

PROGETTO DI RESTAURO
DEL COMPLESSO MONUMENTALE
DELLA FONTANA DEL NETTUNO

**Indagini diagnostiche sui materiali
della vasca della fontana.**

Relazione a cura di:
Ing. Elisa Franzoni

Bologna, 02/10/2016



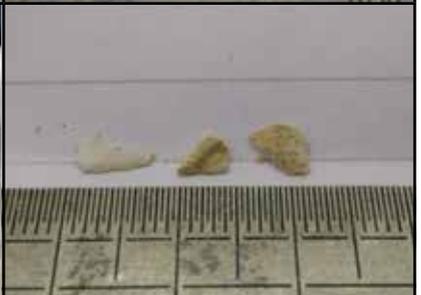
ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE,
CHIMICA, AMBIENTALE E DEI MATERIALI

INDICE

1. Campionamento
2. Analisi effettuate
3. Risultati delle analisi
 - 3.1 Analisi visiva
 - 3.2 Analisi strumentali
4. Commento ai risultati ed osservazioni conclusive

1. CAMPIONAMENTO

I campioni di cui alla presente relazione sono stati prelevati, in data 01/09/2016, in quelle zone della vasca della Fontana del Nettuno cui è stato possibile accedere mediante la temporanea rimozione delle tavole metalliche dell'impalcato del ponteggio. I campioni sono quindi stati prelevati essenzialmente in due zone, cioè nella zona nord (verso via Indipendenza, campioni V1-V3) e nella zona sud (verso via D'Azeglio, campioni V4-V8). Il campionamento è stato effettuato a spatola e scalpello, sulla base dell'analisi visiva, in punti ritenuti rappresentativi dei materiali della vasca ed avendo cura di limitare l'azione distruttiva. Sono anche state prelevate, per confronto, due malte già in fase di distacco dal castellum (campioni V9-V10). La descrizione dei campioni prelevati è riportata in Fig. 1.

Lato nord della vasca (verso via dell'Indipendenza)			
SIGLA	DESCRIZIONE	PUNTO DEL PRELIEVO	CAMPIONE
V1	Malta superficiale, probabilmente cementizia, di colore grigio, con inerti abbastanza grossolani. Si presenta dura e resistente al momento del prelievo.		
V2	Malta di colore beige, che appare sottostante la malta cementizia. Presenta inerti più fini e di colore grigio scuro. Si presenta dura e resistente al momento del prelievo.		
V3	Tinta bianca superficiale, lacunosa.		

Lato sud della vasca (verso via D'Azeglio)			
SIGLA	DESCRIZIONE	PUNTO DEL PRELIEVO	CAMPIONE
V4	Malta grigia dura e resistente, apparentemente analoga a V1.		
V5	“Stucco” bianco, molto duro e fragile, apparentemente usato per il fissaggio di canalizzazioni poi rimosse. Si seziona in grosse scaglie durante il prelievo.		
V6	Malta beige, apparentemente analoga al campione V2.		
V7	Rivestimento di tipo “plastico”, di colore biancastro, presente sul fondo della vasca. Ha aspetto flessibile e gommoso e si solleva facilmente dal substrato.		
V8	Malta bianca di stuccatura in corrispondenza del pelo libero dell'acqua della vasca. Si presenta lacunosa, lasciando scoperti in vari punti i laterizi sottostanti. Ha inerti fini e scuri ed una leggera patina giallastra.		

V9	Malta sottile (“copertina”) di colore beige scuro, che si presenta già distaccata dalla superficie della prima cornice. Il campione si presenta duro e fragile, con tracce di muffa sottostante. Non sono distinguibili gli inerti.		
V10	Malta di stuccatura biancastra prelevata nel giunto sottostante la prima cornice. Si presenta tenera, poco resistente e già distaccata dal supporto, manifestando anche esfoliazioni.		

Figura 1: Descrizione dei campioni prelevati

2. ANALISI EFFETTUATE

Dopo un esame visivo della tipologia e dello stato di degrado dei materiali della vasca nelle zone nord e sud, i campioni sono stati prelevati e trasportati in condizioni indisturbate presso i Laboratori LASTM del DICAM, dove sono stati sottoposti alle seguenti prove e analisi:

- determinazione dell’assorbimento d’acqua (per immersione totale ed essiccazione in stufa a 70 ± 5 °C). Tale determinazione è estremamente importante per valutare la porosità dei materiali;
- analisi chimico-mineralogica, mediante diffrazione a raggi X (Philips Diffractometer PW1840, anodo Cu ka). L’analisi consente di identificare la natura delle specie cristalline presenti nei materiali, ai fini dell’identificazione della loro composizione/formulazione;
- analisi termogravimetrica mediante TA Instruments TGA Q50, tra da 40°C a 900°C a 25°C/min in flusso di azoto (40 ml/min). L’analisi può consentire di indentificare, ad esempio, la presenza di sostanze polimeriche e fasi idrate (cemento, gesso) nei materiali.

Le varie analisi sono state condotte, di volta in volta, sui campioni ritenuti più significativi ai fini degli aspetti indagati (e compatibilmente con le dimensioni dei campioni che è stato possibile prelevare).

3. RISULTATI DELLE ANALISI

3.1. Analisi visiva L'analisi visiva delle zone nord e sud della vasca ha evidenziato la presenza di materiali di finitura piuttosto disomogenei (Figure 2-4), che appaiono il frutto di stratificazioni e giustapposizioni di interventi di restauro e manutenzione differenti.



Figura 2: Eterogeneità dei materiali della vasca nel lato nord.



Figura 3: Eterogeneità dei materiali della vasca nel lato sud (verso angolo ovest).



Figura 4: Eterogeneità dei materiali della vasca nel lato sud (verso angolo est).

Le superfici sono interessate da ampi depositi superficiali, pulverulenti e facilmente rimovibili con una blanda azione meccanica.

Le diverse malte che ricoprono la vasca appaiono dure e resistenti (rendendo difficile persino il prelievo) e non mostrano significative fessurazioni nell'invaso. Al contrario, lungo il bordo della vasca, pur in assenza di decoesione e polverizzazione delle malte, si notano evidenti fessurazioni e distacchi sul lato nord (Figure 2, 5 e 6) e lacune sul lato sud (Figura 7).

Solo sul fondo dell'invaso (nel lato sud) è stato possibile identificare la presenza di porzioni di malta di impermeabilizzazione di colore chiaro e di aspetto gommoso e flessibile, che si solleva facilmente dal substrato (Figura 8). Tale malta non è presente nelle parti superiori dell'invaso stesso.

La malta bianca di stuccatura presente sul monumento in corrispondenza del pelo libero dell'acqua (in prossimità degli sfioratoi) appare fortemente decoesa e scarsamente resistente, come dimostra il fatto che i laterizi della struttura sottostante sono in molti punti scoperti e visibili (Figura 9).



Figura 5:
Fessurazione e distacco della malta in corrispondenza del bordo della vasca nel lato nord.



Figura 6:
Fessurazione della malta in corrispondenza del bordo della vasca nel lato nord.



Figura 7:
Fessurazione della malta in corrispondenza del bordo della vasca nel lato nord.



Figura 8: Malta di natura essenzialmente polimerica presente nel solo fondo della vasca (lato sud).



Figura 9: Degrado della stuccatura sui laterizi, in corrispondenza del pelo libero dell'acqua (lato sud).

3.2. Analisi strumentali

Il valore di assorbimento d'acqua di alcuni campioni ritenuti significativi è riportato in Tabella 1. Gli spettri ottenuti mediante diffrazione raggi X sono riportati in Figura 10, mentre i risultati dell'analisi termogravimetrica sono riportati nelle Figure 11-12.

Campione	Identificazione	AA [% in peso]
V4	Malta grigia (lato sud)	6.82
V6	Malta beige (lato sud)	10.61
V7	Rivestimento "plastico" (lato sud)	10.53
V8	Malta di stuccatura al pelo libero dell'acqua (lato sud)	12.50
V9	"Copertina" cornice (lato sud)	1.11
V10	Malta di stuccatura (lato sud)	18.10

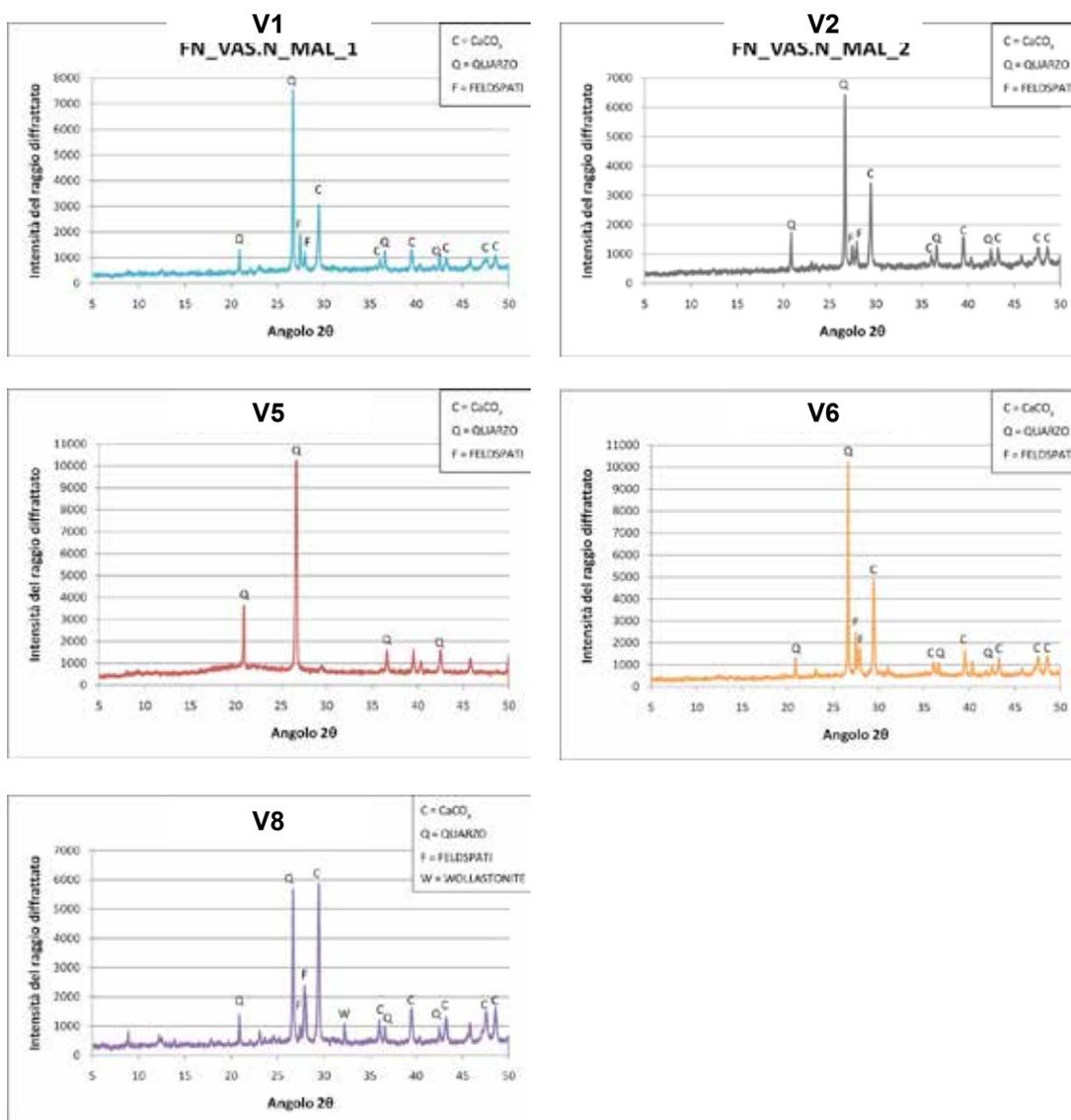


Figura 10:
Diffattogrammi dei campioni.

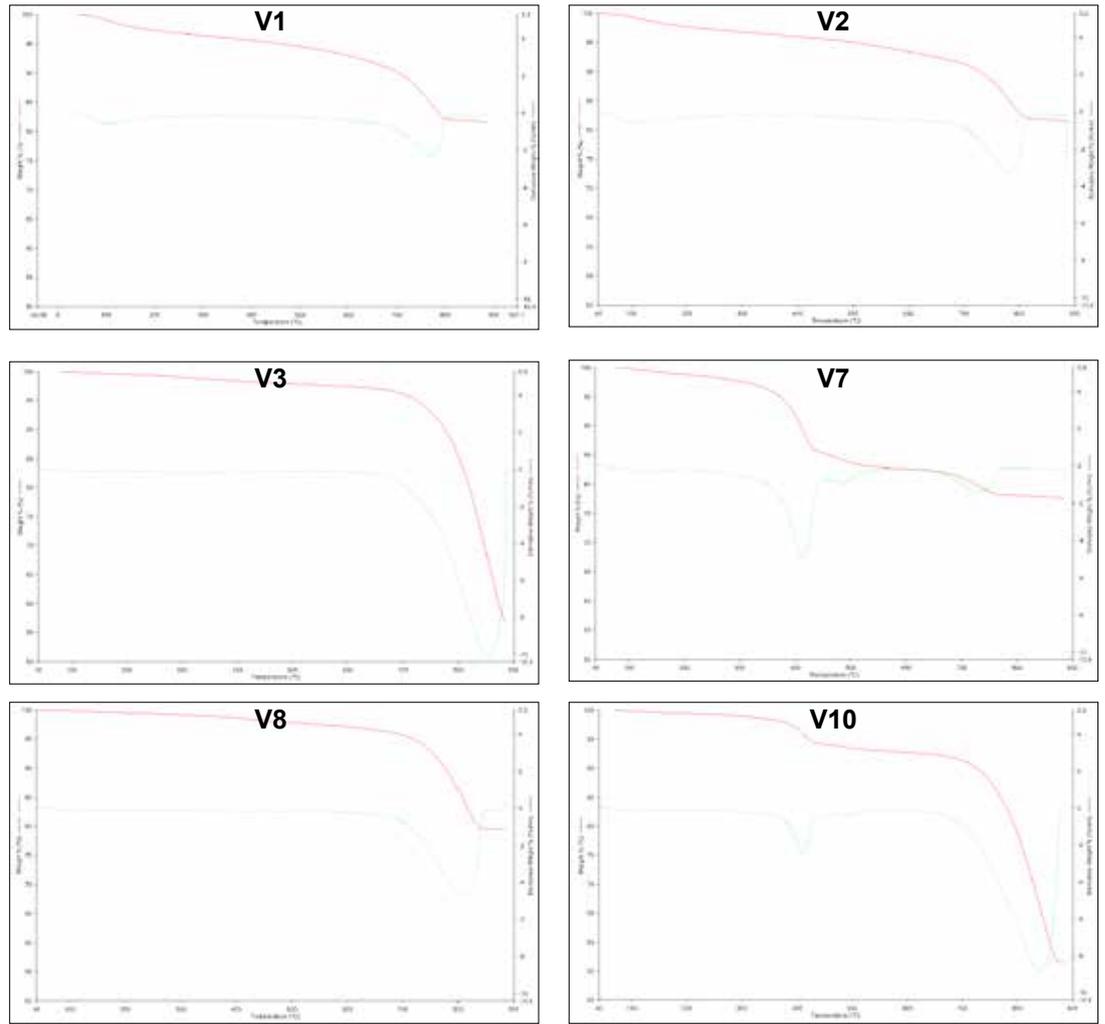


Figura 11: Risultati dell'analisi termogravimetrica sui campioni (con curve differenziali).

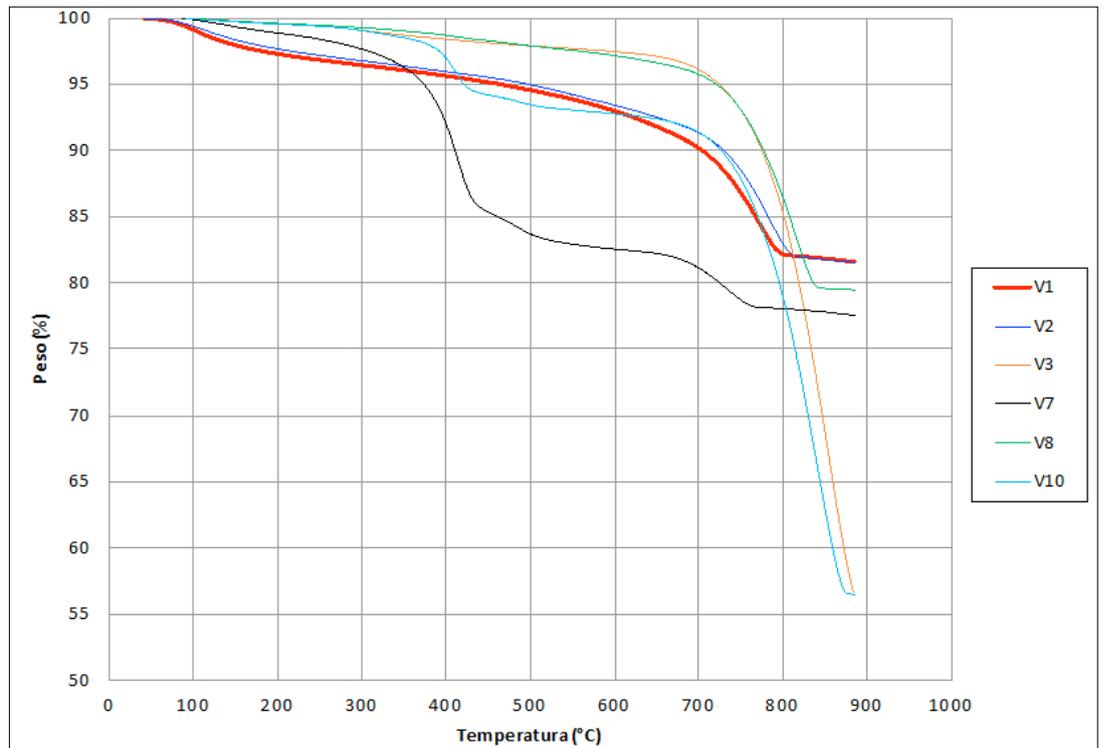


Figura 12: Confronto tra i risultati dell'analisi termogravimetrica.

4. COMMENTO AI RISULTATI ED OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

I risultati delle analisi condotte sui campioni prelevati dalla vasca della fontana consentono di fare le seguenti considerazioni:

- a. Le malte di colore grigio e beige presenti nell'invaso della vasca (V1, V2, V4 e V6) presentano caratteristiche sostanzialmente analoghe. Il loro assorbimento d'acqua piuttosto contenuto (7-11%) è in linea con l'elevata durezza riscontrata in fase di campionamento ed è compatibile con una composizione idraulica del legante. La perdita in peso tra 300°C e 550°C di questa malte nell'analisi termogravimetrica (Fig. 11-12) conferma la presenza di composti idraulici in queste malte, mentre l'esame diffrattometrico denota la presenza di aggregato prevalentemente quarzoso-feldspatico (Fig. 10). Il tenore complessivo di carbonato di calcio in queste malte (comprensivo di legante e aggregato) è pari a circa il 25% in peso.
- b. La malta di stuccatura in corrispondenza del pelo libero dell'acqua nella vasca (campione V8) presenta natura leggermente diversa da quelli delle malte sopraccitate, con presenza di quarzo, feldspati, wollastonite (ascrivibili all'aggregato) e carbonato di calcio (quest'ultimo in percentuale pari al 41% circa, quindi superiore alle malte precedenti). La termogravimetria non mostra presenza evidente di sostanze di natura polimerica, ma solo una modesta perdita in peso a 300-500°C riconducibile a composti idraulici. L'assorbimento d'acqua (12,5%) è più elevato delle precedenti malte, a conferma del suo stato di deterioramento (Fig. 9).
- c. La malta "plastica" presente in porzioni del fondo dell'invaso (campione V7) risulta effettivamente contenere una significativa frazione polimerica (perdita in peso tra 300°C e 470°C in Fig. 11 e 12), probabilmente acrilica, mentre il valore di assorbimento d'acqua (10,5%, piuttosto elevato per malte di questa tipologia) suggerisce una perdita dell'efficacia impermeabilizzante.
- d. La tinta bianca rinvenuta in alcune zone della vasca (campione V3) presenta composizione quasi totalmente carbonatica e risulta quindi una tinta essenzialmente a calce, applicata probabilmente per uniformare cromaticamente l'invaso.
- e. Per quanto riguarda le malte prelevate dal castellum del monumento, la malta della stuccatura sotto la cornice (campione V10) appare anch'essa contenere additivazioni polimeriche, probabilmente acriliche, ma l'elevato assorbimento d'acqua (18%) ne denota il cattivo stato di conservazione. La malta della 'copertina' della cornice (campione V5) è di natura eminentemente polimerica, come evidenziato dalla diffrattometria a raggi X (presenta, nel grafico, una convessità caratteristica dei materiali amorfi e i soli picchi del quarzo, usato come carica) e dal bassissimo assorbimento d'acqua (1%).

Il quadro emerso nelle indagini diagnostiche sin qui condotte permette di effettuare le seguenti considerazioni conclusive:

- nonostante l'eterogeneità dei materiali della vasca, le malte a legante idraulico che costituiscono il 'corpo' del rivestimento della vasca (campioni V1, V2, V4 e V6) appaiono in discrete condizioni, in termini di durezza ed integrità, senza apparenti fenomeni di disgregazione o microfessurazione, per cui allo stato attuale se ne può prevedere la conservazione, previa pulitura di tutti i depositi pulverulenti e degli strati incoerenti superficiali (strati di origine biologica, depositi, resti di tinte, ecc.). La pulitura dovrà comprendere anche la rimozione di tutti gli elementi residui dei vecchi impianti non più in uso (perni, agganci, stuccature come il campione V5, ecc.), che possono pregiudicare la riuscita dell'intervento finale di impermeabilizzazione della vasca;
- la malta "plastica" che ancora è presente in alcune zone del fondo della vasca (campione V7) non risulta più efficiente, né adesa al substrato, per cui se ne consiglia la rimozione;
- una volta terminate le operazioni di pulitura e di rimozione dei materiali distaccati e/o non più efficienti, sarà necessario provvedere alla stuccatura delle lesioni e alla risarcitura delle lacune presenti lungo i bordi della vasca (Figure 5-7) e di ogni altra lesione prodotta durante detta rimozione, con malta a stabilità volumetrica e avente caratteristiche chimico-fisiche e di impermeabilizzazione idonee all'utilizzo a contatto con l'acqua;
- la stuccatura di colore bianco che protegge i laterizi del castellum in corrispondenza del pelo libero dell'acqua risulta fortemente decoesa e se ne consiglia la rimozione e sostituzione con malta avente caratteristiche chimico-fisiche e di impermeabilizzazione idonee all'utilizzo a contatto con l'acqua e cromaticamente compatibile con le lastre in pietra d'Istria soprastanti (come la malta attuale). La corretta stuccatura delle fughe appare estremamente importante per evitare l'apporto di acqua di infiltrazione alle strutture murarie dei cunicoli sottostanti (v. Relazione "Indagini diagnostiche sui materiali del cunicolo", 26/04/2016, Ing. E. Franzoni);
- una volta completate le operazioni di cui sopra, si consiglia la posa, in tutto l'invaso della vasca, di una malta impermeabilizzante che possa garantire la corretta uniformizzazione cromatica della vasca e la corretta tenuta nei confronti dell'acqua. Il dettaglio del raccordo tra tale malta e il bordo della vasca (ad esempio, in Fig. 7) andrà studiato in modo da evitare l'insorgenza di infiltrazioni localizzate e difetti nei materiali.
- Preme rilevare che il prelievo dei campioni in data 1 settembre 2016 è stato effettuato nelle zone accessibili della vasca e con modalità tali da ridurre l'azione distruttiva sulla vasca stessa, per cui le considerazioni di cui sopra sono relative ai materiali di finitura della vasca stessa, cioè a quelli che più concorrono a determinarne la capacità di impermeabilizzazione nei confronti dell'acqua. Non si è ritenuto, per il momento, di procedere a prelievi di strati più profondi, per cui non è attualmente disponibile alcuna informazione sulla natura e sul degrado di tali strati.

Ing. Elisa Franzoni