettles 2003) i grupa petrograficzna VI przedstawiona przez Michniewicza i Młynarczyk (2017).

Region pochodzenia tego surowca jest wiązany przez badaczy z strefą równiny przybrzeżnej (Goren 2000), gdzie występują *kurkary* i związana z nimi gleba typu *hamra*.

Grupa petrograficzna 7 – pylasta, żelazista gleba i kruszony kalcyt

Materiał o ciemnobrązowym, ciemnoczerwonym tle z pyłem kwarcowym i dużymi ziarnami nieobtoczonego (kruszonego) kalcytu jest znany jako materiał z którego wykonywano garnki do gotowania, w zbiorze ceramiki z Tel Akko przypisano do niego pięć próbek.

Najważniejsze badania petrograficzne przedstawiające tego typu surowiec to opracowanie ceramiki z Judei oraz Filistii – grupa petrograficzna D, sugerowany surowiec to *terra rossa* (Cohen-Weinberger i in. 2017) oraz opracowanie ceramiki z Judei: surowiec na bazie *terra rossy* z dodatkiem kruszonego kalcytu i kwarcu z pyłem dolomitycznym (Ben-Shlomo 2019a). Ben-Shlomo sugeruje iż surowiec dla przebadanych naczyń pochodzi z okolic Jerozolimy. Biorąc pod uwagę powszechność występowania *terra rossy* surowiec bazowy dla wyrobu tego typu ceramiki jest dostępny na terenie Izraela powszechnie i wskazanie regionalnych centrów produkcji wymagałoby obszernej analizy cech domieszki tego typu ceramiki.

Grupa petrograficzna 8 – pylasta, żelazista gleba z przybrzeżnym piaskiem węglanowym Wygląd makroskopowy Grup 7 i 8 jest bardzo zbliżony duże białe ziarna węglanowe wyróżnające się na tle gliny jasnoszarej wewnątrz i czerwone na krawędziach, Materiał bazowy jest analogiczny do tego z Grupy petrograficznej 7, tło jest ciemnobrązowe, ciemnoczerwone z dodatkiem pyłu kwarcowego, zawiera pojedyncze grudki gleby *terra rossy*. W tej grupie ostrokrawędziste ziarna zostały zastąpione obtoczonymi węglanami, pojawiają się bioklasty i fragmenty *kurkarów*. Surowcem bazowym dla tych naczyń jest *terra rossa* natomiast domieszka ma charakter piasku przybrzeżnego.

Naczynia Grup petrograficznych 7 i 8 przypuszczalnie reprezentują dwa różne miejsca produkcji garnków i tac do gotowania, przez wzgląd na charakter domieszki w Grupie 8 możemy sugerować iż jest związane ze strefą przybrzeżną okolic Akko.

6. Analiza wyników badań chemicznych zbioru próbek z Tel Akko

Analizą objęto 65 próbek, reprezentatywnych dla petrografii poszczególnych grup, w tym analizowane wcześniej próbki moździerzy. Do obliczeń wytypowano 29 pierwiastków: Cu, Ni, Zn, Al, As, Ca, Co, Cr, Eu, Fe, Hf, K, Li, Mg, Mn, Sb, Sr, Ti, Th, U, V, Y, La, Ce, Nd, Sm, Yb, Lu. Wartości koncentracji pierwiastków przeliczono na logarytm dziesiętny aby zbliżyć statystyczną zmienność analizowanych danych do rozkładu normalnego (Ahrends 1954a; Ahrends 1954b) w dalszych obliczeniach zastosowano macierz kowariancji (Stanisz 2006).

Analiza składowych głównych (PCA).

Pierwsze dwie składowe główne odzwierciedlają 50,4% całkowitej zmienności chemicznej badanego zbioru (Tabela 28), natomiast pierwsze trzy składowe wyjaśniają 61,91% rzeczywistej zmienności zbioru. Współczynnik korelacji obliczono dla pierwszych trzech składowych głównych (Tabela 29). Pierwszą składową główna (PC1) determinuje zmienność Cr, La, Mg, Sm, Nd, Sc, Składową drugą determinują zwłaszcza: Mn, Lu, Fe, Co, Ca, trzecia składowa główna jest determinowana przez pierwiastki takie jak, Li, Th, K, Al, As.

Składowa główna	Procent wyjaśnienia zmienności	Wartość skumulowana
1	27,82	27,82
2	22,62	50,44
3	11,47	61,91
4	7,57	69,48
5	4,34	73,82
6	4,07	77,89
7	3,60	81,49
8	2,93	84,42
9	2,74	87,16
10	2,32	89,48

Tabela 28. Rezultat analizy pierwszych dziesięciu składowych dla zbioru próbek z Tel Akko.

Pierwiastek	PC1	PC2	PC3
Cu	19,71	7,46	3,87
Ni	47,24	24,41	0,10
Zn	1,66	1,48	0,59
Al	0,26	12,73	41,28
As	5,62	3,73	39,27
Са	8,99	41,63	0,57
Со	20,73	52,47	0,10
Cr	74,76	8,22	0,85
Eu	33,90	1,94	0,00
Fe	9,72	53,54	6,99
Hf	40,11	19,75	3,82
K	9,25	0,01	44,02
Li	5,29	1,35	69,75
Mg	56,86	2,97	19,38
Mn	16,27	67,47	2,56
Sb	3,21	14,87	22,84
Sc	50,62	20,95	6,02
Sr	30,13	26,10	0,46
Ti	2,21	32,34	9,40
Th	22,10	0,04	46,06
U	13,21	0,99	1,28
V	15,43	12,21	1,18
Y	35,49	16,13	0,06
La	57,18	5,48	14,68
Ce	45,19	5,91	16,83
Nd	51,78	0,25	4,54
Sm	54,11	14,38	11,22
Yb	25,81	26,54	2,63
Lu	21,52	53,63	6,92

Tabela 29. Współczynniki korelacji pierwiastków determinujących pierwsze trzy składowe główne zbioru wszystkich analizowanych próbek z Tel Akko.

Relacje zawartości ważniejszych pierwiastków determinujących dywersyfikujących zbiór ceramiki z Akko.

W przebadanych próbkach wraz ze wzrostem zawartości La wprost proporcjonalnie wzrasta zawartość Th, Sm, Al, Ti, a maleje zawartość Ni, Mg, Sr.

Na diagramie rozrzutu Mg vs. La (Figura 24) wyraźnie odrębną jest Grupa petrograficzna 3, bogata w pirokseny, odrębnymi są również rozproszone próbki ceramiki petrograficznie nieprzypisanej. W obrębie dolnego, relatywnie jednorodnego zbioru, grupa próbek reprezentujących Grupę petrograficzną 4 oraz Grupę petrograficzną 5 wykazuje zasadniczo niższą zawartość Mg względem ceramiki Grupy petrograficznej 6. Jednocześnie obserwujemy zmienną zawartość La, skrajnie niską w części próbek Grup petrograficznych 4 i 5 (poniżej 27 ppm) oraz skrajnie wysoką wśród próbek Grupy petrograficznej 7 (ponad 38 ppm). W przebadanych próbkach wraz ze wzrostem zawartości Fe wzrasta zawartość Ni, Al, Sc, Co, Mn, a maleje zawartość Ca.

Diagram proporcji Ca vs. Fe (Figura 25) separuje wysokowęglanową ceramikę Grupy petrograficznej 4b (gleba pylasta, bogata w foraminifery) i Grupy petrograficznej 5 (*pasta fenicka*) – tworzących wspólne skupienie, od bogatej zarówno w Ca jak też Fe ceramiki Grupy petrograficznej 3 (bogatej w pirokseny) i Grupy petrograficznej 7 (gleby pylastej bogatej w kruszony kalcyt). Trzecim, odrębnym zespołem są próbki z zawartością Ca poniżej 10% i zawartością żelaza między 2 a 6%. Grupy petrograficznej 6 (*hamra*) oraz podobnej do *hamry* Grupy petrograficznej 1.

Diagram proporcji Mg vs Sc ukazuje liniową zależność pomiędzy udziałem tych pierwiastków w obrębie poszczególnych grup. Wyodrębnieniu ponownie podlega ceramika Grupy petrograficznej 3 jak też ceramika o wysokiej zawartości żelaza należąca do Grupy petrograficznej 7 (pylasta żelazista gleba i kruszony kalcyt).



Figura 26. Wykres zależności pierwiastków Mg względem La, z elipsami obszaru ufności (65%) dla poszczególnych grup petrograficznych.



Figura 27. Wykres zależności pierwiastków Ca względem Fe



Figura 28. Wykres zależności pierwiastków Sc względem Mg

Dendryt Wrocławski

Konstrukcja dendrytu wrocławskiego pozwala określić stopień podobieństwa pomiędzy próbkami bez straty informacji (odległości euklidesowych i kątów pomiędzy nimi). Obliczone odległości euklidesowe między punktami odzwierciedlają chemiczne podobieństwo próbek, im mniejszy dystans tym większe podobieństwo.

W analizie opartej na 29 pierwiastkach średnia (M) wszystkich najkrótszych odległości między punktami wynosi: 0,71, natomiast odchylenie standardowe (δ) = 0,21. Przyjmując kryterium podziału na podgrupy jako wartość M + 2σ = 1,13, co odpowiada 95,5% prawdopodobieństwu, że próbki są istotnie odmienne statystycznie wartość tę przekraczają próbki: 24; 41; 24. Przyjmując statystyczne kryterium M + σ = 0.92 (68% prawdopodobieństwa) odrębnym staje się zespół części moździerzy (Grupa petrograficzna 3) {4; 8A; 17A, 20A, 39 i naczynie zasobowe – próbka nr 53}; moździerze {4A; 11A}; naczynie zasobowe nr 22 oraz naczynie nr 74, jak też próbka nr 77.

Najbliższe połączenie pomiędzy próbkami	Wartość odległości euklidesowej.	Najbliższe połączenie pomiędzy próbkami	Wartość odległości euklidesowej.
4-8a	0,87	3a-6a	0,40
8a-29a	0,56	6a-31	0,61
29a-42	0,69	31-62	0,61
42-39	0,76	62-96	0,47
39-53	0,89	31-74	1,02
39-20a	0,79	7a-31a	0,53
42-11a	0,93	31a-87	0,83
11a-4a	0,73	87-27	0,57
29a-7a	1,09	27-21a	0,80
7a-22	1,04	21a-38	0,77
7a-49	0,49	87-35	0,71
7a-1a	0,44	87-13a	0,51
1a-10a	0,44	13a-70	0,77
10a-12	0,79	13a-5a	0,54
12-97	0,40	5a 22a	0,79
10a-90	0,40	13a-23a	0,52
10a-15a	0,46	23a-37	0,59
15a-67	0,46	37-14	0,79
67-52	0,41	37-14a	0,68
52-47	0,56	23a 18a	0,87
52-12a	0,55	23a-26a	0,61
12a-30	0,92	26a-77	0,97
12a-41	1,27	31a-2a	0,48
67-30a	0,90	2a-6	0,70
15a-78	0,57	2a-18	0,53
78-80	0,68	18-54	0,73
80-24	1,21	54-57	0,85
24-43	1,26	57-19	0,53
80-56	0,78	54-25a	0,76
7a-3a	0,43	25a-17	0,71
3a-21	0,74	25a-27a	0,89
21-24a	0,92	29a-17a	0,67

pomiędzy próbkami	euklidesowej.
3a-6a	0,40
6a-31	0,61
31-62	0,61
62-96	0,47
31-74	1,02
7a-31a	0,53
31a-87	0,83
87-27	0,57
27-21a	0,80
21a-38	0,77
87-35	0,71
87-13a	0,51
13a-70	0,77
13a-5a	0,54
5a 22a	0,79
13a-23a	0,52
23a-37	0,59
37-14	0,79
37-14a	0,68
23a 18a	0,87
23a-26a	0,61
26a-77	0,97
31a-2a	0,48
2a-6	0,70
2a-18	0,53
18-54	0,73
54-57	0,85
57-19	0,53
54-25a	0,76
25a-17	0,71
25a-27a	0,89
29a-17a	0,67

Zarówno analiza składowych głównych jak też analiza dendrytu wrocławskiego wskazują na obecność 5 zbiorów ("gałęzi") odpowiadających największemu podobieństwu chemicznemu (Figura 29). Taki układ zasadniczo jest zgodny z podstawowym podziałem petrograficznym analizowanego zbioru jak też separacją otrzymaną na zaprezentowanych biplotach.

W górnej partii dendrytu (Figura 30) umiejscowiony jest zbiór próbek reprezentujących Grupę petrograficzną 3 – margiel bogaty w pirokseny (oznaczona kolorem różowym). Jednocześnie zwraca uwagę statystyczna odrębność próbek 11A oraz 4A na poziomie M+ σ , co niewątpliwie wynika z wyjątkowo dużej zawartości chromu, 1690 ppm w próbce 11A i 3890 ppm w próbce 4A.

Oba zespoły tych próbek: {I7A, 29A, 39, 53, 20A, 42, 8a, 4} oraz {I1A, 4A} są statystycznie odrębne od reszty zbioru na poziomie M+σ (tzn. 68% prawdopodobieństwa). Chemicznie wykazują one najwyższa zawartość Mg, Sc zarazem najniższą zawartość La, Lu, Th.

Dolną, lewą, gałąź dendrytu tworzą próbki Grupy petrograficznej 6 (kolor zielony) oraz Grupy petrograficznej 7 (kolor czerwony). Są to naczynią wykonane z *hamry* (Grupa petrograficzna 6) oraz naczynia wykonane z pylastej gleby zawierającej kruszony kalcyt – Grupa petrograficzna 7 (kolor zielony). Grupa petrograficzną 6 określa wysoki udział Fe (3,6-5,8 %), względnie wysoka zawartość Mn (580-1140 ppm), i niższa od innych grup zawartość Ca (poniżej 10% wagowych). Próbka 26A jest odstająca prawdopodobnie z uwagi na zawartość Mn i Fe, ma ona większy, od innych próbek z tej grupy, udział ziaren piasku i pyłu kwarcowego co mogło wpłynąć na wynik analizy chemicznej.

Grupa petrograficzna 7 cechuje się najwyższą wśród grup lokalnych zawartością La (38-48 ppm) i Th (8-10 ppm) oraz Sc (11-15 ppm), odpowiednio wysoką zawartością Fe (6-10%), zawartość Al wynosi 6-9,6 %., zawartość Ca waha się od 9,4 do 13,8%. Zbiór ten zawiera także próbki 10A i 12A – należące do pokrewnej Grupy Petrograficznej 8 – wy-konanej z pylastej żelazistej gleby i piasek węglanowy.

Środkową, dolna gałąź dendrytu, zajmują w przewadze próbki oznaczone koorem niebieskim należące do Grupy petrograficznej l ił bogaty w otwornice z kredą i przybrzeżnym piaskiem kwarcowym. Wartość Mg w próbkach tej grupy wynosi około 1,5% i jest najwyższa wśród grup lokalnych. Zawartość Fe waha się od 4 do 4,5% i jest zbliżona do zawartości Fe w próbkach z grupy petrograficznej 6 (*hamra*), wartość Mn wynosi około 650-696 ppm, zawartość Sc jest relatywnie niska i wpisuje się w wartości próbek produkowanych z lokalnego surowca 12-14 ppm. Próbką odstającą w tej grupie jest próbka 22A o zdecydowanie mniejszej zawartość Mn i Fe (bliższych do grup petrograficznych 2 i 5).

Dolną, prawą gałąź dendrytu tworzą w przewadze próbki Grupy petrograficznej 5 wykonane z marglistej pasty fenickiej (oznaczone kolorem pomarańczowy) oraz próbki Grupy petrograficznej 2 (oznaczonej kolorem fioletowym), do produkcji których wykorzystano wypalony na kolor kremowy, margiel. Chemicznie podobieństwo tych grup wynika z podobnej zawartości Mn (175-476 ppm), Fe (2,9-3,5%), Sc (około 12 ppm) oraz Mg (około 1,5%).

Górną, poziomą, gałąź dendrytu tworzą próbki Grupy petrograficznej 5 oraz ceramika Podgrupy petrograficznej 4b (oznaczonej kolorem żółtym) – wykonane z marglistego surowca zasobnego w pył kwarcowy i otwornice. Pomimo odmiennych surowców ta gałąź charakteryzuje się wysoką zawartością Ca. Zawartość La jest tu relatywnie wysoka, odpowiada wartościom reprezentującym grupę ceramiki lokalnej (około 25-34 ppm).



Figura 29. Dendryt z oznaczeniem typów ceramiki



Figura 30. Dendryt z oznaczeniem grup petrograficznych

7. Konkluzje

Wyniki badań petrograficznych uzupełnione analizami składu chemicznego minerałów metodą SEM-EDS ceramiki z Tel Akko umożliwiły wyodrębnienie grup podobieństwa petrograficznego i rozpoznanie potencjalnej ich proweniencji.

Dane pochodzące z badań chemicznych próbek (INAA+ICP) pomogły w rozgraniczaniu zbiorów próbek podobnych do siebie petrograficznie i dały możliwość rozróżnić odmienne pochodzenie surowca ceramicznego.

W przypadku ceramiki pochodzącej z obszaru Galilei, wybrzeża Lewantu szczególnie przydatne jest zastosowanie analizy mikropaleontologicznej Określenie wieku szczątków mikropaleontologicznych pozwoliło znacznie zawęzić potencjalny obszar pochodzenia surowca.

W przebadanym zbiorze naczyń ceramicznych z Tel Akko wyróżniono 8 grup petrograficznych przedstawionych w Tabeli 31.

Grupa petrograficzna	Sugerowane pochodzenie surowca
Grupa petrograficzna 1 - ił bogaty w otwornice z szarą kredą i piaskiem kwarcowym	Lokalne / Region Akko (?)
Grupa Petrograficzna 2 - jasny margiel	Lokalne / Wybrzeże fenickie się między Akko a Tyrem.
Grupa petrograficzna 3 – margiel bogaty w pirokseny.	Import / Cypr
Grupa petrograficzna 4 – jasna gleba pylasta, pylasto marglista	Lokalne / Region Akko (?)
Grupa petrograficzna 5 – <i>pasta fenicka</i> (jasny margiel z piaskiem kwarcowym i bioklastami, w tym <i>Amphiroa sp</i> .)	Lokalne / Wybrzeże fenickie między Akko a Tyrem.
Grupa petrograficzna 6 - <i>hamra</i>	Lokalne / Strefa przybrzeżna
Grupa petrograficzna 7 – pylasta, żelazista gleba i kruszony kalcyt	Lokalne
Grupa petrograficzna 8: - pylasta, żelazista gleba z przybrzeżnym piaskiem węglanowym.	Lokalne / Strefa przybrzeżna

Tabela 31. Grupy petrograficzne wyróżnione w zbiorze próbek z Tel Akko i sugerowane pochodzenie surowca

Wymienione grupy stanowią odmienny rodzaj gliny (pasty), która służyła do wyrobu naczyń o zróżnicowanej typologii, w różnym czasie.

Rodzaj materiału wykorzystanego do wytworzenia poszczególnych rodzajów ceramiki przedstawia Tabela 32

	Grupa petrograficzna	Nazwa Grupy	llość próbek
	1	lł bogaty w otwornice z szarą kredą i piaskiem kwarcowym	4
Moździerze	2a, 2b	Jasny margiel	5
	3	Margiel bogaty w pirokseny	6
	nieprzypisane		5
	3	Margiel bogaty w pirokseny	1
	2b	Jasny margiel	4
Storage jars	4a, 4b, 4c	Gleba pylasta, pylasto marglista	8
	5	"Pasta fenicka"	9
	nieprzypisana		1
	4d	Gleba pylasta, pylasto marglista	2
	6a, 6b	Hamra	6
do pieczenia	7	Pylasta <i>terra rossa</i> i kruszony kalcyt	5
	8	Pylasta <i>terra rossa</i> z przybrzeżnym piaskiem węglanowym	4
	4b, 4d	Gleba pylasta, pylasto marglista	6
Mickiikastawa	5a, 5b	"Pasta fenicka"	12
мізкі і кгатегу	6a, 6b	Hamra	10
	nieprzypisane		2
Lampki oliwne	5	"Pasta fenicka"	3

Tabela 32. Podsumowanie grup naczyń względem rodzaju surowca.

Moździerze

Zauważamy, że moździerze pomimo podobnego kształtu i przeznaczenia zostały wykonane z kilku rodzajów surowca, wśród których dominującym jest jasny margiel różniący się rodzajami domieszki.

Jeden z surowców marglistych zawiera domieszkę pochodzenia wulkanicznego (Grupa petrograficzna 3), w której przeważają pirokseny (diopsydy, augity) obecne są również wysoko-magnezowe oliwiny, a także rzadko spotykana odmiana chromitu magnezowego. Jednocześnie podwyższona zawartość żelaza (około 5%), manganu (978 - 1590 ppm), najwyższa w zbiorze zawartość skandu (20 do 27 ppm), oraz podwyższona zawartość pierwiastków takich jak Co, Cr, Ni jest dowodem na związek surowca z wychodniami skał maficznych i ultramaficznych. Identyfikacja otwornic (między innymi rozpoznano Tuborotalia pomeroli) określa wiek surowca jako eoceński do późnego lutetu).

Powyższe fakty wskazują na związek omawianej grupy moździerzy z cypryjskimi wychodniami eocenu położonymi na północny wschód od Limassol na Cyprze jako potencjalny materiał źródłowy dla próbek z tej grupy. Jest to zgodne z aktualnym stanem wiedzy archeologicznej, uznającej moździerze epoki żelaza, odkrywane na obszarze Lewantu jako pochodzące z warsztatów cypryjskich.

W tej perspektywie interesujące wydają się rezultaty badań moździerzy które zostały wykonane również z surowca marglistego lecz zawierających piasek, którego petrografia wskazuje, że pochodzi on z obszaru kontynentalnego – wybrzeża fenickiego (Grupa petrograficzna 2). Być może naczynia te stanowią kopię naczyń cypryjskich, wykonaną według bardzo zbliżonej receptury.

Trzecim rodzajem surowca wśród przebadanych moździerzy jest ił bogaty w otwornice z szarą kredą i piaskiem kwarcowym (Grupa petrograficzna 1). Makroskopowo to ceramika jasnoczerwona. Charakteryzuje się jasnoczerwonym tłem bogatym w węglan wapnia, z dużą ilością otwornic, klastami kredy i żelazistej gleby, bioklastami. Domieszka piaszczysta to dobrze wystartowany drobnoziarnisty kwarc, rzadko występują skalenie alkaliczne i plagioklazy. Pod względem zawartości Ca, Fe, Mg jest to grupa bliska Grupie petrograficznej 6. Podwyższona zawartość żelaza i piasek kwarcowy są typowe dla *hamry*, również udział bioklastów wskazuje na strefę przybrzeżną, z kolei grudki jasnej kredy wskazują na wychodnie kredy znane z głębi kontynentu.

Zróżnicowanie petrograficzne moździerzy, z uwzględnieniem próbek nieprzypisanych do grup petrograficznych pozwala przypuszczać iż były wykonywane w różnych miejscach i w różnym czasie.

Naczynia zasobowe typu storage jars

Storage jars z Tel Akko, również zostały wykonane z kilku odmian surowca. Najliczniejszą jest grupa Grupa petrograficzna 5, który z uwagi na charakterystyczny obraz mikroskopowy, zawartość rozproszonych otwornic i towarzyszących im tlenków żelaza, zarazem obecność fragmentów alg w tym rodzaju Amphiroa, została określona jako "pasta fenicka" a w literaturze zagranicznej określany jest mianem "Phoenician fabric". Chemicznie tą grupę najbardziej wyróżnia wysoka zawartość Ca (12,4-20,8%) oraz relatywnie niska zawartość żelaza (poniżej 4%). Zawartość Al (5,19 do 9,28 %) i K (1 do 2 %) jest związana z obecnością minerałów ilastych, wartości te są porównywalne do grupy petrograficznej 1 i 3. Równie często do produkcji naczyń zasobowych stosowano pylaste, w różnym stopniu margliste gleby typu rędzina lub terra rossa (Grupa petrograficzna 4). Otwornice w próbkach tej grupy należą do starszego paleogenu oraz paleocenu - starszego eocenu. Margliste wychodnie skał tego wieku (jako skała macierzysta gleb) zlokalizowane są na wzgórzach położonych na południowy wschód od Akko (okolice Szafar'am) oraz na wschód od miasta Naharija. Są to osady Grup Mount Scopus oraz Avedat. Analogiczne wychodnie rozciągają się wzdłuż wybrzeża dzisiejszego Libanu między Tyrem a Sydonem. Chemicznie jest to surowiec o wysokiej zawartości Mn (476-944 ppm) oraz Sm (skorelowanego z La). Obecność podobnego materiału stwierdzono na stanowiskach Tell Keisan oraz Sha'ar-Ha'Amakim (Waiman-Barak i Gilboa 2016; Michniewicz i Młynarczyk 2017).

Próbka nr 53, określona archeologicznie jako *storage jar* została wykonany z surowca cypryjskiego (Grupa petrograficzna 3), można ją także uznać za przykład importu.

Garnki i tace do pieczenia

Grupa garnków i tac do pieczenia to ceramika dla której bazowym surowcem są żelaziste gleby pylaste (Grupa petrograficzna 4) bądź piaszczyste zwane *hamrą* (Grupa petrograficzna 6). Lokalne względem Tel Akko mogą być garnki i taca do pieczenia wykonane z pylastej, żelazistej gleby zawierającej fragmenty alg będących komponentem współczesnego wybrzeża Izraela jak też Libanu (Grupa petrograficzna 8). Z uwagi na dostępność tego typu surowca – pokrywającego dolinę Zevulun można założyć, że był on wykorzystywany w lokalnych warsztatach ceramicznych, które być może funkcjonowały w Tel Akko.

Z punktu widzenia technologicznego warto podkreślić, że znaczny udział pyłu kwarcowego zapobiegał nadmiernej skurczliwości surowca podczas wypału, tym samym zapewniał poprawę parametrów fizycznych tych naczyń.

Miski i kratery

Ceramiczne miski i kratery również są wykonane ze zróżnicowanego petrograficznie surowca którym był zarówno margiel w postaci ("pasty fenickiej" – Grupa petrograficzna 5) – tym samym pochodzą zapewne z obszaru dzisiejszego Libanu jak też lokalne żelaziste gleby piaszczyste typu *hamra* (pobliskie Tel Akko).

Przebadane lampki oliwne wykonane są z lokalnego surowca – "pasty fenickiej" – tym samym z dużym prawdopodobieństwem pochodzą z Fenicji – obszaru dzisiejszego Libanu.

Ostatecznie, warto podkreślić stosunkowo niewielką liczbę przebadanych naczyń w stosunku do dziesiątek tysięcy fragmentów ceramiki pozyskiwanych podczas prac archeologicznych. W tej perspektywie prezentowaną dysertację należy traktować jako

przyczynek do dalszych badan, które niewątpliwie wymagają zwielokrotnienia analiz, oraz – co byłoby optymalne – przeprowadzenia petrograficznej analizy porównawczej naczyń odkrytych bezpośrednio w piecach garncarskich z poszczególnych stanowisk archeologicznych. W kontekście analizy surowca, konieczne są dalsze prace, poszerzające dokumentację lokalnych gleb i surowców ilastych Galilei oraz nadmorskiej części współczesnego Libanu.

Bibliografia

- Ahrends, L. H., 1954a, Lognormal distribution of the elements, Geochimica et Cosmochimica Acta 5, 2, 49–73.
- Ahrends, L. H., 1954b, Lognormal distribution of the elements, Geochimica et Cosmochimica Acta 6, 2/3, 121–31.
- Allen R.M., Baer G., Clinton J., Hamiel Y., Hofstetter R., Pinsky V., Ziv A., Zollo A., 2012 -Earthquake early warning for Israel: Recommended implementation strategy.
- Arie E., Buzaglo E., Goren Y., 2006 Petrographic Analysis of Iron Age i Pottery. [W:]
 Megiddo IV The 1998-2002 Seasons, Finkelstein I., Ussishkin D., Halpern B. (red.),
 Emery and Claire Yass Publications in Archaeology, Tel Aviv: 67-558
- Arnold D.E., 1985 Ceramic theory and cultural process. Cambridge University Press, Cambridge: 1-284
- Artzy M., Beeri R., 2010 Tel Akko. [W:] One Thousand Nights and Days Akko through the Ages, Killebrew A.E., Raz-Romeo V. (red.), Hecht Museum, University of Haifa, Haifa: 15–24
- Artzy M., 2015 What is in a name? 'Akko-Ptolemais-'Akka-Acre. Complutum, 26: 12-205
- Artzy M., Jol H., Giaime M., Salmon Y., Abu-Hamid A., López G.I., Morhange C., Kaniewski D., Bauman P., Killebrew A.E., 2021 The Effects of Coastline and River Changes on Anchorages, Harbours, and Habitation Patterns, The case of Akko.
 [W:] Under the Mediterranean I. Studies in Maritime Archaeology, Demesticha S., Blue L. (red.), Sidestone Press, Leiden: 78-267
- Avisar, D., Rosenthal, E., Shulman, H., Zilberbrand, M., Flexer, A., Kronfeld, J., Ben Avraham, Z., i Fleischer, I., 2004, The Pliocene Yafo Formation in Israel: Hydrogeologically inert or active?, Hydrogeology Journal, 12: 291–304
- Batanova V.G., Sobolev A.V., 2000 Compositional heterogeneity in subduction-related mantle peridotites, Troodos massif, Cyprus. Geology, 28, 1: 55-58
- Baxter M., 2016 Multivariate Analysis of Archaeometric Data: An Introduction. academia.edu, Nottingham: 1-137
- Ben-Shlomo D., 2019 a Cooking Pot Production in Judah during the Iron Age II. Judea and Samaria Research Studies. 28, 1: 5-36
- Ben-Shlomo D., 2019 b The Iron Age Pottery of Jerusalem: A Typological and Technological Study. Ariel University Press, Ariel: 1-407
- Bentor Y.K., 1966 The Clays of Israel. Guidebook to the Excursions, The International Clay Conference. Israel program for scientific translations, Jerusalem: 1-121
- Bettles E.A., 2003 Phoenician Amphora Production and Distribution in the Southern

Levant: A Multi-Disciplinary Investigation into Carinated-Shoulder Amphorae of the Persian Period (539-332 BC). Elizabeth A. Bettles., BAR International Series 1138, British Archaeological Reports Oxford Ltd, Oxford: 1- 342

- Billor M.Z., Gibb F. 2002 The mineralogy and chemistry of the chromite deposits of sout-hern (Kızıldağ, Hatay and Islahiye, Antep) and Tauric ophiolite belt (Pozantı-Karsantı, Adana) Turkey. 9th International Platinum Symposium Montana: 5-21
- Bolewski A., Budkiewicz M., Wyszomirski P., 1991 Surowce Ceramiczne. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa: 1-342
- Bónová K., Mikuš T., Bóna J., 2018 Is Cr-spinel geochemistry enough for solving the provenance dilemma? Case study from the palaeogene sandstones of the western Carpathians (eastern Slovakia), Minerals. 12, 8: 543-577
- Boulanger M., 2014 Cypriot Ceramics: Compositional and Descriptive Database.
- Braekmans D., Degryse P., 2017 Petrography: Optical microscopy. [W:] The Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis, Hunt A. (red.), Oxford University Press, Oxford: 87-233
- Calvo R., Bartov Y., 2001 Hazeva Group, southern Israel: New observations, and their implications for itsstratigraphy, paleogeography, and tectono-sedimentary regime. Israel Journal of Earth Sciences, 50: 71–99
- Cohen-Weinberger A., Goren Y., 2004 Levantine-Egyptian Interactions During the 12th to the 15th dynasties Based On the Petrography of the Canaanite Pottery From tell El-Dabca. Ägypten und Levante 14 (XIV): 69–100
- Dan Y., Raz Z., Yaalon D.H., Koyumdjisky H., 1975 Soil Map of Israel 1:500000, Ministry Of Agriculture
- Deer W.A., Howie R.A., Zussman J., 2013 An Introduction to the Rock-Forming Minerals. Mineralogical Society of Great Britain & Ireland, Twickenham: 1-510
- Dikomitou-Eliadou M., Georgiou A., Vionis A.K., 2016 The Cooking Pot Assemblage – Typological Observations and Petrographic Analysis. [W:] C. von Rüden (red.), Feasting and Depositional Practices in Late Bronze Age Palaepaphos, Cyprus: The Evreti Wells TE III and TE VIII., Verlag Marie Leidorf GmbH, Rahden: 58-235
- Dothan M., 1976 Akko: Interim Excavation Report First Season, 1973/4. Bulletin of the American Schools of Oriental Research, 224: 1-48
- Dothan M., Raban A., 1980 The Sea Gate of Ancient Akko. The Biblical Archaeologist, 43, 1: 35-39
- Dothan M., 1993 Tel Akko. [W:] The New Encyclopedia of Archaeological Excavations in the Holy Land 1, Stern E. (red.), Carta Jerusalem, Jerozolima: 17–23

- Dubertret L., 1962 Carte geologique Liban Syrie et bordure des pays voisins 1:1000000, Republique Libanaise, Minist`ere des Travaux Publiques, Paryż
- Elayi J., 2014 Achaemiedin Persia and the Levant. [W:] The Oxford Handbook of the Archaeology of the Levant, Killebrew A.E., Steiner M. (red.), Oxford University Press, Oxford: 20-107
- Fabbri B., Gualtieri S., Shoval S., 2014 The presence of calcite in archeological ceramics. Journal of the European Ceramic Society, 34, 7: 1899-1911
- Flexer A., Yellin-Dror A., 2009 State of the art geology. [W:] The Water of the Jordan Valley: Scarcity and Deterioration of Groundwater and its Impact on the Regional Development, Heinz Hötzl, Peter Möller, Eliahu Rosenthal (red.), Springer, Berlin: 15-54
- Freud L., 2012 Local Production of Edomite Cooking Pots in the Beersheba Valley: Petrographic Analyses From Tel Malhata, Horvat. [W:] Unearthing the Wilderness: Studies on the History and Archaeology of the Negev and Edom in the Iron Age (Ancient Near Eastern Studies Supplement Series 45), Tebes J.M. (red.) PEETERS, Leuven – Paris – Walpole: 283–306
- Giaime M., Morhange C., Marriner N., López-Cadavid G.I., Artzy M., 2018 Geoarchaeological investigations at Akko, Israel: New insights into landscape changes and related anchorage locations since the Bronze Age. Geoarchaeology. 33, 1: 1-20
- Goldberg P., Macphail R., 2006 Practical and Theoretical Geoarchaeology. Blackwell Publishing, Oxford: 1-468
- Golitko M., Dussubieux L., 2016 Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP--MS) and Laser Ablation Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (LA-IC-P-MS). [W:] The Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis, Hunt A. (red.), Oxford University Press, Oxford: 399–423
- Goren Y., 1995 Shrines and Ceramics in Chalcolithic Israel: The View Through the Petrographic Microscope. Archaeometry, 37: 287-305
- Goren Y., 2000 Petrographic Characteristics of several key Southern Levantine Ceramic Materials. Internet Archaeology, 9
- Goren Y., Finkelstein I., Na'aman N., 2002 Petrographic investigation of the Amarna tablets. Near Eastern Archaeology, 65, 3: 196–205
- Goren Y., Finkelstein I., Na'aman N., 2004 Inscribed in Clay: Provenance Study of the Amarna Tablets and other Ancient Near Eastern Texts. Tel Aviv University, Tel Aviv: 1-407
- Gorzalczany A., 2006 Petrographic Analysis of the Tel Mikhal (Tel Michal) Pottery. 'Atiqot, 52: 57–65

- Gorzalczany A., 2008 Petrographic Analysis of The Persian-Period Pottery From Horbat Malta. 'Atiqot, 59: 81–86
- Griffiths D., Glanfield A., Sayegh H., 1998 Fabric Analysis of Jars and Amphorae From Loci 130 and 135-138. [W:] Un Quartier Du Port Phenicien De Beyrouth Au Fer III / Perse: Les Objets, Elayi J., Sayegh H. (red.), Gabalda, Paryż: 45–51
- Gvirtzman G., Buchbinder B., 1978 The Late Tertiary of the Coastal Plain and Continental Shelf of Israel and its Bearing on the History of the Eastern Mediterranean. Deep Sea Drilling Project, 42: 1195-1222
- Hill C.L., Rapp G., 2014 Geoarchaeology. [W:] Encyclopedia of Global Archaeology, Smith C. (red.), Springer, Berlin: 3008-3017
- Ishimaru S., Saikawa Y., Miura M., Parlak O., Arai S., 2018 Decoding of mantle processes in the mersin ophiolite, Turkey, of end-member arc type: Location of the Boninite Magma Generation. Minerals. 8 (10): 464-497
- Itkin D., Geva-Kleinberger A., Vaalon D., Shaanan U., Goldfus H., 2012 Nāri in The Levant: Historical and Etymologicalaspects of a Specific Calcrete Formation. Earth Sciences History, 31: 28-210
- Kajzer M., Marzec E., Kiriatzi E., Müller N.S., 2021 Production and supply of Ceramic oil lamps in Hellenistic and early Roman Nea Paphos, Cyprus: Integrated typological, chronological and provenance studies. Annual of the British School at Athens, 116: 291–357
- Katz H., Faust A., 2011 Distribution and Use of Storage Vessels in the Kingdom of Judah. [W:] Studies in the Archaeology and History of Israel in the Late Bronze Age, Iron Age, and Persian Period in Honor of David Ussishkin, Finkelstein I., Na'aman N. (red.), Penn State University Press, University Park, PA: 84-175
- Killebrew, A. E., 2007, The Canaanite Storage Jar Revisited, [W:] Up to the Gates of Ekron, Essays on the Archaeology and History of the Eastern Mediterranean in Honor of Seymour Gitin (red. S. W. Crawford), The W.F. Albright Institute of Archaeological Research, Jerusalem: 166–188
- Killebrew A.E., Olson A.B.R., 2014 The Tel Akko Total Archaeology Project: New Frontiers In The Excavation And 3d Documentation Of The Past. [W:] Proceedings of the 8th International Congress on the Archaeology of the Ancient Near East Volume 2, Bieliński P., Gawlikowski M., Koliński R., Ławecka D., Sołtysiak A., Wygnańska Z. (red.), Harrassowitz Verlag, Wiesbaden: 74-559
- Killebrew A.E., Quartermaine J., 2016 Total Archaeology@Tel Akko (The 2013 and 2014 Seasons): Excavation, Survey, Community Outreach, and New Approaches to Landscape Archaeology in 3D. [W:] Proceedings of the 9th International Congress on Archaeology of the Ancient Near East, Stucky R.A., Kaelin O., Mathys H. (red.), Harrassowitz Verlag, Wiesbaden: 491–502

- Killebrew A.E., DePietro D., Pangarkar R., Peleg S.A., Scham S., Taylor E., 2017 Archaeology, shared heritage, and community at Akko, Israel. Journal of Eastern Mediterranean Archaeology and Heritage Studies, 5, 3-4: 365-392
- Landau A.Y., Goren Y., 2012 A Cypro-Minoan Potmark from Aphek, Tel Aviv. Journal of the Institute of Archaeology of Tel Aviv University, 31, 1: 22-31
- Manecki A., Muszyński M., 2008 Przewodnik do Petrografii. AGH Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków: 1-552
- Marzec E., Wicenciak U., Müller N.S., Kiriatzi E., Waliszewski T., 2021 Pottery production in Chhim (Sidon hinterland) in the Roman and early Byzantine periods: Petrographic and elemental analyses. Journal of Archaeological Science: Reports, 38, 103004: 1-18
- Michelaki K., Hancock R.G.V., 2011 Chemistry versus data dispersion: Is there a better way to assess and interpret archaeometric data?. Archaeometry, 53, 6: 1259-1279
- Michniewicz J., 2009 Qumran and Jericho Pottery: a Petrographic and Chemical Provenance Study. Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań: 1-169
- Michniewicz J., Młynarczyk J., 2017 Archaeometry and Archaeology of Levantine jars used in Western Galilee/Southern Phoenicia (Sha'ar-Ha'Amakim, Tell Keisan) between the Persian and the Late Roman period. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań: 1-188
- Middleton A.P., Freestone I.C., Leese M.N., 1985 Textural Analysis of Ceramic Thin Sections: Evaluation of Grain Sampling Procedures. Archaeometry, 27, 1: 64-74
- Migaszewski Z., Gałuszka A., 2007 Podstawy Geochemii Środowiska. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa: 1-576
- Minc L., Sterba J., 2016 Instrumental Neutron Activation Analysis (INAA) in the Study of Archaeological Ceramics. [W:] The Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis, Hunt A. (red.), Oxford University Press, Oxford: 424–446
- Olson B.R., Placchetti R.A., Quartermaine J., Killebrew A.E., 2013 The Tel Akko total archaeology project (Akko, Israel): Assessing the suitability of multi-scale 3d field recording in archaeology. Journal of Field Archaeology, 38, 3: 62-244
- Ownby M., Griffiths D., 2009 The Petrographic Analysis Of Beach Sand From Sidon To Determine Its Utility For Ceramic Provenance Studies. Archaeology & History in The Lebanon, 29 : 56–67
- Pantazis T., 1979 Geological Map of Cyprus 1:250000
- Perkal J., 1958 Matematyka dla rolników. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa: 1-254
- Porat N., 1989 Composition of pottery application to the study of the interrelations between Canaan and Egypt during the 3rd millennium B.C. PhD dissertation. Hebrew University of Jerusalem, Jerozolima: 1-248
- Quinn P.S., 2013 Ceramic Petrography: The Interpretation of Archaeological Pottery & Related Artefacts in Thin Section. Archaeopress, Oxford: 1-260
- Ravikovitch S., 1969 Soil Map Israel 1:250000, The Hebrew University of Jerusalem, Faculty of Agriculture
- Rice M., 1987 Pottery Analysis: A Sourcebook. University of Chicago Press, Chicago: 1-559
- Rosenthal R., Sivan R., 1978 Ancient Lamps in the Schloessinger Collection. Quedem, 8: 3-179
- Schattner U., Ben-Avraham Z., 2007 Transform margin of the northern Levant, eastern Mediterranean: From formation to reactivation. Tectonics, 26,5 1-17
- Schneider T., 2014 Mesopotamia (Assyrians and Babylonians) and the Levant. W The Oxford Handbook of the Archaeology of the Levant, Killebrew A.E., Steiner M. (red.), Oxford University Press, Oxford: 98-106
- Segev A., 2009 40Ar/39Ar and K-Ar geochronology of Berriasian-Hauterivian and Cenomanian tectonomagmatic events in northern Israel: implications for regional stratigraphy. Cretaceous Research, 30: 810–828
- Segev A., Rybakov M., 2010 a Effects of Cretaceous plume and convergence, and Early Tertiary tectonomagmatic quiescence on the central and southern Levant continental margin. Journal of the Geological Society,167, 731–749
- Segev A., Rybakov M., 2010 b History of faulting and magmatism in the Galilee (Israel) and across the Levant continental margin inferred from potential field data. Journal of Geodynamics, 51: 264–284
- Sharon I., 2014 Levantine Chronology. W The Oxford Handbook of the Archaeology of the Levant, Steiner M., Killebrew E. (red.), Oxford University Press, Oxford: 45-65
- Singer A., 2007 The soils of Israel. Springer, Berlin, 1-295
- Sivan D., Gvirtzman G., Sass E., 1999 Quaternary stratigraphy and paleogeography of the Galilee coastal plain, Israel. Quaternary Research, 51: 280–294
- Sneh A., Bartov Y., Rosensaft M., 1997 Geological map of Israel, Sheet 1, 1:200 000, Geological Survey of Israel, Jerusalem
- Sneh A., 2004 Geological Map of Israel 1:50000, Nahariyya, sheet 1-IV, Ministry of National Infrastructures Earth and Marine Research Administration
- Sneh A., 2008 Geological Map Of Israel 1:50000 Shefar'am, Sheet 3-II, Ministry of National Infrastructures Earth and Marine Research Administration

- Spataro M., Villing A., 2009 Scientific investigation of pottery grinding bowls from the Archaic and Classical Eastern Mediterranean. British Museum technical research bulletin, 3: 89-100
- Stager L.E., Master D.M., Schloen J.D., 2011 Ashkelon 3: The Seventh Century B.C. Harvard Semitic Museum Publications, Winona Lake, Indiana: 1-837
- Stanisz A., 2006 Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem STATISTICA PL na przykładach z medycyny. (StatSoft Polska, Kraków: 1-523
- Szydło A., 2022 Ekspertyza mikropaleontologiczna w zakresie wieku i uwarunkowań środowiskowo-geograficznych ceramicznego materiału archeologicznego (naczyń użytkowych) z wykopalisk w Izraelu na podstawie fotografii szlifów cienkich.PIG--PIB, 1-22, 45.2916.2202.10.0
- Tekeli O., Erendil M., 1986 Geology and Petrology of the Kızıldağ Ophiolite (Hatay), Maden Tetkik ve Arama Dergisi. Bulletin of the Mineral Research and Exploration 107: 21-37
- Terry R.D., Chilingar G.V., 1955 Summary of "Concerning some additional aids in studying sedimentary formations," by M. S. Shvetsov. Journal of Sedimentary Research 25(3): 229-234
- Ubeid K.F., 2011 The nature of the pleistocene-holocene palaeosols in the gaza strip, palestine. Geologos, 17(3): 163-173
- Villing A., 2006, 'Drab Bowls' for Apollo: The Mortaria of Naukratis and Exchange in the Archaic Eastern Mediterranean. BRITISH MUSEUM RESEARCH PUBLICA-TIONS, 162: 31-46
- De Vos W., Tarvainen T., Salminen R., Reeder S., De Vivo B., Demetriades A., Pirc S., Batista M.J., Marsina K., Ottesen R.T., 2006 - Geochemical atlas of Europe. Part 2
 – interpretation of geochemical maps, additional tables, figures, maps, and Related Publications. Geological Survey of Finland, Espoo: 1-690
- Waiman-Barak P., Gilboa A., 2016 Maritime Transport Containers: the view from Phoenician Tell Keisan (Israel) in theEarly Iron Age. W Maritime Transport Containersin the Bronze–Iron Age Aegean and Eastern Mediterranean, Demesticha S., Knapp A.B. (red.), Åströms förlag, Uppsala: 93-169
- Waiman-Barak P., Georgiadou A., Gilboa A., 2021 Regional mineralogical and technological characterization of Cypriot Iron Age pottery: a view from Tel Dor, Levant 53(2): 236-261
- Walley C.D., 1997 The Lithostratigraphy of Lebanon: A Review. Lebanese Science Bulletin, 10,1: 81–108
- Walley C.D., 1998 Some outstanding issues in the geology of Lebanon and their importance in the tectonic evolution of the Levantine region. Tectonophysics, 298(1-3): 37-62

- Wells, E.C. 2014- Archaeometry: Definition. W Smith, C. (red.) Encyclopedia of Global Archaeology. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0465-2_360
- Whitbread I.K., 1995 Greek transport amphorae: A petrological and archaeological study. British School at Athen: 1-453
- Zukerman A., Ben-Shlomo D., 2011 Mortaria as a foreign element in the material culture of the Southern Levant during the 8th-7th centuries BCE. Palestine Exploration Quarterly ,143(2): 87-105.
- Zviely D., Sivan D., Ecker A., Bakler N., Rohrlich V., Galili E., Boaretto E., Klein M., Kit
 E., 2006 Holocene evolution of the Haifa Bay area, Israel, and its influence on ancient tell settlements, Holocene. The Holocene, 16(6): 849-861
- Zviely D., Kit E., Klein M., 2007 Longshore sand transport estimates along the Mediterraneancoast of Israel in the Holocene. Marine Geology, 238: 61-73

Lista Figur

Figura 1. Mapa Tel Akko z zaznaczonymi obszarami wykopalisk. Źródło: (Artzy i in. 2021) 9
Figura 2. Uproszczona mapa przedstawiająca zmiany linii brzegowej i lokalizację Tel Akko według (Giaime i in. 2018)
Figura 3. Uproszczona mapa tektoniczna regionu, DSF – uskok transformacyjny Morza Martwego. Źródło: (Walley 1998)
Figura 4. Uproszczona mapa geologiczna północnego Izraela i południowego Libanu. Na podstawie: (Dubertret 1962; Sneh, A., Bartov, Y., Rosensaft 1997; Michniewicz i Młynarczyk 2017)15
Figura 5. Uproszczona mapa gleb północnego Izraela. Na podstawie: (Ravikovitch 1969; Dan i in. 1975) 19
Figura 6. A, B – Moździerze z Tel Akko sektor A warstwa 7-8 (Dothan 1976). Przekroje: C – próbka 23A, D – próbka 6A
Figura 7. Próbka 4A: 1: obraz czerwonego chromitu uzyskany przy równoległych nikolach. 2: Ziarno chromitu w obrazie SEM-BSE; 3: klasyfikacja zbadanych chromitów wg (Bónová i in. 2018). 35
Figura 8 Analiza SEM-EDS – próbka 20A – Augit
Figura 9. Klasyfikacja piroksenów według (Morimoto 1988) z naniesionymi wynikami analiz próbek ze zbioru moździerzy
Figura 10. Analiza SEM-EDS wybranych skaleni
Figura 11. Próbka 3A, analiza SEM-EDS epidotu
Figura 12 Analiza składu chemicznego wybranych" czerwonych fragmentów" zawartych w próbkach 20A, 29A, 4A
Figura 13. Dokumentacja mikropaleontologiczna próbki 4A i 19A
Figura 14. Storage jar z Tel Akko (Dothan 1976)47
Figura 15. Fotografie mikroskopowe przy równoległych nikolach próbek z grupy 2b56
Figura 16. "Czerwony fragment" próbki nr 16 – obraz SEM-BSE, spektrum oraz skład chemiczny56
Figura 17. Fotografie mikroskopowe przy równoległych nikolach próbek z grupy 4a, 4b, 4c
Figura 18. Fotografie mikroskopowe przy równoległych nikolach próbek z grupy 559
Figura 19. Analiza składu chemicznego SEM-EDS skalenia próbka 96
Figura 20. Dokumentacja mikropaleontologiczna próbki 25A i 27
Figura 21. Cooking pot – garnki. Sektor A, strata 7-6 (Dothan 1976)
Figura 22. Fotografie mikroskopowe przy równoległych nikolach próbek z grupy 4d, 6, 7
Figura 23. Analiza składu chemicznego SEM-EDS ziaren mineralnych z grup petrograficznych 6, 7, 73
Figura 24. Lampka oliwna z Tel Akko, Sektor A stratum 7-6 (Dothan.1976)

Figura 25.	Fotografie mikroskopowe przy równoległych nikolach misek i kraterów reprezentujących
	grupy petrograficzne 4, 5, 6
Figura 26.	Wykres zależności pierwiastków Mg względem La, z elipsami obszaru ufności (65%) dla
	poszczególnych grup petrograficznych
Figura 27.	Wykres zależności pierwiastków Ca względem Fe94
Figura 28.	Wykres zależności pierwiastków Sc względem Mg94
Figura 29.	Dendryt z oznaczeniem typów ceramiki
Figura 30.	Dendryt z oznaczeniem grup petrograficznych

ANEKS

Figura 1. Próbka 4A – analiza składu chemicznego ziarna 1 - chromit
Figura 2. Próbka 4A – analiza składu chemicznego ziarna 2 – chromit 143
Figura 3. Próbka 11A – analiza składu chemicznego ziarna 1 - chromit 143
Figura 4. Próbka 11A – analiza składu chemicznego ziarna 2 – chromit 144
Figura 5. Próbka 17A – analiza składu chemicznego ziarna 1 - chromit 144
Figura 6. Próbka 17A – analiza składu chemicznego ziarna 2 – chromit 145
Figura 7. Próbka 19A – analiza składu chemicznego ziarna 1 – chromit 145
Figura 8. Próbka 19A – analiza składu chemicznego ziarna 2 – chromit 146
Figura 9. Próbka 20A – analiza składu chemicznego ziarna 1 – chromit 146
Figura 10. Próbka 20A – analiza składu chemicznego ziarna 2 – chromit 147
Figura 11. Próbka 4A – analiza składu chemicznego ziarna 1 – skaleń 147
Figura 12. Próbka 4A – analiza składu chemicznego ziarna 2 – skaleń 148
Figura 13. Próbka 8A – analiza składu chemicznego ziarna – skaleń 148
Figura 14. Próbka 20A – analiza składu chemicznego ziarna 1 – skaleń
Figura 15. Próbka 20A – analiza składu chemicznego ziarna 2 – skaleń 149
Figura 16. Próbka 20A – analiza składu chemicznego ziarna 3 – skaleń 150
Figura 17. Próbka 20A – analiza składu chemicznego ziarna 4 – skaleń
Figura 18. Próbka 29A – analiza składu chemicznego ziarna 1 – skaleń 151
Figura 19. Próbka 29A – analiza składu chemicznego ziarna 2 – skaleń
Figura 20. Próbka 29A – analiza składu chemicznego ziarna 3 – skaleń 152
Figura 21. Próbka 29A – analiza składu chemicznego ziarna 4 – skaleń 152

Lista Tabel

Tabela 1. Uproszczona chronologia stanowisk archeologicznych południowego Lewantu (Bettles 2003; Sharon 2014).
Tabela 2. Uproszczona tabela stratygraficzna obszaru północnego Izraela oraz Libanu. Na podstawie: (Sneh, A., Bartov, Y., Rosensaft 1997; Walley 1997; Sivan i in. 1999; Sneh 2004; Sneh 2008; Segev 2009; Segev i Rybakov 2010b)
Tabela 3. Lista przebadanych próbek moździerzy
Tabela 4. Zestawie cech opisu makroskopowego moździerzy.
Tabela 5. Zestawienie cech petrograficznych moździerzy
Tabela 5. Zestawienie cech petrograficznych moździerzy c.d.
Tabela 6. Udział procentowy cząsteczki anortytu, albitu oraz skalenia potasowego wśród skaleni z próbki3A, Grupa petrograficzna 1
Tabela 7. Analiza SEM-EDS składu chemicznego pola – tła ilastego w próbkach moździerzy
Tabela 8. Udział procentowy cząsteczki anortytu, albitu oraz skalenia potasowego wśród plagioklazówGrupy petrograficznej 3, przeliczony na podstawie analiz składu chemicznego metodąSEM-EDS
Tabela 9. Procent wyjaśnienia zmienności i jej wartość skumulowana pierwszych trzech składowychgłównych dla zbioru moździerzy
Tabela 10. Współczynnik korelacji (R2) x 100% pierwiastków dla pierwszych dwóch składowychgłównych
Tabela 11. Lista przebadanych próbek storage jars
Tabela 12. Zestawie cech opisu makroskopowego naczyń zasobowych
Tabela 13. Zestawie cech petrograficznych naczyń zasobowych
Tabela 13. Zestawie cech petrograficznych naczyń zasobowych c.d. .55
Tabela 14. Udział procentowy cząsteczki anortytu, albitu oraz skalenia potasowego wśród skaleni ze zbioru naczyń storage jars, przeliczony na podstawie analiz składu chemicznego metodą SEM- EDS
Tabela 15. Zestawienie rodzajów rozpoznanych mikroorganizmów w próbkach storage jars o numerach:27, 49, 63, 79, 25A
Tabela 16. Lista przebadanych próbek naczyń typu cooking pot i backing tray
Tabela 17. Zestawienie cech opisu makroskopowego garnków i tac do pieczenia
Tabela 18. Zestawienie cech petrograficznych garnków i tac do pieczenia 69-70
Tabela 19. Lista przebadanych próbek lampek oliwnych

Tabela 20. Zestawienie cech opisu makroskopowego lampek oliwnych
Tabela 21. Zestawienie cech petrograficznych lampek oliwnych
Tabela 22. Lista przebadanych próbek misek i kraterów
Tabela 23. Zestawienie cech opisu makroskopowego misek i kraterów
Tabela 24. Zestawienie cech petrograficznych misek i kraterów. 82-84
Tabela 25. Lista przebadanych próbek innych naczyń ceramicznych
Tabela 26. Zestawienie cech opisu makroskopowego innych naczyń ceramicznych.
Tabela 27. Zestawienie cech petrograficznych innych naczyń ceramicznych
Tabela 28. Rezultat analizy pierwszych dziesięciu składowych dla zbioru próbek z Tel Akko91
Tabela 29. Współczynniki korelacji pierwiastków determinujących pierwsze trzy składowe główne zbioru wszystkich analizowanych próbek z Tel Akko
Tabela 31. Grupy petrograficzne wyróżnione w zbiorze próbek z Tel Akko i sugerowane pochodzenie surowca.
Tabela 32. Podsumowanie grup naczyń względem rodzaju surowca. 100

Aneks I – dokumentacja fotograficzna



Dokumentacja fotograficzna – moździerze









Dokumentacja fotograficzna – naczynia zasobowe









Dokumentacja fotograficzna – garnki i tace do pieczenia





NUMER Próbki	ZDJĘCIE MAKROSKOPOWE	ZDJĘCIE STEROSKOPOWE	ZDJĘCIE MIKROSKOPOWE
21A			
62			
87			

Dokumentacja fotograficzna – lampki oliwne



Dokumentacja fotograficzna – miski i kratery









Dokumentacja fotograficzna – pozostałe





Aneks II – Wyniki badań chemicznych

:-	ррт	1	TD-ICP	30	16	27	29	15	16	12	46	52	15	30	19	26	53	41	33	35	18	34	19	20	23	30	29	16	19	13	18	32	29	23	23	23
×	%	0,01	TD-ICP	1,8	1,08	1,01	1,48	0,73	0,85	0,59	2,79	2	0,72	1,63	1,16	1,06	2,22	1,6	1,34	1,27	1,21	1,29	0,51	1,56	1,31	1,35	1,66	0,82	1,42	0,68	1,24	1,53	1,81	0,88	0,72	1,13
Ŀ	ррb	5	INAA	< 5	< 5	< 5	د د ۲	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5 ×	د ۲	< 5	< 5	< 5	< 5 <	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< ۲	د ۲
Hg	ррт	1	INAA	< 1	< 1	< 1	< 1 ۲	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1 </td <td>< 1</td> <td>- 1</td>	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	- 1
Ŧ	ppm	1	INAA	3	5	7	4	5	7	4	5	4	9	4	8	6	4	3	3	2	8	3	10	5	9	9	3	6	5	4	7	7	3	e	2	10
Ъe	%	0,01	INAA	4,2	2,98	5,72	3,05	2,84	3,55	3,33	4,29	4,32	4,36	3,56	5,45	4,1	3,94	3,39	3,53	4,92	6,9	4,76	4,88	4,28	4,52	4,31	4,96	2,97	3,99	3,13	3,25	4,6	3,02	2,9	2,95	4,1
Еu	ppm	0,2	INAA	0,2	1,4	2	0,4	1,2	1,5	1	0,7	1	1,6	1,5	1,4	1,6	1,5	1,1	1,3	0,6	1,6	0,9	1,7	1,8	1,5	1,8	0,2	2	0,5	1,1	1	1,8	0,4	1,4	0,7	1,5
Cs	ррт	1	INAA	< 1	< 1	< 1	- 1	< 1	1	< 1	8	< 1	< 1	4	< 1	4	4	< 1	2	3	2	2	× 1	< 1	< 1	< 1	2	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	2	2	1	~
Cr	ррт	2	INAA	494	115	213	103	105	159	221	116	219	100	123	221	162	136	100	113	569	164	575	139	136	140	132	923	209	135	177	138	122	90	173	74	131
Co	ррт	1	INAA	20	11	24	6	15	13	16	15	19	20	8	13	13	6	6	12	27	36	35	24	20	25	26	30	15	20	15	13	28	6	22	10	21
Ca	%	0,01	D-ICP	10,4	14	13,8	12,9	15,2	12,7	19,9	8,59	13,1	2,08	12,4	10,4	10,7	17,4	19,4	11,2	14,7	2,51	11,2	1,37	6,19	6,86	8,42	12,4	18,3	5,73	20,8	8,53	5,57	16,5	18,9	11,3	12
Br	ррт	0,5	INAA T	8,5	8,4	16	10,8	5,3	2,8	12,3	4,5	< 0.5	2,2	3,7	4,7	11,9	14,3	3,7	14,7	3,7	13	3,1	2,2	4,1	6,2	9	7,9	2,3	9,7	3,7	8,9	3,7	3,6	< 0.5	2,6	< 0.5
Bi	ррт	2	D-ICP	< 5	< 5	< 5	< 5 <	< 2	< 2	< 2	< 5	< 5	< 5	< 2	< 5	< 5	< 4	2	< 2	< 5	< 2	< 2	2	< 5	< 2	< 5	< 3	< 5	< 5	< 5	- 5	< 5	< 5	< 5 <	د ۲	< 5 <
Be	ррт	1	-D-ICP	< 2	< 3	3	< 2	1	1	1	3	3	< 2	2	3	< 2	3	2	2	< 2	2	1	с	< 2	2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 3	< 3	< 3	< 2	< 2	< 2	< 2
Ba	ppm	50	INAA T	640	1180	1480	1340	1220	1110	1570	730	1000	1040	630	1560	1420	740	096	960	< 50	380	340	066	1410	1010	390	960	860	1430	1240	1740	410	1380	2980	460	270
As	ррт	0,5	INAA	10,3	22	21,2	20	32,5	11,9	26,2	6,1	25,2	6,5	9,2	29,9	12,4	2,7	11,9	3,6	3,2	22,7	3,3	15,1	7,4	12,7	9,1	6,1	20	8,5	20,7	18,2	8,9	3,9	e	8,7	11,7
Al	%	0,01	D-ICP	6,75	4,81	8,88	6,83	4,02	4,75	4,84	9,13	8,19	6,52	6,48	9,05	6,33	9,28	7,24	6,86	6,93	8,8	6,32	7,03	7,54	6,68	6,9	6,54	5,08	7	5,09	5,19	7,69	6,86	4,7	5,43	6,07
S	%	0,01	D-ICP	0,07	0,05	0,04	0,08	0,05	0,02	0,02	0,03	0'06	< 0.02	0,02	0,03	0,04	0,12	0,05	0,02	0,03	< 0.01	0,02	< 0.02	0,05	0,02	0,08	0,04	< 0.02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06	0,07	0,04
Zn	ppm	1	MULT NAA/ D-ICP	92	126	141	113	77	89	182	119	107	74	135	149	102	158	114	101	101	110	93	69	125	110	100	92	117	107	177	97	102	116	103	61	92
ïz	ppm	1	MULT INAA / TD-ICP 1	121	75	95	45	38	57	118	47	184	56	57	96	78	99	41	48	147	80	121	59	85	67	64	137	68	65	98	73	74	46	106	34	58
Рb	ppm	3	TD-ICP	11	6	12	19	6	8	13	18	20	8	15	14	11	26	5	15	10	12	9	20	13	17	16	6	8	11	11	14	12	12	10	< 7	12
Mo	ppm	1	D-ICP	3	< 3	< 2	< 2	< 1	< 1	1	< 2	< 2	< 2	3	< 2	< 2	< 2	2	11	< 2	< 1	< 1	< 2	< 2	< 1	< 2	< 2	< 2	< 2	3	< 3	< 3	3	< 2	< 2	< 2
Cd	ррт	0,3	-D-ICP	< 0.7	< 0.8	< 0.7	< 0.7	< 0.3	0,3	< 0.3	< 0.7	< 0.7	< 0.7	0,6	< 0.7	< 0.7	< 0.5	< 0.3	< 0.3	< 0.7	< 0.3	< 0.3	< 0.7	< 0.7	< 0.3	< 0.7	< 0.5	< 0.7	< 0.7	< 0.8	< 0.8	< 0.8	< 0.7	< 0.7	< 0.7	< 0.7
Cu	ррт	1		53	55	56	37	32	38	115	41	117	40	65	47	26	40	22	28	82	54	75	25	101	98	48	148	57	132	172	09	29	39	37	21	32
Ag	ррт	0,3	MULT INAA / TD-ICP	< 0.3	< 0.3	< 0.3	1,5	< 0.3	< 0.3	0,6	1,4	0,4	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	0,3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	0,4	< 0.3	< 0.3	1,7	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	0,3	3,5	< 0.3	0,4	< 0.3	< 0.3	< 0.3
Au	ppb	2	INAA	7	33	< 2	< 2	17	7	16	< 2	< 2	3	< 2	59	7	< 2	7	3	22	< 2	7	44	97	< 2	8	26	< 2	31	< 2	14	6	< 2	40	4	< 2
Analyte Symbol	Unit Symbol	Detection Limit	Analysis Method	4	9	12	14	17	18	19	21	22	24	27	30	31	35	37	38	39	41	42	43	47	49	52	53	54	56	57	62	67	70	74	77	78

	ррт	1	P TD-ICP	19	29	28	19	23	25	19	28	26	33	28	28	39	31	18	26	35	27	23	32	41	37	23	35	38	68	13	25	15	37	
×	%	0,01	TD-ICI	1,11	1,96	1,08	1,16	1,14	1,24	1,06	1,34	1,36	1,78	1,39	1,42	1,63	1,1	1,08	0,99	1,85	1,41	1,25	1,62	0,34	1,87	1,62	1,26	1,32	2,97	0,69	1,38	0,96	1,86	
Ŀ	ррb	£	INAA	<u>د</u> ۲	د £ ×	<u>د</u> 5	< £ <	2 °	<u>د</u> 5 م	2 × 5	< £ <	2 × ک	<u>د</u> ۲	2 × ک	2 ک ۲	2 ~ ک	<u>د</u> ۲	2 × 5	<u>د</u> ۲	<u>2</u> × 5	< 5 >	2 × 5	د £ ×	<u>2</u> × 5	< 5 ×	< £	<u> </u> 2 ×	<u>2</u> × 5	2 ×	2 ×	< £ <	2 ~ ک	< 5 ×	
Нg	ррт	1	INAA	< 1 ۲	~	< 1	, ,	~ _	< 1 1	~	~ _	ŕ	, 1	~	~	ŕ	, _	~ ~	~ _	, -	< 1	~ ~	× 1	, -	< 1 1	, -	< 1	, -	~ _	, ,	1	ŕ	× 1	
Ηf	ppm	l	INAA	10	4	6	2	8	2	9	5	ю	7	7	9	2	10	с	80	3	1	7	1	7	< 1	З	5	7	2	6	4	с	с	
Fe	%	0,01	INAA	4,15	3,29	4,45	3,58	6,32	4,45	3,16	4,04	5,9	3,62	4,22	4,53	5,26	4'9'	4,94	4,3	3,39	2,86	4,61	5,02	3,39	5,01	3,53	3,03	3,14	5,47	3,07	2,51	2,49	5,26	
Eu	ppm	0,2	INAA	0,6	1,6	1,6	0,9	1,9	1,6	1,5	0,8	0,8	1,5	1,4	1,3	0,7	1,7	0,7	1,6	1,2	1,4	1,9	0,5	1,3	1,3	1,4	1,8	0,9	1,1	1,1	1	1,2	0,9	
Cs	ррт	1	INAA	< 1	2	< 1	< 1	< 1 ۲	2	< 1	< 1	2	4	< 1	< 1 <	2	2	< 1	2	3	< 1	< 1	2	< 1	2	3	< 1	3	Ð	, ,	e	2	2	
Cr	ррт	2	INAA	122	94	135	137	221	147	108	141	3890	115	169	161	430	146	1690	140	111	103	123	512	142	361	112	91	66	191	155	93	136	507	ľ
Со	ррт	1	INAA	23	13	32	21	18	25	14	17	38	13	17	20	31	27	29	22	12	8	20	25	8	21	10	12	15	28	18	6	15	29	ĺ
Ca	%	0,01	rD-ICP	6,22	15,2	9,4	8,82	10,2	8,18	8,31	11,4	12,5	17,6	60'6	10,8	12,7	7,49	12,8	12,6	18,6	13,7	8,22	14	21,5	11,9	17,5	12,5	17,8	5,38	15,5	11,8	12,8	11,8	ĺ
Br	ррт	0,5		3,2	2,5	10	9,4	7,7	14	4,1	10,1	7,4	< 0.5	10	9'2	3,1	12,6	7,1	10	3,4	4,5	5,6	< 0.5	< 0.5	< 0.5	7,3	15,7	9,1	< 0.5	7,8	10,2	5,6	3,1	ĺ
Bi	ррт	2	D-ICP	< 5	с х	< 5 ×	< 5	< 5	< 5	د د	< 5	د د	< 5 <	د د	د 5 م	د د 5	2	°°,	< 5	< 5	< 5	د د	< 5	< 5	< 5	< 5	< 2	< 5	د ت د	< 2	< 2	< 2	< 5	ľ
Be	ррт	1	D-ICP	< 2	< 2	< 2	< 2	З	< 2	< 2	< 2	< 2	3	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	3	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	2	< 2	ო	-	2	-	۲ ۲	
Ba	ppm	50		1390	1360	430	1550	1800	660	920	410	210	660	520	400	240	800	770	710	580	430	590	630	069	500	780	770	760	520	880	600	1400	510	
As	ppm	0,5	NAA	7,8	5,4	7,3	15,5	21,6	11,3	11,8	12,8	7,1	7,3	10,4	11,2	10	12,6	8,6	12,2	6,9	10,3	10,7	12,5	7,3	6,4	5	6	6,9	4,3	13,2	10,7	6,7	8,8	ľ
Al	%	0,01	D-ICP	6,21	6,9	7	5,63	9,6	7,13	5,23	6,71	5,8	8,04	6,61	6,71	6,86	7,43	5,6	6,29	7,61	5,6	6,71	6,34	6,48	7,03	6,67	5,83	6,29	9,59	4,19	4,88	3,57	6,94	ŀ
S	%	0,01	D-ICP TI	0'03	0,08	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0'07	0,03	0,03	0,07	0,09	0,07	0,07	0,04	0,05	0,12	0,05	0,03	0,04	0,08	0.02	0.01	0,05	0,03	0,03	ŀ
Zn	рт	1	1ULT 1AA/ D-ICP	108	127	106	110	136	121	121	109	89	131	112	107	95	130	93	106	130	104	91	100	134	94	124	101	120	138 <	101 <	88	86	88	ŀ
	d mdc	1	AULT NAA/ IN AAA/ IN D-ICP TE	71	51	71	77	96	77	65	59	151	55	90	63	153	78	165	63	56	47	64	107	69	103	49	54	56	145	56	35	69	105	ŀ
Pb	mdo	с	0-ICP	20	13	12	11	14	15	10	10	6	14	8	6	6	13	< 5 <	11	13	10	6	21	12	19	12	13	11	22	∞	6	11	15	ŀ
Мо	h mdc	1	D-ICP TI	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	4	< 2	< 3	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	1	< 2	< 2	2	1	- -	< 3	ŀ
Cd	1 mdc	0,3	TICP TI	: 0.7	: 0.5	: 0.7	: 0.7	: 0.7	: 0.7	: 0.7	< 0.7	¢ 0.7	\$ 0.8	¢ 0.7	: 0.7	: 0.7	: 0.7	: 0.5	: 0.7	: 0.7	: 0.7	: 0.7	: 0.7	: 0.7	< 0.7	< 0.7	0,7	¢ 0.7	¢ 0.7	: 0.3	: 0.3	: 0.3	: 0.8	┝
Си	d mdc	1	D-ICP TI	44	62	34 <	50	62 4	43	38	32	36	25	30	58	57 、	35	47 <	31	29 4	25	30	68	34 4	81	38	28	31	87	42 4	24	91	62	ŀ
Ag	pm F	0,3	1ULT IAA / TC ICP	0.3	1,3	0,7	3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0,6	0,4	0,4	0.3	0.3	0,4	0.3	0.3	1,2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	8,1	
Au .	d dd	2	AA IN TD	< 2 <	: 2	11	< 2	7 <	7 <	< 2 <	15 <	< 2 <	7 <	< 2 <	: 2 <	< 2 <	22 <	< 2	< 2	47 (< 2 <	< 2 <	< 2	< 2 <	< 2 <	5	< 2 <	< 2 <	< 2 <	: 2 <	۶ ×	v с	< 2 1	ŀ
1	ц														, v	Ľ														Ľ				ŀ
Analyte Symbol	Unit Symbol	Detection Limit	Analysis Method	80	87	06	96	67	1 A	2 A	3 A	4 A	5 A	6 A	7 A	8 A	10 A	11 A	12 A	13 A	14 A	15 A	17 A	18 A	20 A	21 A	22 A	23 A	24 A	25 A	26 A	27 A	29 A	

Analyte Symbol	Mg	Mn	Na	д.	Rb	Sb	Sc	Se	Sr	Ta	Ξ	Th	Γ	>	N	×	La (Ce Nc	d Sr	S Sn	Tb	γþ	Γn	Mass
Unit Symbol	%	bpm	%	%	ррт	bpm	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ррт	ppm	ppm	ppm F	pm F	pm p _i	pm pp1	m ppr.	n %	ppn	n ppr	n ppn	b l
Detection Limit	0,01	1	0,01	0,001	15	0,1	0,1	З	1	0,5	0,01	0,2	0,5	2	1	1	0,5	3 5	0,1	0'0	2 0,5	0,2	0'0	
Analysis Method	TD-ICP	TD-ICP	INAA	TD-ICP	INAA	INAA	INAA	INAA	TD-ICP	. AAN	TD-ICP	INAA	INAA T.	D-ICP	NAA TE)-ICP II	VAA IN	IAA INA	AN INA	A INA	A INA	A INA	A INA	A INAA
4	2,55	941	1,33	0,131	23	0,8	15,3	< 3	417	< 0.5	0,39	4,8	3,7	152	< 1	18 2	20,2	30 30	3,2	< 0.0)2 < 0.	5 1,9	0,15	0,433
6	1,05	984	0,39	0,249	27	0,2	9,7	< 3	361	< 0.5	0,44	5,7	2,8	115	< 1	32 5	1,4 6	57 09	3 5,1	< 0.0)2 < 0.	5 2,8	8 0,23	0,245
12	0,4	961	0,46	0,263	< 15	1,3	15,8	< 3	271	< 0.5	0,69	10,7	4,8	180	< 1	38 4	.8,9	79 31	8	0'0	3 < 0.	5 3,3	0,52	0,354
14	1,44	210	0,58	0,284	83	1,5	10,3	< 3	392	< 0.5	0,39	8,4	2,1	107	< 1	24 5	16,2	70 47	4 5,3	s < 0.0)2 < 0.	5 2,3	0,1	0,24
17	0,73	695	0,35	0,175	16	0,6	8,9	< 3	942	< 0.5	0,23	5,1	2,1	101	< 1	24	25	55 31	1 4,6	 0.0)2 < 0.	5 2,5	0,0,0	1,15
18	0,56	750	0,31	0,196	29	1,1	10,8	< 3	428	< 0.5	0,32	6,6	4,4	111	< 1	29 2	9,1	70 37	7 5,4	0'0	4 < 0.	5 2,9	0,24	0,706
19	0,46	530	0,25	0,368	< 15	1,1	11,5	< 3	630	< 0.5	0,1	5,6	4,9	115	< 1	29	26	55 21	1 4.7	/ < 0.0)2 < 0.	5 2,4	0'0	1
21	2,31	562	0,64	0,077	174	1	13,9	< 3	318	< 0.5	0,42	13	2,8	101	< 1	22 5	19,5	71 2έ	5 6,4	+ < 0.0)2 < 0.	5 2,8	0,3	0,451
22	2,39	1250	0,29	0,099	67	2,3	13,4	< 3	216	< 0.5	0,36	10,9	2,4	111	< 1	23	35	56 42	2 5,6	o < 0.0)2 < 0.	5 2,4	0,3	0,301
24	0,64	821	0,43	0,031	< 15	< 0.1	11,4	< 3	148	< 0.5	0,6	7,7	3,3	81	< 1	30 5	12,5	65 2έ	9 5	< 0.0)2 < 0.	5 2,4	0,5	0,526
27	0,85	125	0,18	0,233	64	2	11,9	< 3	406	< 0.5	0,28	9,6	3,3	114	< 1	28 3	14,8	70 35	9 2	0'0	4 < 0.	5 2,4	0,2	0,628
30	0,43	832	0,39	0,318	< 15	0,2	15,1	< 3	307	< 0.5	0,66	8,5	1,7	189	< 1	38 4	; 4 ,8	34 15	9 7,1	< 0.0)2 < 0.	5 3	0,44	0,229
31	1,44	841	0,78	0,315	< 15	0,7	13,2	< 3	398	< 0.5	0,49	8,2	4,1	137	< 1	53 4	6,6	67 42	2 7.7	- 0.0)2 < 0.	5 3,9	0,6	0,25
35	1,26	265	0,67	0,248	< 15	1,4	13,7	× ع	676	< 0.5	0,49	13	3,3	110	< 1	32 4	:9,3	97 2£	5 7	< 0.0)2 < 0.	5 3,3	8 0,1,	0,204
37	1,17	187	0,74	0,183	< 15	1,9	11,5	< 3	604	< 0.5	0,32	10,8	4,6	71	< 1	27 3	16,7	78 33	3 6	0,1	< 0.	5 2,8	0,1	0,602
38	0,87	254	0,72	0,128	65	0,9	11,8	< 3	436	< 0.5	0,14	10,7	2,2	91	15	27	35	77 4C) 5,6	s < 0.0)2 < 0.	5 2,8	0,32	0,7
39	3,7	1490	1,06	0,499	57	0,7	22,5	< 3	845	< 0.5	0,35	6,5	3	157	< 1	23 2	3,3	40 15	9 4,3	s < 0.0)2 < 0.	5 1,8	0,20	0,589
41	1,59	966	1,22	0,148	< 15	< 0.1	23,1	< 3	285	< 0.5	0,14	6,8	1,3	65	< 1	30 5	12,8	72 41	1 7,2	> 0.0)2 < 0.	5 3,1	0,24	0,687
42	3,06	1240	1,07	0,123	< 15	1,1	23,3	< 3	843	< 0.5	0,26	6	1,9	102	< 1	22	21	50 9	4,2	0.0)2 < 0.	5 2,2	0,08	0,848
43	0,28	276	0,23	0,061	< 15	0,4	13,9	< 3	129	< 0.5	0,8	11,3	4	121	< 1	42 E	51,9 1	·25 7έ	5 9,1	< 0.0)2 < 0.	5 3,6	0,8,0	0,573
47	1,43	1050	0,59	0,178	< 15	0,7	12	< 3	341	< 0.5	0,71	8,4	4,1	120	< 1	34 3	17,1	71 25	5 6.7	, < 0.0)2 < 0.	5 2,9	0,4!	0,571
49	1,21	822	0,66	0,178	23	1	13,6	< 3	374	< 0.5	0,3	8,1	2,9	88	< 1	30 5	1,8	74 24	4 5'E	s 0.0)2 < 0.	5 3,2	0,2	1,41
52	1,61	1140	0,91	0,252	23	0,6	12	< 3	440	< 0.5	0,75	8,8	2,7	127	< 1	34 4	1,8	90 3¢	5 7.4	+ 0.0)2 < 0.	5 3,3	8 0,44	0,608
53	3,24	1260	0,86	0,15	< 15	0,4	23,4	с ~	704	< 0.5	0,44	6,1	2,6	167	< 1	22 2	5,3	57 9	4,7	× 0.0	0 < 0.	5 2,4	0,42	0,324
54	0,63	765	0,26	0,246	< 15	0,5	9,7	< 3	495	< 0.5	0,37	3,8	4,6	139	< 1	29 2	5,6	55 15	7 4,5	< 0.0)2 < 0.	5 2,7	0,1	0,505
56	1,21	1020	0,47	0,142	< 15	0,7	11,9	< 3	355	< 0.5	0,68	7,6	1,1	106	< 1	32 ź	8,7	71 35	5 6,4	+ 0.0)2 < 0.	5 2,9	0,2'	0,523
57	0,46	796	0,24	0,404	< 15	0,9	9,8	< 3	666	< 0.5	0,2	4,7	5,7	112	< 1	32 2	3,6	47 15	3 4,6	o < 0.0)2 < 0.	5 2	0,0	0,46
62	1,09	925	0,5	0,3	43	0,5	10,2	< 3	410	< 0.5	0,5	6,5	3,6	122	< 1	49 3	17,8	63 35	3 6,3	< 0.0)2 < 0.	5 3,4	0,72	0,279
67	1,67	1090	0,95	0,148	45	0,7	13,5	< 3	294	< 0.5	0,75	7,1	2,7	134	< 1	35 35	13,8	30 34	4 7,2	< 0.0)2 < 0.	5 3,1	0,3!	0,51
70	0,73	184	0,19	0,173	< 15	0,4	10,4	< 3	497	< 0.5	0,38	9,7	1,8	87	< 1	27 5	12,2 (68 42	2 6,1	< 0.0)2 < 0.	5 2,4	0'0	0,491
74	1,41	476	0,32	0,367	< 15	0,6	12,9	< 3	615	< 0.5	0,26	4	4,3	107	< - -	61 3	15,5	56 52	2 7,2	< 0.0	0,9	4,6	0,42	0,486
77	0,81	259	0,26	0,063	21	0,5	10,1	° 3	276	< 0.5	0,38	ى ا	1,8	90	~	16	9,1	37 15	3,5	< 0.0	0 < 0.	5 1,7	0,0	1,24
78	0,72	1080	0,43	0,119	34	0,9	11,3	< 3	193	< 0.5	0,45	6,8	2,6	82	~ 	31 3	18,2	38 3(6,3	< 0.0	0 < 0.	5 3	0,4	0,426
80	0,86	1030	0,52	0,125	< 15	0,6	12,1	< 3	288	< 0.5	0,37	7,4	1,6	63	< 1	35	33	79 3L	7,5	s 0.0	0,6	3,4	0.4	0,468

Analyte Symbol	Mg	Mn	Na	Ч	Rb	Sb	Sc	Se	Sr	Та	Ξ	Th	n	^	M	×	La	Ce	PN	Sm	Sn	Tb	γb	Lu N	Aass
Unit Symbol	%	ppm	%	%	ррт	ppm	ppm	ppm	ррт	ppm	%	ppm	bpm	ррт	ррт	ppm	ppm I	ppm F	d mdc	mdo	%	ppm	pm p	рт	g
Detection Limit	0,01	1	0,01	0,001	15	0,1	0,1	с	1	0,5	0,01	0,2	0,5	2	1	1	0,5	e	5	0,1	0,02	0,5	0,2 0	,05	
Analysis Method	TD-ICP	TD-ICP	INAA	TD-ICP	INAA	INAA	INAA	INAA	TD-ICP	INAA	TD-ICP	INAA	INAA 1	D-ICP	INAA 1	D-ICP	NAA I	NAA II	NAA II	NAA I	NAA I	NAA	NAA II	NAA II	NAA
87	0,84	198	0,2	0,237	69	1,2	11	< 3	517	< 0.5	0,37	8,8	3,4	102	< 1	27	33,3	78	31	5,7 <	0.02	< 0.5	2,4 0	,11 0	,679
06	0,9	1360	0,8	0,164	23	0'6	13,9	< 3	635	< 0.5	0,82	9,3	2,8	137	4	39	39,2	100	45	7,5 <	0.02	0,8	3,8 C	1,27 0	,881
96	1,19	944	0,47	0,298	27	0,4	11,6	< 3	365	< 0.5	0,49	5,7	5,7	130	~ _	48	34	63	40	7,3 <	0.02	< 0.5	3,5	0,4 0	,604
26	0,42	1010	0,37	0,334	< 15	1,2	16,5	8	339	< 0.5	0,71	6	3,1	194	< 1 د	41	48,5	80	45	7,8 <	0.02	< 0.5	3,3 0	,76 0	,256
1 A	1,43	935	0,65	0,226	33	0,9	13,9	< 3	369	< 0.5	0,64	8,7	5,9	119	~	35	34,5	87	35	6,6	0,02	1,7	3,5 0	1,21 0	,704
2 A	0,77	725	0,47	0,198	< 15	0,6	9'6	< 3	362	< 0.5	0,51	5,9	3,5	95	< ۲ ۲	28	25,1	61	41	5,2 <	0.02	< 0.5	2,4 0	0,26 0	,558
3 A	1,47	671	0,57	0,268	< 15	0,8	12,2	< 3	383	< 0.5	0,54	6,8	3,6	119	3	31	28,6	62	26	6 <	0.02	< 0.5	3 (),35 0	,462
4 4	3,6	1050	0,74	0,105	16	0,7	27,2	< 3	900	< 0.5	0,45	4,5	1,3	205	< 1	19	19	50	15	3,9 <	0.02	< 0.5	2,2 0	, 05	1,09
5 A	1,11	243	0,2	0,18	33	0,4	12,6	< 3	548	< 0.5	0,46	10,9	4,6	107	< 1	30	38,7	78	40	7,4 <	0.02	< 0.5	2,5 0) 60'(0,52
6 A	1,44	654	0,63	0,23	< 15	0,8	12,6	< 3	377	< 0.5	0,55	8,2	4,7	114	< ۲ ۲	31	37,1	71	34	6,5 <	0.02	< 0.5	2,4 (),29 0	,392
7 A	1,51	969	0,72	0,238	36	1	14,2	< 3	382	1,3	0,54	7	3,4	120	3	32	32,5	72	27	6,2 <	0.02	0,6	3 (),24	1,04
8 A	3,05	1150	1,12	0,112	69	0,7	20,5	< 3	488	< 0.5	0,4	5,1	2	131	< 1	20	16,5	37	18	3,5 <	0.02	< 0.5	2,3 C	0 90'(,933
10 A	1,09	1090	0,78	0,212	< 15	1	14,8	< 3	405	< 0.5	0,78	6	3,3	143	< 1	39	39,3	94	43	7,1 <	0.02	< 0.5	3,4	0,3 0	,684
11 A	3,93	1390	1,1	0,281	< 15	-	25,1	< 3	619	< 0.5	0,41	3,9	1,3	194	< 1	21	17,1	37	5	3,5 <	0.02	< 0.5	2,3 C	0 107	,564
12 A	1,35	930	0,87	0,173	< 15	0,3	11,8	< 3	415	< 0.5	0,53	8,1	1,7	113	< 1	34	43,2	81	35	7,4 <	0.02	< 0.5	3,2 C	,45 (0,39
13 A	1,1	162	0,19	0,183	48	0,9	12,3	< 3	574	< 0.5	0,42	9,4	2,4	92	< 1	28	37	80	33	6,5 <	0.02	< 0.5	2,4 0	0 0'(0	,661
14 A	0'6	176	0,19	0,241	39	1,9	9,8	< 3	575	< 0.5	0,31	7	3,7	97	< 1	24	29,3	58	37	5	0.02	< 0.5	2,5 0	0 60'0	,469
15 A	1,33	923	0,96	0,224	< 15	1,4	13,6	< 3	297	< 0.5	0,66	7,2	2,8	125	< 1	32	34,7	80	38	6,6 <	0.02	< 0.5	3,1 0),35 0	,444
17 A	2,68	978	0,69	0,157	36	1,8	22,5	< 3	209	< 0.5	0,41	4,6	1,4	156	< 1	22	20,5	57	24	4,1 <	0.02	< 0.5	2,3	0,1 0	,462
18 A	1,16	175	0,98	0,259	< 15	1,7	11,5	< 3	653	< 0.5	0,37	10,4	4,3	90	< - -	30	34,1	71	39	5,9 <	0.02	< 0.5	2,6 (),15 0	,535
20 A	2,39	1590	0,85	0,128	67	0,7	20	< 3	727	< 0.5	0,45	7,3	1,9	122	< 1	23	26,7	51	10	4,5 <	0.02	< 0.5	2,1	0,3 0	,211
21 A	0,81	226	0,17	0,214	55	1,6	11,6	< 3	427	< 0.5	0,36	10,7	1,4	103	< 1	27	32,7	73	16	5,9 <	0.02	< 0.5	2	0,4 0	,431
22 A	0,77	264	0,62	0,159	19	0,3	9,5	< 3	476	< 0.5	0,13	7,8	2,9	81	< 1	22	36,9	65	27	5,5 <	: 0.02	< 0.5	2,4 0	0) 09 (0,29
23 A	1,36	211	0,54	0,461	< 15	1,2	10,3	< 3	526	< 0.5	0,21	8,1	3,4	88	< 1	26	32,3	70	28	5,3 <	: 0.02	0,6	2	0,1 0	,698
24 A	2,77	1260	1,03	0,077	112	1,2	19,5	< 3	231	< 0.5	0,42	12,4	2,7	90	< 1	23	37	87	27	6,6 <	: 0.02	0,8	3 0),24	1,14
25 A	0,57	537	0,24	0,12	< 15	0,5	10,2	< 3	439	1,2	0,19	5,6	3,2	100	< 1	27	26,6	60	19	4,8 <	: 0.02	1,1	2,5 0	. 90'(1,17
26 A	0,8	193	0,59	0,147	56	1,6	9,4	< 3	702	< 0.5	0,18	8	2,7	94	< 1	22	28,5	59	26	4,9 <	0.02	< 0.5	2,1 0	0 60'0	,874
27 A	0,72	419	0,33	0,185	< 15	0,8	10,6	< 3	450	< 0.5	0,14	3,9	2,1	68	< 1	38	26,4	41	28	5,1 <	0.02	< 0.5	3,1 C),14 (0,79
29 A	2,62	1330	0,89	0,091	< 15	1,2	22,2	< 3	763	< 0.5	0,36	6,6	1,8	118	< 1	21	22,2	52	25	4,5 <	0.02	< 0.5	2,1 0	0 0)	,629
30 A	1,99	1020	1,04	0,087	74	1,2	17,2	< 3	250	< 0.5	0,29	12,1	1	59	- 1	34	40	96	44	7,5 <	0.02	< 0.5	3,7	0,5	0,6
31 A	0,94	583	0,43	0,192	< 15	1	12,2	< 3	425	< 0.5	0,45	5,8	2,6	95	< 1	27	28,7	65	30	5,5 <	0.02	< 0.5	2,5 0),15 (0,61

Aneks III – Wyniki badań SEM-EDS Badania wykonano w Laboratorium Mikroskopii Skaningowej i Mikroanalizy na Wydziale Nauk Geograficznych i Geologicznych Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Analizy wykonał J. Michniewicz.



Quantitative	Results	for∙	Rase	(24)
Quantitative	Nesuus	101.	Dase	(24)

Element Line	Weight %	Atom %	Formula	Compnd %	# Cations
0 K	36,60S	58,90			
Na K	0,23	0,26	Na20	0,32	
Mg K	6,76	7,17	MgO	11,22	
Al K	9,46	9,03	Al203	17,88	
Si K	3,68	3,37	SiO2	7,87	
КК	0,22	0,15	K20	0,27	
Ca K	1,35	0,87	CaO	1,88	
Cr K	29,98	14,85	Cr203	43,82	
Fe K	11,71	5,40	Fe203	16,75	
Total	100,00	100,00		100,00	0,000

Figura 1. Próbka 4A – analiza składu chemicznego ziarna 1 - chromit



Element Line	Weight %	Atom %	Formula	Compnd %	# Cations
СК	0,54	1,15	C02	1,97	
0 K	36,52S	58,93			
Mg K	7,48	7,94	MgO	12,40	
Al K	8,76	8,38	Al203	16,55	
Si K	1,76	1,62	Si02	3,77	
КК	0,24	0,16	K20	0,29	
VK	0,14	0,07	V205	0,25	
Cr K	33,11	16,44	Cr203	48,39	
Fe K	11,46	5,30	Fe203	16,39	
Total	100,00	100,00		100,00	0,000

Figura 2. Próbka 4A – analiza składu chemicznego ziarna 2 – chromit



Quantitative Results for: Base(51)

Element Line	Weight %	Atom %	Formula	Compnd %	# Cations
0 K	36,07S	58,61			
Mg K	7,17	7,67	MgO	11,89	
Al K	10,82	10,42	Al203	20,44	
Si K	1,45	1,34	SiO2	3,10	
Ca K	0,92	0,60	CaO	1,29	
VK	0,20	0,10	V205	0,36	
Cr K	30,90	15,45	Cr203	45,16	
Mn K	0,49	0,23	MnO	0,63	
Fe K	11,98	5,58	Fe203	17,13	
Total	100,00	100,00		100,00	0,000

Figura 3. Próbka 11A – analiza składu chemicznego ziarna 1 - chromit



Quantitative Results for: Base(57)

Element Line	Weight %	Atom %	Formula	Compnd %	# Cations
0 K	34,34S	59,60			
Mg K	3,28	3,75	MgO	5,44	
Al K	7,36	7,57	Al203	13,90	
Si K	1,58	1,57	SiO2	3,39	
Ti K	0,32	0,18	TiO2	0,53	
VK	0,26	0,14	V205	0,47	
Cr K	24,31	12,98	Cr203	35,53	
Mn K	0,54	0,27	Mn0	0,70	
Fe K	28,01	13,93	Fe203	40,04	
Total	100,00	100,00		100,00	0,000

Figura 4. Próbka 11A – analiza składu chemicznego ziarna 2 – chromit



Quantitative Results for: Base(64)

Element Line	Weight %	Atom %	Formula	Compnd %	# Cations
0 K	35.20S	58.53			
Mg K	7.91	8.66	MgO	13.12	
Al K	7.34	7.24	Al203	13.87	
Si K	1.49	1.41	SiO2	3.18	
Ti K	0.11	0.06	TiO2	0.18	
Cr K	35.85	18.34	Cr203	52.39	
Mn K	0.34	0.16	MnO	0.44	
Fe K	11.76	5.60	Fe203	16.81	
Total	100.00	100.00		100.00	0.000

Figura 5. Próbka 17A – analiza składu chemicznego ziarna 1 - chromit


Quantitative Results for: Base(65)

Element Line	Weight %	Atom %	Formula	Compnd %	# Cations			
0 K	34,77S	59,09						
Mg K	5,52	6,18	MgO	9,16				
Al K	6,86	6,91	Al203	12,96				
Si K	1,68	1,63	SiO2	3,60				
Cr K	35,49	18,56	Cr203	51,87				
Fe K	15,67	7,63	Fe203	22,41				
Total	100,00	100,00		100,00	0,000			

Figura 6. Próbka 17A – analiza składu chemicznego ziarna 2 – chromit



Quantitative Results for: Base(8)

Element Line	Weight %	Atom %	Formula	Compnd %	# Cations
0 K	35,30S	59,09			
Mg K	5,40	5,95	MgO	8,96	
Al K	9,08	9,01	Al203	17,15	
Si K	1,61	1,54	Si02	3,45	
КК	0,20	0,14	K20	0,24	
VK	0,15	0,08	V205	0,27	
Cr K	29,60	15,24	Cr203	43,26	
Fe K	18,66	8,95	Fe203	26,67	
Total	100,00	100,00		100,00	0,000

Figura 7. Próbka 19A – analiza składu chemicznego ziarna 1 – chromit



	14,00	ALZOO	7,01	7,00	
	3,08	Si02	1,38	1,44	Si K
	0,23	TiO2	0,08	0,14	Ti K
	0,28	V205	0,08	0,16	VK
	48,56	Cr203	17,19	33,22	Cr K
	22,89	Fe203	7,71	16,01	Fe K
0,000	100,00		100,00	100,00	Total

Figura 8. Próbka 19A – analiza składu chemicznego ziarna 2 – chromit



Quantitative Results for: Base(2)

Element Line	Weight %	Atom %	Formula	Compnd %	# Cations
0 K	36,40S	58,56			4
Mg K	7,65	8,10	MgO	12,68	0,553
Al K	12,16	11,60	Al203	22,98	0,792
Si K	1,27	1,16	SiO2	2,71	0,079
Cr K	28,59	14,15	Cr203	41,78	0,967
Mn K	0,52	0,24	MnO	0,67	0,017
Fe K	13,42	6,18	Fe203	19,18	0,422
Total	100,00	100,00		100,00	2,830

Figura 9. Próbka 20A – analiza składu chemicznego ziarna 1 – chromit

_ _ _



	,	10,70	711200	20,77	
Si K	1,78	1,64	SiO2	3,80	
КК	0,25	0,16	K20	0,30	
VK	0,13	0,07	V205	0,23	
Cr K	29,37	14,69	Cr203	42,93	
Fe K	14,51	6,76	Fe203	20,75	
Total	100,00	100,00		100,00	0,000

Figura 10. Próbka 20A – analiza składu chemicznego ziarna 2 – chromit



Element Line	Weight %	Atom %	Formula	Compnd %	# Cations
0 K	46,04S	61,60			
Na K	0,43	0,40	Na20	0,58	0,209
Mg K	0,62	0,54	MgO	1,02	0,281
Al K	16,42	13,03	Al203	31,03	6,770
Si K	22,06	16,81	SiO2	47,19	8,735
КК	0,21	0,12	K20	0,26	0,061
Ca K	13,53	7,23	CaO	18,93	3,753
Fe K	0,69	0,27	Fe203	0,99	0,138
Total	100,00	100,00		100,00	19,947

Figura 11. Próbka 4A – analiza składu chemicznego ziarna 1 – skaleń



Figura 12. Próbka 4A – analiza składu chemicznego ziarna 2 – skaleń



Quantitative	Results	for	Rasel	181
Quantilative	NESUUS	101.	Dase	10)

Element Line	Weight %	Atom %	Formula	Compnd %	# Cations
0 K	47,20S	61,59			
Na K	4,22	3,83	Na20	5,69	1,991
Al K	13,94	10,79	Al203	26,34	5,605
Si K	26,62	19,78	SiO2	56,94	10,279
КК	0,79	0,42	K20	0,96	0,220
Ca K	6,30	3,28	CaO	8,82	1,706
Fe K	0,70	0,26	Fe203	1,01	0,137
Ba L	0,22	0,03	BaO	0,25	0,017
Total	100,00	100,00		100,00	19,956

Figura 13. Próbka 8A – analiza składu chemicznego ziarna – skaleń



Figura 14. Próbka 20A – analiza składu chemicznego ziarna 1 – skaleń



Quantitativa	Deculte	for	Dacal	(00)	
Quantitative	Results	101:	DdSel	001	

Element Line	Weight %	Atom %	Formula	Compnd %	# Cations
0 K	48,16S	61,45			
Na K	7,84	6,96	Na20	10,57	3,625
Mg K	0,28	0,24	MgO	0,47	0,123
Al K	10,04	7,60	Al203	18,97	3,957
Si K	30,95	22,50	SiO2	66,21	11,716
КК	0,36	0,19	K20	0,43	0,097
Ca K	1,38	0,70	CaO	1,93	0,367
Fe K	0,99	0,36	Fe203	1,41	0,188
Total	100,00	100,00		100,00	20,073

Figura 15. Próbka 20A – analiza składu chemicznego ziarna 2 – skaleń



Figura 16. Próbka 20A – analiza składu chemicznego ziarna 3 – skaleń

100,00



100,00

Total

Quantitative	Results	for	Rase	[83]	۱
Quantitative	Results	101:	Dasei	00	J

100,00

20,045

Element Line	Weight %	Atom %	Formula	Compnd %	# Cations
0 K	48,33S	61,74			
Na K	6,97	6,20	Na20	9,40	3,212
Mg K	0,09	0,07	MgO	0,14	0,037
Al K	10,45	7,91	Al203	19,74	4,102
Si K	31,00	22,56	SiO2	66,31	11,692
КК	0,27	0,14	K20	0,32	0,072
Ca K	2,20	1,12	CaO	3,08	0,582
Fe K	0,71	0,26	Fe203	1,01	0,134
Total	100,00	100,00		100,00	19,832

Figura 17. Próbka 20A – analiza składu chemicznego ziarna 4 – skaleń



Figura 18. Próbka 29A - analiza składu chemicznego ziarna 1 - skaleń



	Reculte	for	Raca(98)
Quantitative	Results	101:	Dase(70)

Element Line	Weight %	Atom %	Formula	Compnd %	# Cations
0 K	47,28S	61,46			
Na K	5,32	4,82	Na20	7,18	2,508
Al K	12,70	9,79	Al203	23,99	5,096
Si K	27,45	20,32	Si02	58,72	10,582
КК	0,32	0,17	K20	0,38	0,087
Ca K	5,88	3,05	CaO	8,23	1,589
Fe K	1,05	0,39	Fe203	1,50	0,204
Total	100,00	100,00		100,00	20,066

Figura 19. Próbka 29A – analiza składu chemicznego ziarna 2 – skaleń



Figura 20. Próbka 29A – analiza składu chemicznego ziarna 3 – skaleń



Ourspetiteting	Desults	fan	Deed	ເດດ	۱
Quantitative	Results	101:	Dase	170	J

Element Line	Weight %	Atom %	Formula	Compnd %	# Cations
0 K	47,93S	61,47			
Na K	6,92	6,17	Na20	9,32	3,213
Al K	11,49	8,74	Al203	21,72	4,550
Si K	29,57	21,60	SiO2	63,27	11,247
КК	0,21	0,11	K20	0,25	0,057
Ca K	3,31	1,69	CaO	4,63	0,881
Fe K	0,57	0,21	Fe203	0,82	0,109
Total	100,00	100,00		100,00	20,058

Figura 21. Próbka 29A – analiza składu chemicznego ziarna 4 – skaleń

Aneks IV – Sugerowana proweniencja – podsumowanie

Grupa petrograficzna 1

- Ił bogaty w otwornice z szarą kredą i piaskiem kwarcowym

Grupa rozpoznana tylko wśród ceramicznych moździerzy.

Makroskopowo to ceramika jasnoczerwona. Charakteryzuje się jasnoczerwonym tłem bogatym w węglan wapnia, z dużą ilością otwornic, klastami kredy i żelazistej gleby, bioklastami, domieszka piaszczysta to dobrze wystartowany drobnoziarnisty kwarc, rzadko występują skalenie alkaliczne i plagioklazy. Pod względem zawartości Ca, Fe, Mg jest to grupa bliska grupie petrograficznej 6. Podwyższona zawartość żelaza i piasek kwarcowy może być łączony z hamrą, również udział bioklastów otwornic kierują rozważania do strefy przybrzeżnej z kolei grudki jasnej kredy mogą być łączone w wychodniami kredy ciągnącymi się wzdłuż wybrzeża, brak analogicznych opisów petrograficznych z pozostałych części regionu może skłaniać do przypuszczenia że jest to surowiec wykonany z połączenia gleby i iłów lokalnych dla Akko.

Grupa Petrograficzna 2

- jasny margiel

Tego typu surowiec występuje wśród próbek moździerzy oraz naczyń zasobowych.

Grupę tworzy ceramika wypalona na kolor jasnokremowy, wykonana z margla z domieszką terra rossy, zawierającego domieszkę piasku kwarcowo-węglanowego

Chemicznie jest bliski chemicznie z grupami 4 i 5, pod kątem zawartości pierwiastków takich jak Mg, Ca, Fe, Sm, La, elementem różnicującym od grup petrograficznych 3 i 4 jest delikatnie wyższa zawartość Sc i Al. W tej grupie nie było diagnostycznych szczątków mikropaleontologicznych. Również ze względu na powszechne zestawienie tego typu cech petrograficznych sugerowanie proweniencji jest utrudnione. Materiał marglisty, w rejonie Akko, występuje w warstwach środkowej i górnej Kredy oraz Paleogenu, obszar występowania gleb takich jak terra rossa, związanych z wapiennym podłożem skalnym, rozciąga się od Libanu przez północny i środkowy Izrael.

Sugerowany materiał źródłowy to prawdopodobnie wybrzeże fenickie mieszczącym się między Akko a Tyrem.

Grupa petrograficzna 3

- margiel bogaty w pirokseny

Występuje wśród moździerzy oraz jednego naczynia zasobowego. Margiel z ziarnami piroksenów – grupa wyraźnie odróżniająca się chemicznie i petrograficznie. Wyróżnia się zawartością częstych ziarnem piroksenów (w przewadze dipsydów i augitów), rzadkich czerwonych fragmentów i epidotu, występują pojedyncze rzadkie spinele chromowe. Grupa petrograficzna 2 ma wyższą od innych grup zawartość żelaza (około 5%) oraz manganu od 978 do 1590 ppm, wyróżnia ją również najwyższa zawartość skandu (20 do 27 ppm), oraz podwyższona zawartość pierwiastków takich jak Co, Cr, Ni. Rozpoznane szczątki mikropaleontologiczne (między innymi Tuborotalia pomeroli) są przepisane wiekowo do Eocenu (późnego lutetu).

Sugerowany materiał źródłowy to połączenie danych petrograficznych i mikropaleontologicznych oraz specyficzna chemia próbek pozwala sugerować wychodnie Eocenu za północny wschód od Limassol na Cyprze jako potencjalny materiał źródłowy dla próbek z tej grupy.

Grupa petrograficzna 4

- gleba pylasta

Grupa próbek z marglistym tłem bogatym w otwornice z udziałem grudek gleby.

Rozpoznane mikroorganizmy należą do starszego paleogenu oraz paleocenu - starszego eocenu. Kredowo margliste wychodnie tego wieku zlokalizowane są na wzgórzach położonych na południowy wschód od Akko (okolice Szafar'am) oraz na wschód od miasta Naharija. Są to osady grup Mount Scopus oraz Avedat. Analogiczne wychodnie rozciągają się wzdłuż wybrzeża dzisiejszego Libanu między Tyrem a Sydonem. Chemicznie różnicująca od próbek grupy 5 jest nieznacznie wyższa zawartość Mn (476-944 ppm) oraz Sm (skorelowanego z La). Obecność podobnego materiału na stanowiskach Tell Keisan oraz Sha'ar-Ha'Amakim (Waiman-Barak i Gilboa 2016; Michniewicz i Młynarczyk 2017), oraz jego brak w opracowaniu Bettles (Bettles 2003) może sugerować, że jest to materiał południowej Fenicji, dolnej Galilei.

Sugerowany materiał źródłowy to lokalna gleba rędzina lub terra rossa połączona z kredowo marglistym materiałem paleocenu oraz eocenu (osady grup Mount Scopus oraz Avedat), których wychodnie są zlokalizowane na południowy wschód od Akko.

Grupa petrograficzna 5 – pasta fenicka

Ten surowiec ma swoich reprezentantów w zbiorze naczyń zasobowych, miskach oraz lampkach oliwnych. Próbki z jasnym pomarańczowym jednorodnym marglistym tłem z niewielkim udziałem dobrze wysortowanych ziaren frakcji piaskowej: kwarcu i bioklastów (alg Amphiora). Występują gatunki otwornic takie jak Morozovella sp. należąca wiekowo do starszego paleogenu oraz Lenticulina, która jest znana od górnej kredy do dziś jednak w paleogenie odznaczała się dużą liczebnością. Chemicznie tą grupę najbardziej wyróżnia wysoka zawartość Ca (12,4-20,8%) oraz zawartość żelaza poniżej 4%. Zawartość Al (5,19 do 9,28 %) i K (1,1 do 2,22 %) związanych obecnością minerałów ilastych jest porównywalna do grupy petrograficznej 1 i 3.

Sugerowany materiał źródłowy to wychodnie kredy i margli (osady grupy Avedat) starszego paleogenu znajdują się na północny wschód od miasta Naharija w północnym Izraelu oraz w pasie przybrzeżnym między Tyrem a Sydonem w Libanie

Grupa petrograficzna 6 – hamra

W zbiorze próbek z Tel Akko z tego typu surowca są wykonane, garnki do gotowania i miski.

Ma jednorodne czerwone żelaziste tło cechuje się dużym udziałem ziaren frakcji piaskowej głownie dobrze obtoczonego i wysortowanego kwarcu. Ma najwyższą z lokalnych próbek zawartość Fe (3,5-6%) i najniższą zawartość Ca (poniżej 12%), jest to odzwierciedlone w ciemnym czerwonym, żelazistym tle. Obecne są rzadkie ziarna skaleni potasowych i czertu, pojedyncze fragmenty kurkarów.

W świetle wcześniejszej analizy piasku przybrzeżnego wyodrębnione podgrupy hamra z piaskiem kwarcowym oraz hamra z piaskiem kwarcowo-węglanowy pozwala przypuszczać iż cześć surowca pochodziła lub była wykonywana na północ od Akko (piasek kwarcowo-węglanowy, a część na południe (piasek węglanowy).

Sugerowany materiał źródłowy: gleba typu hamra związana z formacją kurkarów – zlityfikowanych wydm wstępujących równolegle do wybrzeża Izraela

Grupa petrograficzna 7

– pylasta, żelazista gleba i kruszony kalcyt

Ta grupę reprezentują tylko garnki kuchenne i jedna taca do pieczenia. Grupa jest odmienna petrograficznie i chemicznie od innych próbek, charakteryzuje się dużymi nieobtoczonymi ziarnami kalcytu którym towarzyszą mniejsze półobtoczone węglany i kwarc, tło grupy jest ciemne brunatne zawiera pył kwarcowym i węglanowy oraz grudki *terra rossy*.

Próbki mają najwyższą z pośród grup lokalnych zawartość La (39-48 ppm) i Th (8-10 ppm) oraz Sc (11-15 ppm), Sm (6,3-8 ppm), Al (6-9,6%) niską zawartość Mg – poniżej 1,09%.

Sugerowany materiał to *terra rossa*, źródło domieszki jest trudne do określenia, powszechność występowania terra rossy w regionie sprawia, że określenie miejsca pochodzenia surowca jest praktycznie niemożliwe.

Grupa petrograficzna 8

– pylasta, żelazista gleba z przybrzeżnym piaskiem węglanowym

Należą do niej tylko garnki i tace do pieczenia, makroskopowo materiał jest podobny do grupy 8. Mikroskopowo obserwujemy ciemne brunatne tło zawierające pył kwarcowy i węglanowy analogiczne do grupy 7. Domieszka jest jednak inna, są to średnioziarniste ziarna węglanowe, bioklasty, fragmenty alg, *kurkarów*, które zawężają potencjalny region pochodzenia materiału do pasa równiny przybrzeżnej Izraela, okolic Akko.

Sugerowany materiał to terra rossa z domieszką piasku przybrzeżnego,