

# Konzervacija i restauracija željeznog topa izvađenog iz mora u luci Starog grada na Hvaru

Ivo Donelli

Umjetnička akademija Sveučilišta u Splitu  
Odsjek za konzervaciju-restauraciju  
Split, Glagoljaška b/b  
ivo.donelli@gmail.com

Stručni rad  
Predan 12. 9. 2011.  
UDK 7.025.3/.4:903.22(497.5)

**SAŽETAK:** Autor opisuje konzervatorsko-restauratorske postupke na željeznom topu izlivenom na prijelazu XVII. u XVIII. st., izvađenom iz mora u luci Starog grada na otoku Hvaru. Opisani su i postupci rekonstrukcije drvenog nosača („lafeta“) za top, izrađenog prema analogijama i opisima izrade takvih nosača.

**KLJUČNE RIJEČI:** *top, more, elektroliza, konzervacija, restauracija, „lafeta“*

**S**REDINOM 2007. GODINE na poziv hidroarheologa iz Ministarstva kulture Republike Hrvatske, Odsjek konzervacije-restauracije na Umjetničkoj akademiji u Splitu bio je uključen u spašavanje željeznog topa pronađenog na predjelu „Spomenik“ u starogradskoj luci na otoku Hvaru. Top je ležao u mulju na dubini od sedam metara, prekriven morskim bio-obraštajem, te većim i manjim kamenim konkrementima. Uokolo nisu nađeni nikakvi arheološki artefakti koji bi pojasnili kako je top dospio u more. Izmjereni su gabariti (dužina 189 cm i širina 57 cm) da bi se mogao napraviti bazen na Umjetničkoj akademiji u kojem će top biti podvrgnut konzervacijskom tretmanu. Slijedio je niz predradnji prema uputama konzervatora, prije vađenja topa iz mora. Ronioci su morali potkopati top te ispod njega postaviti čeličnu mrežu i čelične sajle kojima će se top ovesiti za kran dizalice.<sup>1</sup> (sl. 1a)

Nakon višesatnog mukotrpnog rada, top je bio na površini pokriven platnom od jute i utovaren na kamion te prevezen u Split u konzervatorsku radionicu. Za vrijeme transporta top je polijevan tekućom vodom, tako da juta bude konstantno vlažna, u svrhu zaštite od naglog sušenja i loma željezne površine. Dolaskom u radionicu, top je potopljen u improvizirani<sup>2</sup> bazen s tekućom vodom. Tim postupkom počeo je proces desalinizacije. Desalinizacija je dugotrajni proces. Sastoji se od periodične izmjene vode unutar bazena, kako bi se sol ekstrahirala iz pornih dijelova metala.<sup>3</sup> U projekt su bili uključeni profesori Akademije različitih znanstvenih struka: biolog, kemičar, fizičar, rendgenolog, konzervatori za metal i drvo te na kraju tehničko osoblje i studenti.<sup>4</sup> Rezultati njihovih analiza, ali i poznavanje tehnologije materijala, tehnike lijevanja te iskustvo i senzibilitet konzervatora odredili su konzervatorsko-restauratorske zahvate primijenjene na topu.



1. a, b Stari grad (Hvar), Željezni top, 17/18. stoljeće, neposredno nakon vađenja iz mora i tijekom uklanjanja sedimentne kore s površine (snimio I. Donelli)

Old Town (Hvar), iron cannon, 17/18th century, immediately after taking it out of the sea and removing the sediment crust from the surface (photo by: I. Donelli)

## Konzervatorsko-restauratorski postupak

### PRELIMINARNA ISTRAŽIVANJA

#### BIOLOŠKI NALAZI

Na samoj površini topa nađeni su živi morski organizmi: razne školjke (pedoće, kamenice i priljepak), zvjezdače i vlasulje. Zbog debelih slojeva mulja, biološki obraštaj nije se uspio uhvatiti za površinu artefakta. Nađen je samo na kamenim konkrementima.

#### KEMIJSKI NALAZI

Kemijski nalazi praćeni su tijekom isoljavanja topa. Uzeta je litra morske vode iz starogradske luke kao referentni uzorak. Tijek desalinizacije, odnosno periodika izmjene vode ovisila je o dva referentna uzorka: vodi iz starogradske luke i tekućoj vodi u Splitu. Voda u bazenu morala se izmjenjivati dok se nisu postigli zadovoljavajući rezultati, odnosno dok prisutnost soli u vodi nije bila na numeričkim vrijednostima tekuće vode.<sup>5</sup>



2. Stanje tijekom postupka desalinizacije (snimio I. Donelli)  
Conditions during the desalination process (photo by: I. Donelli)

### FIZIKALNE ANALIZE

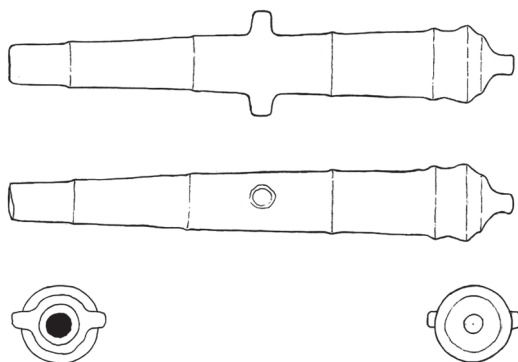
Fizikalni nalazi odnosili su se na konzervatorsko-restauratorske poslove, ali i na kemijska ispitivanja: izradu bazena, konstrukciju improviziranih dizalica za manipulaciju topom, izradu nosača za elektrolitske ploče, odabir elektrolitskih ploča,<sup>6</sup> praćenje jakosti amperaže na istosmjernom izvoru struje, vrijeme i trajanje tretiranja elektrolitskog čišćenja, te na magnetna ispitivanja da bi se utvrdila prisutnost metalne jezgre.

### RENDGENSKA ANALIZA

Na odjelu za konzervaciju i restauraciju postoji mogućnost rendgenskog snimanja materijala. Uz bezbroj pokušaja, rendgen nije uspio prozračiti niti jedan segment topa. Uporaba jačih rendgena (bolnički rendgen i rendgen iz brodogradilišta) nije bila dostupna zbog veličine objekta. Bez rendgenskih slika bili smo uskraćeni za podatke o debljini korozivnih kora, debljini jezgre metala, saznanja



3. Čišćenje površine topa uz pomoć vode pod tlakom (snimio I. Donelli)  
Cleaning the surface of the cannon with the aid of pressurized water (photo by I. Donelli)



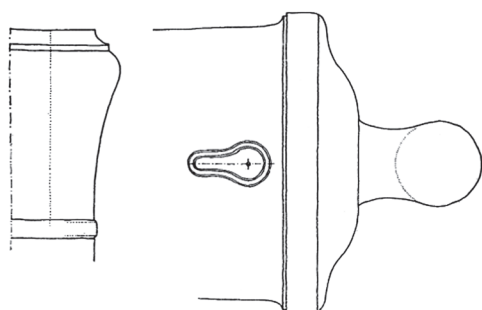
M 4:5

4. Crtež cijevi topa (autor I. Donelli)  
The cannon tube sketch (by I. Donelli)

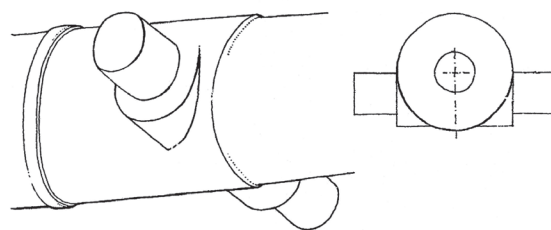
o vrstama naslaga konkremenata na površini.<sup>7</sup> Metalnim svrdlom sondirali smo na pojedinim mjestima debljine konkrementa i oksidnih slojeva na topu. Ti su podaci bili važni za određivanje parametara gustoće elektrolita, dimenzija metalnih ploča katoda i jakosti struje za čišćenje metala tehnikom elektrolitske redukcije.

### Desalinizacija

Postupak desalinizacije može se obaviti na više načina: potapanjem predmeta u vodu (destiliranu, deioniziranu ili tekuću), upotrebom različitih pulpa (atapulgit, sepiolit,<sup>8</sup> papirna pulpa), elektro-redukcijom i naposljetku upotrebom kemikalija pretvaranjem topivih soli u netopive (ta metoda primjenjuje se uglavnom u konzervaciji kamena). U našem slučaju top je bio potopljen u bazen s tekućom vodom. Nakon sedam dana top je izvađen iz bazena. Tijekom desalinizacije s površine topa otpali su svi mikroorganizmi, mulj i manji kamenčići. Upotrebom vodene pumpe pod tlakom (20 bara) te dlijeta i čekića skidale su se deblje sedimentne kore i veće kamenje (sl. 1b). Nakon tih zahvata mogao se donekle čitati izgled topa.



6. Crtež detalja cijevi topa (autor I. Donelli)  
The cannon tube sketch, detail (by I. Donelli)



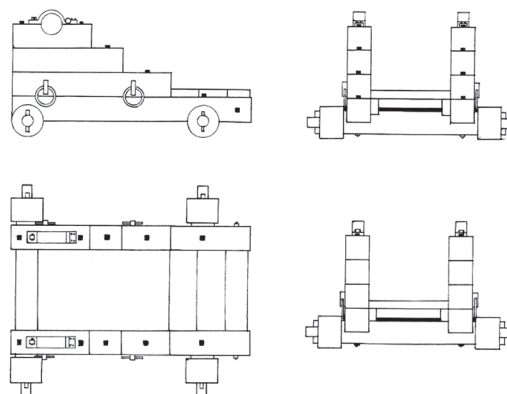
5. Crtež svornjaka (autor I. Donelli)  
The clevis fastener sketch (by I. Donelli)

Sastojao se od cilindrične vanjske cijevi, koja je imala dva prstena do svornjaka te još dva do rupe za paljenje fitilja.

Također se nakon čišćenja očitavala kruna, odnosno zadnji dio topa. Tragovi grba, ukrasa ili godine izrade nisu nađeni. Top je ponovo vraćen u bazen koji je napunjen do vrha tekućom vodom i proces desalinizacije se nastavio (sl. 2). Vađenje i mehaničko čišćenje te desalinizacija topa trajali su tri mjeseca i sedam dana, dok analize nisu pokazale minimalan postotak natrijeva klorida (NaCl) u vodi.<sup>9</sup> Na taj način uklonjeni su svi konkrementi te se došlo do željeznog oksida na površini topa.

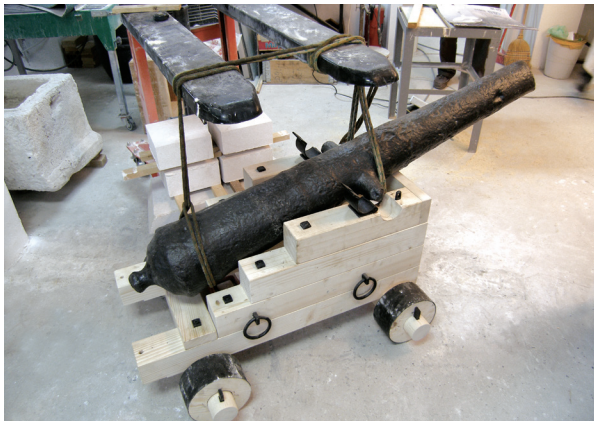
### Elektrolitska redukcija

Da bi se uklonio oksidacijski sloj željeza s površine, primijenjena je tehnika elektrolitske redukcije.<sup>10</sup> Top je postavljen u bazen na drvene podmetače. Na dio topa očišćen od korozije zavarili smo željeznu šipku (katodu) koja služi kao spoj sa strujom. Na dvije mesingane šipke dužine 2 m serijski su spojene četiri ploče od nehrđajućeg čelika, dimenzija 50 x 30 cm, postavljene sa svake strane topa (anode). Bazen je napunjen elektrolitom koji se



7. Crtež drvenog nosača topa s okovima  
The wooden carrier with chains sketch





**8.** Postavljanje topa na rekonstruirani drveni „lafet“ (snimio I. Donelli)  
*Mounting the cannon onto the reconstructed wooden carrier (photo by: I. Donelli)*

sastoji od 10%-tne otopine natrijeva hidroksida (NaOH) u tekućoj vodi. Na ispravljač jednosmjerne struje od 12 V spojili smo kao minus pol top, odnosno katodu, dok su plus pol bile anode od nehrđajućeg čelika. Uključivanjem ispravljača za struju pokrenuo se proces elektrolitske redukcije. Potencijometrom na ispravljaču regulirana je amperaža, koja se u ovom slučaju kretala oko 10 A po  $\text{dm}^2$ .<sup>11</sup> U početku elektrolize korozivni se sloj teže uklanjao, ali za nekoliko sati primijećena je povećana amperaža, što je ukazivalo na to da se korozivni sloj počeo brže uklanjati. Shodno tome, morala se amperaža regulirati na normalnu visinu od 10 A. Metodom elektroredukcije uklanjale su se i dubinske naslage morske soli iz metala. Da bi se ubrzao proces uklanjanja korozivnog sloja, top je jedanput dnevno vađen iz bazena, te je visokotlačnom pumpom, čeličnim četkama, dlijetom i čekićem čišćena površina.<sup>12</sup> (sl. 3) Također se mehanički čistila i sama cijev topa upotrebom dugih svrdala umetnutih u elektrobušilicu. Proces elektrolitske redukcije i mehaničkog čišćenja trajao je četrnaest dana, dok se nije uklonio sav korozivni sloj s površine. Ponovo su izmjerene dimenzije i kalibar topa. Nakon uklanjanja konkremenata, dimenzije su se umanjile. Dužina je iznosila 164 cm; širina glave 10 cm; širina kod svornjaka 17 cm; širina sa svornjacima 25 cm; širina na kruni, odnosno stražnji dio topa 17,5 cm. Kalibar je iznosio 8 cm. Na površini nije imao nikakve pečate, ukrase, kao ni godinu lijevanja. Glava pri vrhu nije bila zadebljana niti je imala prsten, već je bila ravna. Nisu nađeni tragovi užljebljenja unutar cijevi topa. Uzrok brzog propadanja topa, osim dugotrajnog ležanja u moru i utjecaja vode, soli i morskih organizama, bila je i loša kvaliteta izrade, odnosno loš željezni ljev.<sup>13</sup> Tragovi na kompaktnosti metala (spužvasta površina) na pojedinim



**9.** Stanje nakon dovršenih radova (snimio I. Donelli)  
*State after the completion of works (photo by: I. Donelli)*

mjestima ukazuju na tu pretpostavku. Također su tucanjem čekićem po površini opaženi zdravi i šuplji tonovi zvona. Tako očišćen top ostavljen je da se suši u suhoj i toploj prostoriji do daljnjeg postupka konzervacije.

### Izrada drvenog nosača „lafeta“

Pretpostavka je da je top bio ili dio naoružanja Hektorovićeve „tvrđlja“ ili pak dio broskog naoružanja. Tražeći analogije za izradu „lafeta“, pronašli smo da su takvi nosači za top bili uglavnom rađeni od hrastova drva s četiri kola. Za dimenzije visine, dužine i širine našeg nosača odlučili smo se konzultirajući tekst L. Baretića koji detaljno opisuje izradu takvih nosača.<sup>14</sup> Prema izračunu dužine topa, za izradu nosača bile su odgovarajuće sljedeće maksimalne dimenzije: dužina 100 cm; visina 50 cm; širina 100 cm. Trebalo je ispiliti drvene grede debljine 10 x 10 cm, iskovati željezne okove za spojeve drvenih greda, željezne klinove za spajanje podnica, obruče za kola, željezne alke za konope kojima se top sidri te okove za svornjake (sl. 4–7). Nakon piljenja, tokarenja i kovanja pristupilo se montaži drvenog nosača (sl. 8).

### Konzervacija topa

Sušenje topa trajalo je dvadesetak dana. Na preostala korodirana mjesta primijenjeno je mikropjeskarenje. Površina topa zagrijavana je plinskim grijačem (brenerom). Na taj je način isušena preostala vlaga iz pornih dijelova. Top je zatim premazan temeljnom bojom za zaštitu metala. Nakon sušenja temeljne boje, površina je ponovo zagrijavana te je tako pripremljen tretman s vrućim parafinom i grafitom. Nastojala se postići temperatura od 50 °C po cijeloj površini topa.



10. Željezni top postavljen na rivu Starog grada na Hvaru (snimio I. Donelli)  
*Iron cannon on the waterfront in the Old Town of Hvar (photo by: I. Donelli)*

Temperatura parafina bila je 130 °C. Parafin i grafit utrljavani su u metal uporabom kista, a višak se skidao plinskim grijačem. Svi ti zahvati poduzeti su da bi se metal sačuvao i zaštitio od utjecaja vlage. Na istovjetan način tretirana je i unutrašnjost cijevi topa. U nju se ulijevao vrući tekući parafin da bi se nakon rotiranja višak izljevao van.

### Postavljanje topa na drveni nosač

Završna faza konzervacije i restauracije željeznog topa iz Starog grada bila je montaža na drveni nosač „lafet“. Pri prvom pokušaju montaže primijećeno je da su utori za svornjake široki, da stražnji dio topa, „kruna“, ne leži na prvoj letvi, da su kola široka, a raspon među njima velik i širok. Jednostavno, trebalo je prepraviti nosač. Mjerenjima i stavljanjem topa u vagu (livel) došli smo do sljedećih mjera nosača: dužina 95 cm; visina 45 cm; širina 70 cm. Nakon spajanja svih dijelova, drvena je građa zaštićena premazivanjem fungicidom te lanenim uljem. Nakon sušenja, na drveni smo nosač nanosili sloj vrućeg parafina

pomiješan s grafitnim puderom. Drvo je grijano „fenom“ kako bi parafin i grafit što dublje prodrli u drvo. Na taj je način drvo impregnirano, zaštićeno od vlage i crvotočine, a postignut je i izgled patine. Nakon sušenja, top je postavljen u ležište na drveni nosač (sl. 9). Montirana su kola sa željeznim obručima te su na prečke postavljeni željezni klinovi kao graničnici za sigurnost kola. Postavljene su šarke za koje će se top povezati preko svornjaka s drvenom konstrukcijom, a na bočnim stranama stavljene su po dvije željezne alke kroz koje će biti provučeni konopi. Konzervirani top s drvenim nosačem bio je pripremljen za transport u Stari grad na Hvaru. Stručnjaci su kao primjereno mjesto na kojemu će top biti izložen preporučili arheološki muzej Starog grada. Ondje je top i stajao neko vrijeme dok ga djelatnici muzeja nisu odlučili postaviti na starogradskoj rivi kao „top destinaciju“. S vremenom, zbog svakodnevnog dodirivanja, gaženja i sjedenja na njemu, top je izgubio nešto parafinskog premaza s površine, dok je drveni nosač i dalje u dobrom stanju (sl. 10). ■



## Bilješke

- 1 Zbog male dubine, top se nije mogao vaditi uporabom padobrana.
- 2 Bazen je napravljen od PVC folije te drvenih greda i dasaka nešto većih od samog topa.
- 3 IVO DONELLI, NIVES ŠTAMBUK–GILJANOVIĆ, Uporaba vodovodne vode za desalinizaciju kamenih spomenika, u: *Godišnjak zaštite spomenika kulture Hrvatske*, 28 (2004.), 137–145.
- 4 Zahvaljujem: Ivanu Mitru, ing. kemije, Frani Mihanoviću, ing. rendgenologije i asistentu na Medicinskom fakultetu u Splitu, dipl. konz. za metal Filipu Rogošiću, predavaču na UMAS-u, dipl. konz. za kamen Siniši Bizjaku, predavaču na UMAS-u, ing. brodogradnje Željku Petriću, restauratoru Marinu Marasoviću, Dragi Piriću te tehničkom osoblju i studentima: Vedranu Kundiću (II. godina), Giuliju Frapportiju (III. godina) i Duji Ordulju (IV. godina).
- 5 IVO DONELLI, NIVES ŠTAMBUK–GILJANOVIĆ 2004., (bilj. 3), 137–145.
- 6 H. J. PLENDERLEITH, A.E.A. WERNER, *The Conservation of Antiquities and Works of Art*, 1979., 198–200.
- 7 IVO DONELLI, FRANE MIHANOVIĆ, Metode snimanja i konzervacija metalnih arheoloških predmeta, u: *Vjesnik za arheologiju i historiju dalmatinsku*, 90–91 (1999.), 448–459.
- 8 Glinene mase koje se nanose na površine objekta, a služe za desalinizaciju.
- 9 B. VILHAR, Vrulje, 1970., svezak 1, 50–55.
- 10 Elektrolitska redukcija s otopinom natrijeva hidroksida u dosadašnjoj se praksi pokazala djelotvornom, iako stručna literatura kao najpouzdaniju metodu za desalinizaciju željeznih predmeta iz mora navodi alkalni natrij-sulfitni elektrolit: N. A. NORTH, A. C. PEARSON, *Washing Methods for Chloride Removal from Marine Iron Artifacts*, u: *Studies in Conservation*, 23/4 (1978.), 174–186; MARK R. GILBERG, NIGEL J. SEELEY, *The Alkaline Sodium Sulphite Reduction Process for Archaeological Iron: A Closer Look*, u: *Studies in Conservation*, 27/ 4 (1982.), 180–184; ANNE RINUY, FRANÇOIS SCHWEIZER, *Methodes de conservation d'objets de fouilles en fer. Etude quantitative comparee de l'elimination des chlorures*, u: *Studies in Conservation*, 26/1 (1982.), 29–41; G. STAWINOĞA, *Ein Beitrag zur Eisenent-salzung*, *Arbeitsblätter für Restauratoren*, 1996., 293–294; C. PEARSON, *Conservation of marine archaeological objects*, London-Boston, 1987.
- 11 Kod te redukcijske metode služimo se jednosmjernom električnom strujom. Korodirani kovinski predmet služi kao katoda (negativna elektroda), koju stavimo u elektrolitsku kupku (npr. u rastopinu natrijeva karbonata ili natrijeva hidroksida–lužnog kamena). Pozitivna elektroda (anoda) je željezna ploča. Jačina redukcije u tom slučaju ovisna je o električnoj struji. Kod strujanja elektrike na katodi se razvija vodik koji postupno reducira korozijski sloj i rastvara soli u tom sloju. Tijekom redukcije kloridi se sele iz kato-

de na željeznu anodu. Metoda elektrolize može biti vrlo djelotvorna u čišćenju jako korodiranih kovina svih vrsta. Kao izvor električne struje služi akumulator ili baterija (istosmjerna struja) ili pak izvor izmjenične struje koji je usmjerivačem pretvoren u istosmjernu struju na napetost približno u 12 V.

Ipak je u elektrolizi najvažniji element jakost, a ne napetost struje. Jakost (amperaža) ovisna je o otporu, koji pruža elektrolit, i o veličini elektroda. Za vrijeme elektrolize, jačina se može mijenjati, s obzirom na to koliko se korozijski sloj već reduciralo.

U praksi upotrebljavamo ko (??kao) elektrolit približno 5%-tnu otopinu natrijeva karbonata ili lužnog kamena, a za anodu dvije željezne ploče koje objesimo na jednakim udaljenostima (približno 1 dm) na obje strane katode. Pod tim uvjetima brzina redukcije ovisit će o jačini struje koju reguliramo pomičnim regulatorom otpora tako da dobijemo približno 10 ampera na 1 dm<sup>2</sup> površine predmeta. Tako se na elektrodama razvijaju plinovi jednakomjerno. Veliku posudu od stakla, plastike ili drva obloženog PVC folijom punimo do određene visine 5%-tnom otopinom natrijeva karbonata ili lužnog kamena. Preko ruba položimo šipke od mesinga ili bakra na koje objesimo elektrode (obje anode i katodu). Predmet spojimo s negativnim polom izvora elektrike, a obje anode spojimo na pozitivni pol preko ampermetra i pomičnog otpora. Dok traje elektroliza, anode jako oksidiraju pa ih je potrebno povremeno očistiti. Vrijeme elektrolize ovisno je o prirodni korozivnog sloja. Možemo ga skratiti tako da predmet više puta izvadimo iz kupke, površinu iščetkamo i ostružemo ispod tekuće vode. Također to učinimo i s čeličnim pločama. Predmet dignemo iz kupke još dok je struja uključena. Nikako ne smijemo predmet ostaviti u elektrolitu, nakon što smo isključili struju, jer bi se na njega mogle nataložiti kovinske soli koje se nalaze u kupki.

12 J. M. CRONYN, *The Elements of Archaeological Conservation*, London 1990., 160–202.

13 L. BARETIĆ, *Dubrovačka artiljerija*, Beograd, 1960., 141–142. Mnogo je razloga za kvalitetu lijeva: "Ako kalupi nijesu dobro pečeni i dobro suhi u vremenu lijevanja, cijevi neće izaći čiste, glatke i dotjerane ni iznutra ni izvana. Da bi kalupi bili dobro suhi i dobro pripremljeni, livac se ne smije zadovoljiti samo time da ih osuši na vatri, jer će se često naći prevaren. Razlog tome je slijedeći: i ako vatra postavljena iznutra i izvana uklanja i pretvara u vlagu paru na površinama kalupa, s druge strane vlaga u unutrašnjosti mase kalupa, spriječena toplinom vatre ne može da prodre na površinu ni da izlapi, već se bježeći od vrućine kao od jakog neprijatelja povlači i vraća natrag. Majstor kalupa vjerujući, kada su kalupi suhi na površini, da su suhi i iz unutra, iz gornjeg se razloga prevvari. Zato da izbjegnju prije rečene neprilike, iskusni Nijemci nikada ne upotrebljavaju

kalupe za lijevanje koji nijesu napravljeni 3–4 godine ranije, a drže ih uvijek na zračnim i suhim mjestima, gdje ih preko ljeta obasjava sunce koje im izvlači i raspršava vlagu, a također ih dobro peku. Iz tog razloga njemačka i flamanska artiljerija izlazi tako lijepa i čista, što nije slučaj u ovim našim stranama, jer čim su napravljeni kalupi, odmah se u njih lijeva. Uslijed toga izlaze cijevi tako grube, krastave, spužvaste i rupičaste, te ih kasnije treba turpijati i sa dlijetima rezati, da se pokriju nedostaci.“

14 L. BARETIĆ, 1960., (bilj. 13), 141–142; “Što se tiče tih pretpostavki, važno je znati, da ako nije svaki predmet učinjen na svojim mjerama ne može se tako lako odlučiti kojoj cijevi pripadaju. Osim toga, ako daske od kojih je napravljeno postolje nemaju propisanu debljinu, donijeti će mnoge mane, a posebno će se još iskriviti na način koji se naziva izvitoperenje te će biti izvan prave crte i hitac će uvijek nositi na jednu bočnu stranu. Ako nije postolje na glavi visoko koliko je potrebno, kada se užljebe svornjaci u te daske, a tako isto i osovina točaka, te ako je užljebljenje koliko treba, ostati će tako malo drveta između jednog i drugog užljebljenja, da će se upotrebom lako prelomiti. Tako će se dogoditi i na sredini, gdje počiva stražnji dio

cijevi a i na repu postolja, jer su to tri mjesta gdje postolje može pretrpjeti lom. Ako je postolje dulje nego što treba, prilikom paljbe top će se više povlačiti i hici će biti pogrešni, ali će postolje, prilikom paljbe, manje trpiti. Ali ako je postolje kraće od propisanog, prilikom gađanja manje će se povlačiti i domet će biti dalji od predviđenog, ali će postolje pretrpiti veće opterećenje i učiniti da cijev dobije veću elevaciju od one koju bi imala sa dugim postoljem. Ako postolje nije utvrđeno sa 4 prečke, nikad mu stranice neće biti pravilne, a kada nedostaje ta pravilnost nikad se neće napraviti točan hitac. Dapače, prečke moraju biti dobro povezane sa željeznim svornjacima, da se ne mogu raspustiti ni pokrenuti ni izaći iz pravog kuta.

Ako bi kotači bili viši nego je potrebno za položaj na kojem će služiti, dogodit će se da će hitac biti uvijek kraći od daljine znaka uzetog u nišan, jer će se top više povlačiti nego što je potrebno. Ako bi kotači bili niži, hitac će biti dulji jer će top izvršiti manje povlačenje, ali će trpjeti sam komad kao i osovina i dovesti do opasnosti raspuknuća cijevi. Ako postolja i kotači ne budu okovani kako je rečeno, prouzrokovati će velike troškove vladaru, pošto će tako brzo istruniti, da se neće moći prestati sa njihovim izrađivanjem.”

## Summary

### Ivo Donelli

#### THE CONSERVATION AND RESTORATION OF THE UNDERWATER IRON CANON FROM THE STARI GRAD ON THE ISLAND OF HVAR

The iron canon was a part of underwater excavations and as such it called for a different approach in terms of its conservation and restoration than iron objects included in earth excavations. A series of preliminary tests were performed, such as salts, metals and chemical analysis, biological analysis and X-ray studies. On the basis of the obtained data, and relying on years of experience in the same or similar field, conservation and restoration was initiated. After desalting and removing incrustation (stones, shells, sand), the next step was the electrolysis, in order to for the corrosive layer to be gradually removed. The surface of the cannon was cleaned through mechanical cleaning and high pressure water washing. After drying

it, the iron surface was treated with a layer of protection for iron. The final coating included the application of hot wax and graphite on the surface of the heated canon. The wooden canon carrier was made of oak, while the hardware was forged and burnished. As with the canon, the final coating included hot paraffin mixed with the graphite dust and was applied on the heated surface. The conserved and restored canon with the wooden carrier has been positioned on the waterfront in the old port.

**KEYWORDS:** *canon, 17th/18th century, underwater archeological finds, Hvar, Stari grad, conservation and restoration, reconstruction, canon carrier*