

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE**



COMUNE DI TORINO



**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 - TRATTA POLITECNICO - REBAUDENGO
PROGETTAZIONE DEFINITIVA
Lotto Costruttivo 2: Bologna - Politecnico**

PROGETTO DEFINITIVO		INFRA.TO <i>infrastrutture per la mobilità</i>				INFRATRASPORTI.TO S.r.l.	
DIRETTORE PROGETTAZIONE <small>Responsabile integrazione discipline specialistiche</small>	IL PROGETTISTA	<p style="font-size: 1.2em; font-weight: bold;">URBANISTICO - MONUMENTO CARLO ALBERTO</p> <p style="font-weight: bold;">INTERVENTI DI TRASLAZIONE PROVVISORIA</p> <p>CANTIERE DELLA CONOSCENZA - ANALISI DELLA LEGA</p>					
Ing. R. Crova <small>Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 6038S</small>	RTP: Studio Arch. Gritella & Associati Ing. Franco Galvagno Arte Restauro Conservazione di Arlotto Cristina Maria s.a.s. Arch. G. Gritella <small>Ordine degli Architetti della Provincia di Torino n. 2199</small>	ELABORATO		REV. int. est.		SCALA	DATA
		MTL2T1A2DURBMCAR 007		0	1		13/11/2023

AGGIORNAMENTI

Fig. 1 di 1

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROL.	APPROV.	VISTO
0	EMISSIONE	15/07/23	SGiulio	GGritella	GGritella	RCrova
1	Emissione finale a seguito di verifica preventiva	13/11/23	SGiulio	GGritella	GGritella	RCrova
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="padding: 2px;">LOTTO 2</td> <td style="padding: 2px;">CARTELLA</td> <td style="padding: 2px;">6.1.3</td> <td style="padding: 2px;">12</td> <td style="padding: 2px;">MTL2T1A2D</td> <td style="padding: 2px;">URBMCAR007</td> </tr> </table>						LOTTO 2	CARTELLA	6.1.3	12	MTL2T1A2D	URBMCAR007	STAZIONE APPALTANTE DIRETTORE DI DIVISIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ Ing. R. Bertasio RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. A. Strozziro			
LOTTO 2	CARTELLA	6.1.3	12	MTL2T1A2D	URBMCAR007										



ALESSANDRO BAZZACCO - Servizi per il restauro - Corso Tortona, 6/C, 10153 Torino;
+393386378800 - P.I.:10212870017 alessandrobazzacco@hotmail.com
Metodi di documentazione mediante FOTOGRAFIA TECNICA (TP)
MULTISPETTRALE, RADIOGRAFIA DIGITALE RX, caratterizzazione strumentale
in FLUORESCENZA A RAGGI X (XRF) e spettrofotometria infrarossa FT-IR

MONUMENTO A CARLO ALBERTO
PIAZZA CARLO ALBERTO (TO)
ANALISI DELLA LEGA, DELLE PATINE DI
OSSIDAZIONE E DEI PROTETTIVI



ID CAMPIONE	ANALISI EFFETTUATA
CA1	SPETTROFOTOMETRIA XRF quantitativa

Spettrometro XRF portatile SPECTRO X-SORT, con generatore di HV da 45KV, tubo raggi X in Rh, rivelatore Silicon Drift Detector (SDD) raffreddato termoeletticamente tramite celle Peltier. Risoluzione alla riga K-alpha del Mn: FWHM < 170 eV lineare su tutto il range spettrometrico. Pacchetto di calibrazione per analisi quantitative "SPECTRO xSORT for alloy applications" in modalità "Light Elements"



CA1 - PUNTO DI PRELIEVO



CA1 - IMMAGINE DEL CAMPIONE ALLO STEREO-MICROSCOPIO con l'area privata della patina di ossidazione





Sample Result Name	Type	Measure Date Time	Recalculation Date Time	Origin	Method Name	Operator Name
CA1	Calibration	28/06/2023 14:45	01/01/0001 00:00	Measured	Light Elements PP4	Service

Check Type	Check Status	Correction Type	Outlier Test Type	Status
None	Not Used	None	None	Not Used

point of measurement subject

CA1

	Cu	Zn	Sn	Pb	As	Si	Sb	Ni	Fe	Al	Bi	Au	Te	Ag	P	Cd	Ti	V	Cr	Se	Mn
	Conc	Conc	Conc	Conc	Conc	Conc	Conc	Conc	Conc	Conc	Conc	Conc	Conc	Conc							
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1	84,5	5,06	4,98	1,73	1,72	1,03	0,12	0,100	0,060	<0,35	<0,070	<0,067	<0,064	<0,051	<0,046	<0,044	<0,032	<0,022	<0,018	<0,016	<0,015

	Co	Zr
	Conc	Conc
	%	%
1	<0,011	<0,007

CA1 - MISURA delle percentuali in lega sul campione privato della patina di ossidazione



Sample Result Name	Type	Measure Date Time	Recalculation Date Time	Origin	Method Name	Operator Name
CA1.1	Calibration	28/06/2023 14:47	01/01/0001 00:00	Measured	Light Elements PP4	Service

Check Type	Check Status	Correction Type	Outlier Test Type	Status
None	Not Used	None	None	Not Used

point of measurement subject
CA1.1

	Cu	Zn	Sn	Pb	As	Si	Sb	Ni	Al	Bi	Au	Te	Ag	Cd	P	Ti	V	Fe	Co	Cr	Se
	Conc	Conc	Conc	Conc	Conc	Conc	Conc	Conc	Conc	Conc	Conc	Conc	Conc	Conc							
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1	86,1	5,05	4,60	1,83	1,40	0,38	0,11	0,097	<0,32	<0,11	<0,062	<0,058	<0,056	<0,051	<0,036	<0,032	<0,023	<0,023	<0,018	<0,016	<0,015

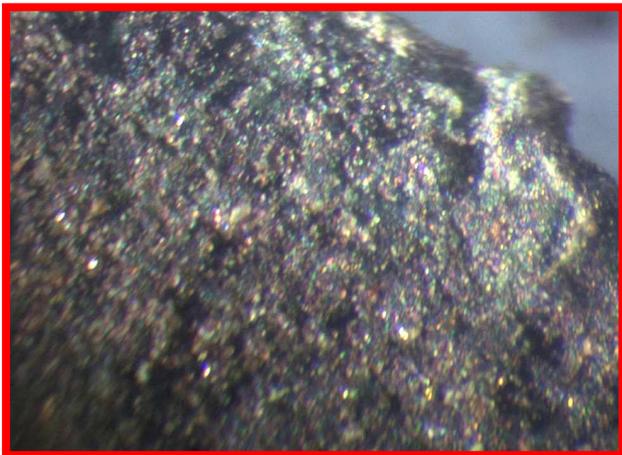
	Mn	Zr
	Conc	Conc
	%	%
1	<0,014	<0,010

CA1.1 MISURA delle percentuali in lega sul retro del campione privato della patina di ossidazione

ID CAMPIONE	ANALISI EFFETTUATA
PATCA2	SPETTROFOTOMETRIA XRF Analisi delle patine



PUNTO DI PRELIEVO



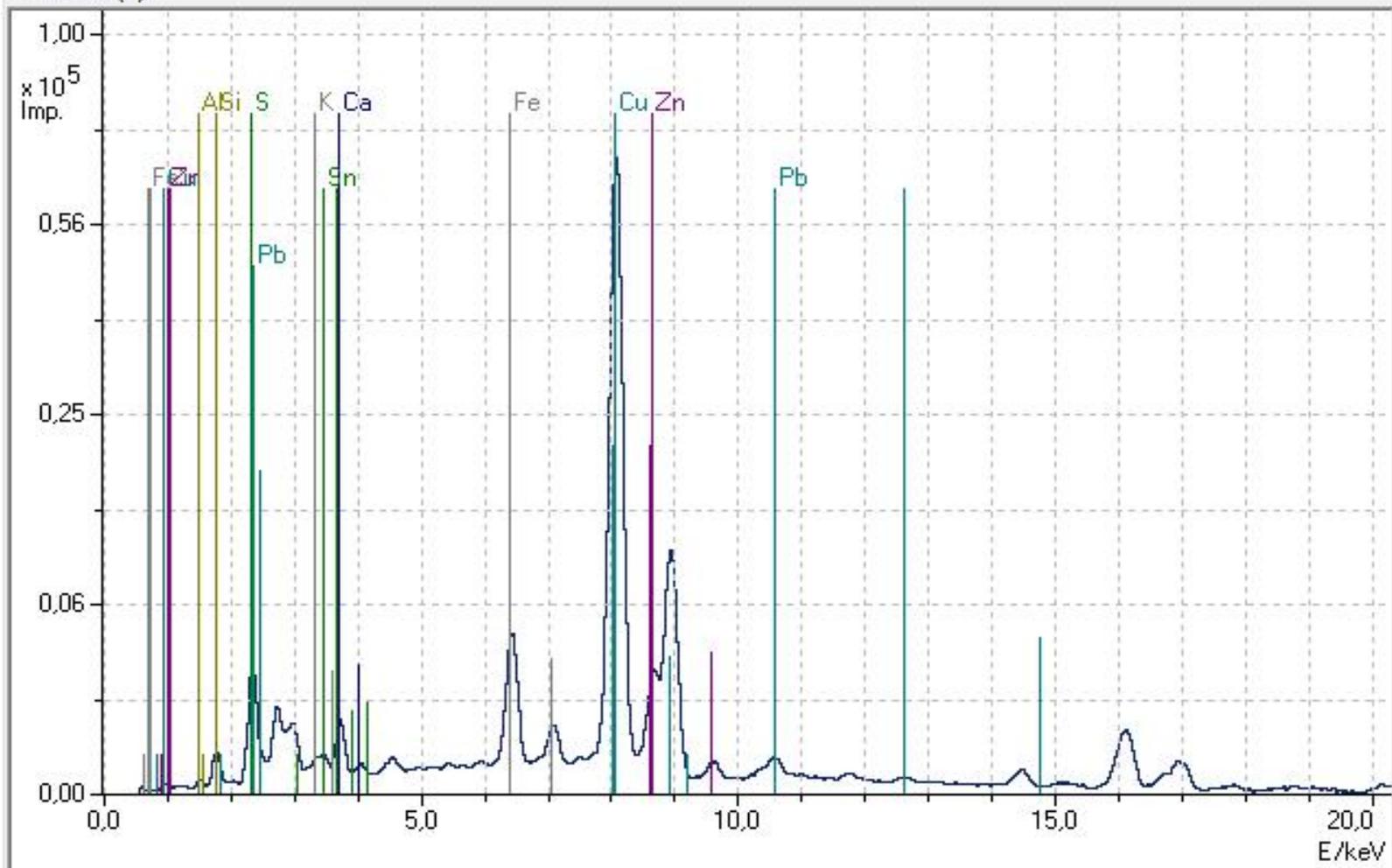
IMMAGINI DEI FRAMMENTI ALLO STEREO-MICROSCOPIO



Spettro XRF*

PATCA2

PATCA 2 (1)



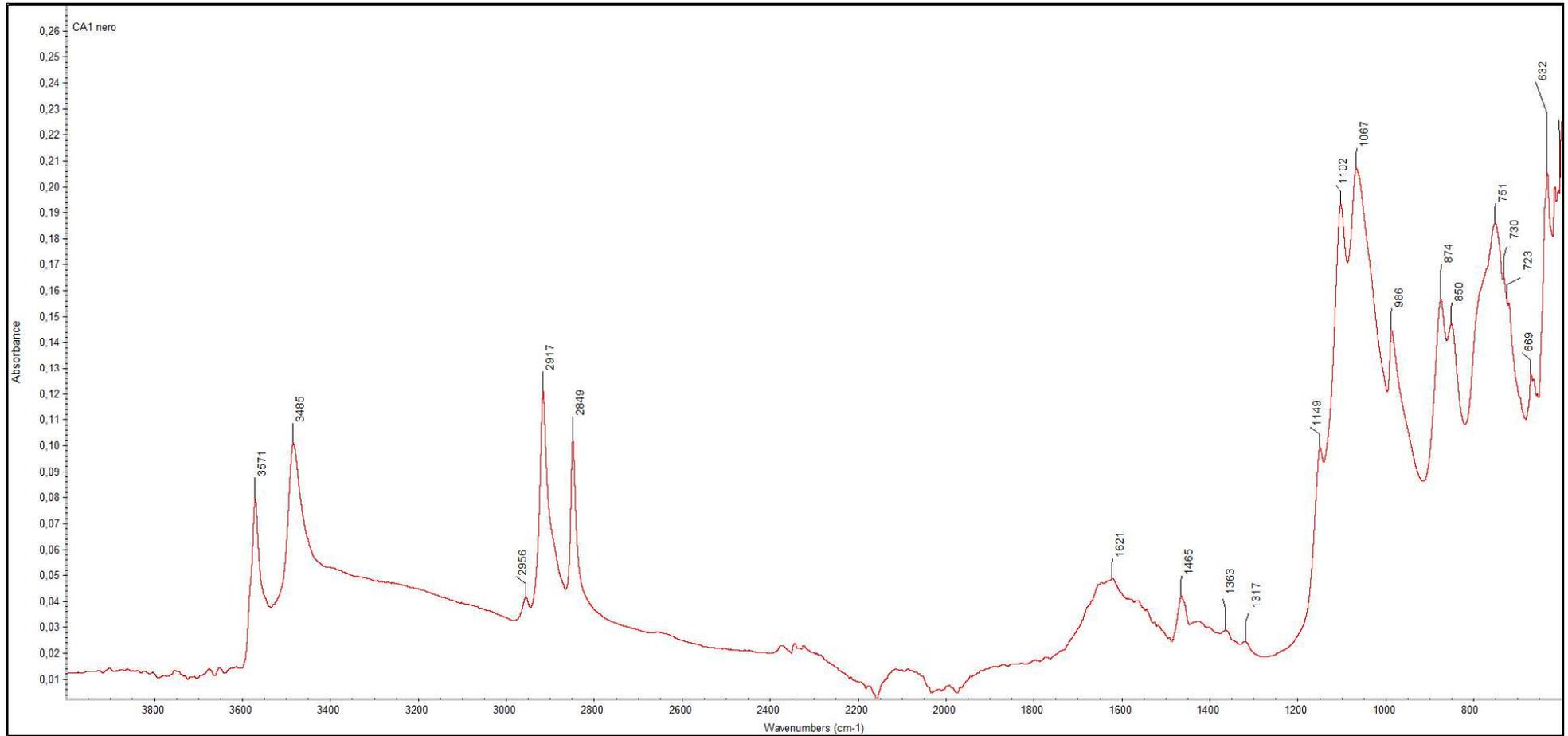
Picchi dei principali elementi individuati:

lo spettro segnala la presenza di rame, zinco, piombo, stagno, calcio, ferro, zolfo e silicio.

(1)

* quando gli spettri corrispondenti ad una certa campitura mostrano lo stesso andamento o differenze utili all'analisi, vengono sovrapposti nello stesso grafico con colori diversi per darne un'immagine sintetica o permetterne il confronto. (1)
SQUAREROOT VIEW

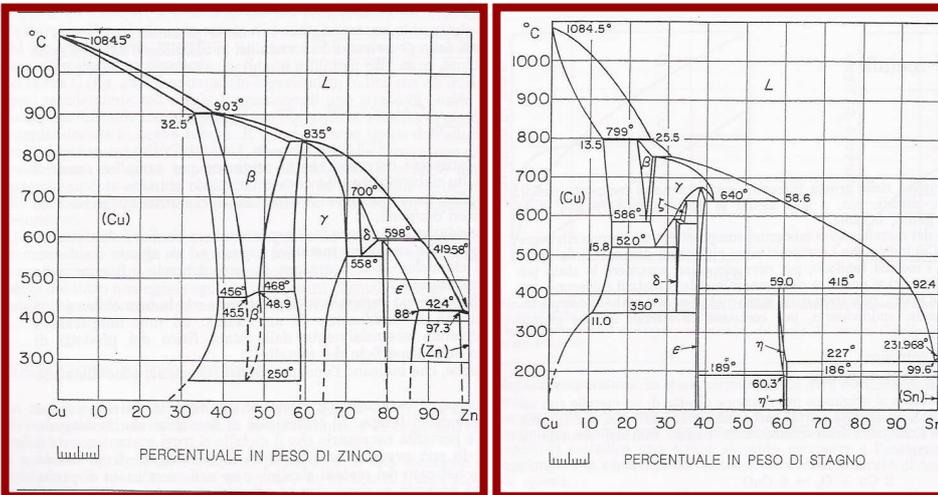
Spettrofotometria di assorbimento IR (FT-IR)



PATCA2 - paraffina (2956, 2916, 2848, 1456, 1363, 730, 723), antlerite (solfato di rame idrato, 3571, 3485, 1149, 1102, 1067, 986, 874, 850, 751, 669, 632), tracce di ossalati (1621, 1317)

CONCLUSIONI

Le misure effettuate su due lati del frammento privato della patina di ossidazione si attestano all'incirca su percentuali di rame, zinco e stagno rispettivamente di 85, 5, 5 con piombo e arsenico tra 1 e 2 punti percentuali.



Si tratta di una lega piuttosto comune considerando che si comporta in maniera relativamente simile ad una lega binaria rame-stagno 90-10, una delle più diffuse tuttora e in antichità per molti usi tra cui la fusione dei cannoni.

La patina di ossidazione analizzata

mediante XRF e FTIR appare costituita principalmente da solfato di rame; la maggiore presenza di ferro, calcio, silicio rispetto alle misure effettuate sul nucleo metallico sono da ricondurre ai depositi di inquinanti.

TAB. V / CARATTERISTICHE MECCANICHE A TRAZIONE DI ALCUNI FRA I PRINCIPALI BRONZI E OTTONI DA FONDERIA

Composizione chimica %	UNI	Getto allo stato grezzo di colata in:	Carico di rottura R kg/mm ²	Carico al limite di snervamento Rp(0,2) kg/mm ²	Allungamento A %	Durezza Brinell HB
Bronzi						
Cu 90 Sn 10	7013-72	sabbia	24 - 28	12 - 15	12 - 17	60 - 75
Cu 88 Sn 12	7013-72	sabbia	24 - 28	13 - 16	7 - 12	80 - 95
Cu 80 Sn 10 Pb 10	7013-72	sabbia	18 - 23	8 - 12	7 - 12	60 - 70
Ottoni						
Cu 64 Zn 36	5034	sabbia	24 - 28	8 - 11	40 - 45	45 - 55
Cu 60 Zn 40	5033	sabbia	37 - 42	11 - 16	36 - 42	70 - 85
Cu 60 Zn 40	5033	conchiglia (*)	40 - 48	12 - 17	34 - 40	80 - 95
Cu 64 Zn 34 Pb 2	5036	sabbia	22 - 26	9 - 12	16 - 21	45 - 60
Cu 60 Zn 38 Pb 2	5035	sabbia	33 - 40	11 - 18	17 - 23	70 - 85
Cu 60 Zn 38 Pb 2	5035	conchiglia (*)	36 - 42	13 - 20	15 - 20	75 - 90

(*) Conchiglia metallica

L'analisi FTIR segnala inoltre un protettivo di tipo paraffinico come una cera idrocarburica ad esempio microcristallina.

Torino, 14/07/2023

ALESSANDRO BAZZACCO

Bibliografia

- M.Leoni, *Elementi di metallurgia applicata al restauro delle opere d'arte*, 1984 Opus Libri Firenze
- C. Seccaroni, P. Moiola, "Fluorescenza X. Prontuario per l'analisi XRF portatile applicata a superfici policrome", Nardini, Firenze, 2004.
- *Artists' Pigments, A Handbook of Their History and Characteristics*, Elisabeth West FitzHugh, Editor
- P. Craddock, *Scientific Investigation of Copies, Fakes and Forgeries*, 2009 Elsevier Ltd.
- N.Bevilacqua, L.Borgioli, I.Adover Garcia, "I pigmenti nell'arte dalla preistoria alla rivoluzione industriale", I Talenti, ed Iprato, 2010.
- C. Paolini, P. Pieri - Nerli, *Corso di Storia delle tecniche artistiche*, Istituto per l'Arte e il Restauro "Palazzo Spinelli", Firenze.
- "Artis" CdRom del Progetto Europeo Info2000, Istituto per l'Arte e il Restauro "Palazzo Spinelli".