Studija epibiontskih zajednica i konzervatorsko - restauratorski radovi na helenističkim keramičkim posudama s podvodnog lokaliteta Žirje

Kaličanin, Tamara

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, Arts Academy / Sveučilište u Splitu, Umjetnička akademija**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:175:943442

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-25**

Repository / Repozitorij:

Repository of Arts Academy

zir.nsk.hr

UNIVERSITY OF SPLIT

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU

UMJETNIČKA AKADEMIJA

ODSJEK ZA KONZERVACIJU-RESTAURACIJU

TAMARA KALIČANIN

STUDIJA EPIBIONTSKIH ZAJEDNICA I KONZERVATORSKO-RESTAURATORSKI RADOVI NA HELENISTIČKIM KERAMIČKIM POSUDAMA S PODVODNOG LOKALITETA ŽIRJE, UVALA JURO

DIPLOMSKI RAD

SPLIT, 2021.

SVEUČILIŠTE U SPLITU

UMJETNIČKA AKADEMIJA

ODSJEK ZA KONZERVACIJU-RESTAURACIJU

TAMARA KALIČANIN

STUDIJA EPIBIONTSKIH ZAJEDNICA I KONZERVATORSKO-RESTAURATORSKI RADOVI NA HELENISTIČKIM KERAMIČKIM POSUDAMA S PODVODNOG LOKALITETA ŽIRJE, UVALA JURO

DIPLOMSKI RAD

NAZIV ODSJEKA: Konzervacija i restauracija

Predmet: Arheološka baština

Student: Tamara Kaličanin

Mentor: doc. dr. sc. Miona Miliša

Komentor: v. pred. Filip Rogošić

SPLIT, 2021.

SADRŽAJ

SADRŽAJ....3
SAŽETAK....6
KLJUČNE RIJEČI....6
KEY WORDS....7
UVOD....8
Cilj rada....9
1. LOKALITET ŽIRJE, UVALA JURO....10
1.1. Geografski položaj i geološke značajke otoka žirja....10
2. POVIJESNI PREGLED....11
2.2. Grčka kultura na istočnom Jadranu....11
3. UVOD U KOLEKCIJU KERAMIKE ODABRANE ZA PISANJE DIPLOMSKOGA RADA....13
3.1. Tipologija keramike iz razdoblja helenizma s lokaliteta Žirje....13
3.1.1. Kuglasti vrčevi s dvoprutom ručkicom s heraklovim čvorom, inventarni broj: ŽJ-2016-069....14
3.1.1.2. Etimologija....16
3.1.1.3. Heraklov čvor primjerci....17
3.1.2. *Skyphos*/ σκύφος, inventarni brojevi: ŽJ-2016-006; ŽJ-2016-139....17
3.1.3. *Caccábe*/ κακκάβη, inventarni broj: ŽJ-2016-001....23
3.1.4. *Lopás*/ λοπάς inventarni broj: ŽJ-2016-199....25
3.1.5. Veći vrč, inventarni broj: ŽJ-2016-008....26
4. EPIBIONTI NA KERAMICI....28
4.1. OPĆA STRUKTURALNA I FUNKCIONALNA OBILJEŽJA SPUŽVE (KOLJENO METAZOA):....29
4.1.1. Taksonomija:....30
4.1.2. Građa....32
4.1.3. Ishrana i razmnožavanje....34
4.1.4. Biodegradacija podvodnih arheoloških predmeta....34
4.2. OPĆA STRUKTURALNA I FUNKCIONALNA OBILJEŽJA ŽARNJAKA (KOLJENO CNIDARIA)....34
4.2.1. Taksonomija....36
4.2.2. Građa....36
4.2.3. Disanje, ishrana i razmnožavanje....37
4.2.4. Biodegradacija podvodnih arheoloških predmeta....38

4.3. OPĆA STRUKTURALNA I FUNKCIONALNA OBILJEŽJA MEKUŠACA (KOLJENO MOLLUSCA*)* 38
4.3.1.Građa 40
4.3.2. Opće karakteristike puževa (razred Gastopoda) 40
4.3.2.1. Taksonomija 41
4.3.2.2. Disanje, ishrana i razmnožavanje 42
4.3.2.3. Biodegradacija podvodnih arheoloških predmeta 42
4.3.3. Opće karakteristike školjkaša (razred Bivalvia) 43
4.3.3.1. Građa 44
4.3.3.2. Disanje, ishrana i razmnožavanje 44
4.3.3.3. Opće značajke prstaca (*Lithophaga lithophaga* (Linnaeus, 1758) 44
4.3.3.4. Taksonomija 45
4.3.3.5. Građa prstaca 46
4.3.3.6. Biodeteriološko djelovanje na podvodne arheološke predmete 46
4.4. OPĆA STRUKTURALNA I FUNKCIONALNA OBILJEŽJA KOLUTIĆAVACA (KOLJENO ANELLIDA) 47
4.4.1. Taksonomija 47
4.4.2. Građa 48
4.4.3. Disanje, ishrana i razmnožavanje 49
4.4.4. Biodeteriološko djelovanje na podvodne arheološke predmete 49
4.5. OPĆA STRUKTURALNA I FUNKCIONALNA OBILJEŽJA MAHOVNJAKA (KOLJENO BRYOZOA) 50
4.5.1. Taksonomija 51
4.5.2. Građa 51
4.5.3. Disanje, ishrana i razmnožavanje 52
4.5.4. Biodeteriološko djelovanje na podvodne arheološke predmete 52
4.6. ALGE 55
4.6.1. Crvene alge 56
4.6.1.1. Taksonomija 56
4.6.1.2. Građa 56
4.6.1.3. Razmnožavanje 56
5. OPIS ZATEČENOG STANJA 58
5.1. Kuglasti vrčevi s dvostrukom ručicom s heraklovim čvorom , inventarni broj: Žj-2016-069 58
5.2. Skyphos/ σκύφος, inventarni broj: Žj-2016-006 59
5.3. Skyphos/ σκύφος, inventarni broj: Žj-2016-139 60
5.4. Caccábe/ κακκάβη, inventarni broj: Žj-2016-001 61
5.5. Lopás/ λοπάς , inventarni broj: Žj-2016-199 63
5.6. Veći vrč, inventarni broj: Žj-2016-008 64
6. LABORATORIJSKE ANALIZE 65

6.1. FT-IR spektrometrija uzorka crvene alge s posude inventarnog broja ŽJ-141..... 65
6.2. FT-IR spektrometrija na uzorcima kalcifikata posude inventarnog broja ŽJ-154.....66
6.3. FT-IR spektrometrija na uzorcima kalcifikata posude inventarnog broja ŽJ-008-kalcifikat..... 67
7. KONZERVATORSKO-RESTAURATORSKI RADOVI..... 68
7.1. Desalinizacija..... 69
7.2. Uklanjanje površinskih nečistoća s keramike..... 71
7.3. Uklanjanje površinskih naslaga pomoću vodene pare..... 73
7.4. Kemijsko čišćenje..... 74
7.5. Uporaba konsolidanta.....75
7.6. Rekonstrukcija..... 81
Veći vrč, inventarni broj: Žj-2016-008..... 88
7.7. Toniranje..... 89
Veći vrč, inventarni broj: Žj-2016-008..... 94
8. IZRADA VIRTUALNE 3D REPRODUKCIJE POSUDA..... 96
8.1. Načini pohranjivanja 3d podataka..... 96
8.1.2. Fotogrametrija/ Oblak točaka.....96
8.1.3. Poligonalno modeliranje..... 96
8.1.4. NURBS modeliranje..... 97
9. ZAKLJUČCI..... 98
10. POPIS LITERATURE..... 99
11. WEB IZVORI..... 106

SAŽETAK

U radionicu Odsjeka za konzervaciju i restauraciju tijekom 2018. godine zaprimljeno je pedeset-ak keramičkih predmeta (manji broj amfora i oko trideset više ili manje cjelovitih keramičkih posuda) arheološkog nalazišta brodoloma iz 4. stoljeća pr. Kr. Kod otoka Žirja. Bogati inventar potonuloga broda jedinstveni je dokaz grčke prisutnosti na jadranskoj obali. Površine svih predmeta, nakon gotovo dvije tisuće godina provedenih u morskom ekosustavu s vremenom postanu mjesto pričvršćivanja, rasta i razmnožavanja organizama te takvo nakupljanje organizama naziva se biološki obraštaj. Čvrsta keramička struktura je pogodan supstrat za prihvaćanje i preživljavanje sesilnih i slabije pokretljivih organizama. Istraživački dio diplomskog rada usmjeren je na utvrđivanje sastava, strukture i izrada popisa organizama na keramičkim predmetima kao i utvrđivanje načina njihovog djelovanja na materijal.

Sve su posude temeljito desalinizirane, a uzimajući u obzir strogu formu diplomskog rada i zadani vremenski rok, izdvojeno je 7 keramičkih posuda različitih tipologija koje nameću svojevrsne izazove i različitu pristupe dokumentiranju, konzerviranju, restauriranju, skladištenju i prezentiranju.

KLJUČNE RIJEČI

Konzervacija - restauracija, podvodni arheološki lokalitet, biološki obraštaj, keramika, epibiontski organizmi

ABSTRACT

In 2018, about fifty ceramic objects (a small number of amphorae and about thirty more or less complete ceramic vessels) of the archeological site of a shipwreck from the 4th century BC were received in the workshop of the Department of Conservation and Restoration.The rich inventory of the sunken ship near the island of Zirje is a unique proof of the Ancient Greek presence on the Adriatic coast. The surfaces of all objects, after almost two thousand years spent in the marine ecosystem, eventually become a place of attachment, growth and reproduction of organisms, and such accumulation of organisms is called biological overgrowth. The solid ceramic structure is a suitable substrate for the acceptance and survival of sessile and less mobile organisms. The research part of the thesis is aimed at determining the composition, structure and inventory of organisms on ceramic objects, as well as determining the manner of their action on the material.

All vessels are thoroughly desalinated, and taking into account the strict form of the thesis and the given time limit, 7 ceramic vessels of different typologies were singled out, which impose unique challenges and different approaches to documenting, conservation, restoration, storage and presentation.

KEY WORDS

Conservation - restoration, underwater archeological site, biological overgrowth, ceramics, epibiont organisms

UVOD

Neoštećenih i bogatih nalazišta iz razdoblja 4. stoljeća p.n.e. na jadranskom priobalju razmjerno je malo, stoga je arheološko nalazište brodoloma kod otoka Žirja jedinstveni dokaz grčke prisutnosti na jadranskoj obali.

Stručni uviđaj ovog brodoloma izvršen je od strane dr. sc. Irene Radić Rossi, docentice Odjela za arheologiju Sveučilišta u Zadru 2015. godine[1].

Tom prilikom uočeno je kako se brodski inventar kojeg je sačinjavala značajna količina grčkih amfora, opreme i keramičkih posuda rastresao po velikoj površini morskog dna. Tijekom preliminarnog istraživanja prebrojeno je nešto manje od stotinjak keramičkih posuda izrađenih na lončarskom kolu, od čega su manji broj amfora te oko tridesetak više ili manje cjelovitih keramičkih posuda, izronjene u svrhu istraživanja.

Slika 1. Brodolom iz 4. stoljeća p. n. e. kod otoka Žirja (autor: I. Radić-Rossi, Odsjek za arheologiju Sveučilišta u Zadru)

1 Članak iz novinskog portala Slobodne Dalmacije. Jurković, Marina, 2017: https://sibenski.slobodnadalmacija.hr/kultura/ostalo/clanak/id/479437/najpoznatija-hrvatska-podvodna-arheologinja-dr-sc-irena-radic-rossi-otkrila-je-nepoznate-detalje-o-antickom-brodolomu-kod-zirja-i-grckoj-prisutnosti-na-jadranu

Najbrojniji su bili kuglasti vrčevi s dvoprutom ručkom ispletenom u Heraklov čvor: Od 45 identificiranih primjeraka osam ih je izvađeno iz mora. Ostatak kuhinjskog posuđa sastoji se od vrčića, četiri *skyphosa*, dvije identične zdjele, plitkih *lopada*, većeg lonca za kuhanje, dvije *lazane, caccabe, chyra,* većeg vrča*, lekane* i poklopca ili malog tanjura. Ostalih jedanaest keramičkih posuda prebrojano je na brodolomu i čekaju na proučavanje slijedeće istraživačke kampanje[2].

Iste godine započeto je preliminarno dokumentiranje koje se nastavilo u 2017. godini kada je Ministarstvo kulture odobrilo sredstva za nastavak dokumentiranja i eventualnog istraživanja lokaliteta.

Dio je posuđa dospjelo na Odsjek za konzerviranje-restauriranje arheoloških predmeta Umjetničke akademije u Splitu u svrhu istraživanja i konzervaciju-restauraciju[3].

Cilj rada

Utvrđivanje sastava, strukture i izrada popisa epibiontskih organizama[4] na keramičkim predmetima kako bi se olakšala konzervatorsko-restauratorska proučavanja slične tematike, kao i utvrđivanje načina djelovanja epibionata na keramičke predmete.

[2] Grisonic, 2017

[3]Članak iz novinskog portala Slobodne Dalmacije. Jurković, Marina, 2017: https://sibenski.slobodnadalmacija.hr/kultura/ostalo/clanak/id/479437/najpoznatija-hrvatska-podvodna-arheologinja-dr-sc-irena-radic-rossi-otkrila-je-nepoznate-detalje-o-antickom-brodolomu-kod-zirja-i-grckoj-prisutnosti-na-jadranu

[4] Epibiontima nazivamo sesilne organizme koji žive pričvršćeni na drugom živućem organizmu, isto kao i slabije pokretne organizme koji se na površini drugih organizama mogu naći privremeno. Suprotno epibiontima, bazibionti su organizmi koji pružaju supstrat epibiontima (Wahl, 1989).

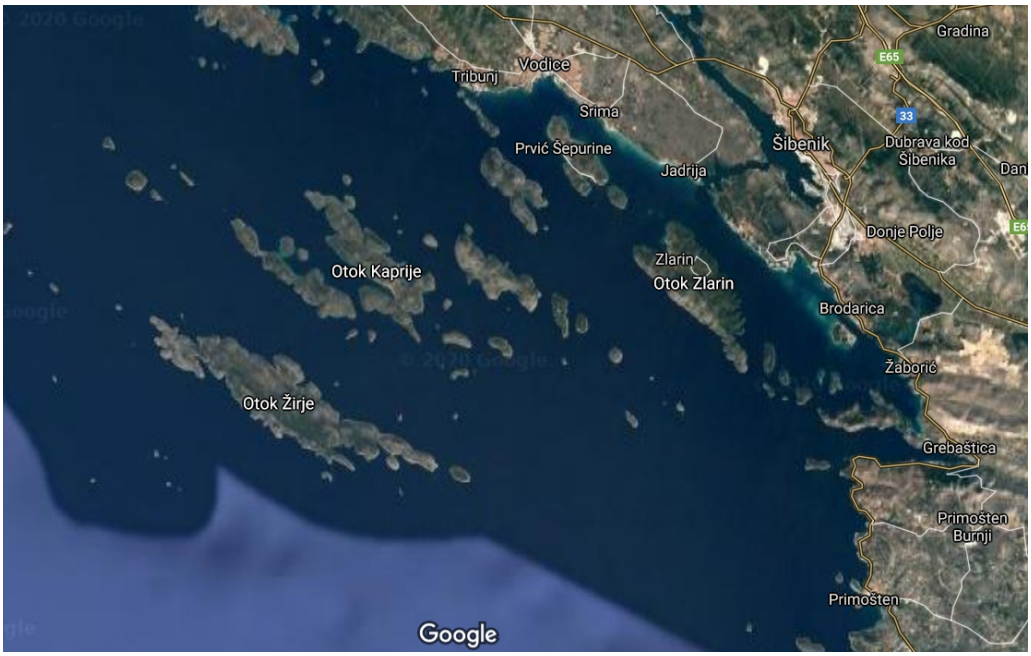
1. LOKALITET ŽIRJE, UVALA JURO

1.1. Geografski položaj i geološke značajke otoka žirja

Šibenska otočna skupina proteže se između rta Ploče, Murtera, Žirja i Kornata. Čini najrazvedeniji segment istočne obale Jadrana i najusitnjeniji otočni skup koji broji oko 260 otoka, otočića i hridi. Otoci su građeni od vapnenca i dolomita gornje grede zbog čega dominiraju brda i uzvišeni oblici, a polja su svedena na tanke naslage crvenice.[5]Žirje je najudaljeniji, drugi po veličini otok šibenskog arhipelaga površinom 16, 07 km^2. Proteže se od sjeverozapada prema jugo-istoku u duljini od 12, a u širini od 2,5 km.[6]U studiji arheološke baštine otoka Žirja, Iveković detaljno opisuje toponimiju otoka:

"*Uz obalu sa obje dulje strane, dižu se i do sto metara visoki brežuljci, koji zaštićuju od bure i od bijesne jugovine dobro obrađenu ravnicu, koju narod zove jednostavno Polje. Ovo, bujno sa maslinom i vinovom lozom obrašteno polje, prelazi na sjevero-zapadu preko niskih i krševitih uzvisina u valovito područje, koje svršava sa 102 metra visokom*

Velom glavom, a prema jugo-istoku gubi se II dva velika i duboka zatona, u Veliku i Malu Stupicu. Sjeverozapadna strana otoka, usprkos lijepim i dubokim uvalama, što no po ružnom vremenu služe brodovima kao sjegurna utočišta, nije napučeno".[7]

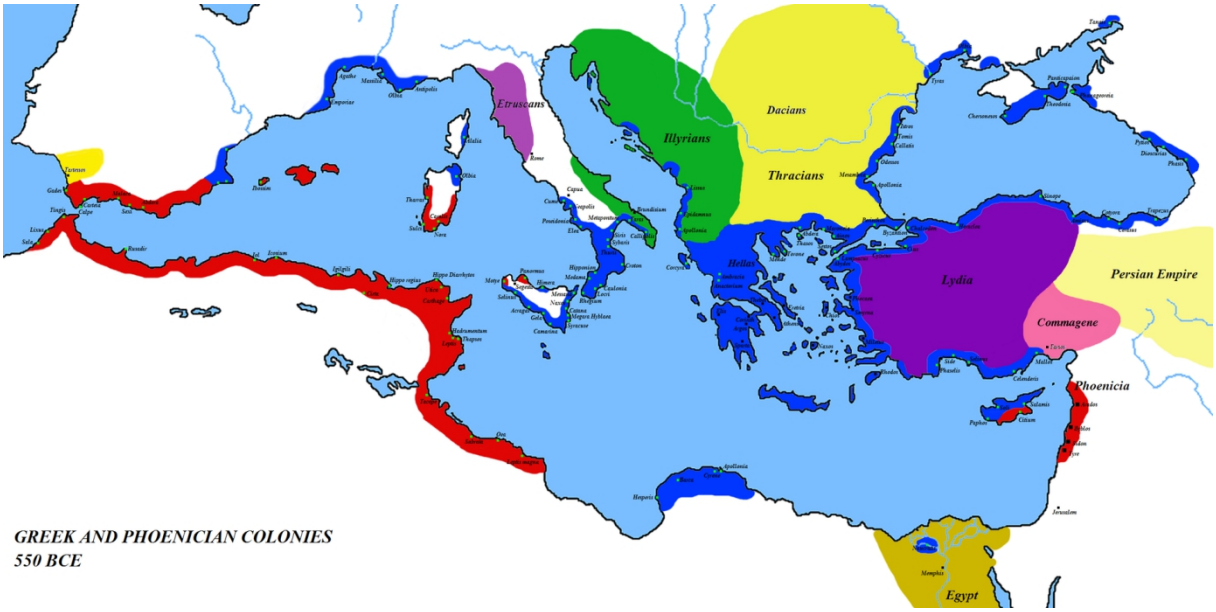


Slika 2. Geografski položaj otoka Žirja (foto: Google Karte, 2020.)

[5] Lončar, 2016, str. 11.
[6] Iveković 1927, str. 45.
[7] Isto

2. POVIJESNI PREGLED

2.2. Grčka kultura na istočnom Jadranu



Slika 3. Grčke kolonije 550 god. p. K. prikazane su plavom bojom (izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/Colonies_in_antiquity)

Šešelj u svojoj doktorskoj dizertaciji *Promunturium diomedis: Svetište na rtu Ploča i jadranska pomorska trgovina u helenističkom razdoblju* navodi da se najviše arheoloških nalazišta Grčkih kolonija nalazi u južnom dijelu jadranskih obala, uz Otrantska vrata. Istraživanja u Apuliji i Albaniji potvrdila su stoljetne veze s grčkim svijetom već od mikenskog razdoblja[8]. Tako je prema maloj količini ulomaka s otoka Brača (Škrip), potvrđeno je da su još i Mikenjani trgovali morskim putem na prostorima istočnog Jadrana 14. st.pr. Kr[9]. Intenzivan promet istočnim Jadranom razvio se krajem 6. stoljeća pr. Kr. Kirigin ističe da su se kroz to vrijeme lokalne zajednice po Sredozemlju razvile do te mjere je daljnja kolonizacija bila otežana, stoga su tražili prostore izvan toga područja.[10]Istovremeno, zapadnim sredozemljem i sjevernom Afrikom prevladavali su jonski Grci. *U zapadnom Sredozemlju korintska keramika se javlja u manjim, ali znakovitim količinama upravo u vrijeme otvaranja Diolka, oko 600.*

[8] Šešelj 2009, str. 413./414.
[9] Isto
[10] Kirgin 2004, str. 57.

g. pr. Kr. Zbog toga Salmon smatra da su Fokejci koristeći ovu rutu, mogli usput pokupiti i keramiku prije silaska u Korintski zaljev i prenositi je dalje na zapad. Ukoliko je doista ovo bila jedna od njihovih ruta, time bi se mogle barem dijelom objasniti vijesti kod Herodota o njihovom prisustvu na Jadranu[11].

Sredinom 8. stoljeća pr. Kr osnovana je grčka kolonija na otoku Krfu u Jonskom moru, Korkira (starogrčki: *Kérkyra*, latinski: *Corcyra*). Korintski trgovački interesi usmjerili su i preuzeli kontrolu putova prema Italiji i Siciliji, odnosno istočnoj strani Otranta[12]. Arheologija dokazuje da je korintska keramika bila prvi masovni grčki izvoz i posebno je bila zastupljena u kolonijama na zapadu[13].

Slijedeća važna grčka kolonija koju potvrđuju arheološka istraživanja je Apolonija, nastala krajem 6. stoljeća kao korintska kolonija[14]. Otprilike u isto vrijeme Korkira jača i postaje jaka pomorska sila u južnom dijelu Jadrana, što će vjerojatno dovesti do sukoba s pojedinim domorodačkim zajednicama. Obalom istočnog Jadrana dominirali su Liburni, sa središtem na položaju današnjeg Zadra. Loši zimski uvjeti, vjetrovi koji nerijetko naglo mijenjaju smjer i poznato gusarstvo stanovištva iziskivali su vješto manevriranje brodom premda je istočna obala Jadrana ugavnom pružala više nego povoljne uvjete za razvoj pomorstva i trgovine[15].

Sudeći prema brojnim brodolomima, liburnskim dijelom arhipelaga su prolazili ustaljeni pomorski trgovački pravci između otoka Zlarina, Zmajana i Žirja prema *Colentumu* na Murteru. Trgovačka ruta nastavljala bi se dalje kroz Pašmanski i Zadarski kanal.[16]

"Početkom 4. st. dominantu ulogu na srednjem i južnom Jadranu ima Sirakuza na čelu s Dionizijem Starijim. Osnivanje grčkih kolonija na otocima Visu i Hvaru dovodi do odlučujućih promjena u grčko-domorodačkim odnosima, jer Grci sada po prvi puti postaju važan politički i ekonomski faktor na ovom dijelu istočnog Jadrana. Arheološki se ovo ogleda u intenzivnom uvozu južnoitalske keramike i amfora, te povećanoj cirkulaciji grčkog novca na cijelom Jadranu. Kraj sirakuške premoći označio je i kraj sigurnosti na ovim prostorima. Izvori spominju izrazito jačanje gusarstva sredinom 4. st. pr. Kr., što je obale Jadrana učinilo nesigurnima za trgovce. Uz ove događaje je vezan i pokušaj Atene da 325./324. g. pr.Kr.

[11] Šešelj, 2009, str 413./414.
[12] Nav.dj., st.r 414./415.
[13] Nav. dj., str. 418.
[14] Nav.dj., str. 411.
[15] Podrug, 2016, str. 54.
[16] Isto

osnuje koloniju na Jadranu, koja bi joj služila kao baza iz koje bi mogla štititi svoje trgovce od gusarskih napada[17]*".*

3. UVOD U KOLEKCIJU KERAMIKE ODABRANE ZA PISANJE DIPLOMSKOGA RADA

3.1. Tipologija keramike iz razdoblja helenizma s lokaliteta Žirje

Posude odabrane za ovaj rad izdvojene su u zasebna potpoglavlja. Svakoj posudi pripada naziv tipa posude i njezin inventarni broj. Nazivlje tipova posuda u ovom radu definirano je latinskom inačicom i grčkim alfabetom u naslovu, kako ne bi bilo zabune o kojim se točno pojmovima radi prilažem popis često korištenih naziva.

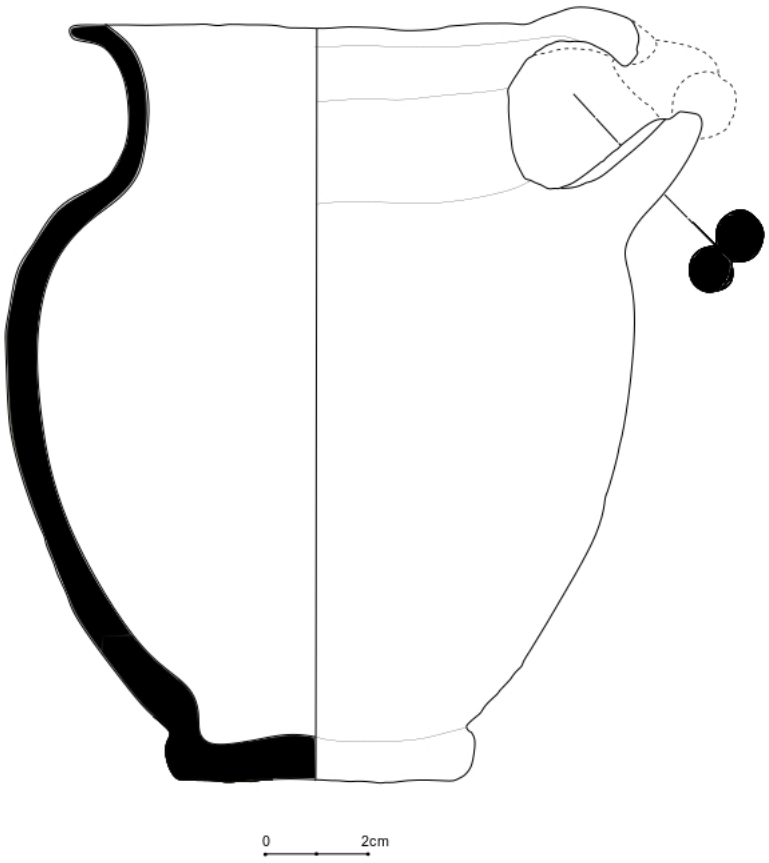
HRVATSKI		GRČKI / LATINSKI
jednina	**množina**	
aribal	aribali	ἀρύβαλλοσ
alabastra	alabastre	ἀλάβαστρον
amfora	amfore	amphora
enohoja	enohoje	οἰνοχόη
fijala	fijale	φιάλη
gut	guti	guttus
hoja	hoje	χοῦσ
kantar	kantari	κάνθαροσ
kiliks	kiliksi	κύλιξ
kotila	kotile	κοτύλη
krater	krateri	κρατήρ
lagin	lagini	λάγυνος
lebet	lebeti	λέβης
svadbeni lebet	svadbeni lebeti	λέβης γαμικός
lekana	lekane	λεκανίς
lekit	lekiti	λήκυθοσ
mast	masti	μαστός
mortarij	mortariji	mortarium
olpa	olpe	ὅλπη
patera	patere	patera
pelika	pelike	πελίκη
piksida	pikside	πυξίσ
pit	piti	πίθος
skif	skifi	σκύφοσ
stamn	stamni	στάμνος
unguentarij	unguentariji	unguentarium

Tablica 1. Katalog često korištenih naziva tipova posuda[18]

[17] Šešel, 2009, str 417.
[18] Nav. dj., str. 37.

Potpoglavlja su popraćena opisom njezinih općih tipoloških karakterstika posude i fakturom gline. Posebne dekoracije na posudi analiziraju se kod vrčića sa dvoprutom ručkicom i Heraklovim čvorom. Na kraju se daju dimenzije posude i povlače se usporedbe sa sličnim helenističkim posudama pronađenim na istočnom Jadranu. Tamo gdje je bilo moguće doneseni su i konkretni komentari o podrijetlu tipa posude, njezine funkcije, rasprostranjenosti i problematici. Svaka posuda popraćena je crtežom i fotografskom dokumentacijom u fazama konzervatorsko-restauratorskih zahvata.

3.1.1. Kuglasti vrčevi s dvoprutom ručkicom s heraklovim čvorom, inventarni broj: ŽJ-2016-069



Slika 4. Crtež presjeka i tipologije kuglastog vrča u mjerilu 1:1 (autor: Tamara Kaličanin,, 2019.)

Svi kuglasti vrčevi iz kolekcije keramičkih predmeta sa Žirja slijede jednaki obrazac dekorativnih ukrasa: imaju široki, ljevkasti otvor sa ispupčenim rubom i uvučeni vrat. Dvopruta ručka spušta se od ruba prema trbuhu posude te se na sredini pretvara u "grebenasti" čvor. Vrčić kuglastog trbuha završava sa diskoidnom stopicom s ravnim dnom. Trbusi su im ukrašeni vertikalnim kontinuiranim urezima. Visine primjeraka variraju u rasponu od 14,5 do 15,5 cm. Izrađeni su od crvenkasto-smeđe gline sa sitnim bijelim inkuzijama.

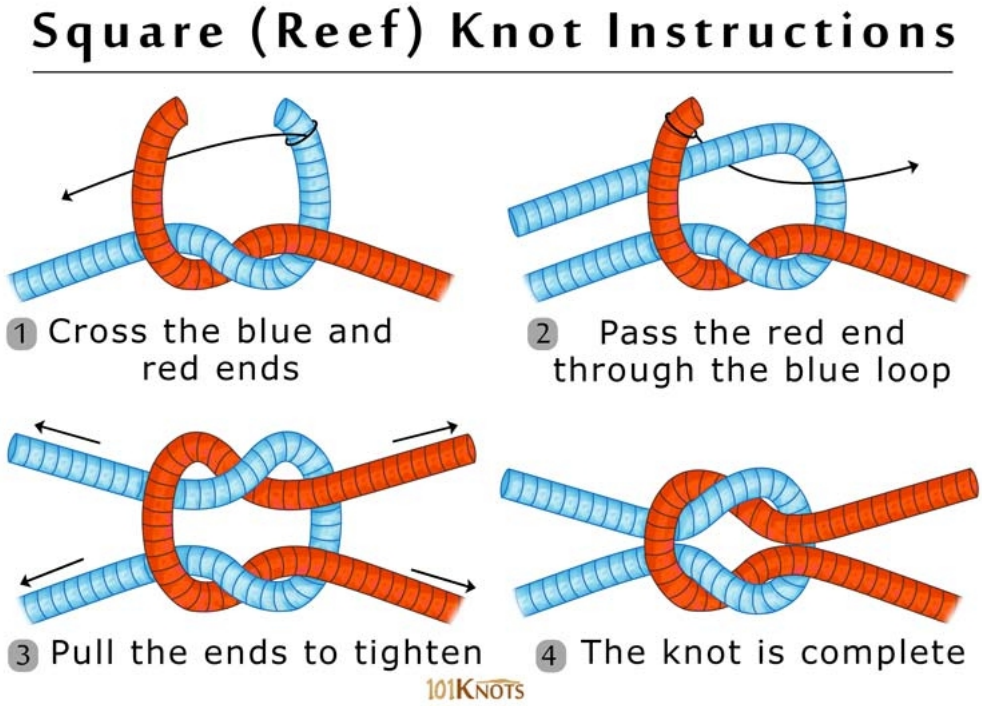
Tipologija vrča s dvoprutom ručkicom s Heraklovim čvorom iz Žirja vrlo nalikuje i vrču Alto-Adriatico iz 4. st. Kr. pronađena tijekom spasilačkih iskapanja na Pharosu 1996. godine, što bi mogao biti lokalni proizvod[19].

Slika 5. Kuglasti vrč s dvoprutom ručkicom s heraklovim čvorom, inventarni broj: ŽJ-2016-069 (autor: Tamara Kaličanin, 2019.)

[19] Kirigin 2000, 136-137, sl. 4; Kirigin 2006, 116, sl. 76 e.

3.1.1.1. Grebenasti, četvrtasti ili Heraklov čvor

Greben čvor, ili četvrtasti čvor, drevni je i jednostavan čvor koji se često upotrebljava za vezivanje konopa, užeta ili žice oko predmeta kako bi ga se osiguralo. Ponekad se naziva i Heraklovim čvorom[20]. Čvor se formira vezanjem lijevog gornjeg čvora, a zatim desnog čvora iznad lijevog i obrnuto; jednostavnije pojašnjeno: "desno ide iznad lijevog; lijevo iznad desnog"[21].



Slika 6. Vezivanje grebenastog (Heraklovog) čvora (izvor: https://www.101knots.com/square-reef-knot.html9)

3.1.1.2. Etimologija

Greben čvor ili grebenasti čvor star je najmanje 4.000 godina. Naziv "greben čvor"prvi put je spomenut 1794. godine[22], a potječe od njegove uobičajene uporabe za podvezivanje jedara prema dolje kako bi se smanjila njihova efektivna površina na jakim vjetrovima[23].

[20] Rimski pandan mu je Herkul , tj Herkulov čvor
[21] Clifford W, 1944, str. 220.
[22] Steel, 1794, str. 183.
[23] Ashley, 1944, str. 258.

U antičko doba u Grčkoj bio je poznat kao Heraklov čvor (latinski: *Herakletion hamma*)[24]. Opisao ga je i Plinije Stariji u svojoj knjizi "Zemljopis Starog Svijeta" vjerujući da se rane brže zacjeljuju kada su vezane Heraklovim čvorom[25].

3.1.1.3. Heraklov čvor primjerci

Dimenzije: Visina = 14.6 cm, vanjski obod = 9.5 cm, unutarnji obod = 6.5 cm, rim Th. = 0.6 cm, dno = 5.9 cm, visina ručke. = 5 cm

Analogija: slično Kirigin 2000, 136, slika 4 (4 stoljeće pr. Kr.); Šešelj 2009, 45-49 (završetak 4. stoljeća – početak 3 stoljeća pr. Kr.).
Trenutno ne postoje točne analogije za vrčeve s dvoprutom ručkicom i Heraklovim čvorom iz Žirja. Grisonić i Radić Rossi navode kako su slični olpama-vrčevima s ovalnim tijelom, jednom ručicom i prstenastim dnom, s motivima lišća pronađenih na istočnom Jadranu, od Istre do Crne Gore[26]. Pronađene posude su djelomično ili u cijelosti prekrivene premazom.
Na rtu Ploči pronađeni su ulomci keramike svjetlije boje s naslikanim listićima nijsansama crvene i smeđe boje. Nekoliko je ulomaka slijepljeno stoga je moguće zaključiti da se radi o vrčevima sa naslikanim lišćem na ramenu i trbuhu. Pojedini takvi vrčevi imali su dvostruke ručkice s Heraklovim čvorom poput primjeraka sa Žirja[27].

3.1.2. *Skyphos*/ σκύφος, inventarni brojevi: ŽJ-2016-006; ŽJ-2016-139

Tri posude za piće - mali vrčić i dva *skyphosa* - izvađene su s mjesta brodoloma. Izrađene su u svijetlo žutoj rafiniranoj glini bez vidljivih inkluzija.

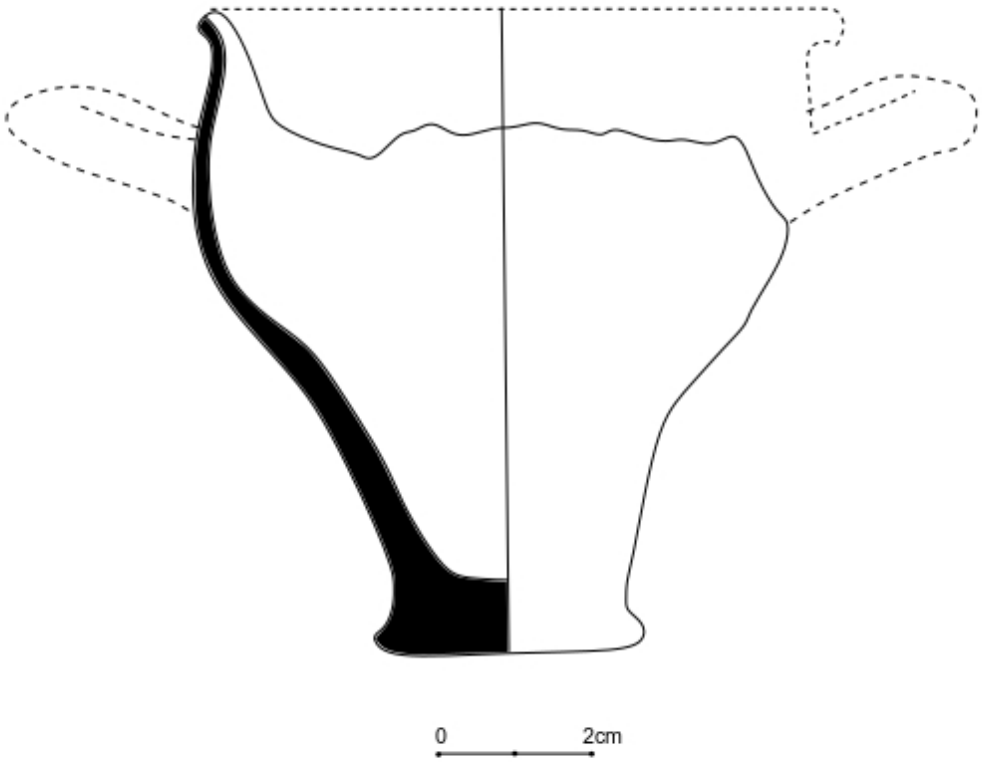
[24] Hage, 2008, str. 648–655.
[25] Pliny the Elder, Bostock, John; Riley, H. T. (eds.), The Natural History, str. 28.17. Preuzeto s http://www.perseus.tufts.edu/hopper/text?doc=Perseus%3Atext%3A1999.02.0137%3Abook%3D28%3Achapter%3D17 pristup ostvaren 9.10.2020.
[26] Šešelj 2009, str. 46
[27] Nav. dj.

Slika 7. Skyphosi tijekom konzervacijsko - restauracijskog zahvata (autor: M. Miliša, 2020)

Na lokalitetu je naknadno, u istraživanjima tijekom 2020. godine pronađeno i izronjeno 5 *skyphosa,* posude za piće s dvije vodoravne ručke. Oba skyphosa imaju profil oblika slova "S", sa širokim i vertikalnim gornjim dijelom tijela i suženim donjim dijelom koji završava visokom prstenastom stopom. Takav profil *skyphosa* karakterističan je 4. st. Pr. Kr. *Skyphosi* koji su mu u prethodili imali su manje elegantan, poluloptasti oblik[28].

[28] Sparkes, Talcott 1970, str. 81-85; Edwards 1975, str. 68.

3.1.2.1. *Skyphos* ŽJ-2016-006



Slika 8. Crtež presjeka i tipoloških karakteristika posude *skyphos* u mjerilu 1:1 inventarnog broja ŽJ-2016-006 (autor: Tamara Kaličanin, 2020.)

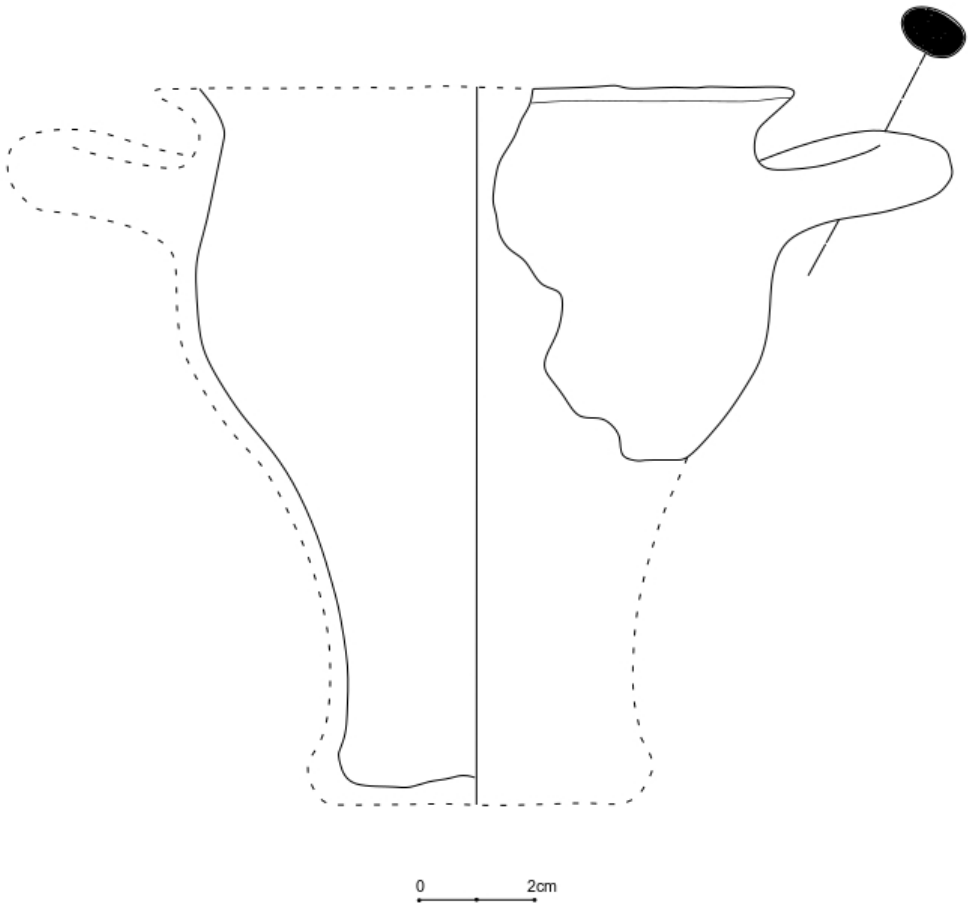
Skyphos inventarnog broja ŽJ-2016-006 razlikuje se od skyphosa ŽJ-2016-139 po veličini, obliku i fizičkim karakteristikama gline. Stijenka mu je tanka, profil je u obliku slova "S", sa širokim i vertikalnim gornjim dijelom tijela i suženim donjim dijelom koji završava visokom prstenastom stopom i ravnim dnom. Ima dvije horizontalne ručke ovalna presjeka koje su blago uvijene prema gore, ali niže od otvora. Vanjska linija trbuha diskretno je istaknuta tako da daje trokutasti oblik posudi. Skyphos je izrađen je od tamnije crvenkasto-smećkaste gline sa vidljivim inkuzijama.

Slika 9. Skyphos (skif) inventarnog broja ŽJ-2016-006 (autor: Tamara Kaličanin, 2020.)

Dimenzije: Visina = 11.2 cm, rim = 9.3, rim Th. = 0.5, dno posude = 4.8 cm

Analogije: Kirigin – Hayes – Leach 2002, 258, pl. 4, e 1; Miše 2005, 36, sl. 9 (sredina 4. stoljeća pr. Kr). Slično Sparkes – Talcott 1970, n. 352, fig. 4, pl. 17 (330 godina pr. Kr); Morel 1981, pl. 128, n. 4342 (polovica 4. stoljeća pr. Kr).

3.1.2.2. *Skyphos* ŽJ-2016-139

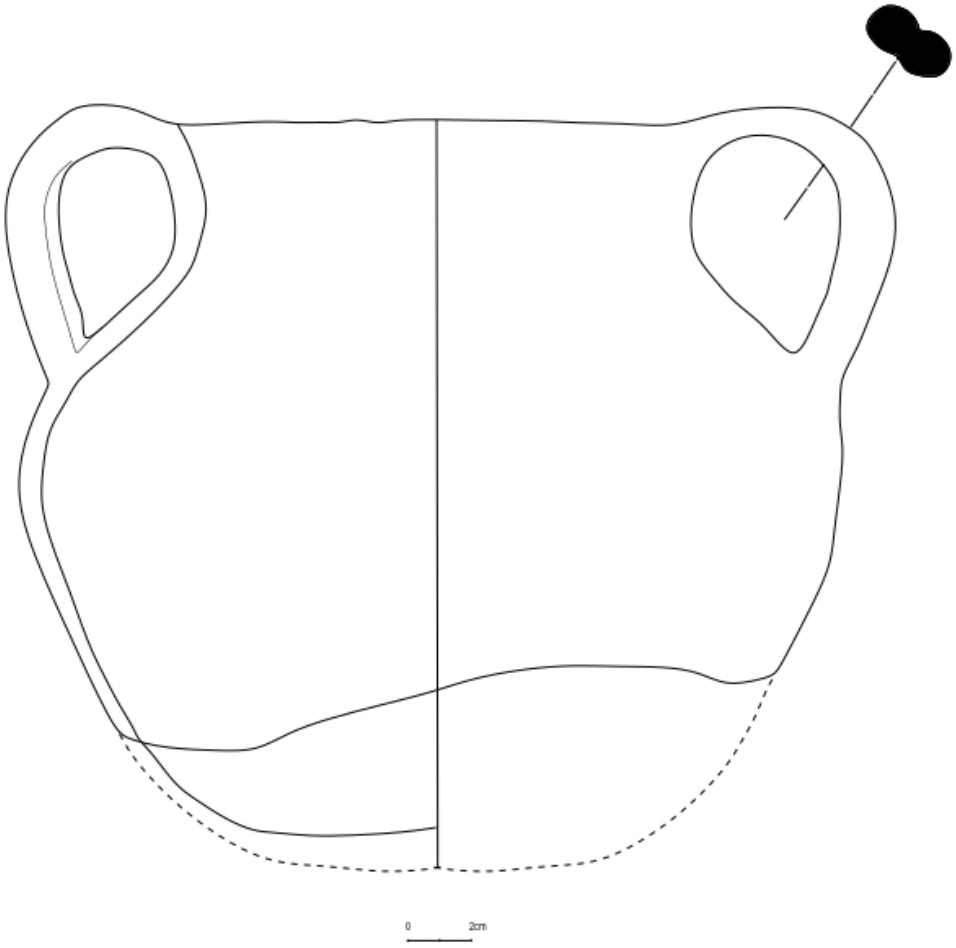


Slika 10. Crtež presjeka i tipoloških karakteristika posude skyphos u mjerilu 1:1 invenarnog broja ŽJ-2016-139 (autor: Tamara Kaličanin, 2020.)

Skyphos ŽJ-2016-139 ima tanku stijenku, istaknutniji "S" profil sa sferičnim trbuhom koji završava visokom prstenastom stopicom s ravnim dnom. Dvije horizontalne ručke ovalna presjeka su blago svijene prema gore, ali niže od otvora. Izrađen je od fino pričišćene žute gline.

Slika 11. skyphos (skif) invenarnog broja ŽJ-2016-139 (autor: Tamara Kaličanin, 2020.)

3.1.3. *Caccábe*/ κακκάβη, inventarni broj: ŽJ-2016-001



Slika 12. Crtež presjeka i tipoloških karakteristika posude c*accábe* u mjerilu 1:3 (autor: Tamara Kaličanin, 2020.)

Najveći lonac za kuhanje, *caccábe* (kat. 7), debelih stijenki, sastoji se od dvaju horizontalnih pseudo-bifidnih ručki (vrpce ručke duboko urezane u sredini, oponašajući bifidnu ručku). Ručke završavaju od ruba prema gornjem, konveksnom dijelu trbuha koji se sužava prema dnu. *Caccába* ima zaobljeno dno grčke tradicije. Posude su izvedene tako da mogu pristajati poklopcu i korištene su paralelno s lopadima za kuhanje ribe i kuhanih mesnih jela[29].

Bile su postavljene u vatru, na ugalj ili na lasanama, prijenosnim nosačima za kuhinjsko posuđe od kojih su 2 posude (i treća koja je pronađena 2020. godine) pronađene na lokalitetu. Glina je tamno crvena sa s malim bijelim inkluzijama.

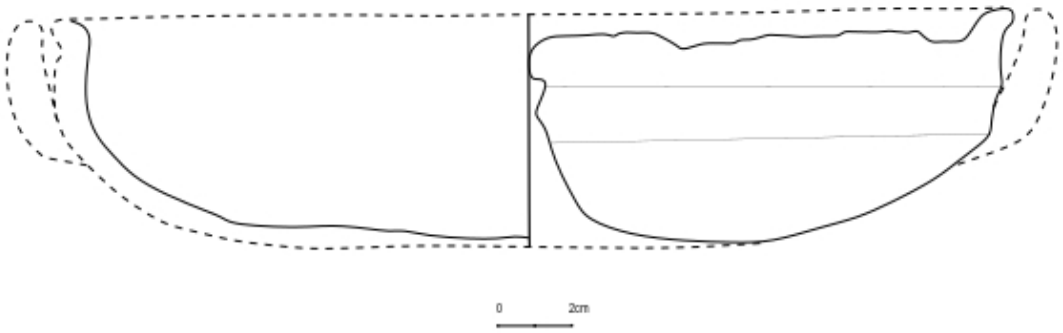
[29] Bats 1988, str. 48.

Slika 13. Lonac za kuhanje *Caccábe* (autor: Tamara Kaličanin, 2020.)

Dimenzije: visina očuvanog dijela. = 18.8 cm, širina = 23.5 cm, vanjski obod = 18 cm, unutarnji obod = 16 cm, debljina = 0.7-1 cm

Analogije: Pemberton 1989, nos. 649–652, figs. 23-24, pls. 58. 59 (4. stoljeće-kraj 4. stoljeća pr.Kr).

3.1.4. *Lopás*/ λοπάς inventarni broj: ŽJ-2016-199



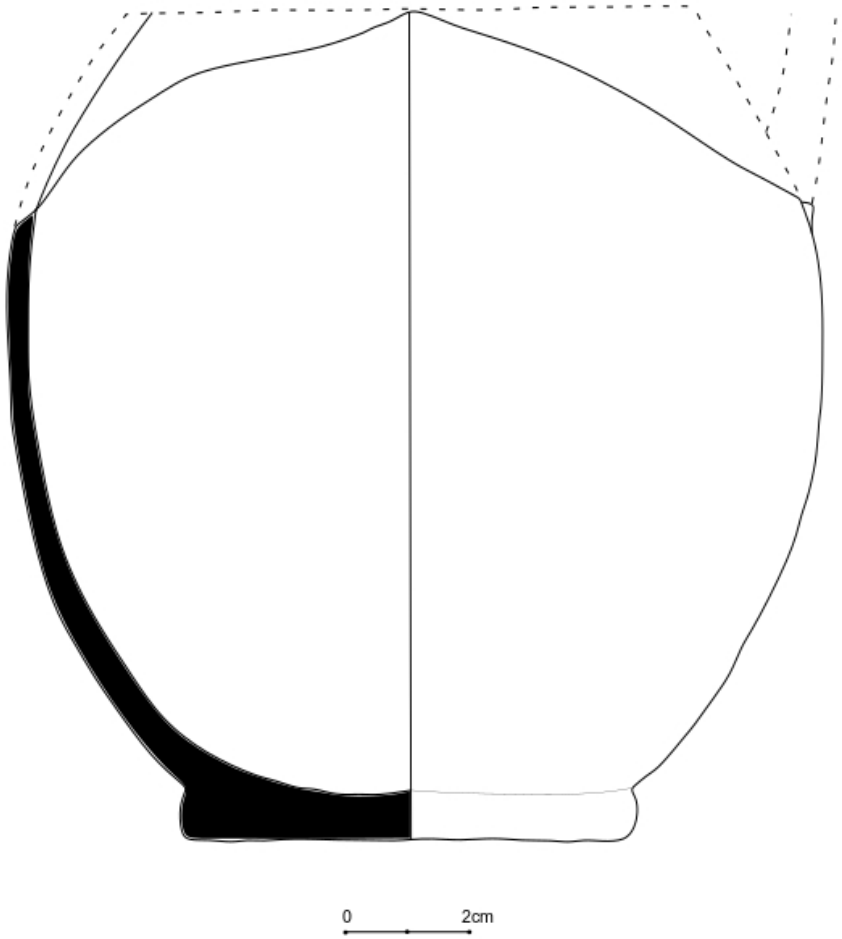
Slika 14. Crtež presjeka i tipoloških karakteristika posude *lopás* u mjerilu 1:3 (autor: Tamara Kaličanin, 2020.)

Dimenzije: .Visina sačuvanog dijela ulomka = 6.8 cm, obod = 20 cm, debljina stijenke = 0.5-0.8 cm

Plitka posuda manjih dimenzija, dvije nedostajuće ručke trebale bi se nalaziti ispod profiliranog otvora. Dno je zaobljeno. Tamno-crvena glina sa sitnim bijelim inkluzijama.

Slika 15. posuda lopás (autor: Tamara Kaličanin, 2020.)

3.1.5. Veći vrč, inventarni broj: ŽJ-2016-008



Slika 16. Crtež presjeka i tipološke karakteristike većeg vrča u mjerilu 1:2 (autor: Tamara Kaličanin, 2020.)

Veći sferični vrč proširenog trbuha koji završava prstenastom stopom sa ravnim dnom. Bez dekoracija. Unutrašnja strana je blago narebrena, odnosno nadziru se tragovi lončarskog kola. Pretpostavka je da je posuda mogla imati ručku sa jedne strane, i suženi otvor s poklopcem (?). Fino pročišćena glina pastelno crvenkasto-smeđe boje.

Slika 17. Veći vrč, nakon uklanjanja kalcifikata i morskih organizama s površine keramike (autor: Tamara Kaličanin, 2020.)

4. EPIBIONTI NA KERAMICI

Gotovo dvije tisuće godina provedenih u morskom ekosustavu, posude iz Žirja bile su zaštićene od naglih oscilacija temperature ili vlage, ali su bile kontinuirano izložene strujanjima morske vode, koroziji, abraziji i trošenju te morskim organizmima koji djeluju erodirajuće na njihovu strukturu[30]. Tvrda keramička struktura, površina puna izbočina i udubljenja i tekstura koja je više-manje hrapava poslužila je kao pogodan supstrat za prihvaćanje i preživljavanje sesilnih i slabije pokretljivih organizama[31]. Nakon vađenja posuda iz mora, po cijeloj površini svih posuda nađene veće količine morskog sedimenta i organskog materijala.

Organizmi koji žive na dnu mora kamen razaraju biokemijski i mehanički. Prvospomenuti način odnosi se na morske alge koje mijenjaju kemizam vode i tako djeluju korozivno na materijal i snižavaju mu reljef otapajući ga svojim izlučevinama[32].

Epibiontima nazivamo sesilne organizme i slabije pokretne organizme koji žive pričvršćeni i napadaju površinu ili buše (živi ili neživi) organski supstrat[33]. Suprotno epibiontima, bazibionti su organizmi koji pružaju supstrat epibiontima i endobiontima[34].

[30] Miliša, M, 2010, str. 233-235.
[31] Plećaš, D. 2017. str. 1-4.
[32] Miliša, M, 2010, str. 233-235.
[33] Walker i Miler, 1992, str. 236–238.
[34] Wahl, 1989, 176-185.

Tablica 2. Klasifikacija kolonizirajućih organizama (Taylor i Wilson, 2002.)

	KOLONIZIRAJUĆI ORGANIZAM					
SUPSTRAT	ŽIVOTINJE (sclerozoan)		BILJKE (sclerophyte)		OPĆENITO ORGANIZAM (sclerobiont)	
STIJENA	lithozoan	epilithozoan	lithophyte	epilithophyte	lithobiont	epilithobiont
		endolithozoan		endolithophyte		endolithobiont
DRVO	xylozoan	epixylozoan	xylophyte	epixylophyte	xylobiont	epixylobiont
		endoxylozoan		endoxylophyte		endoxylobiont
BILJKA (živa)	phytozoan	epophytozoan	phytophyte	epiphytophyte	phytobiont	epiphytobiont
		endophytozoan		endophytophyte		endophytobiont
ŽIVOTINJA (živa)	zoozoan	epizoozoan	zoophyte	epizoophyte	zoobiont	epizoobiont
		endozoozoan		endozoophyte		endozoobiont
ORGANSKI SUPSTRAT (živ ili neživ)	skeletozoan	episkeletozoan	skeletophyte	episkeletophyte	skeletobiont	episkeletobiont
		endoskeletozoan		endoskeletopyte		endoskeletobiont

Uzorci epibionata (epifauna) na keramici iz Žirja kroz cijelo poglavlje su taksonomski kategorizirani prema Svjetskom registru morskih vrsta (World Register of Marine Species ili skraćeno WoRMS).

4.1. OPĆA STRUKTURALNA I FUNKCIONALNA OBILJEŽJA SPUŽVE (KOLJENO METAZOA):

Spužve su asimetrični ili radijalno simetrični višestanični organizmi (Metazoa) [35]. Spužve čine najjednostavniju skupinu višestaničnih organizama jer nisu prave tkivne životinje. Koljeno Porifera odavno se odvojilo od glavne linije višestaničnih životinja i nije se značajno mijenjalo[36].

Krajem devedesetih godina dvadesetog stoljeća nađeni su ostaci kremenorožnatih spužvi iz prekambrija, stari više od 580 milijuna godina (Li i sur., 1998), dakle čak 40 do 50 milijuna godina prije pretpostavljenog vremena nastanka višestaničnih organizama[37]**.** Sesilni su organizmi, odnosno nepokretni u odraslom stadiju, žive pričvršćeni za stijene, školjke ili

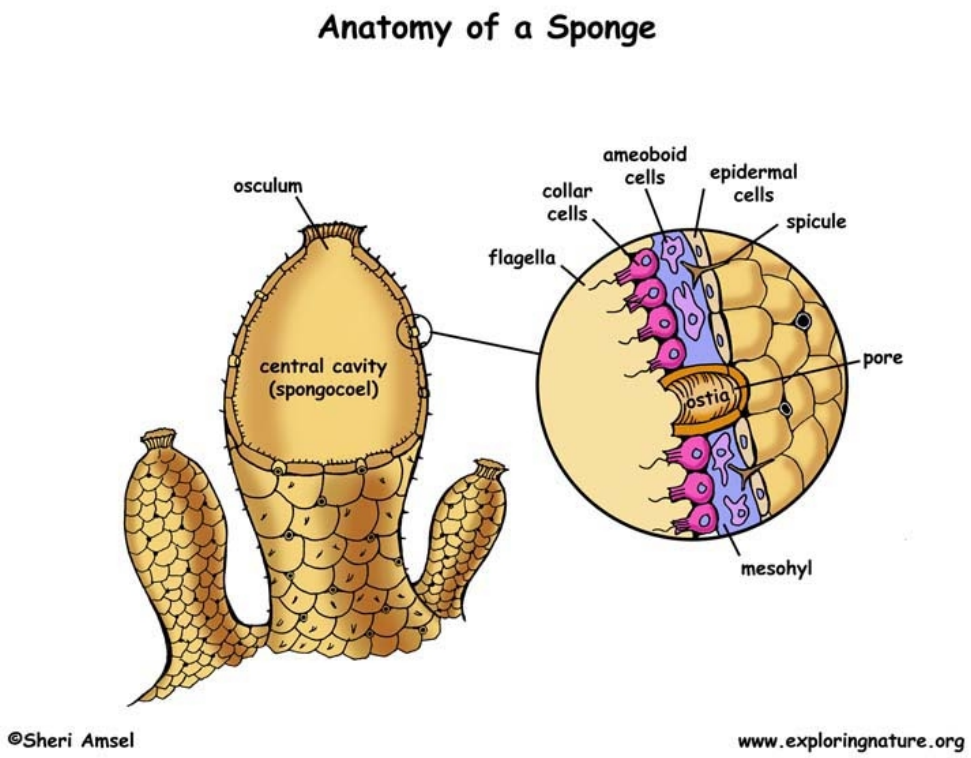
[35] Mučić, 2014. str. 4.
[36] Vučković, 2010. str. 1.
[37] Isto

druge tvrde podloge. Čvrstoću im daje unutarnji skelet građen od čvrstih elastičnih sponginskih vlakana[38]. Nemaju diferenciranih tkiva, organa i organskih sustava. Stanice se udružuju i stvaraju funkcionalne cjeline za obavljanje životnih funkcija, dakle stanice imaju visok stupanj autonomije. Nemaju usta niti živčanog sustava[39]. Procijenjeno je da postoji oko 10 000 vrsta spužvi. Dosad je otkriveno 5 000 - 6 000, a pretpostavlja se da je još 4 000 – 5 000 neotkrivenih vrsta. Prema Radović i sur. (2006) u Hrvatskoj je zabilježena 221 vrsta spužvi od kojih su 4 ugrožene. Naseljavaju staništa od mediolitorala do dubokih mora[40].

4.1.1. Taksonomija:

Carstvo	životinje (Animalia)
Natkoljeno	Radiata (Coelenterata)
Koljeno	spužve (Porifera)
Razred	kremenorožnjače (Demospongiae)
Red	Dictyoceratida (Keratosa)
Porodica	Spongiidae
Potporodica	Sponginae
Rod	*Spongia*

[38] Mučić, 2014. str. 4.
[39] Isto, str. 4.
[40] Vučković, 2010. str. 1.



Slika 18. Građa spužve (izvor: exploringnature.org/db/view/Porifera-Sponges)

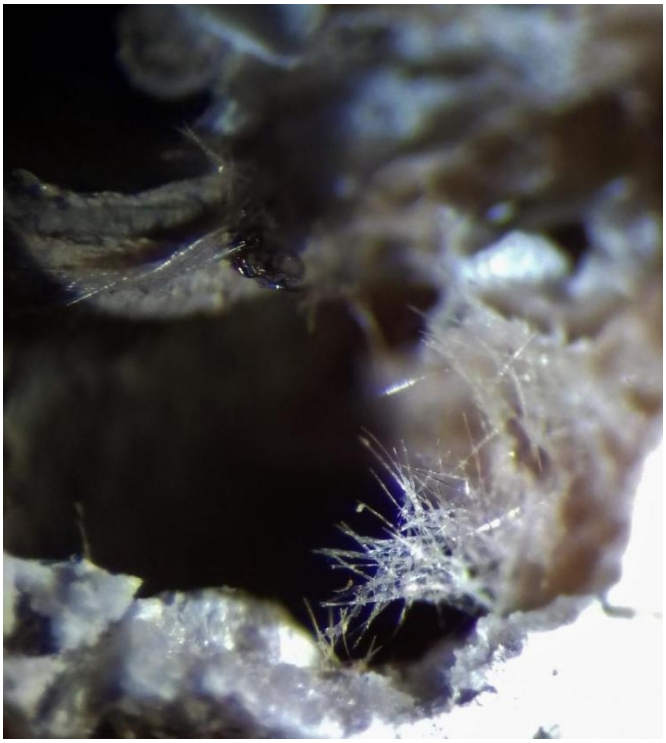
4.1.2. Građa

Tijelo spužve sastoji se od tri sloja stanica. Unutrašnjost tijela obložena je hoanocitama, bičastim stanicama zaslužnima za strujanje vode kroz tijelo spužve. Vanjski sloj je obložen pinakocitama, poligonalnim stanicama[41].
Središnji sloj zove se mezohil i sadrži kolagen, elemente skeleta i nekoliko tipova pokretnih stanica (Leysi Hill, 2012.). Skeleti spužvi građeni su od kombinacija silicijevog dioksida, kalcijevog karbonata i/ili spongina[42].

Koljeno Porifera taksonomski je podijeljeno u četiri razreda;
1. Calcarea (vapnenjače) skelet im je građen od kalcijevog karbonata ($CaCO_{3)}$, većina predstavnika ovog razreda nastanjuju topla i plitka morska staništa.
2. Hexactinellida (staklače) su spužve čiji je skelet građen od silicijevog dioksida (silicijev(IV) oksid, silika, SiO_2). Uglavnom nastanjuju duboka mora. Specifične su po sincitijskom tkivu, koje čini vanjski sloj stanica.
3. Demospongia (kremenorožnjače) su najveća skupina spužava i nastanjuju brojna staništa, uključujući i slatkovodna staništa. Skelet im je građen od proteina spongina[43] ili silicijevog dioksida, ili oboje.
4. Homoscleromorpha su se donedavno svrstavale među kremenorožnjače. Ova mala skupina spužvi je također i jedina čiji pripadnici imaju bazalnu membranu u odraslom stadiju.[44]

[41] Matošević, 2018. str. 1.
[42] Isto
[43] modificirani tip proteina kolagena, izvor: https://en.wikipedia.org/wiki/Spongin
[44] Matošević, 2018. str. 1.

Slika 19. Spužva (autor: S. Puljas, Prirodoslovno - matematički fakultet u Splitu, Biološki odsjek, 2019.)



Slika 20. Iglice spužvi (autor: S. Puljas, Prirodoslovno - matematički fakultet u Splitu, Biološki odsjek, 2019.)

4.1.3. Ishrana i razmnožavanje

Spužve se isključivo hrane filtriranjem bakterija i organskih materijala iz vode. Voda prolazi kroz sitne pore (ostije) koje se nalaze na cijeloj površini tijela te sustavom kanala dolazi u središnju šupljinu (spongocel) iz kojeg izlazi kroz otvore na vrhu tijela (oskulum). Taj sustav šupljina, komora i kanalića kojima struji voda naziva se akviferni sustav[45]. Razmnožavaju se spolno i nespolno. Većina vrsta su hermafroditi, odnosno jedna jedinka proizvodi i muške i ženske spolne stanice. Spužve otpuštaju spermu, koju voda odnese do druge jedinke i oplode se ženske spolne stanice. Iz oplođenih jajnih stanica razviju se slobodnoplutajuće larve, koje se nakon napuštanja tijela spužve prihvate za tlo i nastavljaju razvoj. Spužve imaju veliku sposobnost regeneracije[46].

4.1.4. Biodegradacija podvodnih arheoloških predmeta

Spužve su jedan od organizama koji često razaraju podlogu na kojoj žive. Spužva identificirana na kuglastom keramičkom vrčiću spada u skupinu spužvi kremenorožnjača (sl. br. 19.). Koljeno Porifera je razvilo jedinstven način bušenja zasnovan na djelovanju stanica. Prema A. Zundelevich (2007.), veže se na podlogu i zatim prodire u stijenu pomoću ameboidnih stanica koje se nalaze unutar stijenki njezina tijela te nagriza i odlama kalcitne fragmente s vapnenca. Nakon toga u stijeni ostaje labirint hodnika i rupica veličine nekoliko milimetara, a poneke spužve mogu ostaviti i ljubičaste mrlje. Neke vrste spužvi su pionirske vrste[47] koje prve započnu uništavanje stijene, a nakon njih tu se nastanjuju školjkaši. Ista problematika može vrijediti i za keramički materijal ako posluži kao supstrat spužvi[48].

Treba napomenuti da je simbioza spužvi i mikroorganizama vrlo česta pojava. Ponekad endosimbionti mogu činiti i jednu trećinu spužve. Kod morskih spužvi to su najčešće modrozelene alge koje ih mogu obojiti. Spužve često stvaraju odnose sa prokariotama te pružaju utočište mnogim beskralježnjacima.

4.2. OPĆA STRUKTURALNA I FUNKCIONALNA OBILJEŽJA ŽARNJAKA (KOLJENO CNIDARIA)

[45] Sindičić, 2014. str. 13.
[46] Isto
[47] Pionirske vrste su uglavnom mikroskopske i manje makroskopske spužve koje pripreme podlogu za ostale životinje tj. za njihove ličinke stvore pukotine u koje će se te ličinke smjestiti.
[48] Zundelevich, 2014. str. 91- 96.

Slika 21. Koraljni greben (autor: Greg Lecoeur, Nat Geo Image Collection, https://www.nationalgeographic.co.uk/environment-and-conservation/2020/06/scientists-are-trying-to-save-coral-reefs-heres-whats-working, 2020.)

Koralji (latinski: Anthozoa) razred su u koljenu žarnjaka[49]. Za razliku od spužvi, kod koralja se pojavljuje organizacija stanica u različita tkiva. Žarnjaci su višestanični beskralježnjaci koji žive u morima te, rjeđe, u slatkim vodama. Žarnice su specijalizirane stanice koje se nalaze na vrhu lovki. Približavanje potencijalnog plijena aktivira izbacivanje žarne niti iz žarnice koja ubada plijen i ispušta otrov[50]. Žive sesilnim načinom života, pojedinačno ili u kolonijama, vezani za čvrstu podlogu ili ukopani u pijesak ili mulj. Koralji koji tvore kolonije prekrivaju podlogu ili tvore kosture najrazličitijih oblika, te grade grebene. Za vrste koje su grebenotvorci karakteristično je da žive u plitkoj i bistroj vodi zbog simbiotskog odnosa s algama[51].

Žarnjaci se dijele na četiri razreda: obrubnjaci (Hydrozoa), režnjaci (Scyphozoa), kubomeduze (Cubozoa) i koralji (Anthozoa)[52]

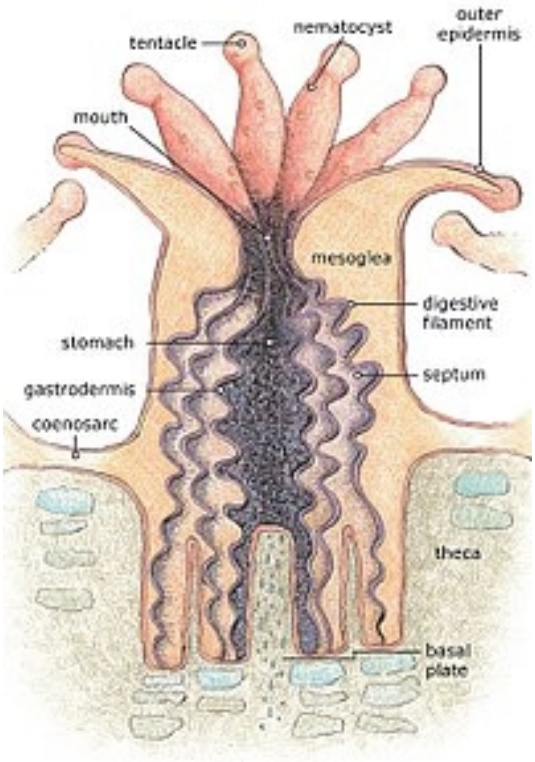
Najveći razred u koljenu žarnjaka, Anthozoa, broji više od 6000 vrsta. Razvrstava ih se u 9 redova i 150 porodica[53]. U Jadranskom moru je do sada registrirana ukupno 91 vrsta iz razreda koralja. Trenutačno je zakonom zaštićeno ukupno 14 vrsta[54].

[49] Cafuta, 2010, str. 3.
[50] Sindičić, 2014, str. 14.
[51] Šaić, 2012, str. 3.
[52] Sindičić, 2014, str. 14.
[53] Cafuta, 2010, str. 3.
[54] Sindičić, 2014, str. 14.

4.2.1. Taksonomija

Carstvo	Animalia
Koljeno	Cnidaria – žarnjaci
Razred	Anthozoa – koralji
Podrazred	Alcyonaria ili Octocorallia Zoanthiniaria ili Hexacorallia

4.2.2. Građa



Slika 22. Građa polipa koralja (izvor: https://hr.wikipedia.org/wiki/Žarnjaci)

Tijelo žarnjaka ima dva osnovna oblika. Tijelo oblika vaze, prisutno kod koralja, je sesilno - stoji uspravno na podlozi i naziva se polip, a lovke okružuju usta na gornjem vrhu tijela. Drugi oblik je pokretan – meduza, oblik tijela nalikuje kišobranu, te su usta i lovke okrenuti prema dolje[55]. Polip koralja se sastoji od 3 osnovna sloja:

a) vanjski sloj ili epiderma koja luči vanjske skeletne tvorbe. Unutrašnje nastaju u

[55] Isto

mezogleji[56].

b) unutarnji sloj koji obavija probavne stanice gastrovaskularne šupljine. Od svih žarnjaka samo koralji imaju ždrijelo koje povezuje gastrovaskulanu šupljinu s
ustima. Na površini ždrijela nalazi se jedan ili više žljebova (sifonoglifa). Gastrovaskularna šupljina podijeljena je potpunim septama koje dopiru
do ždrijela i nepotpunim septama koje s njima alterniraju. Šupljine su međusobno povezane endodermalnim sustavom cijevi koje se zovu solenije [57].

c) mezogleja, središnji sloj koja je bogata stanicama i vlakancima vezivnog tkiva [58].

Slika 23. Koralj (autor: S. Puljas, Prirodoslovno - matematički fakultet u Splitu, Biološki odsjek, 2019.)

4.2.3. Disanje, ishrana i razmnožavanje

Kod koralja, ždrijelo se spušta ispod usta u gastrovaskularnu šupljinu. S unutrašnje strane je jedan ili više žlijebova kroz koje prolazi voda izravo u gastrovaskularnu šupljinu gdje se upotrebljava za disanje. Trepetljike na sifonoglifima pomažu strujanju vode [59] .

Koralji, slično drugim žarnjacima, uglavnom su karnivorni. Hrane se planktonskim, ali i drugim organizmima, npr. kolutićavcima, mekušcima, manjim ribama, i sl. Hranu hvataju

[56] Šaić, 2012, str. 4.-6.
[57] Isto
[58] Miletić, 2012, str. 4.
[59] Miletić, 2012, str. 5.

lovkama, a nekima pri tome pomažu trepetljike na kolumni, usnoj ploči i lovkama[60]. Svi koraljni polipi dijele dvije osnovne strukture sa ostalim skupinama, a to je gastrovaskularna šupljina koja se otvara samo na jednom kraju koji se naziva usta, u koji ulazi hrana i izlaze metabolički otpad van. Druga struktura je krug lovki, produžeci koji okružuju usta. Pomoću lovki koralji hvataju hranu i štite koralje od neprijatelja[61]. Koralji su razvili mogućnost spolnog i nespolnog razmnožavanja. Nespolno razmnožavanje se događa kada koralji dosegnu određenu veličinu i nakon određenog broja dioba. Tijekom nespolnog razmnožavanja razvija se mladi polip, koji se odvaja od matičnog polipa da bi razvio nove kolonije[62]. Spolno razmnožavanje se razlikuje od vrste do vrste. Tri četvrtine kamenih koralja su hermatofroditi, tj. imaju mogućnost stvarati istovremeno muške i ženske spolne stanice (gamete). Ostale kolonije koralja stvaraju samo muške ili ženske gamete (gonohorni koralji).
Otpuštaju na tisuće jajašaca (ženska gameta) i spermija (muška gameta) u vodu.
Dolazi do stapanja gameta u vodi i formiranja ličinke ili planule. Jedna kolonija srednje veličine može proizvesti i do tisuću planula godišnje. Planula pliva uzvodno, prema svijetlosti da bi došla do površine i tada ju nosi struja vode. Nakon što neko vrijeme pluta na površini, planula se vraća opet na dno gdje će se smjestiti i stvoriti novu koloniju[63].

4.2.4. Biodegradacija podvodnih arheoloških predmeta

Karbonatni skeletni ostaci koralja očituju se kao bijeli spužvasti klasteri koji u svojoj strukturi mogu sadržavati primjese pijeska i zemljinog materijala. Često su prilijepljeni za podlogu i jako tvrdi stoga mogu izazvati pucanje keramičkog predmeta pod njihovom težinom[64].

4.3. OPĆA STRUKTURALNA I FUNKCIONALNA OBILJEŽJA MEKUŠACA (KOLJENO MOLLUSCA*)*

Koljeno Mekušci (latinski: Mollusca) pripadaju beskralježnjacima s približno 128 000 vrsta. Od toga je oko 40 000 vrsta izumrlih., Prema literaturi, mekušaca ima dva puta više nego svih kralješnjaka zajedno [65]. Naziv mekušci potječe od latinske riječi molis što znači mekan, gibak, nježan, a odnosi se na mekano tijelo koje se nalazi unutar čvrste

[60] Isto
[61] Cafuta, 2010, str. 7.
[62] Veseli, 2015, str. 12 - 17.
[63] Isto
[64] Mustaček, 2011, str. 16 - 23.
[65] Budak, 2015, str. 1.

ljušture[66].Građa tijela jasno izdvaja ove životinje od ostatka životinjskog carstva. Imaju mekano nekolutićavo tijelo bez skeleta. Vanjska ljuštura (školjka) građena je od kalcijevog karbonata stoga preuzima funkciju zaštite i potpore tijelu[67].

Danas se mekušci dijele u 7 razreda[68]:

1)	razred	Monoplacophora – jednoljušturaši
2)	razred	Aplacophora ili Solenogastres – bezljušturaši ili trbožlijepci
3)	razred	Polyplacophora ili Placophora ili Loricata – mnogoljušturaši
4)	razred	Scaphopoda ili Solenoconcha – koponošci
5)	razred	Gastropoda – puževi
5.1)	podrazred	Prosobranchiata ili Chiastoneura – prednjoškržnjaci
5.2)	podrazred	Opisthobranchiata – stražnjoškržnjaci
5.3)	podrazred	Pulmonata – plućnjaci
6)	razred	Bivalvia ili Pelecypoda ili Lamellibranchiata ili Acephala – školjkaši
7)	razred	Cephalopoda ili Siphonopoda – glavonošci
7.1)	podrazred	Tetrabranchiata ili Ectocochlia –

[66] Šimunić, 2013, str. 3.
[67] Budak, 2015, str. 2.
[68] Matvijev, 2014, str. 1.

		četvoroškržnjaci
7.2)	podrazred	Dibranchiata ili Endocochlia ili Coleoidea – dvoškržnjaci (Ivo Matoničkin i sur., 1998.)

Zbog svojih karakteristika, mekušci su vrlo prilagodljivi organizmi i moguće ih je pronaći u različitim biotopima, nastanjuju mora, slatke vode i kopno. U početku su obitavali u moru, kasnije su prešli i u kopnene vode, pa ih danas možemo podjednako naći i u slanim i u slatkim vodama[69].

4.3.1.Građa

Mekušci se međusobno razlikuju u načinu razvoja i funkcioniranju triju područja tijela. Prvo je glaveno-stopalno područje koje sadrži živčevlje s više osjetila i s organima za kretanje. Drugo područje obuhvaća tzv. visceralni dio u kojem su koncentrirani organi za probavu, ekskreciju i razmnožavanje. Treći dio zauzima plašt (pallium) koji omata visceralni dio i izlučuje ljušturu[70].

Krv se dijelom prenosi krvnim žilama, a dijelom slobodno teče tjelesnom šupljinom jer imaju srce i otvoreni cirkulacijski sustav. Mekušci imaju razvijen živčani sustav te osjetila poput ticala, očiju i kemoreceptora za praćenje sastava vode. Puževi u ustima imaju niz hitinskih zubića (radula - trenica) koji im potpomažu uzimanju hrane[71].

4.3.2. Opće karakteristike puževa (razred Gastopoda)

Puževi čine najveću i najraznovrsniju skupina mekušaca. Ljuštura spiralnog oblika je evolucijska prilagodba koja je čini laganijom i jednostavnijom za kretanje.

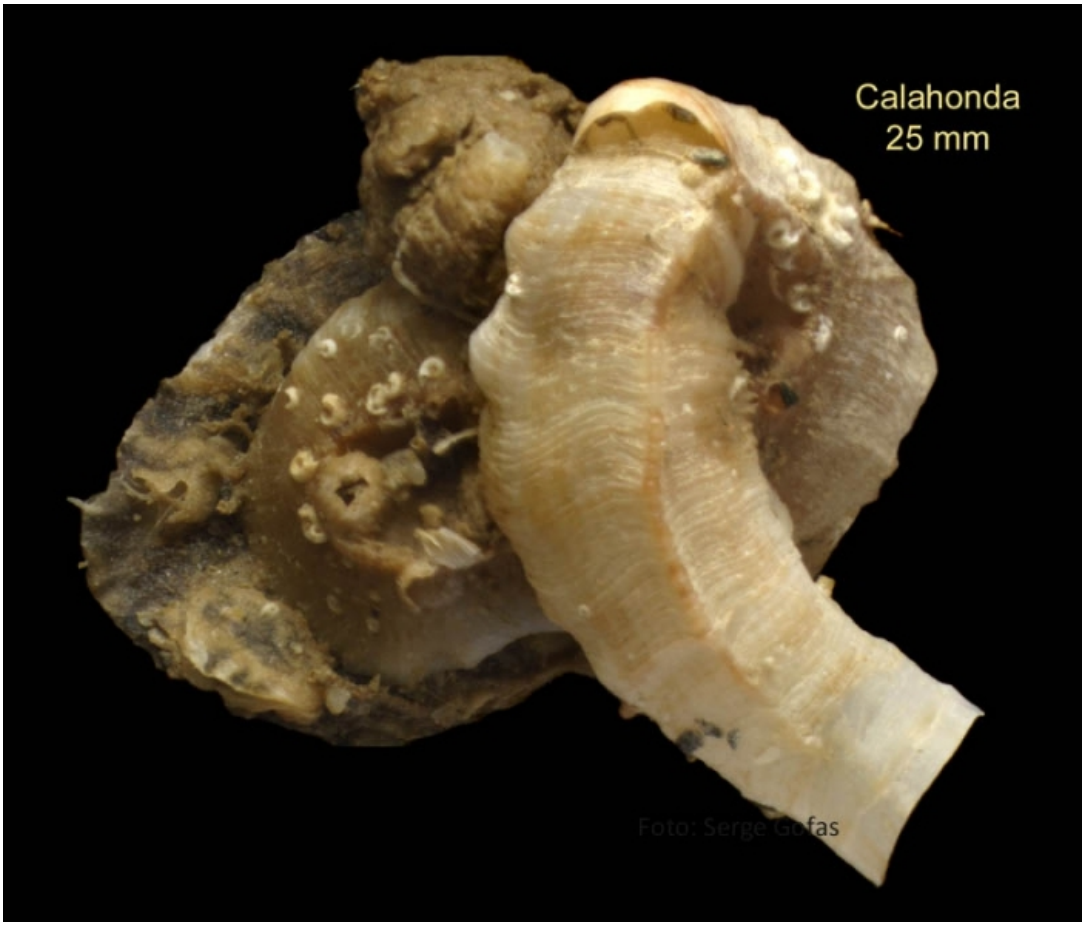
[69] Budak, 2015, str. 2.
[70] Isto
[71] Sindičić, 2014, str. 20 - 23.

Organ za kretanje i utrobni dio mogu se u potpunosti uvući u ljušturu te se otvor zatvara pomoću poklopca zvanog operkulum. U Hrvatskoj su do sada opisane 524 vrste puževa, od čega se čak 31 vrsta smatra ugroženom te su zakonski zaštićene. Neki od tipičnih stanovnika Jadranskog mora su ogrc (*Phorcus turbinatus* (Born, 1778)), priljepak *(Patella vulgata* Linnaeus, 1758) i volak (*Bolinus brandaris* (Linnaeus, 1758))[72].

4.3.2.1. Taksonomija

Carstvo	Animalia
Koljeno	Mollusca
Razred	Gastropoda
Podrazred	Caenogastropoda
Red	Littorinimorpha
Nadporodica	Vermetoidea
Porodica	Vermetidae
Rod	*Vermetus*
Vrsta	*Vermetus triquetrus* Bivona-Bernardi, 1832

[72] Isto



Slika 24. Vermetus triquetrus, primjerak iz Calahonde, Málage, Španjolska; stvarna veličina 25 mm (autor:Gofas Serge, 2011. izvor: http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=image&tid=141944&pic=73359)

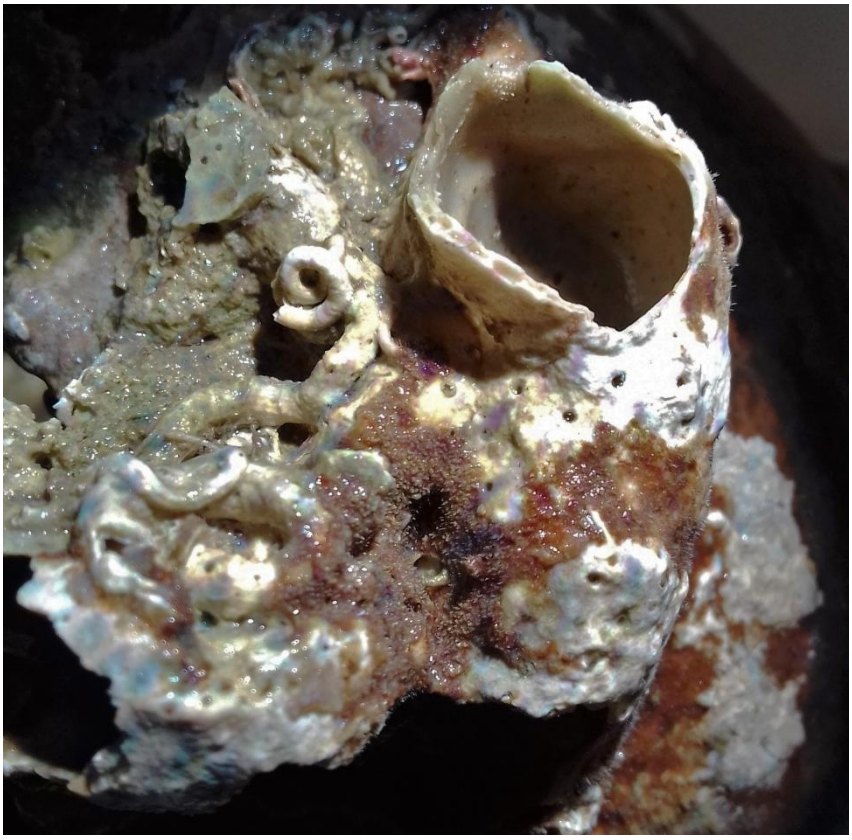
4.3.2.2. Disanje, ishrana i razmnožavanje

Mekušci imaju razvijene škrge koje služe za razmjenu kisika i ugljikova dioksida između organizma i vode. Puževi se hrane se vrlo raznoliko – biljkama, životinjama, planktonom, mrtvim organskim materijalom te mogu biti i paraziti. Spol je u većine vrsta odvojen te se pojavljuje i unutarnja oplodnja. Ličinke mekušaca žive kao dio planktona[73].

4.3.2.3. Biodegradacija podvodnih arheoloških predmeta

Karbonatni skeletni ostaci puževa mogu biti čvrsto prilijepljeni za podlogu i teški za uklanjanje.

[73] Isto



Slika 25. Puž-*Vermetus triquetrus* (autor: S. Puljas, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Splitu; Biološki odsjek)

4.3.3. Opće karakteristike školjkaša (razred Bivalvia)

Školjkaši (latinski: Bivalvia) su isključivo vodeni mekušci koji imaju tijelo zaštićeno s dvije uglavljene ljušture. Obuhvaćaju približno oko 15 000 vrsta od kojih većina živi u moru, iako neke vrste obitavaju i u slatkoj vodi[74]. Žive zakopani u mekano dno ili tvrdu podlogu, prihvaćeni za podlogu na dnu, a manji broj vrsta su neprihvaćeni za podlogu i mogu se kretati. Neke vrste školjaka izlučuju kemikalije pomoću kojih omekšavaju podlogu koju nastanjuju. U Jadranskom moru opisano je oko 250 vrsta, a neki od predstavnika su: prstac (*Lithophaga lithophaga* (Linnaeus, 1758)), dagnja (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819), Jakobova kapica (*Pecten jacobaeus* (Linnaeus, 1758)), periska (*Pinna nobilis* Linnaeus, 1758*)* i kamenica (*Ostrea edulis* Linnaeus, 1758)[75].

[74] Budak, 2015, str. 3.
[75] Sindičić, 2014, str. 20 -23.

4.3.3.1. Građa

Školjkaši su bilateralni organizmi koji nemaju unutarnji skelet nego dvije simetrične ili asimetrične ljušture koje pružaju tijelu sigurnost i zaštitu. Boja i oblik variraju od vrste do vrste, čak i unutar vrste mogu znatno varirati što upućuje na veliki utjecaj različitih čimbenika vodenog ekosistema koji mogu uzrokovati promjenu boje i oblika. Rub ljušture sadrži niz zubića i udubina koja su važni za determinaciju organizma. Prema njihovoj građi dijelimo ih na jednozupke (Toxodonta), raznozupke (Heterodonta) i bezupke (Anodonta). Nemaju glavu i slabo su pokretljivi organizmi koji veličinom variraju od nekoliko mm sve do 1 m. Ovalna, glatka i izdužena ljuštura pojedinim vrstama koje se zakopavaju u sediment dna omogućuje lakše kretanje kroz sediment[76].

4.3.3.2. Disanje, ishrana i razmnožavanje

Najvažniji organi plaštane šupljine su stopalo i škrge. Škrge im omogućuju izmjenu plinova i prehranu filtriranjem planktona u vodi, dok se pomoću stopala pokreću i zakopavaju u sediment dna. Uglavnom su razdvojena spola pri čemu je, većinom, oplodnja vanjska iako je u nekih vrsta zabilježena unutarnja, u plaštanoj šupljini. Oplođena jajašca su mala i siromašna žumanjkom. U slatkovodnih školjkaša zrela jaja se zadržavaju na škrgama, te se u međuškržnim prostorima razvijaju ličinke i mladi školjkaši. Neke vrste imaju obligatorni parazitski stadij pri čemu se ličinka glohidija prihvati za slatkovodnu ribu koja joj, pored inkubacije određeni vremenski period, omogućuje jednostavno i brzo rasprostiranje na nova područja što je važno za invazivne vrste[77].

4.3.3.3. Opće značajke prstaca (*Lithophaga lithophaga* (Linnaeus, 1758)

Prstac živi u stijeni. Njegovu prisutnost izvana odaju rupice na površini stijene koji se može naći od zone plime i oseke do dvadesetak metara dubine. Na stjenovitoj obali našega primorja i otoka prstaca se može naći gotovo posvuda, negdje gušće, a drugdje rjeđe naseljenog. Za svoja staništa odabire pozicije gdje je jače strujanje mora. Nema ga jedino tamo gdje valovi jako udaraju u obalu i gdje je more smanjenoga saliniteta.

[76] Budak, 2015, str. 3.
[77] Isto, str. 3.

Izlučivanjem kiseline prstac u stijeni buši glatke udubine, a kako se one šire tako i prstac raste. Njegov je rast izuzetno spor i ne može se uspoređivati ni s jednom drugom vrstom školjkaša koja živi u Jadranu[78].

4.3.3.4. Taksonomija

Taksonomska klasifikacija (prema World Register of Marine Species):

Carstvo	Animalia
Koljeno	Mollusca
Razred	Bivalvia
Podrazred	Autobranchia
Infraclass	Pteriomorphia
Red	Mytilida
Nadporodica	Mytiloidea
Porodica	Mytilidae
Potporodica	Lithophaginae
Rod	*Lithophaga*
Vrsta	*Lithophaga lithophaga* (Linnaeus, 1758)

Slika 26. Prstac, primjerak dužine 75 mm iz otoka Porosa, Grčka (foto: Natural History Museum Rotterdam, 1997.)

[78] Isto

4.3.3.5. Građa prstaca

Prstac ima duguljastu ovalnu školjku, tankih i glatkih ljuštura. Na vanjskoj strani ljušture vidljive su svojevrsne elipsaste krivulje. Vanjska strana ljušture ima svjetliju ili tamniju kestenjastu boju, dok je iznutra svijetla. Prosječni primjerci teški su dva dag i dugi 8 do 9 cm, a mogu izrasti u duljinu i više od 12 cm[79].

Na području ACI marine, lučice Zenta i lučice Split provedena su istraživanja vremenu potrebnom za rast prstaca. Odabranim područjima poznata je godina izgradnje, što omogućava praćenje razvoja organizama. Na području lučice Split nakon 35 godina pronađen je prstac dužine 78 mm. Isti postupak proveden je i na području Zente nakon 10 godina, ali nije pronađen nijedan primjerak prstaca, što znači da je potrebno još 25 godina da se razvije do veličine 78 mm. Prema nekim istraživanjima prstacu je za useljavanje potrebno 5 do 10 godina nakon spuštanja kamena u more. Dužinu 5 do 6 cm postiže za 15 do 20 godina, odnosno 12 cm za oko 80 godina[80].

4.3.3.6. Biodeteriološko djelovanje na podvodne arheološke predmete

Rastapajući slojeve keramike kiselinom iz žlijezda i gibanjem pomoću stopala, Ličinke školjkaša, tako i prstaca zauzimaju sitne pukotine na podlozi koja je pripremljena pomoću prije spomenutih pionirskih vrsti. Kada se ličinke smjeste u te male pukotine, one rastom proširuju rupe i hodnike uz pomoć kiseline koju izlučuju. Površina i struktura izbrazdana hodnicima i tunelima stvaraju povoljne uvjete za kasniji smještaj ostalih sesilnih i slabo pokretnih vrsta[81].

[79] Šimunić, 2013, str. 9.
[80] Miliša, Bizjak, 2010, str. 234 - 236.
[81] Isto

Slika 27. Trag prstaca na keramičkoj posudi (autor: T. Kaličanin, 2020.)

4.4. OPĆA STRUKTURALNA I FUNKCIONALNA OBILJEŽJA KOLUTIĆAVACA (KOLJENO ANELLIDA)

Kolutićavci su segmentirani crvi koji nastanjuju mora, slatke vode i kopno. Više od 16 000 identificiranih vrsta podijeljeno je na dva razreda – razred maločetinaša (Oligocheata) i razred pojasnika (Clitellata), kojemu pripadaju podrazredi mnogočetinaši (Policheata) i pijavice (Hirudinea)[82].

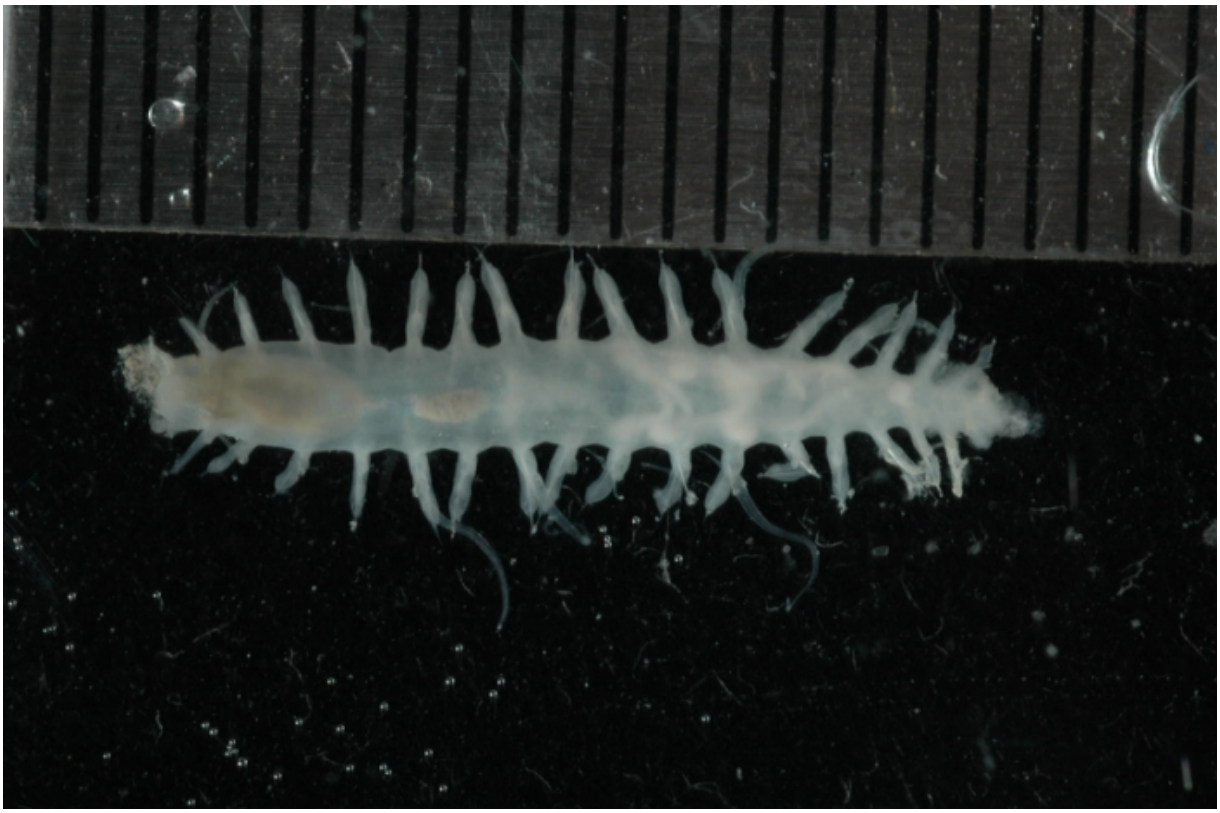
Polihetni crvi (Polichaeta) pronađeni na keramičkim primjercima na lokallitetu Žirje pripadaju najjednostavnijim kolutićavcima skupine mnogočetinaši. Postoje vrste koje žive sjedilački (sesilne), pričvršćene za čvrstu podlogu i oblici koji se aktivno kreću morskim medijem[83].

4.4.1. Taksonomija

Carstvo	Animalia
Koljeno	Annelida

[82] Sindičić, 2014, str. 23.
[83] Miliša, Bizjak, 2010, str. 235.

Razred	Polychaeta
Podrazred	Sedentaria
Infraclass	Canalipalpata
Red	Sabellida
Porodica	Serpulidae



Slika 28. Polihetni crv iz dubine od -4650m (autor: Bruno Danis, 2007 izvor: http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=image&tid=883&pic=11045.)

4.4.2. Građa

Tijelo kolutićavaca podijeljeno je na jednake dijelove (segmente ili kolutiće) koji se još nazivaju i metamere. Linearno su poredane uzduž osi tijela. Glava i stražnji kraj tijela nisu segmentirani. Svaki segment tijela sadržava parni celom, odnosno lijevu i desnu tjelesnu šupljinu, a segmenti su međusobno odijeljeni septama (pregradama).

4.4.3. Disanje, ishrana i razmnožavanje

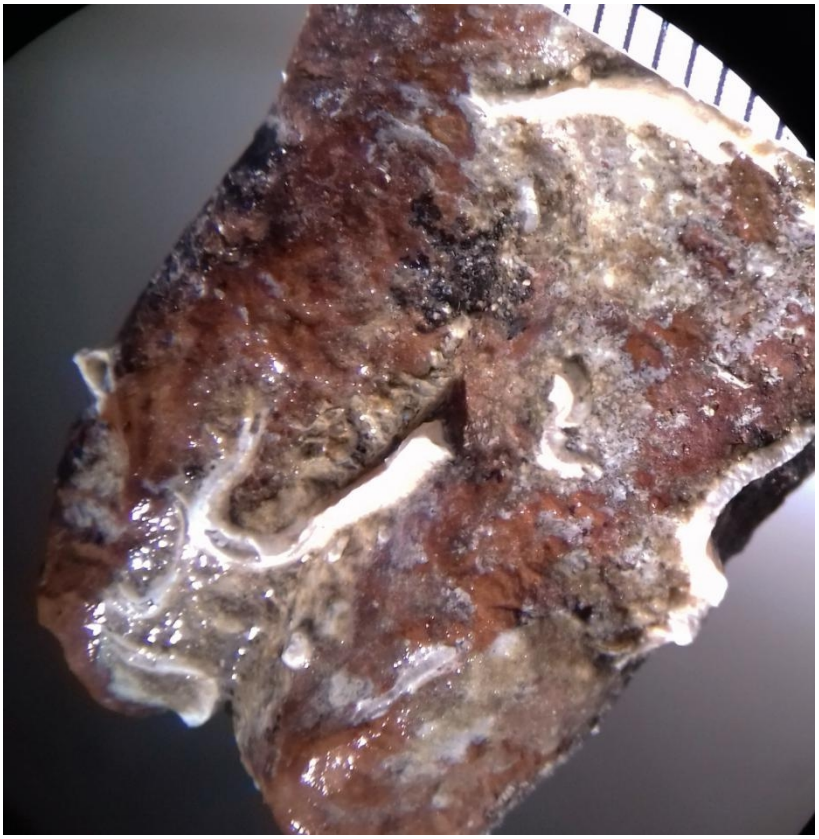
Mnogi oblici kolutićavaca razvili su morfološku prilagodbu koja im omogućuje hranjenje naslagama s tla. Neke vrste hrane se filtrirajući vodu[84].

4.4.4. Biodeterioliološko djelovanje na podvodne arheološke predmete

Vrste kolutićavaca koje filtriraju vodu oformljuju kružne cjevčice promjera 0,2 do 2 mm koje mogu prodrijeti i do 10 cm u unutrašnjost supstrata (morska stijena, koralj, ili u ovom slučaju keramički materijal). Neke vrste pri ukopavanju koriste čeljust, a neke buše kemijski uz mehaničku abraziju. Manja abrazija nastaje zbog struganja četina tih životinja po stijenkama cjevčica prilikom pokretanja tih organizama. Polihetni crvi čine 44% sveukupne biomase morskih sedimenata[85].

Slika 29... Cjevaši (autor: S. Puljas, Prirodoslovno - matematički fakultet Sveučilišta u Splitu; Biološki odsjek, 2019.)

[84] Miliša, Bizjak, 2010, str. 235.
[85] Isto



Slika 30. Cjevaši (autor: S. Puljas, Prirodoslovno - matematički fakultet Sveučilišta u Splitu; Biološki odsjek, 2019.)

4.5. OPĆA STRUKTURALNA I FUNKCIONALNA OBILJEŽJA MAHOVNJAKA (KOLJENO BRYOZOA)

Mahovnjaci su koljeno Bryozoa i predstavljaju jednu od najmanje poznatih skupina životinja u Jadranskom moru. Uz istočnu obalu Jadrana do danas je zabilježeno 290 vrsta, u Mediteranu oko 400 vrsta, a u svijetu više od 5 600 recentnih te više od 14 700 fosilnih vrsta.[86]

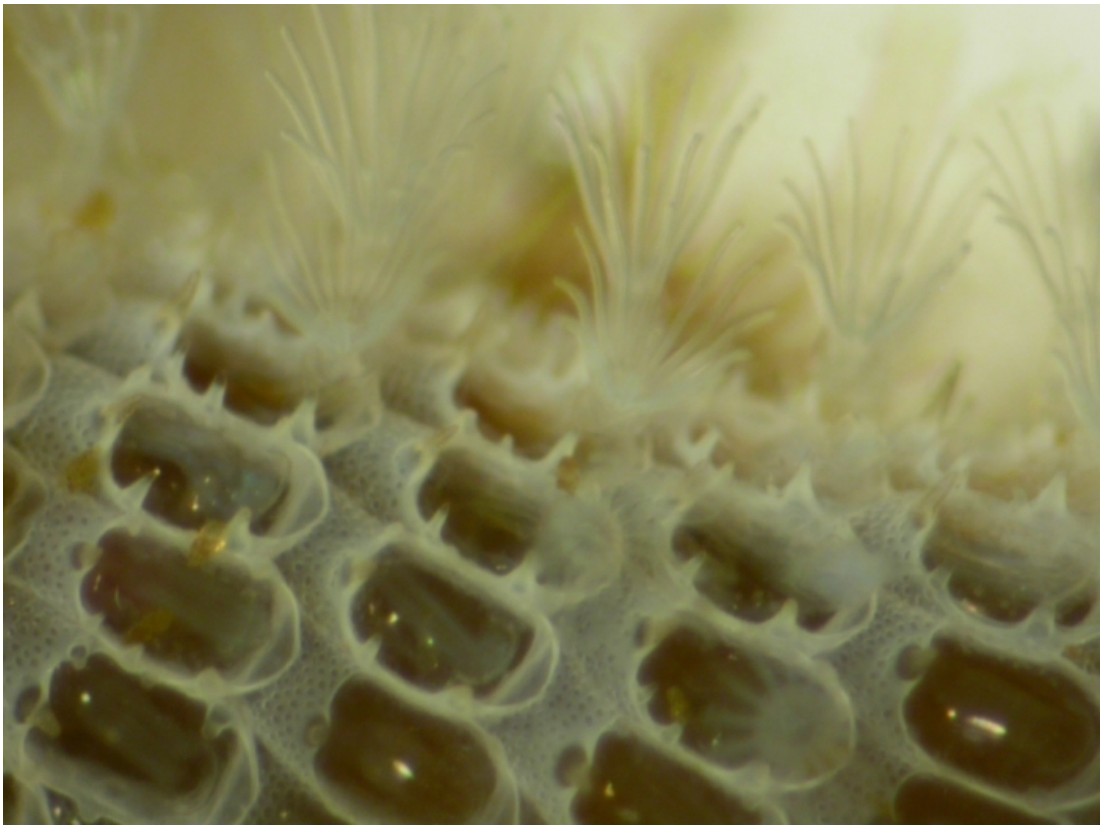
Mahovnjaci su životinje koje žive sjedilački i čije se kolonije razvijaju pupanjem zooida. Žive i u slatkim vodama, ali najčešće u moru[87].

Rastu na svakoj čvrstoj podlozi: stijenama, talusima algi, listovima i podancima cvjetnice *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile, 1813, na ljušturama školjkaša i puževa pa čak i jedni na drugima. Uski morski prolazi, zaštićeni od valova, ali s jakim strujama koje donose mnoštvo hrane najčešća su staništa mahovnjaka[88].

[86] Novosel, 2007, str. 157.
[87] Kobetić, 2009, str. 7 - 11.
[88] Isto

4.5.1. Taksonomija

Carstvo	Animalia
Koljeno	Bryozoa



Slika 31. Mahovnjak (autor: Boyen, Catherine, 2014.izvor: http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=image&tid=146142&pic=99175)

4.5.2. Građa

Oblici kolonija mahovnjaka su različiti. Razvijaju se kao koraste, vapnenaste ili želatinozne prevlake, u obliku dugih razgranatih lanaca, grmolike ili spiralne. Ima ih čvrstih i masivnih poput roda *Pentapora* i krhkih poput roda *Reteporella*. Osnovna podjela mahovnjaka jest na morske i slatkovodne[89].

[89] Isto

4.5.3. Disanje, ishrana i razmnožavanje

Mahovnjaci su većinom hermafroditi, odnosno imaju organe za razmnožavanje koji uključuju obilježja i funkcije oba spola, ali su poznate i vrste razdvojenog spola. Životinje ispuštaju spermije i jajašca u more. Velika jajašca sa žumanjkom sazrijevaju uglavnom unutar zooida i dospijevaju u specijaliziranu komoru za razmnožavanje zvanu ovicel gdje se razvijaju embriji. Jajašca i embriji često su jarko žute, narančaste ili crvene boje.

Ličinke otpuštene iz ovicela se ne hrane već se vrlo brzo pričvršćuju za čvrstu podlogu. Nakon kratke faze plivanja, ličinke traže odgovarajuće mjesto za prihvat. One klize po površini pomoću cilija i najvjerojatnije pipaju i osjećaju podlogu pomoću duge peraste cilije. Mogu se privremeno pričvrstiti za podlogu u bilo koje vrijeme. Stalnu fiksaciju postižu tako da zgrabe podlogu brazdom nakon čega slijedi izbacivanje unutrašnje vreće čija izlučevina "zacementira" ličinku za podlogu. Metamorfoza nastupa vrlo brzo. Okrugla ličinka se transformira u plosnati disk čvrsto prilegnut uz podlogu. Disk se ubrzo razvija u primarni zooid ili ancestrulu koja se razlikuje od budućeg, odraslog zooida. Iz ancestrule se pupanjem razvijaju zooidi kćeri. Vrijeme razmnožavanja varira od vrste do vrste.

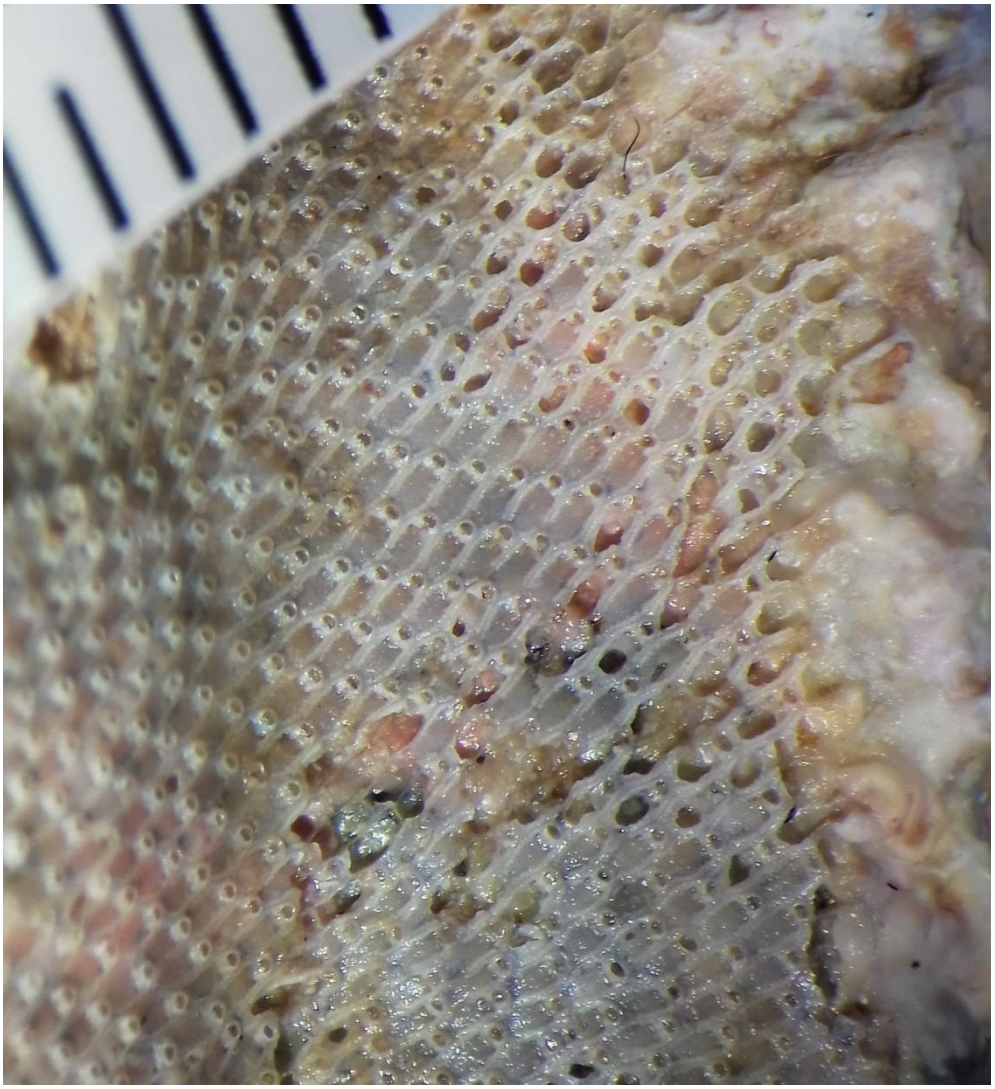
Većina mahovnjaka ulazi u fazu brzog rasta u rano proljeće što je vjerojatno povezano s povećanjem dužine dana, porastom temperature, a time i povećanjem količine planktona, tj. hrane. Zimi se brzina rasta usporava[90]. Predatori mahovnjaka su morski ježinci koji često prelaze preko njihovih kolonija i pasu te mekušci, osobito goli puževi.

4.5.4. Biodeteriološko djelovanje na podvodne arheološke predmete

Karbonatni skeletni ostaci puževa mogu biti čvrsto prilijepljeni za podlogu i teški za uklanjanje.

[90] Kobetić, 2009, str. 7 - 11.

Slika 32. Mahovnjaci (autor: S. Puljas, Prirodoslovno - matematički fakultet Sveučilišta u Splitu; Biološki odsjek, 2019.)



Slika 33. Mahovnjaci (autor: S. Puljas, Prirodoslovno - matematički fakultet Sveučilišta u Splitu; Biološki odsjek, 2019.)

4.6. ALGE

Pod pojmom alge podrazumijeva se velika raznovrsna grupa jednostavnih, autotrofnih organizama koji mogu biti jednostanični i višestanični. Posjeduju mogućnost fotosinteze kao i biljke, ali ne posjeduju specifične organe biljaka, pa radi toga se ne uvrštavaju u biljke[91]. Apsorbiraju potrebne nutrijente iz vode koja ih okružuje, stoga nemaju potrebu za korijenjem, stabljikom, lišćem i složenim provodnim tkivom[92].

Najveći broj algi živi u vodi, mada mnoge žive van vode primjerice na kori drveća, vlažnim stijenama, građevinskom materijalu i sl. Žive samostalno i u zajednici s drugim biljkama ili životinjama. Razmnožavaju se vegetativno, bespolno—sporama i spolno.

Sve alge su eukarioti osim modrozelenih algi koje su prokariotie, iako se danas ove alge svrstavaju u bakterije. Znanost koja proučava alge se zove algologija ili fikologija[93].

Morskim algama nužna je prisutnost morske vode, dovoljno svjetla za odvijanje procesa fotosinteze i točka za koju se mogu pričvrstiti, pa kao rezultat tih zahtjeva, najčešće nastanjuju priobalnu zonu. Alge koje lebde ili plutaju u vodi čine plankton, a one koje su pričvršćene za dno čine bentos[94].

Tradicionalna i najčešća podjela je ona u četiri različite grupe obzirom na pigmente koji sadrže: zelene alge (Chlorophyta), plave alge (Cyanophyta), smeđe alge (Phaeophyta) i crvene alge (Rhodophyta)[95]

[91] Preuzeto s http://www.wikiwand.com/bs/Alge, pristup ostvaren 9.10.2020.
[92] Botić, 2018, str. 2.
[93] Preuzeto s http://www.wikiwand.com/bs/Alge, pristup ostvaren 9.10.2020.
[94] Botić, 2018, str. 2
[95] Smoljo, 2018.

4.6.1. Crvene alge

Crvene alge (lat. Rhodophyta, od grč. ῥόδον *–rodon*= crven + φυτόν *–fiton*= biljka) su velika skupina najčešće višestaničnih, morskih algi, uključujući i mnoge morske trave[96]. Osim nekoliko vrsta, crvene alge su isključivo morski organizmi koji se međusobno razlikuju po veličini i obliku. Žive pričvršćene za stijene ili školjke na dubinama i do 200 m[97].

4.6.1.1. Taksonomija

Carstvo	Plantae
Podcarstvo	Biliphyta
Koljeno	Rhodophyta

4.6.1.2. Građa

Raznolike su građe steljke, nitaste, perasto ili viličasto razgranjene, krpaste ili člankovite, a neke raščlanjene u rizoide, kauloide i filoide. Obojene su svjetlocrveno do ljubičasto, rjeđe su crvenoljubičaste ili smeđecrvene. Klorofil a i karotinoidi prekriveni su jako fluorescirajućim crvenim, u vodi topljivim fikoeritrinom; u nekih vrsta nalazi se i modri fikocijan. Produkt asimilacije je floridejski škrob, po svojstvima između škroba i glikogena

4.6.1.3. Razmnožavanje

Razmnožavaju se vegetativno, spolno i nespolno, a značajno je da su nespolne kao i spolne rasplodne stanice nepokretne[98].

[96] Botić, 2018, str. 8
[97] https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=1687, pristup ostvaren 10.11.2020.
[98] Isto

Slika 34. Uzorak crvene alge na posudi inventarnog broja ŽJ-2016-167, snimak digitalnim mikroskopom, povećanje 75x (autor: Tamara Kaličanin, 2020.)

5. OPIS ZATEČENOG STANJA

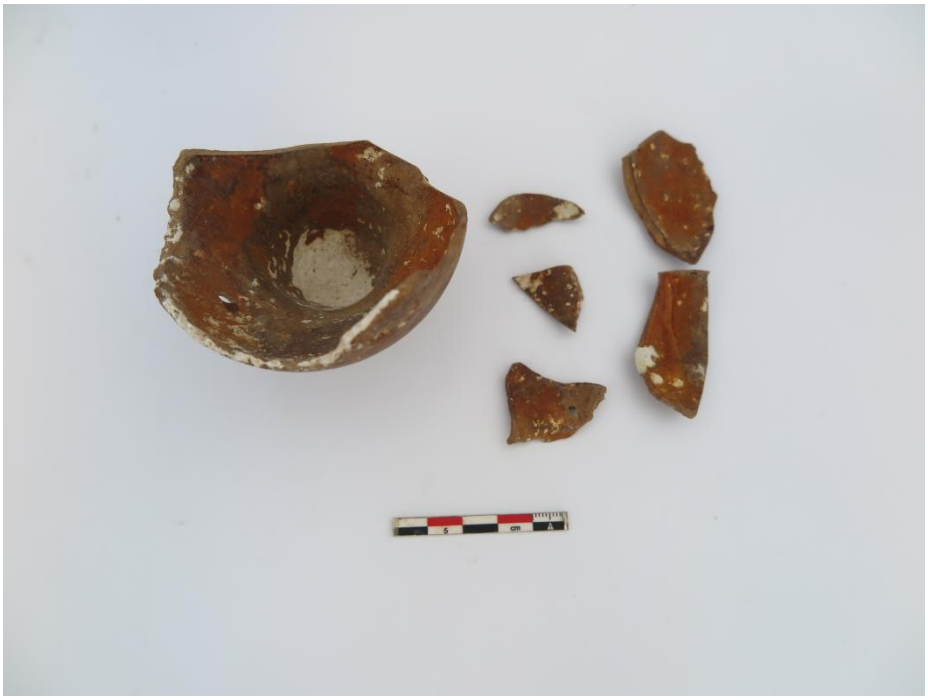
5.1. Kuglasti vrčevi s dvostrukom ručicom s heraklovim čvorom , inventarni broj: Žj-2016-069

Slika 35. Zatečeno stanje kuglastog vrča Žj-2016-069 (autor: Batur, K. 2016.)

Posuda je pronađena gotovo u cijelosti. Nedostaje dio čvora na dvoprutoj ručkici, otkrhnut dio ruba otvora. Kalcitne naslage prekrivaju čitavu površinu vrča, manifestiraju se od oblika bijelog tankog sloja naslaga mahovnjaka sve do sivih dosta tvrdih naslaga. Naslage kalcita apsorbirale su mulj i supstance s morskog dna i dosta su teške.

Kalcitne naslage prošarane su cjevastim ljušturama raznih puževa, školjkaša, spužvama. Alga crne boje (pretpostavlja se da bi moglo biti riječ o crvenoj algi) djelomično je ušla u poroznu strukturu keramike, čišćenje na suhom pomoću skalpela bi učinilo da se dio alge odvoji zajedno sa slojem keramike. Na prvu se doima poput glazure crne boje ili crnog premaza. Crna alga nalazi se na površini keramike, ili naslaga.

5.2. Skyphos/ σκύφος, inventarni broj: Žj-2016-006



Slika 36. Zatečeno stanje *skyphosa* inventarnog broja ZJ-2016-006 (autor: Batur, K. 2016.

Slika 37. Zatečeno stanje *skyphosa* inventarnog broja ZJ-2016-006 (autor: Batur, K. 2016.)

Skyphos je zatečen u jednom komadu i nekoliko manjih, tankih ulomaka. Očuvan donji dio *skyphosa*, dio trbuha, manji dio vrata i otvora. Ručkice u potpunosti nedostaju. Dio trbuha je otkrhnut u nekoliko malih, tankih dijelova.

Skyphos je vjerojatno bio premazan, ali od glazure nije ostalo ništa zbog kontinuiranog utjecaja morskih organizama i supstancama morskog dna koje buše i pjeskare površinu keramike. Na površini *skyphosa* se u manjem obujmu nalaze tanke, bijele kalcitne naslage. Na površini je mjestimično prisutna diskoloracija u obliku crvenih mrlja.

5.3. Skyphos/ σκύφος, inventarni broj: Žj-2016-139

Slika 38. Zatečeno stanje skyphosa inventarnog broja ZJ-2016-139 (autor: Batur, K. 2016.)

Skyphos je zatečen u nekoliko ulomaka. Veći ulomak sa sačuvanom ručkicom, dijelom ruba, vratom i dijelom trubuha i manjih, tankih ulomaka koji se spajaju na dio trbuha velikog ulomka.

Tvrda enkrustacija prošarana ostacima ljuštura zahvatila je ručku i njezine okolne dijelove, a tanke bijele naslaga nalazile su se na ostalim dijelovima skyphosa.

Cijela površina skyphosa bila je prekrivena algom crne boje koja se na prvu doima poput glazure crne boje ili crnog premaza. Crna alga djelomično je ušla u poroznu strukturu keramike, čišćenje na suhom pomoću skalpela bi učinilo da se dio alge odvoji zajedno sa slojem keramike. Crna alga nalazi se na površini keramike, ili naslaga.

5.4. Caccábe/ κακκάβη, inventarni broj: Žj-2016-001

Slika 39. Zatečeno stanje velike posude za kuhanje caccábe (autor: Batur, K. 2016.)

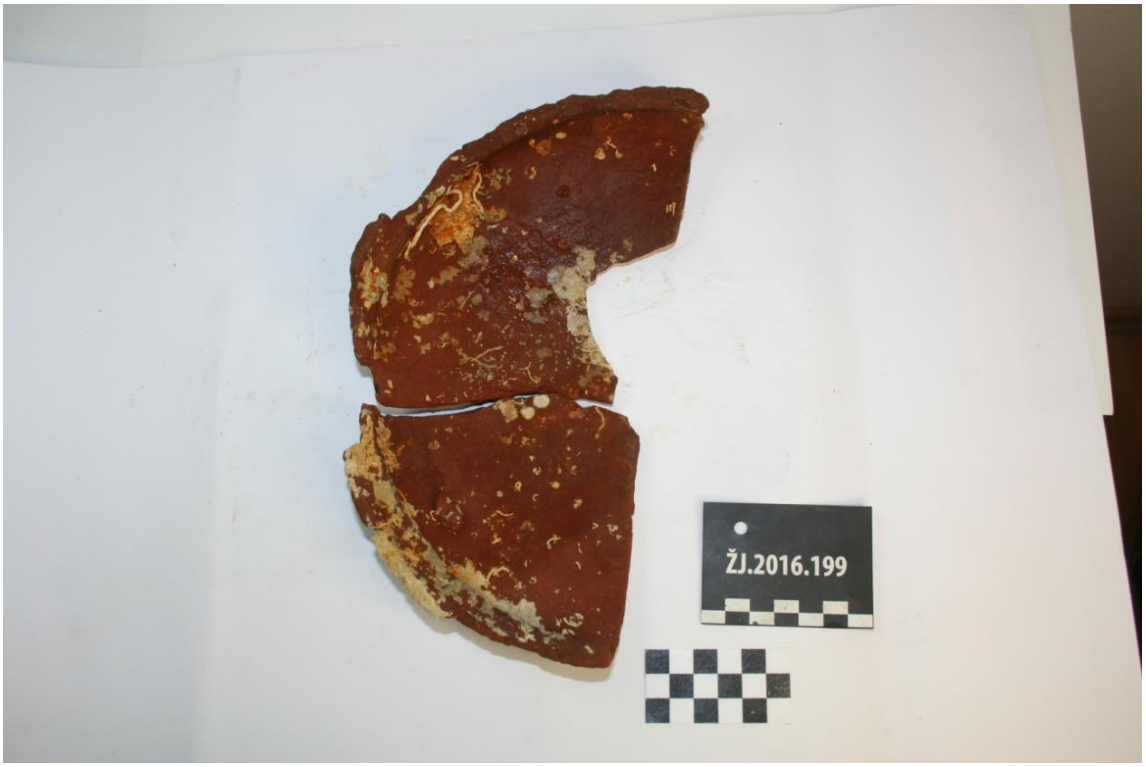
Slika 40. Trag prstaca na vratu posude, pod ručkom (autor: M. Miliša, 2019.)

Posudi manjka čitavi donji dio sa dijelom trbuha. Otvor posude, vrat, ručke, ramena te unutrašnji dio prekriveni su debelim slojem tvrdih kalcitnih naslaga. Naslage su apsorbirale supstance morskog dna i takva kombinacija tvrdih naslaga i morskog mulja čine posudu jako teškom za pomicanje.

Ostatak posude je prošaran tankim bijelim kalcifikatom koji se lako odstranjuje skalpelom. Posuda je najvjerojatnije bila premazana kako ne bi bila porozna, odnosno kako bi bila prikladna za kuhinjsku uporabu, ali od premaza nije ostalo ništa zbog kontinuiranog utjecaja morskih organizama i supstancama morskog dna koje buše i pjeskare površinu keramike.

Tijekom preliminarnog čišćenja uočen je prstac koji je za sobom ostavio trag u obliku rupe promjera cca 5 cm na vratu pod ručkom posude (Slika 31.). Po dolasku u radionu Umjetničke akademije također je primjećeno da je posuda napukla na jednoj strani po dijelovima trbuha, vrata i otvora.

5.5. Lopás/ λοπάς , inventarni broj: Žj-2016-199



Slika 41. Zatečeno stanje posude lopás (autor: T. Kaličanin, 2019.)

Sačuvani dio posude sastoji se od dva spojiva ulomka. Nedostaje otprilike cijeli jedan "polumjer" posude elipsastog oblika te dio dna većeg ulomka posude. Rubovi posude su oštećeni i većim dijelom nedostaju. Struktura keramike je narušena, osipa se, djelomično se razlaže poprimajući svojstva gline. Naslage kalcifikata variraju od bijelih, tankih naslaga koje su lake za uklanjanje sve do sivih, tvdrih konkremenata zahvaćenih na rubovima posude.

5.6. Veći vrč, inventarni broj: Žj-2016-008

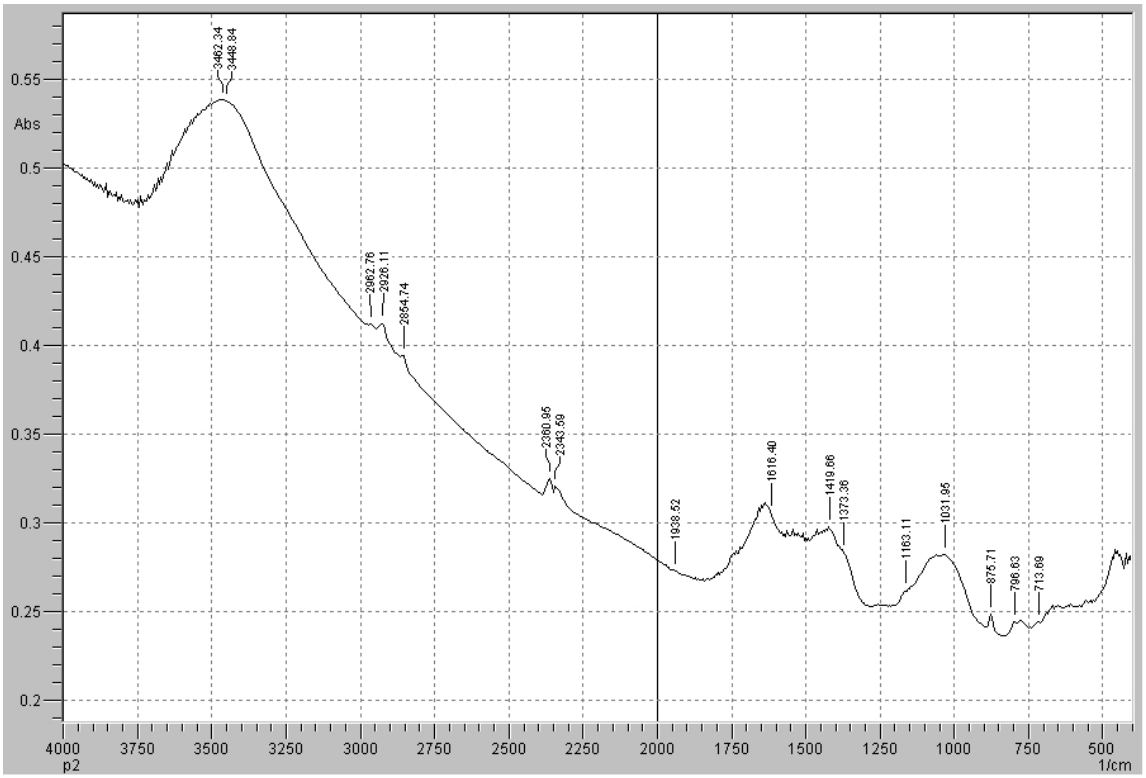
Slika 42. Zatečeno stanje velikog vrča (autor: T. Kaličanin, 2019.)

Posudi nedostaje veći dio trbuha, ručkica i gornji dio. Na unutrašnjem i vanjskom dijelu rubova zamjetni su tanji slojevi naslaga bijele boje. Dio prstenaste stope prekriven je crvenom algom. Keramika ove posude puno je kvalitetnija od prethodne. Kompaktnog je sastava i nema čestica u presjeku. Površina je također manje oštećena.

6. LABORATORIJSKE ANALIZE

U ovom poglavlju predstavljeni su rezultati analiza crvene alge i kalcifikata na posudama iz Žirja metodom infracrvene spektroskopije s Fourierovom transformacijom (FT-IR). Infracrvena spektroskopija pokazala se korisnom kako bi utvrdili da se crni tanki sloj kojim je presvučena većina predmeta sloj crvene alge, i tako eliminirali mogućnost da se radi o sloju crnog premaza.Uzet je i uzorak kalcifikata jer se pretpostavljalo da bi tragovi premaza mogli biti sačuvani ispod kalcifikata.

6.1. FT-IR spektrometrija uzorka crvene alge s posude inventarnog broja ŽJ-141

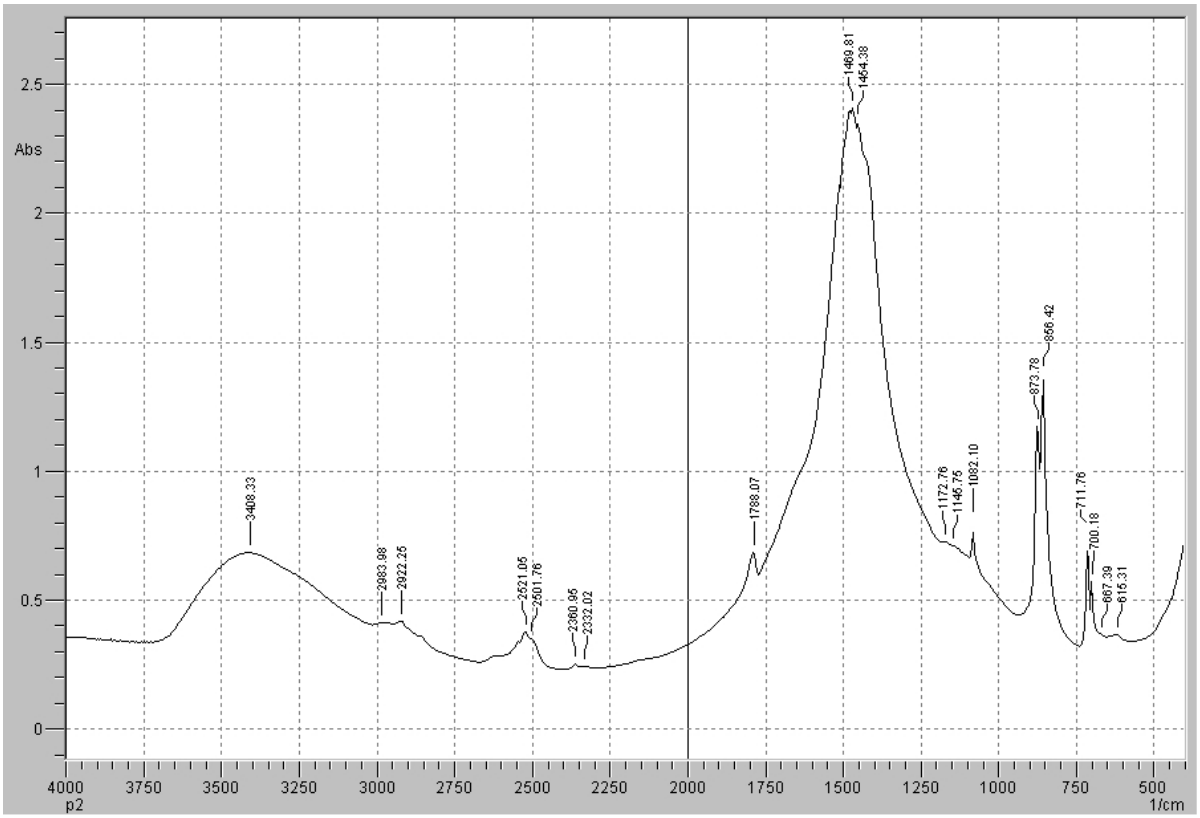


Slika 43. FT-IR analiza uzorka crnog sloja s posude inventarnog broja ŽJ-141 (autor: Dominika K. Polonijo, 2019.)

U IR spektru vide se signali u području proteina, vrpce pri 1629 i 1616 cm-1 te u području polimernih ugljikohidrata (celuloza) 1058 i 1031cm-1. Proteini i celuloza su gradivni materijali algi[99].

[99] Izvještaj o ispitivanju (autor: Voditelj laboratorija Izv. Prof. dr. sc. Ivica Ljubenkov, pročelnik Odsjeka za biologiju Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Splitu)

6.2. FT-IR spektrometrija na uzorcima kalcifikata posude inventarnog broja ŽJ-154



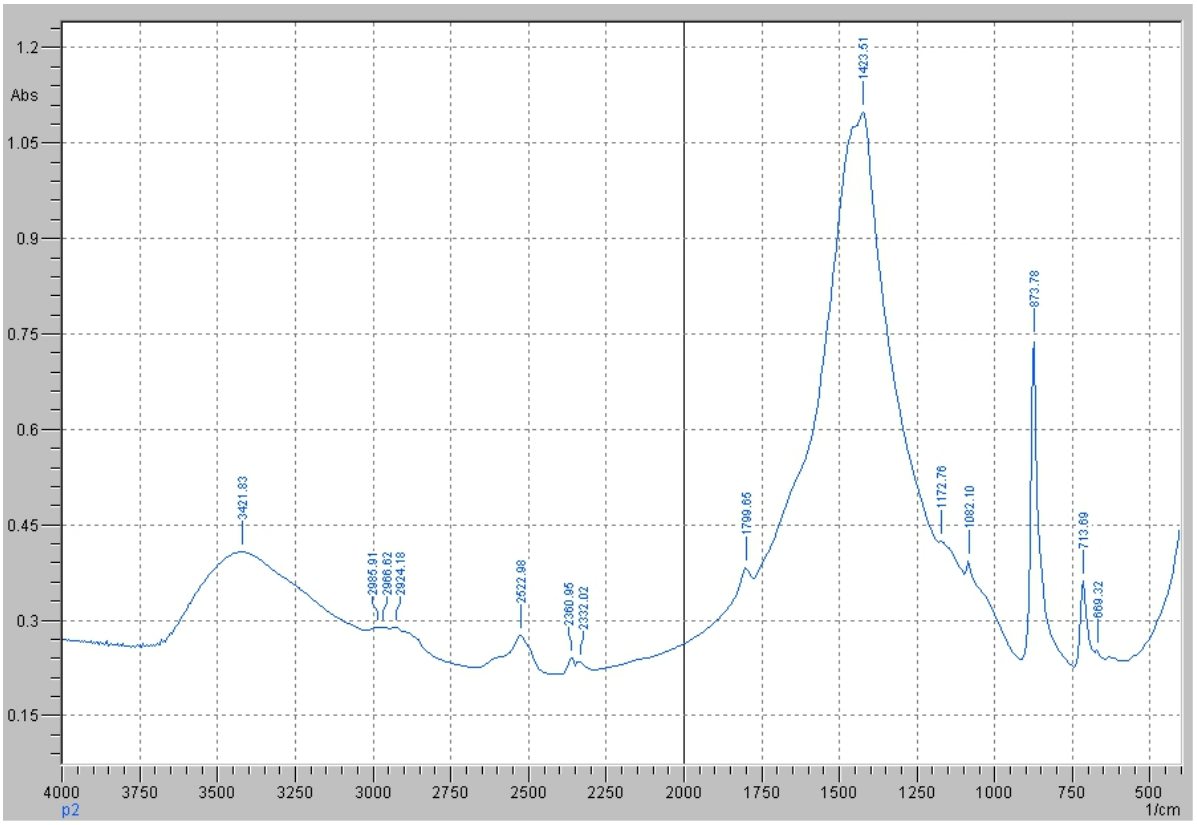
Slika 44 FT-IR analiza uzorka kalcifikata s posude inventarnog broja ŽJ-154 (autor: Dominika K. Polonijo, 2019.)

Dvostruki signali i pri 875 i 856 cm^{-1} te pri 711 i 700 cm^{-1} ukazuju na prisutnost smjese kalcijeva i magnezijeva karbonata. Obzirom na veliku prosutnost magnezija u moru uvjeti su bili takvi da je on iskristalizirao[100].

.

[100] Izvještaj o ispitivanju (autor: Voditelj laboratorija Izv. Prof. dr. sc. Ivica Ljubenkov, pročelnik Odsjeka za biologiju Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Splitu)

6.3. FT-IR spektrometrija na uzorcima kalcifikata posude inventarnog broja ŽJ-008-kalcifikat



Slika 45. FT-IR analiza uzorka kalcifikata s posude inventarnog broja ŽJ-008 (autor: Dominika K. Polonijo, 2019.)

Signali i pri 1423, 875 i 713 cm^{-1} potvrđuju prisutnost kalcijevog karbonata[101].

[101] Izvještaj o ispitivanju (autor: Voditelj laboratorija Izv. Prof. dr. sc. Ivica Ljubenkov, pročelnik Odsjeka za biologiju Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Splitu)

7. KONZERVATORSKO-RESTAURATORSKI RADOVI

Keramički predmeti koji potječu s podvodnih arheoloških lokaliteta zasićeni su solima koje se moraju ukloniti netom po vađenju iz morske vode. Ako se soli ne uklone, a predmeti prevovremeno ne tretiraju, s vremenom se njihovo stanje pogoršava i oni postaju neupotrebljivi i kao dijagnostički i kao muzejski primjerci[102].

Konzervatorsko-restauratorsko djelovanja na keramičkim predmetima iz lokaliteta Žirje od trenutka njihovog primitka do završne faze skladištenja ili izlaganja, mogla su se prikladno podijeliti u osam temeljnih faza:

1. Početna dokumentacija, preliminarna analiza
2. Desalinizacija
3. Čišćenje predmeta
4. Spajanje ulomaka
5. Konsolidacija
6. Rekonstrukcija
7. Toniranje
8. Izrada dokumentacije nakon provođenja

restauratorskih radova, u ovom slučaju završnog diplomskog rada

[102] Hamilton, 1997, str. 1.

7.1. Desalinizacija

U radionicu Odsjeka za konzervaciju i restauraciju tijekom 2018. godine zaprimljeno je pedesetak keramičkih posuda iz 4. stoljeća pr. Kr. iz podvodnog arheološkog lokaliteta Žirje. Za pisanje završnoga rada odabrano je sedam keramičkih posuda iz spomenute skupine predmeta.

Po primitku posuđa u radionicu pristupilo se prije svega temeljitom odsoljavanju svih posuda. Postoji više različitih postupaka pomoću kojih se može provesti desalinizacija predmeta: potapanjem predmeta bazen s vodom (destilirana jednom, deionizirana ili voda iz vodovoda), upotrebom različitih pulpa (sepiolit, papirna pulpa), elektro-redukcijom i upotrebom kemikalija pretvaranjem topivih soli u netopive. Potonja metoda koristi se za konzervaciju nepokretne kamene baštine koja nema uvjete za poapanjem u bazene[103].
Keramički predmeti potopili su se u zatvorenu posudu s vodovodnom vodom. Voda se izmjenjivala u pravilnim intervalima svaki drugi tjedan, a prilikom svakog mijenjanja uzimali su se uzorci vode za testiranje[104]. Postupak desalinizacije trajao je između osam mjeseci i godinu ipo dana.

Voda u posudi izmjenjivala se dok koncentracija soli nije bila na numeričkim vrijednostima tekućoj vodi iz Splita koja je služila kao drugi referentni uzorak.

7.1.1. Kemijske analize štetnih soli u keramici

Topljive soli (kloridi, fosfati i nitrati) potencijalno su najopasnije i moraju se ukloniti kako ne bi narušila strukturu keramike. Topljive soli su higroskopne i kako relativna vlažnost zraka raste i opada, soli se neprestano otapaju i kristaliziraju. Soli naposlijetku mogu dospjeti do površine keramičkog predmeta gdje se vrše ekstenzivna kristalizacija uzrokujući ljuskanje i

[103] Donelli, 2011, str. 173.
[104] Kontrolu postupka izmjene štetnih soli (kloride, sulfate i nitrate) u vodi/vodenoj otopini provodio je dr.sc. Ivica Ljubenkov. Laboratorij za analitička ispitivanja u konzervaciji-restauraciji (Metodom pomoću srebrnog nitrata i pomoću titracije)

pucanje keramičke površine. S vremenom će se posuda raspasti kao rezultat unutarnjih naprezanja[105].

Kako bismo kvalitetno odredili diagnozu predmeta iznimno je važno utvrditi vrstu štetnih topljivih soli. to se postiže kvalitativnim i kvantitativnim kemijskim analizama. Pri tome se uglavnom određuju anioni: sulfati, kloridi, nitrati i karbonati [106].

Kvalitativni testovi prisutnosti glavnih topljivih soli napravljene su pomoću brzih indikatorskih traka, trgovačkog naziva *Merckoquant*. PH vrijednost jednostavno se određuje pomoću pH indikatorskih traka. Papirnata traka indikatora namoči se u vodeni ekstrakt i promatra se promjena boje[107]. Dobivena boja se usporedi s numeriranom skalom na predlošku i očita se pH vrijednost. Boja na indikatorskim trakama dokazala nam je prisutnost aniona klorida, nitrata i sulfata.

Postupak kvalitativne analize dokazivanja klorida detaljno opisuje članak "Destruktivno djelovanje morske vode na kamene artefakte na primjeru konzervacije i restauracije mramorne antičke skulpture iz Vranjica" (Miliša-Bizjak, 2010):

Kloridi se određuju srebrenim nitratom uz prethodno zakiseljenje vodenoga ekstrakta dušičnom (nitratnom) kiselinom. Pojava bijeloga taloga srebrnoga klorida dokazuje prisutnost klorida. Obično se provodi stupnjevanje količine taloga i njihovo označavanje (=>).

"Bistar ekstrakt znači da klorida nema i označava se (-). Vrlo slabo zamućenje označava se (+), jače zamućenje (+ +), a ako talog pada na dno znači da klorida ima mnogo i označava se (+ + +). Pet mililitara vodenoga ekstrakta zakiseliti s jednom do dvije kapi koncentrirane HNO_3 do kisele reakcije i zatim dodati nekoliko kapi $AgNO_3$ (srebreni nitrat) i promućkati; ako nastane bijeli sirasti talog to je dokaz za prisutnost klorida: Reakcije: $Ag+ + Cl- \leftrightarrow AgCl\downarrow$taloži se u kiselom da se eliminira utjecaj aniona slabih kiselina (npr. CO_3^{2-}) koji bi se taložili s $Ag\ NO_3$ u neutralnom mediju[108].

[105] Hamilton, 1997, str. 25.
[106] Miliša, 2010, str. 236.
[107] Crnković - Šarić, 2003, str. 310-319.
[108] Miliša, M, 2010, str. 236.

7.2. Uklanjanje površinskih nečistoća s keramike

Čišćenje površine artefakata vršilo se na tri osnovna načina: mehanički, mehano-kemijski i kemijski. Najučinkovitije mehaničko sredstvo za uklanjanje nakupina tanjih i slabije slijepljenih slojeva karbonatnog izraštaja i crvene kalcificirajuće alge je skalpel s različitim nastavcima i drugi mali alati, poput staklene vune u obliku olovke, male električne brusilice. Za skidanje enkrustracije snažnije vezane za stijenku keramike i čišćenje tankih, krhkih keramičkih predmeta neophodna je bila uporaba ultrazvučne igle.

7.2.1. Mehaničko čišćenje

Slika 46. Uklanjanje inkrustacija pomoću skalpela (autor: Tamara Kaličanin, 2020.)

7.2.1.1. Ultrazvučna igla

Ultrazvučna igla ili kavitron aparat svoju primjenu je najprije našao u stomatologiji kod uklanjanja kamenca sa zubne površine. U konzervaciji ima istu namjenu, za fine i osjetljive radove. Aparat se sastoji od elektronskog kućišta, držača za iglu i spremnika s vodom. Na kućištu se nalazi regulator za brzinu vibracije igle, te regulator za brzinu protoka vode[109].

Ultrazvučna igla se temelji na tehnologiji koja iskorištava određene karakteristike pojedinih anorganskih materijala koji se nazivaju pretvarači. U pretvarače spadaju prirodni kristali, sintetička keramika, razne legure metala itd.. Zbog svoje prirode i dimenzija, ti materijali vibriraju ako su izloženi električnim impulsima. Rezoniraju na određenoj frekvenciji, stimulirajući titranje tvrdog materijala, što rezultira njegovim odvajanjem. Piezo-električne i magnetostriktivnie ultrazvučne igle su među najčešće korištenim ultrazvučnim iglama.

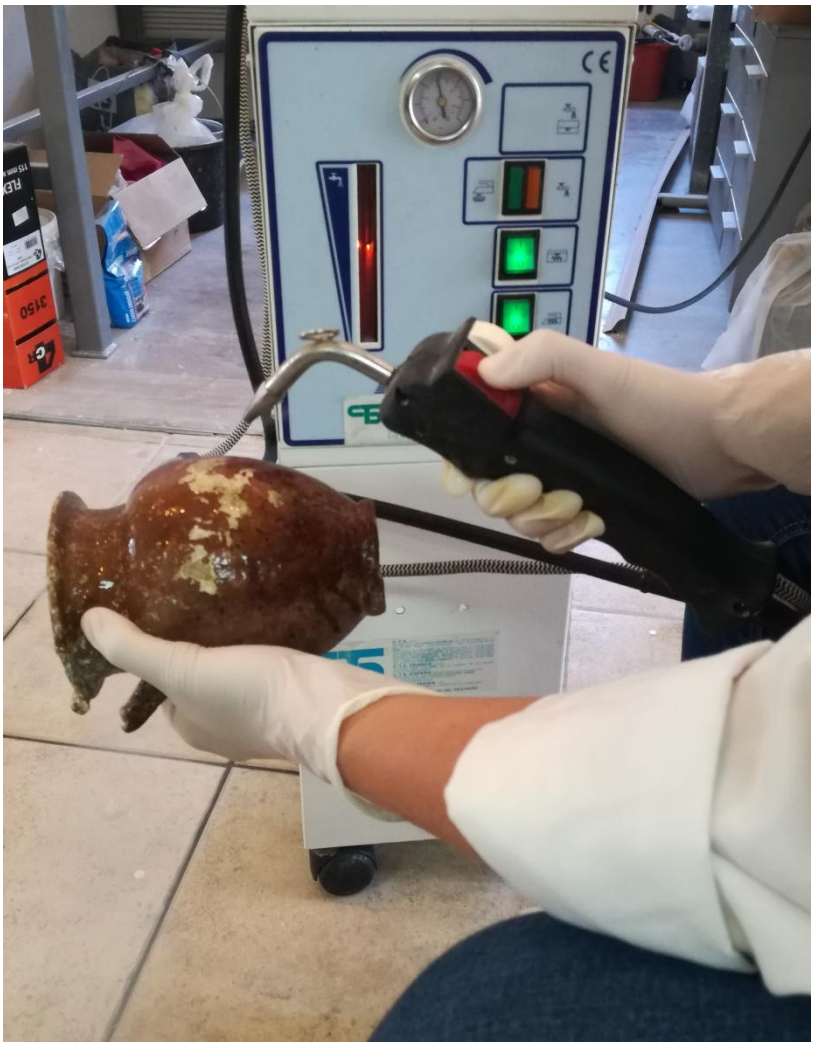
Dok se potonje moraju koristiti u kombinaciji s vodom, piezo-električne igle rade samo u kombinaciji sa potisnutim zrakom. Voda ima dvostruku funkciju hlađenja mehaničkih dijelova i induciranja kavitacije. Voda u vrlo finom spreju izlazi iz mikro rupe na završetku što uzrokuje kavitaciju[110].

[109] Donelli, 2015, str. 134.
[110] Pedelì, 2007, str. 142.

Slika 47. Uklanjanje karbonatnih naslaga ultrazvučnom iglom (autor: T. Kaličanin, 2020.)

Naročito problematičnim pokazao se slučaj velikog keramičkog vrča (caccabe) na kojem su tanki dijelovi stijenke obuhvaćeni slojem vapnenca negdje i do 6-7 cm debljine i morskim muljem nataloženim preko sitnih pora i udubljenja. Morski mulj u sebi sadržava štetne topljive soli i dodatno otežava debelu naslagu vapnenca. Destruktivno djelovanje navedenih stavki, naročito u njihovoj kombinaciji dovodi do zaključka da je uklanjanje kontaminanata nužno za zaštitu artefakta. Upotreba čekića i dlijeta i dremilice imala je najzahvalniji učinak.

7.3. Uklanjanje površinskih naslaga pomoću vodene pare



Slika 48. Ispiranje vapnenca vodenom parom (autor: T. Kaličanin, 2020.)

Tvrđe prljavštine nataložene na keramičkim posudama tretirali smo uporabom vodene pare pod tlakom uz biocidno sredstvo trgovačkog naziva *Biotin* te skalpelima sa različitim

nastavcima. Važna svojstva vode vode koja se primjenjuje u konzervaciji-restauraciji su njena čistoća, stoga je poželjna meka voda, odnosno voda s niskim sadržajem vapnenca i temperatura jer se primjenom povišene temperature pospješuje se otapanje površinskih nečistoća, a time i odvajanje organskih čestica.

Postoji velik izbor parnih čistača. Tlak se mjeri u uređaju i izražava se u barima. U konzervacijskim i restauracijskim radovima najčešće se koristi niskotlačni postupak od 2 do 4 bara. Karakteristike koje određuju njihove mogućnosti i ograničenja su maksimalne vrijednosti tlaka, protoka i temperature vode tj, pare. Povišenjem temperature vode pospješuje se njezina efikasnost. Mogući raspon temperature je od temperature vodovodne vode do 200°C. Potonja granica je temperatura u aparatu koja se po izlasku iz sustava naglo snižava.[111]

7.4. Kemijsko čišćenje

7.4.1. Biocidi

Biocidi bi trebali biti primjenjivani samo u situacijama u kojima prijašnje tehnike nisu uspjele. Biocid prvenstveno ne smije imati toksično djelovanje na ljude, što je gotovo nemoguće[112]. Uporaba kemikalija za uklanjanje naslaga vapnenca je općenito vrlo spor, neučinkovit proces koji često može biti štetan na predmete. Čišćenje upotrebom kemikalija mora biti strogo kontrolirano. Upotrebljavaju se isključivo blage otopine koje ne mogu naštetiti fizičkoj i kemijskoj strukturi predmeta.[113]

Odlučili smo se za primjenu biocida kod predmeta koji su na stijenci imali debeli, čvrsti sloj naslaga deblji od približno 1,5 centimetra.
Za kemijsko čišćenje vapnenca na keramici priredili smo otopinu 0.2L vodovodne vode i 0,003L deterdženta za uklanjanje živih organizama trgovačkog naziva *Biotin*. Keramičke predmete smo cijelom površinom uronili u bazen sa otopinom u periodu od dvadesetak minuta te smo ga temeljito isprali vodovodnom vodom i parnim čistaćem.

[111] Miliša, 2010, str. 242.
[112] Cronyn, 1990, str. 84.
[113] Ćurković, 2011, str. 31.

Rezultat je bio slabo vidljiv ali su omekšale najtvrde naslaga vapnenca koje su se kasnije uspješnije čistile mehaničkim postupcima.

7.4.2. Acetatna kiselina

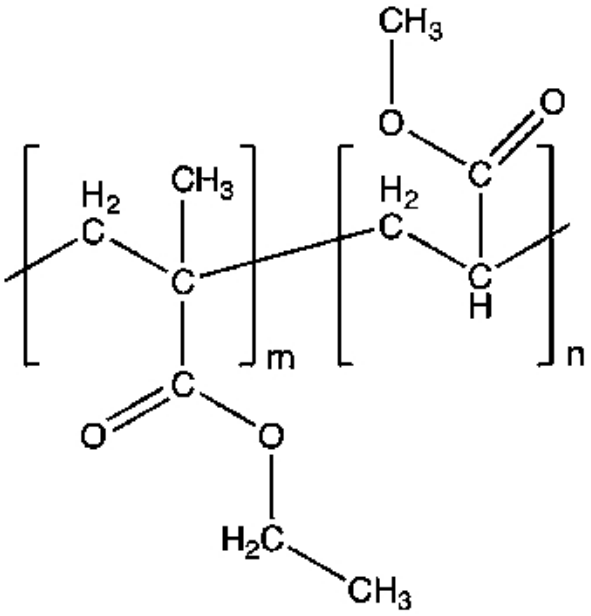
Tvdrokorni slojevi kalcifikata na nekim predmetima, koji se nisu mogli ukloniti mehanički, do sada navedenim postupcima tretirani su 3% acetatnom kiselinom, uz naknadno četkanje. Predmeti su potopljeni u priređenoj otopini u razdoblju od četiri sata, nakon kojeg su premješteni i cijelom površinom potopljeni u bazen s vodovodnom vodom u kojoj su se ispirali tijekom tri dana.

7.5. Uporaba konsolidanta

Konsolidacija je konzervatorsko-restauratorski postupak kojim se poremećena kohezija, čvrstoća, kompaktnost, elastičnost, slojevitost, otpornost i stabilnost materijala vraćaju u što je moguće izvornije stanje[114]. Po završetku čišćenja nanijeli smo tzv. "žrtveni sloj" medija za konsolidaciju, 3% otopine Paraloida B72 rastvorene u acetonu, po čitavoj površini keramike koji će se postupno odstraniti u fazi nanosa i uklanjanja viška gipsane rekonstrukcije. Služi kako bismo spriječili gips da se previše penetrira u keramiku i tako umanjili mogućnost abrazivnog djelovanja prilikom uklanjanja viška gipsa raznovrsnim alatima.

[114] Matulić B., Temeljni pojmovi konzervacije-restauracije zidnih slika i mozaika, Naklada Bošković, Split, 67, 2012.

7.5.1. Paraloid b-72



Slika 49. Kemijska struktura Paraloida B72 (Piero Baglioni, preuzeto s https://www.researchgate.net/figure/Chemical-structure-of-Paraloid-B72C-m-n-14-70-30_fig8_264391406)

Paraloid B72 je bezbojna termoplastična akrilna smola. Po sastavu je etil metakrilat (70%) i metilakrilat (30%) kopolimer.

Prosječna molekularna masa[115] je 65,128 g/mol

Indeks refrakcije[116] mu je približno 1.487

Temperatura stakla[117] (Tg) je 40 °C

Proizvodi se kao suha smola u obliku malih prozirnih kuglica ili kao otopina razrijeđena u toluenu[118]. Topiv je u toluenu, ksilenu, acetonu i metiletilketonu (MEK), djelomično topiv u izopropanolu, a netopiv u alifatskim hidrokarbonatima, vodi, uljima i mastima. Komercijalno je dostupan u formi prozirnih zrnaca bez mirisa. Blago je toksičan i može izazvati iritaciju kože.[119]

---

[115] Ukrainčik, 2020, str. 27

[116] Isto

[117] *Temperatura stakla je temperatura pri kojoj se materijali veće molekularne mase (polimeri) pretvaraju iz staklastog u viskozno i gumeno stanje*., preuzeto s https://presmarymethuen.org/hr/dictionary/difference-between-tg-and-tm/, datum pristupa 9.10.2020.

[118] Ukrainčik, 2020, str. 27

[119] Conservation & Art Materials Encyclopedia Online (CAMEO): Paraloid B72. URL: http://cameo.mfa.org/wiki/Paraloid_B-72 (pristupljeno 11. veljače 2020.)

7.5.1.1. Priprema paraloida

Za pripravak 3% otopine Paraloida-B-72 sa otapalom volumena 100 ml, moramo prvo izmjeriti 3 grama Paraloida u zrnatom obliku, postaviti ga u četvrtastu platnenu "krpicu", svezati je konopcem u obliku snopa te postaviti unutar staklene posude tako da joj jedva dodiruje dno.

Tako pripravljen Paraloid spreman je za korištenje tek slijedeći dan, odnosno onda kada se sadržaj u snopu u potpunosti otopio.

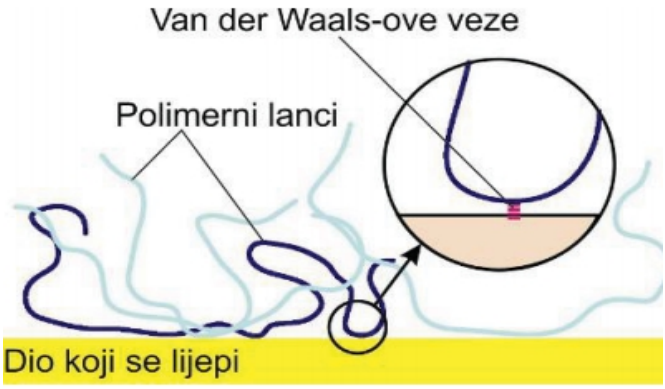
Razlog zašto smo izabrali aceton kao otapalo je zbog njegove manje toksičnosti u odnosu na neke aromatske ugljikovodike poput toluena. Toluen također ima veću molekulu pa bi otopina mogla bila viskoznija[120].

Jedan od nedostataka acetona kao otapala za konsolidant je njegova izrazita hlapivost. Brzo isparavanje može izazvati polimer da se povuče nazad na površinu, fenomen koji se zove "obrnuta migracija". U nekim slučajevima konsolidacije predmeta etanol predstavlja puno bolji izbor zbog njegove slabije hlapivosti, ali u slučaju poput ovoga, kada koristimo izrazito razrijeđenu otopinu, aceton je poslužio sasvim solidno[121].

7.5.1.2. Lijepljenje keramičkih ulomaka

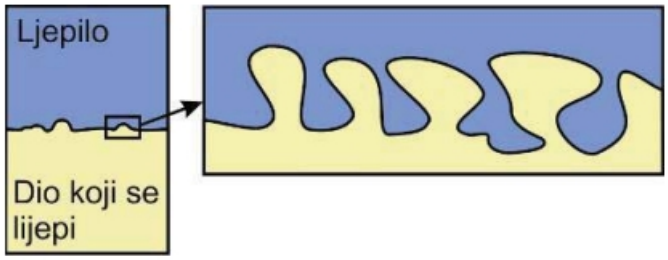
Za stvaranje prijanjajućih sila između molekula ljepila i molekula na površini za lijepljenje važno je djelovanje adhezije, odnosno stanja u kojem se dvije raznovrsne površine zajedno drže međusobnim djelovanjem privlačnih sila zbog interakcije molekula, atoma i iona. Mehanizmi adhezije intenzivno se istražuju. Jedan o najvažnijih mehanizama čine Van der Waalsove sile. Uspješnost lijepljenja ostvaruje se prema omjeru osvarenog broja dodira među molekulama i ljepila prema maksimalno mogućem broju.

[120] Davison A., Brown G. W, 2012, str. 103.
[121] Isto



Slika 50. Van der Waalsove veze

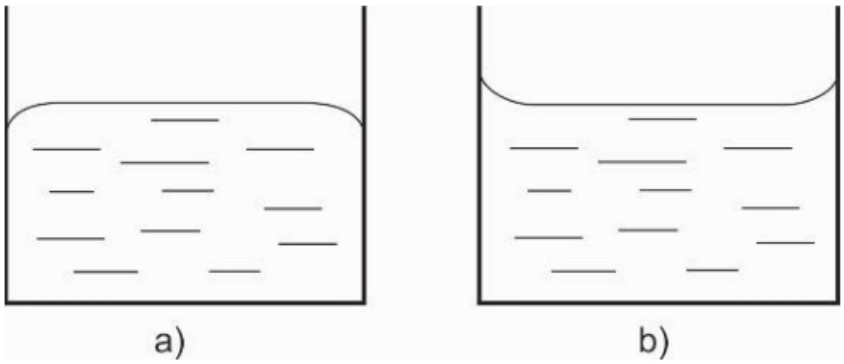
Drugi važni mehanizam adhezije zove se "mehaničko sidrenje". Ulaskom ljepila u pore i šupljine ostvaruje se mehaničko povezivanje ljepila i površine tijela njihovim zaključavanjem, odnosno sidrenjem.



Slika 51. Mehaničko sidrenje

Osim principa adhezije, kohezija je djelovanje istovrsnih materijala, privlačnih sila istovrsnih atoma ili molekula.
Najveću kohezijsku čvrstoću imaju metali, a najmanju tekućine i plinovi. Molekule u kapljevinama osjećaju jake međumolekularne sile, tako na primjer, kohezijske sile drže kap vode na okupu[122].

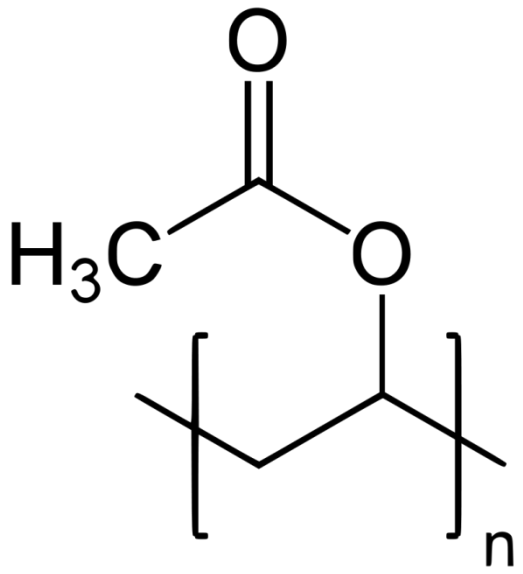
[122] Bujanić, 2011, str. 89-93.



S*lika 52.* Odnos kohezijskih i adhezijskih sila između: a) žive i staklene stijenke posude; b) vode iz staklene stijenke posude

Sve faze konzervatorsko restauratorskih postupaka provodile su se tako da se svakoj posudi pristupilo individualno. Fragmentiranom predmetu pridodan je identifikacijski broj. Prije početka lijepljenja važno je bilo očistiti kontaktne površine. Fragmenti su lijepljeni disperzivnim ljepilom na bazi polivinil acetata trgovačkog naziva *Drvofiks*. Ulomci koji se lijepe bi trebali biti čisti, bez masnih i prljavih tragova. Rubovi se trebaju namočiti vodom prije nanošenja pvac ljepila. Ljepilo se nanosi u obliku debele linije po sredini ruba jednog ulomka koji se treba spojiti i ulomci se pažljivo povežu.

7.5.2. Polivinil-acetatna ljepila



Slika 53. Kemijska struktura polivinil acetata (Yikrazuul - vlastiti rad, javna domena, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11980564)

Polivinil acetat je polimer vinil-acetata s kemijskom formulom $(C_4H_6O_2)_n$.
Polivinil acetatna ljepila spadaju u grupu termoplastičnih ljepila koji mogu biti reverzibilno deformirani unutar određenog temperaturnog ranga[123].

Dobiva se polimerizacijom emulzije vinil acetata u prisutnosti polivinil alkohola kao zaštitnog koloida i poznat je kao hladno ljepilo, odnosno ljepilo koje se primjenjuje na sobnoj temperaturi. PVAC ljepila spadaju u skupinu termoplastičnih ljepila koja stvaraju čvrstu vezu u četiri osnovne faze:
a) početni kontakt pri kojem ljepilo prodire u pore površine
b) odstranjivanje vode – ljepilo ostaje između podloga koje se lijepe nakon difuzije vode u podloge ,
c) inicijalno formiranje filma ljepila,
d) stvaranje kompaktnog sloja ljepljenja.
Polivinil-acetatne emulzije sadrže razne dodatke koji im se dodaju kako bi se dobila ljepila za posebne namjene[124].

PVAc ljepila izrazito su otporna na starenje, imaju elastičan film i mogućnost upotrebe na sobnoj temperaturi bez popratne proizvodnje otrovnih plinova. Vrijeme stezanja ljepila je tri do četiri sata što je za potrebe u konzervaciji-restauraciji arheološkim predmeta važno svojstvo zbog mogućnosti naknadnih popravaka spojenih fragmenata keramike. PVAc ljepila nisu vodootporna pa se lijepljeni fragmenti mogu ukloniti uz pomoć vode[125].

7.5.2.1. Dodaci pvac ljepilima

Dodatkom plastifikatora dibutilftalata (DBP-a) povećava se mobilnosti molekula i omogućava formiranje kontinuiranog sloja ljepila nakon što voda ispari[126].

Najvažniji dodaci PVAc ljepilima su plastifikatori (omekšivači) jer su oni zaslužni da

[123] Ramljak, 2017, str. 2- 4.
[124] Isto
[125] Punda, 2010, str. 210- 227.
[126] Isto

sloj ljepila postane elastičniji i mekši. Bez plastifikatora, čista polivinil.acetatna emulzija bi nakon nekog vremena postala tvrda i lomljiva. Dodavanjem odgovarajuće količine plastifikatora ljepilo se omekšava i uklanja se krhkost[127]. Obično se koriste i stabilizatori (polivinil alkohol). PVAC ljepila su zbog hidrofilnog stabilizatora osjetljiva na vlagu nakon sušenja, pa im se dodaju fungicidi i baktericidi. Upotreba im je ograničena za zatvorene prostore zbog slabe otpornosti na vlagu. Skladištenjem se oslobada octena kiselina koja može štetno djelovati na objekte. Skladište se u hladnijim uvjetima[128].

7.6. Rekonstrukcija

Rekonstrukcija je zaštitni zahvat na keramičkim posudama kojima je cilj obnovom nedostajućih izvornih dijelova obnoviti cjelovitost, integriranost svih dijelova u cijelinu kojom se postiže bolje i lakše percipiranje, vrednovanje i razumijevanje njenih izvornih, estetskih, povijesnih i fizičkih svojstava[129].

Za izradu rekonstrukcije smo koristli dvije metode primjenjivane ovisno o problematici posude. Sporo kolo se koristilo za rekonstrukciju posuda jednostavnijih oblika, i rekonstrukcija dodavanjem gipsa na lokalnim djelovima pomoću potpore (uglavnom se koristi glina, plastelin i parafinski vosak).
Posude se rekonstruiraju samo ako je profil gotovo u cijelosti očuvan. U suprotnom se posude dopunjuju u gipsu samo radi stabilizacije predmeta. Posudama imenovanim pod nazivom *Veći vrč* i *Caccabe* iz kolekcije nismo mogli pronaći analogiju prema postojećim primjercima pa smo se odlučili za takav pristup.

Za izradu rekonstrukcije na sporom lončarskom kolu prethodno je trebalo pripremiti tehnički crtež posude u nacrtu, mjerila 1:1. Crtež se zatim prenosi na tanku limenu ploču preko indigo papira, izreže se po liniji i dio unutar linije se ukloni. Pripremljen profil se postavi na

[127] Ramljak, 2017, str. 2- 4.
[128] Punda, 2010, str. 210 - 227.
[129] Matulić 2012, str. 127.

lončarsko kolo te se pomoću njega dobije forma unutarnjeg dijela posude u glini koju smo postavili na kolo.

Za izradu gipsanih integracije korišten je lako obradivi modelarski alabaster gips.

Limenu ploču ponovno skidamo s kola i dodajemo još jednu liniju udaljenu oko 1 cm od linije obruba po kojoj smo izvlačili unutarnji profil. Odrežemo preostali dio unutar te linije i ovaj put dobivamo vanjsku formu posude u gipsu.

Slika 54. Oblikovanje unutarnjeg profila posude u glini na sporom lončarskom kolu (foto: Tamara Kaličanin, 2020.)

Slika 55. Dobiveni rezultat nakon oblikovanja vanjskog profila u gipsu na sporom lončarskom kolu (foto: Tamara Kaličanin, 2020.)

Kod druge metode osnova je glinena (u pojedinim slučajevima korišten je plastelin za uzimanje otiska trgovačkog naziva *Maimeri)* pločica kvadratnog oblika debljine od 1 cm do 1,5 cm. Debljina se prilagođava obliku, veličini i debljini stijenke posude te se uzme otisak zdravog dijela predmeta na razini nedostajućeg dijela.

Pločica se prenosi uzdruž površine dok ne prekrije nedostajući dio i pričvrsti se na rubove keramike. Potom zamiješamo gips i prelijemo ga preko pločice s vanjske strane. Glina se uklanja i gips se obrađuje mehanički, uz pomoć raznovrsnih rašpi, skalpela s različitim nastavcima, vodobrusnih papira različite kakvoće dok se ne dobije autentična forma i odgovarajuća tekstura.

Rekonstriurana posuda mora biti očišćena od ostataka gipsa koji ne smije nigdje prekrivati orginalnu površinu predmeta.

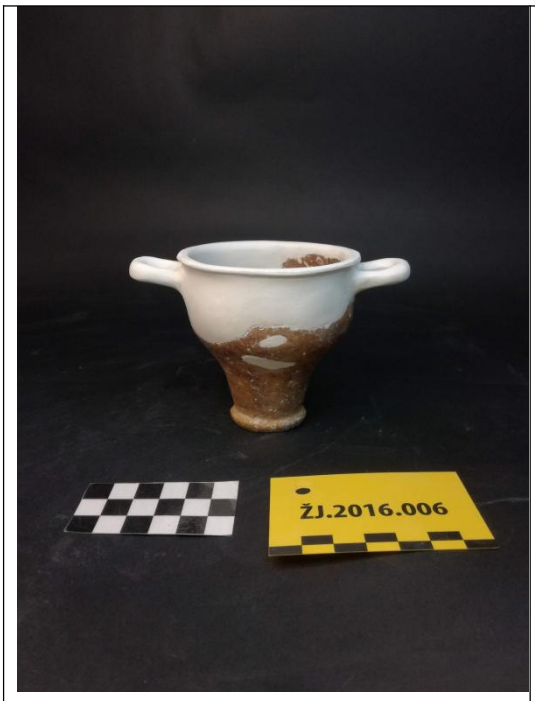
Slika 56. Uzimanje otiska unutarnje stijenke skifa (skyphos žj-2016-006) (foto: Tamara Kaličanin, 2020.)

Površine gipsanih rekonstrukcija naposlijetku premazane bijelom pokrivnom bojom trgovačkog naziva *Jupol,* kako bi se ujednačile razlike između tonova gipsa, nastalih radi različitog vremena nanošenja i sušenja materijala

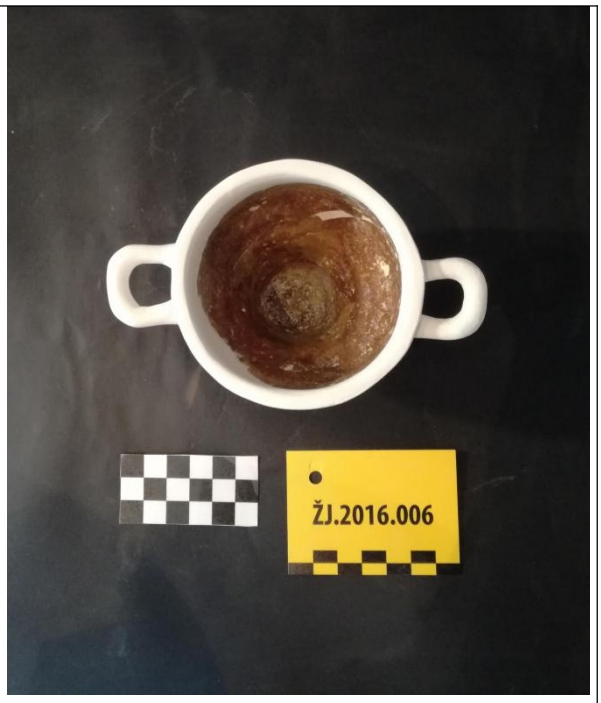
7.6.1. Rezultati gipsane rekonstrukcije

7.6.1.1. Kuglasti vrčevi s dvoprutom ručkicom s heraklovim čvorom, inventarni broj: ŽJ-2016-069

7.6.1.2. Skyphos/ σκύφος, inventarni brojevi: ŽJ-2016-006



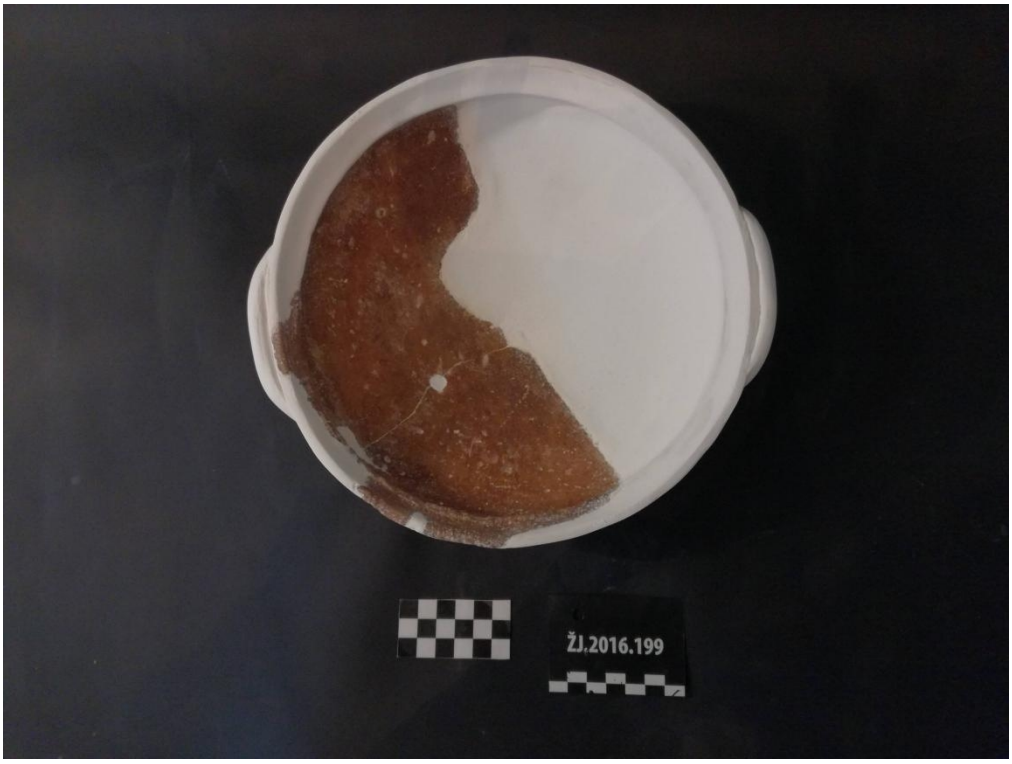
Slika b



Slika c

7.6.1.3. Lopás/ λοπάς , inventarni broj: Žj-2016-199

Slika d



Slika e

Veći vrč, inventarni broj: Žj-2016-008

Slika f

Slika g

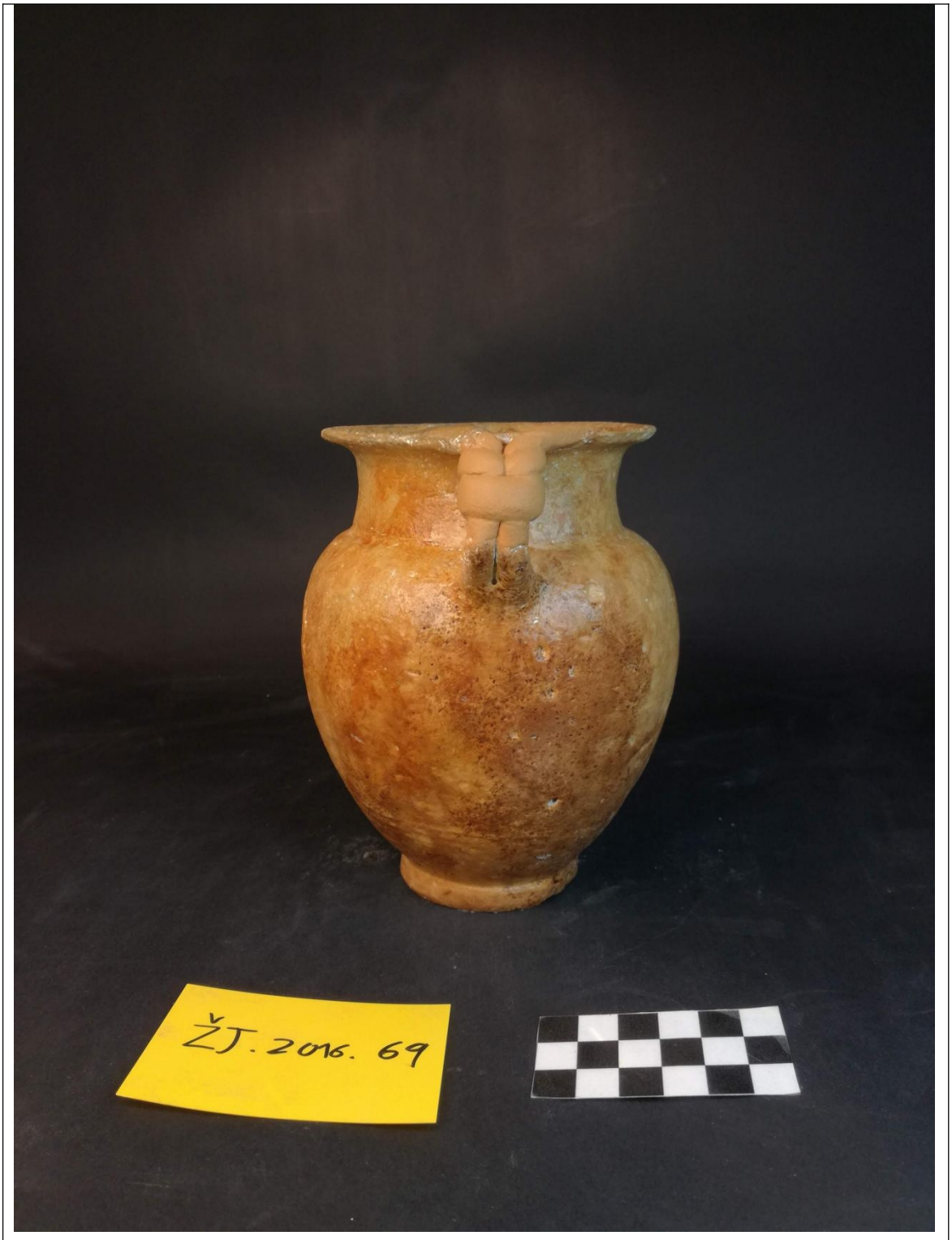
Slika 57. slike a, b, c, d, e, f, g prikazuju rekonstruirane predmete fotografirane sprijeda i ortogonalno (autor: Tamara Kaličanin, 2020.)

7.7. Toniranje

Završna faza restauratorskog zahvata na posudama je toniranje gipsanih integracija. Toniranje je izvedeno temperama trgovačkog naziva *Aero* koje se lako odstranjuju u vodi. Reverzibilnost je jedan od osnovnih postulata konzervatorsko-restauratorske struke stoga je to svojstvo iznimno važno. Odabrane su nijanse boja približne nijansama posude, do par tonova svjetlije i malo hladnije kako bi se vizualno mogao razlikovati original, ali i kako bi se novi materijali mogli vizualno uklopiti sa originalnom nijansom keramike. Posude su naposlijetku konsolidirane 10% otopinom Paraloida-B72 u acetonu raspršenom po čitavoj površini pomoću zračnog kista.

7.7.1. Rezultati

7.7.1.1. Kuglasti vrčevi s dvoprutom ručkicom s heraklovim čvorom, inventarni broj: ŽJ-2016-069

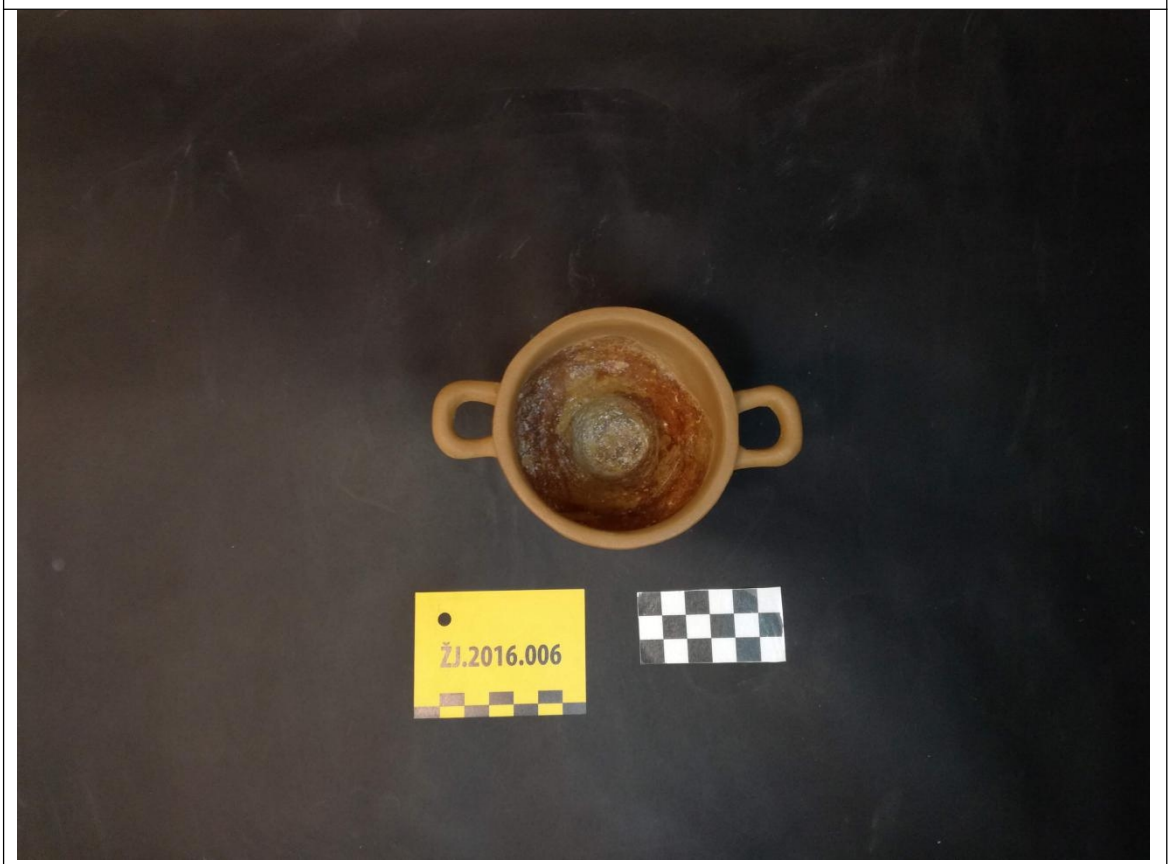


Slika h

Slika i

7.7.1.2. Skyphos/ σκύφος, inventarni brojevi: ŽJ-2016-006

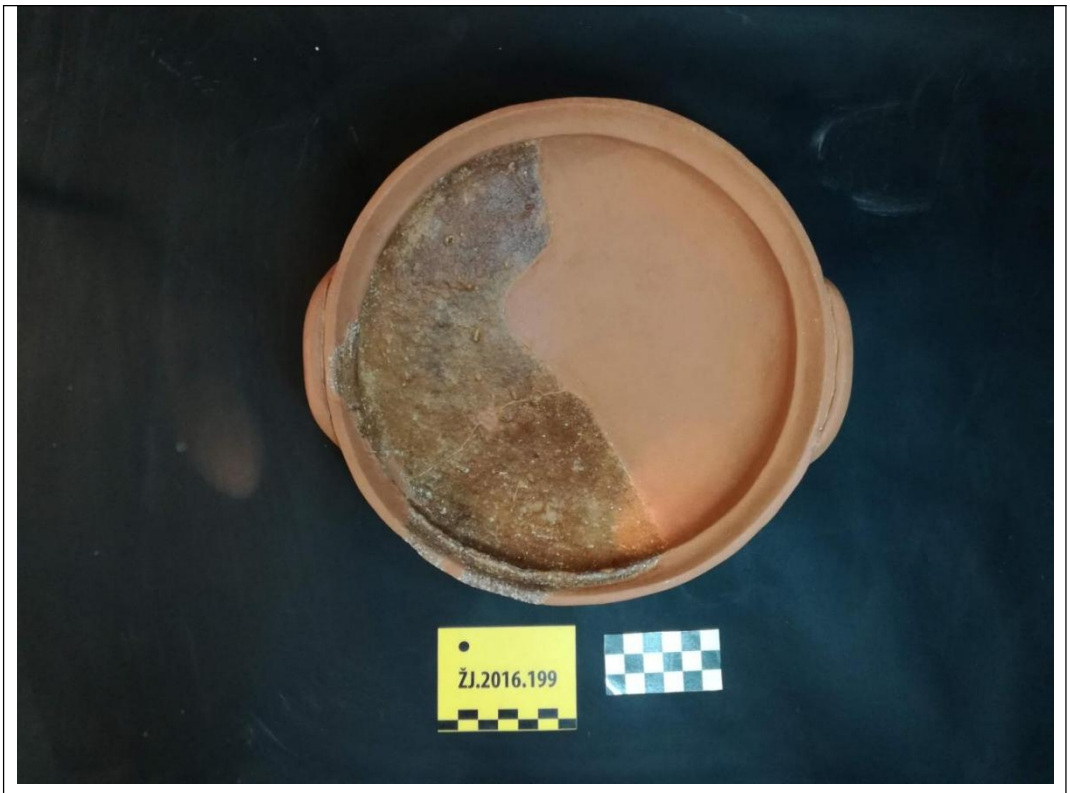
Slika j



Slika k

7.7.1.3. Lopás/ λοπάς , inventarni broj: Žj-2016-199

Slika l



Slika m

Veći vrč, inventarni broj: Žj-2016-008

Slika n

Slika o

Slika 58. slike h, i, j, k, l, m, n, o prikazuju tonirane predmete fotografirane sprijeda i ortogonalno (autor: Tamara Kaličanin, 2021.)

8. IZRADA VIRTUALNE 3D REPRODUKCIJE POSUDA

3D modeliranje je proces stvaranja 3D stvarnih ili imaginarnih objekata. Rezultat je 3D model koji se može prikazati kao 2D slika ili se može koristiti kao resurs u real time grafičkoj simulaciji. Sadrži podatke o točkama 3D prostora i druge informacije koje računalo interpretira u virtualni objekt koji se iscrtava na zaslonu[130].

8.1. Načini pohranjivanja 3d podataka

8.1.2. Fotogrametrija/ Oblak točaka

Fotogrametrija je tehnologija koja se koristi za prikupljanje pouzdanih trodimenzionalnih informacija o objektima ili prostoru kroz skupinu fotografskih snimaka objekta snimljenog iz bilo kojeg kuta predmeta. Cilj fotogrametrije je rekonstrukcija snimljenog trodimenzionalnog prostora[131].

8.1.2.1. Korišteni softver - Agisoft Metashape Pro

Za potupak fotogrametrije koriste se napredni softveri koji obradom digitalnih fotografija stvaraju visokokvalitetne 3D prostorne podatke. Pri obradi skupa proizvoljnih fotografija koristi algoritam strukturiranja iz pokreta (eng.Structure from motion – SFM) za određivanje projekcijskih središta i položaja kamere te guste višekutne rekonstrukcijske algoritme za generiranje 3D oblaka točaka objekta. Konačni rezultat obrade je fotorealističan 3D model koji se može koristiti u različitim poslovima u konzervaciji i restauraciji za, kao u arhitekturi, građevini, arheologiji, medicini itd. Dokumentacija kulturne baštine, produkcija vizualnih efekata ili posredna mjerenja objekta[132].

8.1.3. Poligonalno modeliranje

---

[130] Barilar, 2015, str. 50-56.
[131] Geodezija-predavanje 7: Fotogrametrija. Predavanje. (n.d.). Preuzeto s www.gfos.hr, datum pristupa 9.10. 2020.
[132] Barilar, 2015, str. 50-56.

Polihonalno modeliranje sastavlja niz poligona. Temeljna sastavnica je točka u 3D prostoru (eng.vertex) povezanih najčešće u trokut ili četvrokut. Dvije povezane točke čine rub (eng. edge), dok tri točke generiraju trokut (eng. triangle) koji je ujedno i najjednostavniji poligon. Ispunjenje unutar trokuta (ili četverokuta) čini naličje (eng. face). Grupa poligona povezanih zajedničkim rubnim točkama nazivaju se model (eng. mesh)[133].

8.1.3.1. Korišteni softver - Blender Foundation

Glavni prioriteti pri odabiru softvera za rad bili su cjenovna dostupnost, funkcionalnost i lakoća prilikom tijeka rada i učenja. Stoga sam za svoj rad odabrala Blender. Blender je besplatan softver otvorenog koda sa alatima za izradu animiranih filmova, filmskih efekata, virtualne simulacije stvarnosti i različitih vizualizacija. Jedna od važnih značajki je 3d modeliranje i teksturiranje. Zbog alata za mjerenje moguće je izvesti precizan model u mjerilu. Modeliranje je primjenjivo onda kada želimo reproducirati izvornan izgled predmeta, ili u slučajevima kad veći dio predmeta nije sačuvan a želimo prikazati njegov izvorni izgled pomoću dostupnih informacija. Obzirom da se model može postaviti u platformu za prezentiranje i interaktivno okretati sa svih strana, može biti dobra nadopuna crtežu u mjerilu. Također je korisno imati 3d model u slučajevima kad predmet fizički ne postoji ili nije dostupan (vandalizam, krađa, razaranja, potresi). Kada imamo cjeloviti predmet bolja opcija od modeliranja je fotogrametrija.

8.1.4. NURBS modeliranje

NURBS (Non-Uniformal Rational Bezier Splines) je matematički izraz koji opisuje oblike 3D modela pomoću matematičkih krivulja. Rezultat je glatka površina bez nazubljenosti rubova neovisno o rezoluciji. Geometrija NURBS modeliranja bazira se na Bézierovoj krivulji koju softver automatski iscrtava između kontrolnih vrhova (eng. control vertex, CV). Svaka krivulja ima početak, kraj i zakrivljenost. Stupanj zakrivljenosti ovisi o kontrolnim vrhovima unutar krivulje. Dodavanjem vrhova u krivulju, dobivaju se nove točke za manipulaciju, stoga su oblici prilično jednostavni za modeliranje[134].

[133] Isto
[134] Isto

9. ZAKLJUČCI

Bogati inventar arheološkog nalazišta brodoloma iz 4. stoljeća pr. Kr. Kod otoka Žirja jedinstveni je dokaz grčke prisutnosti na jadranskoj obali. Površine svih keramičkih predmeta, nakon gotovo dvije tisuće godina provedenih u morskom ekosustavu s vremenom poslužile su kao supstrat pričvršćivanja, rasta i razmnožavanja različitih epibiontskih zajednica.

Prikupljanje informacija o organizmima može biti od velike koristi. Konkretan primjer iz lokaliteta je crni tanki sloj na stijenkama velike većine posuda. Isprva se smatralo da se radi o crnom premazu dok infracrvenom analizom nisu potvrđeni gradivni materijali algi. Osvjetljavanje ovakvih nejasnoća uz determinaciju organizama i njihovog načina djelovanja neophodno je za ispravnu evaluaciju stanja, konzervaciju, restauraciju i prezentaciju lokaliteta i samog predmeta.

Te informacije također mogu poslužiti pri donošenju odluke da li predmet ostaviti *in situ* ili ga izvaditi iz mora. Drugi dio magistarskog rada vezan je za izradu virtualnog 3d modela i demonstraciju mogućnosti lako dostupnih programa jednostavnih za učenje i njihove primjene u konzervaciji i restauraciji. Lako usvojivi programi mogu povećati obujam informacija o kulturnim dobrima i time postaviti temelje ispravne konzervatorsko-restauratorske prakse. U trenutku pisanja magistarskog rada gotovo sve neizronjene posuda iz Žirja nepovratno su ukradene. Pomoću virtualne simulacije imamo tragove sačuvane prije njihova nestanka, a koje bi barem dijelom mogle omogućiti nastavak njihova istraživanja..

10. POPIS LITERATURE

Barilar, Monika; Todić, Filip i Kriste, Iva, (2015). Korištenje fotogrametrijskog materijala u izradi 3D modela i fototeksturiranje. *Ekscentar, br. 18*, str. 50-56.

Bats. Michel (1988), Vaisselle et alimentation à Olbia de Provence (v. 350 – v. 50 av. JC.). Modèles culturels et catégories céramiques, Editions du CNRS (Paris 1988)

Bekić, Luka; Ćurković, Martina; Jelić, Anita et. al. (2011). Conservation of underwater Archaeological finds Manual. Zadar: International Center for Underwater Archaeology in Zadar, .

Bernik, Andrija. (2010). Vrste i tehnike 3D modeliranja, *Tehnički glasnik, 4(1-2*), str. 45- Preuzeto s: https://hrcak.srce.hr/85897 , pristup ostvaren 29.01.2021.

Botić, Viktorija (2018). *Utjecaj primjenjene metode ektrakcije na izolaciju bioaktivnih komponenti iz jadranskih algi Ulva lactuca, Dictyota dichotoma i Padina pavonica*. Diplomski rad. Split. Kemijsko-tehnološki fakultet Sveučilišta u Splitu.

Bujanić Magdalenić, Jelena (2011). Mehanizmi stvaranja lijepljenog spoja, T*ehnički glasnik, 5(2)*, str. 89-93. Preuzeto s: https://hrcak.srce.hr/83838, pristup ostvaren 28.09.2020.

Clifford Warren, Ashley (1944). *The Ashley Book of Knots*. New York: Doubleday&Company

Cafuta, Ivona (2010). *Koraljni grebeni*. Seminarski rad. Zagreb. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno matematički fakultet - Biološki odsjek.

Cronyn, J. M. i Robinson, Wendy S (1990). *The Elements of Archaeological Conservation*, New York: Routledge.

Davidde, Barbara, (2004). Methods and strategies for the conservation and museum display in situ of underwater cultural heritage. *Archaeologia maritima mediterranea, vol. 1,* str. 136-150, Davison A., Brown G. W., (2012). Paraloid B-72: Practical tips for the vertrbrate fossil preparator, Collection forum, Vol. 26. New York, str. 102-106

Donelli, Ivo (2011). Konzervacija i restauracija željeznog topa izvađenog iz mora u luci Starog grada na Hvaru. *Portal, (2.)*, str. 171-177. Preuzeto s: https://hrcak.srce.hr/106273. , pristup ostvaren 31.01.2021.

Donelli, Ivo i Malinar, Hrvoje, (2015). *Konzervacija i restauracija kamena*. Split: Umjetnička akademija Sveučilišta u Splitu

Dvorski, Kora (2016). *Uloga simbioze u evoluciji*. Seminarski rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno - matematički fakultet, Biološki odsjek.

Fabijanec, Sabine Florence, (2012.) "Pomorstvo na istočnom Jadranu: trgovački promet i pomorske opasnosti krajem srednjeg vijeka i početkom modernog doba, *Historijski zbornik, Vol. 65 No. 1*, str. 41-64.

Golubić, Stjepko i Radtke, Gudrun : "Microbial assemblages of the bioerosional notch along tropical limestone coasts", Department of Biology, Boston University, Boston, 1996, preuzeto sa https://www.researchgate.net/publication/239926476_Microbial_assemblages_involved_in_tropical_coastal_bioerosion_An_Atlantic-Pacific_comparison, pristup ostvaren 26.02.2020.

Gregorić, Hrvoje. (2017) *Metode i materijali u konsolidaciji drveta oštećenog biološkim djelovanjem*, rad za stručni ispit, Zagreb.

Hamilton L., Donny (1997). *Basic Methods of Conserving Underwater Archaeological Material Culture*. Texas: Nautical Archaeology Program, Department of Antropology Texas A&M University Spring, Texas.

Hage, J. Joris (April 2008). Heraklas on Knots: Sixteen Surgical Nooses and Knots from the First Century A.D. *World Journal of Surgery, 32 (4)*, str. 648–655.

Horejs, Barbara: Analysing Pottery: Processing - Classification - Publication, Comenius University in Bratislava, Department of Archaeology, Bratislava, 2010, preuzeto sa https://www.academia.edu/276720/Analysing_Pottery._Processing_-_Classification_-_Publication_FULLTEXT, pristup ostvaren 6.03.2020.

Hunt, Alice & Speakman, Robert, (2014). Portable XRF analysis of archaeological sediments and ceramics, *Journal of Archaeological Science, Vol. 53*, 10.1016/j.jas.2014.11.031, preuzeto s https://www.researchgate.net/publication/269039627_Portable_XRF_analysis_of_archaeological_sediments_and_ceramics, pristup ostvaren 3.03. 2020.

Iveković, Ćiril Metod, (1927). Otok Žirje, *Starohrvatska prosvjeta, I(1-2)*, str. 45-59. Preuzeto s: https://hrcak.srce.hr/107783, pristup ostvaren 31.01.2021.

Kirigin, Branko (2003). Parska naseobina. Prilog proučavanju Grčke civilizacije u Dalmaciji. *Vjesnik za arheologiju i historiju dalmatinsku sv. 96*, str. 9-301.

Kobetić, Martina (2009). *Fauna na kolonijama mahovnjaka (Bryozoa) vrste Pentapora fascialis (Pallas, 1766)*. Diplomski rad. Zagreb. Prirodoslovno–matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Biološki odsjek.

Lončar, Nina i Klempić Bogadi, Sanja. (2016) Geografska obilježja Šibenskih otoka. Skračić, V. (ur.), str. 7-40. *Toponimija Šibenskog otočja*. Zadar: Sveučilište u Zadru.

Luthar, Marijana (2016). *Spajanje materijala lijepljenje/Material joining by adhesive bonding*. Diplomski rad. Čakovec. Održivi razvoj-Termotehničko Inženjerstvo Međimurskog veleučilišta u Čakovcu .

Matošević, Zoe Jelić (2018). *Računalna optimizacija sljedova genomske DNA spužve Eunapins subterraneus sekvenciranih tehnologijom nanopora*. Diplomski rad. Zagreb. Prirodoslovno-matematički fakultet (Biološki odsjek) Sveučilišta u Zagrebu..

Matulić, Branko, (2012). *Temeljni pojmovi konzervacije-restauracije zidnih slika i mozaika*. Split: Naklada Bošković.

microborings in carbonate substrates.-In: Frey, R. W. (ur.), The study of Trace Fossils; str. 229-259, New York Springer-Verlag, .

Mihajlović, Igor, (2012). Antički brodolom sa sarkofazima kod Sutivana na otoku Braču, *Histria antiqua, vol.21, br. 21*, str. 649-655, preuzeto s https://hrcak.srce.hr/105233. pristup ostvaren 26.04.2020.

Mihotović, Anja (2017). Konzervacija i restauracija antičkog kovanog novca s lokaliteta Ivandvor i Park Kraljice Katarine Kosača. Diplomski rad. Split. Umjetnička akademija Sveučilišta u Splitu.

Miletić, Ana (2012). *Koraljni grebeni*. Seminarski rad, Zagreb, Prirodoslovno - matematički fakultet - Biološki odsjek Sveučilišta u Zagrebu..

Miliša-Jakšić, Miona, i Bizjak, Siniša (2010). Destruktivno djelovanje morske vode na kamene artefakte na primjeru konzervacije i restauracije mramorne antičke skulpture iz Vranjica, *Tusculum, 3(1)*, str. 231-245. Preuzeto s: https://hrcak.srce.hr/57776, pristup ostvaren 31.01.2021.

Mučić, Marita (2014). *Spongia officinalis L.: biologija, ekologija i mogućnost uzgoja*. Diplomski rad. Zagreb. Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Preuzeto s https://urn.nsk.hr/urn:nbn.hr, pristup ostvaren 31.01.2021.

Novosel Maja (2007). *Mahovnjaci (Bryozoa) čvrstih dna Jadranskog mora*. Doktorska dizertacija. Zagreb. Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Odak, Tea. i Treer, Tomislav, (2000). PREGLED ISTRAŽIVANJA VODENIH MAKROFITA U HRVATSKOJ. *Croatian Journal of Fisheries, vol. 58, br. 3*, str. 101-109. https://hrcak.srce.hr/4293. Citirano 18.09.2020.

Pantazidou, Adriani, Louvros, Ioanna, Economou-Amilli (2006). Euendolithic shell-boring cyanobacteria and chlorophytes from the saline lagoon Ahivadolimni on Milos Island, Greece. *European Journal of Phycology. 41*, str. 189-200.

Pearson, Colin (1987). *Conservation Of Marine Archaeological Objects*, London: Butterworths series in Conservation and Museology.

Pedelì, Corrado: "Cleaning with ultrasound scaler: technique adjustment for archaeological ceramics". In: Glass and Ceramic Conservation 2007. sastanak ICOM-CC radne grupe; kolovoz, 2007. Nova Gorica, Slovenia. Edited by Lisa Pilosi, preuzeto sa https://www.academia.edu/5157849/Cleaning_with_ultrasound_scaler_technique_adjustment_for_archaeological_ceramics , pristup ostvaren 24.09.2020.

Petrović, Monika (2014): Očuvanje Arheološkog stakla, H*istria archaeologica: časopis arheološkog muzeja Istre, Vol 44. No. 44,* Pula str. 111-124.

Pešić, Mladen, (2010). Konzervatorsko-restauratorski radovi na keramičkim dolijama s lokaliteta Krvavići-Boškina. *Portal, vol., br. 1.*, str. 261-267, preuzeto s https://hrcak.srce.hr/103595, pristup ostvaren 3.03.2020.

Plećaš, Doris. (2017). *Epibionti na plemenitoj periski (Pinna nobilis Linnaeus, 1758; Mollusca: Bivalvia)*. Neobjavljeni diplomski rad; Zagreb. PMF Sveučilišta u Zagrebu

Podrug, Emil; Jović, Jelena i Krnčević, Željko (2016): *Arheološka baština šibenskih otoka*, Muzej grada Šibenika, Preuzeto s https://www.academia.edu/30179791/Arheoloska_bastina_sibenskih_otoka.pdf, pristup ostvaren 31.01.2021.

Punda Žina i Čulić Mladen (2010). *Slikarska tehnologija u konzervaciji i restauraciji*. Nastavni materijal. Split. Umjetnička akademija Sveučilišta u Splitu

Radić Rossi, Irena i Grisonić, Maja. (2016) Two lásana from the 4th century BC shipwreck at the island of Žirje, Croatia. *Skyllis, 2. izdanje*, str. 132-135.

Ramljak, Ana (2017). *Adhezijska svojstva polivinil acetatnog ljepila*. Diplomski rad,. Zadar. Sveučilište u Zagebu - Grafički fakultet.

Rodgers A., Bradley (2004). The Archaeologist's Manual for Conservation: A Guide to Non-Toxic, Minimal Intervention Artifact Stabilization, New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.

Sally E. Walker i William, Miller: Organism-substrate relations; toward a logical terminology. PALAIOS 1992; 7 (2): str. 236–238. Preuzeto s https://pubs.geoscienceworld.org/sepm/palaios/article-abstract/7/2/236/100283/Organism-substrate-relations-toward-a-logical?redirectedFrom=fulltext pristup otvaren 26.02.2020.

Sardoz, Andrea, (2016). Bikonična posuda - kada rekonstrukcija i zašto, a na kraju i kako, Histria archaeologica: časopis arheološkog muzeja Istre, *Vol 46. No. 46*, str. 271-280.

Sindičić, Magda, Konjević, Dean (2014.) *Osnove zoologije mediteranskih ekosustava*. Skripta, Sveučilište u Zadru, Odjel za ekologiju, agronomiju i akvakulturu - Preddiplomski studij primjenjene ekologije, Zagreb

Smoljo, Marina (2018). *Antioksidacijski potencijal različitih ekstrakata jadranskih algi*. Diplomski rad. Split. Kemijsko-tehnološki fakultet Sveučilišta u Splitu.

Stephen P. Koob, (1986). The use of Paraloid B-72 as an adhesive: its application for archaeological ceramics and other materials. *Studies in Conservation, 31:1*, str. 7-14.

Tiano, Piero. (2014). *Biodegradation of Cultural Heritage: Decay Mechanisms and Control Methods*, Centro di Studio Sulle, Cause. Seminarski rad. Deperimento e Metodi

Conzervacione Opere d´Arte, Firenze, https://www.researchgate.net/publication/240635027_Biodegradation_of_Cultural_Heritage_Decay_Mechanisms_and_Control_Methods, pristup otvaren 26.02.2020.

Ukrainčik, Tamara, (2020). *Lakovi u restauriranju štafelajnih slika*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu Akademija likovnih umjetnosti

Veseli, Marina (2014). *Zooksantele i simbioze s morskim organizmima*. Seminarski rad. Prirodoslovno - matematički fakultet - Biološki odsjek Sveučilišta u Zagrebu.

Vučković, Karla (2010). Kremenorožnate spužve (Demospongiae) u plitkim morskim staništima Parka prirode Lastovsko otočje. Diplomski rad. Zagreb. Prirodoslovno - matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Zundelevich, Adi, (2007). Chemical versus mechanical bioerosion of coral reefs by boring sponges - lessons from Pione cf. Vastifica. *Journal of Experimental Biology, Vol. 210*, str. 91-96 dostupno na https://jeb.biologists.org/content/210/1/91, pristup ostvaren 4.03.2020.

Šaić, Nikolina (2012). Građa skeleta koralja. Seminarski rad. Zagreb. Prirodoslovno - matematički fakultet - Biološki odsjek Sveučilišta u Zagrebu.

Šešelj, Lucijana (2009). *Promunturium Diomedis: svetište na rtu Ploča i jadranska pomorska trgovina u helenističkom razdoblju*, Zadar: Sveučilište u Zadru

Šitina, Ana (2016) Spomenici povijesnog graditeljstva na šibenskim otocima. Skračić, V. (ur.), str. 77-98. *Toponimija Šibenskog otočja*. Zadar: Sveučilište u Zadru.

Šperac, Nađa: "Resistance of Paraloid B-72 to Temperature and UV Radiation", Department of Conservation - Restoration, Arts Academy of Split, Split, 2015, preuzeto sa http://www.konferencija-restauracija.com/hr/predavanja/373-nadja-sperac.html, pristup ostvaren 3.03.2020.

Wahl, Martin (1989). Marine epibiosis. I. Fouling and antifouling: some basic aspects. *Marine Ecology Progress Series, Vol. 58,* str. 175-186.

11. WEB IZVORI

An authoritative classification and catalogue of marine names. (n.d.). Preuzeto s http://www.marinespecies.org/index.php, pristup ostvaren 25.01.2021.

Baza podataka materijala korištenih u konzervaciji - restauraciji umjetnina. (n.d). Preuzeto s http://cameo.mfa.org/wiki/Main_Page, pristup ostvaren 23.01.2021.

Geodezija-predavanje 7: Fotogrametrija. Predavanje. (n.d.). Preuzeto s www.gfos.hr, , pristup ostvaren 14.01.2021.

Grisonic, Maja (2017). "Pottery from the newly discovered 4th cent. BC shipwreck at the island of Žirje (Croatia)". Preuzeto s https://www.academia.edu/37923420/Poster_POTTERY_FROM_THE_NEWLY_DISCOVERED_4TH_CENT._BC_SHIPWRECK_AT_THE_ISLAND_OF_%C5%BDIRJE_CROATIA, pristup ostvaren 31.01.2021.

Holenda, Karmen. i Sikirica Mladen. (n.d.). Kemija istraživanjem osam repetitorij. Preuzeto s http://eskola.chem.pmf.hr/udzbenik/u48/12%20kiseline.pdf, pristup ostvaren 25.01.2021.

Jurković, Marina. (2017). Najpoznatija hrvatska podvodna arheologinja dr. sc. Irena Radić Rossi otkrila je nepoznate detalje o antičkom brodolomu kod Žirja i grčkoj prisutnosti na Jadranu. Preuzeto s https://sibenski.slobodnadalmacija.hr/kultura/ostalo/clanak/id/479437/najpoznatija-hrvatska-podvodna-arheologinja-dr-sc-irena-radic-rossi-otkrila-je-nepoznate-detalje-o-antickom-brodolomu-kod-zirja-i-grckoj-prisutnosti-na-jadranu, pristup ostvaren 12.01.2021.

Pliny the Elder, Bostock, John; Riley, H. T. (eds.), *The Natural History*, str. 28.17. Preuzeto s http://www.perseus.tufts.edu/hopper/text?doc=Perseus%3Atext%3A1999.02.0137%3Abook%3D28%3Achapter%3D17, pristup ostvaren 31.01.2021.

Nina Hodžić, (2015.). Prezentacija o Spužvi (lat. Porifera). Preuzeto s https://prezi.com/lkgczw9m9azl/spuzve-lat-porifera/, pristup ostvaren 11.01.2021.

Texas A&M University . (n.d.). Preuzeto s http://nautarch.tamu.edu/class/ANTH605., pristup ostvaren 11.01.2021.

Članak Wikiwand-a o Algama. (n.d.). Preuzeto s http://www.wikiwand.com/bs/Alge, pristup ostvaren 31.01.2021.

Članak Wikiwand-a o Crvenim algama. (n.d.). Preuzeto s http://www.wikiwand.com/bs/Crvene_alge#/Reference, pristup ostvaren 31.01.2021.