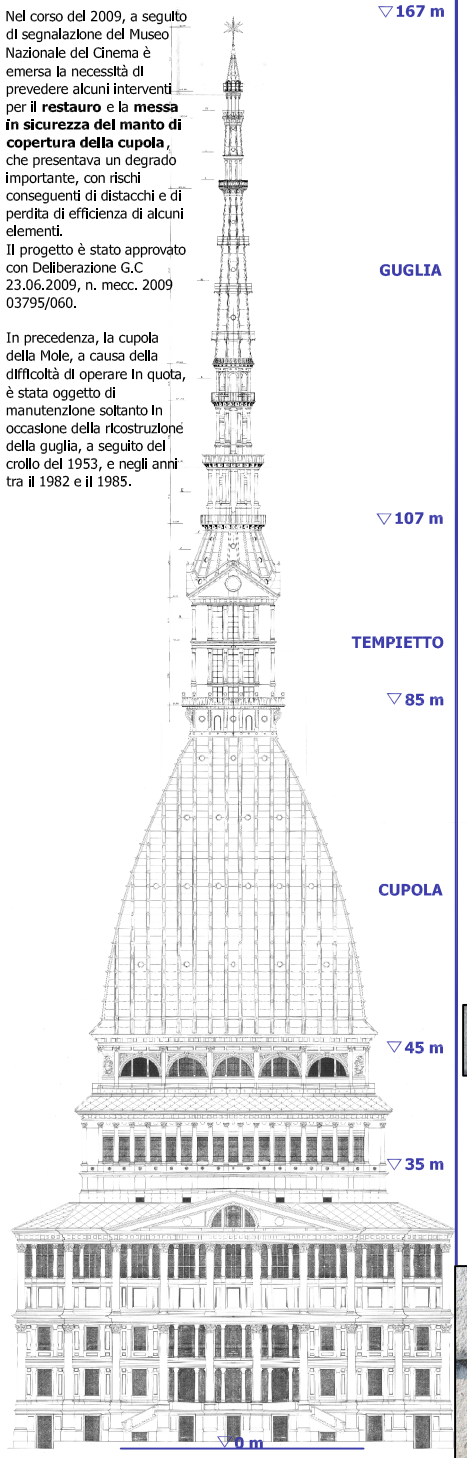
IL PROGETTO

Nel corso del 2009, a seguito di segnalazione del Museo Nazionale del Cinema è emersa la necessità di prevedere alcuni interventi per il **restauro** e la **messa in sicurezza del manto di copertura della cupola**, che presentava un degrado importante, con rischi conseguenti di distacchi e di perdita di efficienza di alcuni elementi.
Il progetto è stato approvato con Deliberazione G.C 23.06.2009, n. mecc. 2009 03795/060.

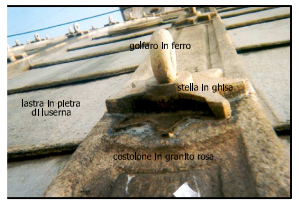
In precedenza, la cupola della Mole, a causa della difficoltà di operare in quota, è stata oggetto di manutenzione soltanto in occasione della ricostruzione della guglia, a seguito del crollo del 1953, e negli anni tra il 1982 e il 1985.



IL RESTAURO DELLA CUPOLA

Prima di procedere alle operazioni di restauro, sono state verificate e pre-consolidate le parti della cupola che risultavano disgregate. Successivamente è stata effettuata una idropulitura a bassa pressione accompagnata da una pulitura meccanica/chimica per rimuovere le croste nere ed i sedimenti superficiali depositati su lastre e costoloni.
Tali operazioni preliminari hanno permesso di rimuovere i vecchi prodotti utilizzati per la sigillatura tra gli elementi lapidei durante l'intervento del 1984 e di mettere in evidenza le nuove lesioni formatesi recentemente.

Idropulitura a bassa pressione



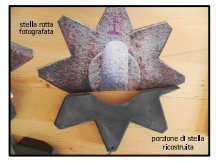
Le cause che hanno provocato tali rotture sono diverse e vanno dagli sbalzi termici, alle infiltrazioni di acqua ed alla difficoltà di sostituzione; in particolare alcune stelle della facciata sud, eseguite in due pezzi con elementi in alluminio durante i lavori di ripristino del manto lesionato dalla caduta della guglia avvenuta nel 1953, si presentavano in condizioni pessime e necessitavano di essere sostituite.

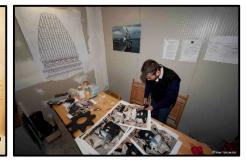
Frammenti di stelle rotte caduti prima del restauro.

Particolare della doppia calotta con tirante in ferro collegato alla rotaia di ancoraggio

LE STELLE

Parecchie stelle in ghisa risultavano rotte in modo più o meno grave. Tale situazione è stata valutata a rischio in quanto le stelle funzionano da capochiave delle chiavarde di ancoraggio del rivestimento con i costoloni interni, ossia bloccano i costoloni che, a loro volta, bloccano le lastre. Un movimento o un cedimento di un costolone può provocare lo spostamento di almeno quattro lastre con conseguente rischio di distacco.





Le stelle che risultavano rotte sono state fotografate e riprodotte su carta a grandezza reale.
Sulla base di queste fotografie, gli operatori hanno potuto tagliare lo stampo preparato in resina ed ottenere in modo preciso le parti nuove da inserire.

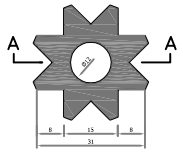
Fase di lavorazione a terra.

Le porzioni di stella da integrare, una volta tagliate della misura esatta, sono state portate in quota legandole con un moschettone all'imbracatura degli operatori.

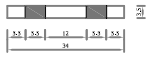
Le stelle che presentavano elementi mancanti sono state integrate secondo le seguenti fasi di lavorazione:

operazioni svolte a terra:
- stampa della fotografia della stella in scala 1:1
- taglio dello stampo in resina per ottenere l'esatta porzione da ricostruire

operazioni svolte in quota:
- assemblaggio della parte ricostruita a quella esistente tramite l'utilizzo di resina epossidica bicomponente
- tinteggiatura dell'intera stella con pittura ferromicacea concordata con la Soprintendenza
- cerchiatura con fascetta in alluminio per garantire una maggior sicurezza di tenuta.



Rilievo della stella in pianta ed in sezione



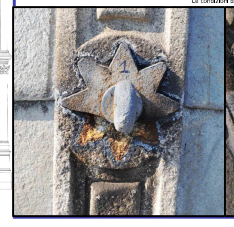
Preparazione del calco sul posto.

Realizzazione dello stampo in resina in officina.

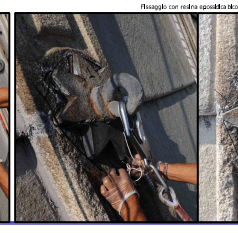
Campionatura della verniciatura

Campionatura del prodotto idrorep.

Le cordaturi di partenza

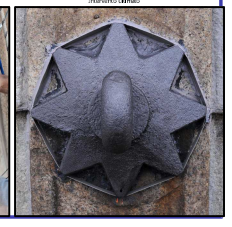


Rifoggiatura con resina epossidica bicomponente



Rifoggiatura della fascetta in alluminio

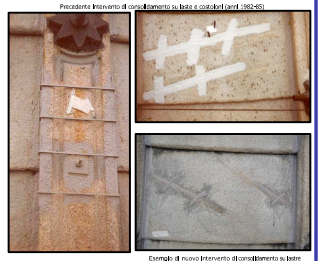
Intervento ultimato



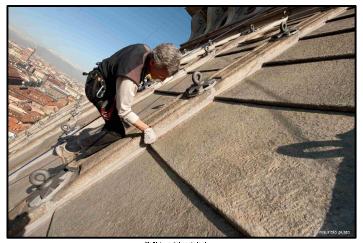
LASTRE E COSTOLONI

Nel 1984 i costoloni lesionati erano stati consolidati tramite l'inserimento di staffe in acciaio. Durante il presente intervento è stata verificata la tenuta strutturale di tali staffe e sono state sostituite le vecchie sigillature in Elastoplast che risultavano ormai inefficaci.
Parecchie lastre in pietra di luserna presentavano rotture o crepe che in alcuni casi erano già state oggetto di riparazioni precedenti.
Si è proceduto alla rimozione di tutte le graffature posizionate precedentemente in quanto non più idonee ed alla sostituzione con nuove barre filettate in acciaio inox. Infine, sono state effettuate nuove stuccature e sigillature con resina epossidica bicomponente.

Precedente intervento di consolidamento su lastre e costoloni (anni 1982-85)



Esempio di nuovo intervento di consolidamento su lastre


Sigillatura dei cordoni

Risolti i problemi strutturali, si è proceduto al ripristino della sigillatura degli interstizi tra i costoloni e le lastre per evitare l'infiltrazione dell'acqua piovana all'interno della doppia calotta della cupola.

L'intervento è consistito nell'utilizzo di prodotti idonei, approvati dalla Soprintendenza, al fine di ottenere una sigillatura che aderisse perfettamente con il materiale sottostante e che si uniformasse cromaticamente con il colore delle pietre.

IL CALCO DELLE STELLE

Per poter creare lo stampo della stella, necessario a ricostruire le porzioni rotte, è stato realizzato un calco sul posto, utilizzando materiale siliconico.
Tolto il calco dalla stella, si è portato in officina dove, al suo interno, è stata colata una resina epossidica bicomponente caricata con ferro che ha conferito alle nuove stelle riprodotte una grande facilità di lavorazione ed un aspetto estetico e di tenuta simiare alla ghisa.

ALTRE LAVORAZIONI

LA GUGLIA

L'intervento è consistito nella verifica della condizione di tutti gli elementi in ghisa appartenenti alle ringhiere ai vari livelli.
Le parti decoese ed a rischio di caduta sono state distaccate e la corrispondente porzione di ringhiera è stata trattata con prodotti idonei ad impedire l'avanzare dell'ossidazione.

Ringhiera evidenziata dagli ingranditi ad elementi decoesi e in prima stesura

IL TEMPIETTO

Il tempietto al livello + 107 m prima e dopo l'intervento

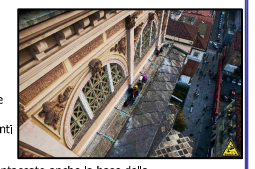
La copertura del tempietto a quota +107 si presentava molto sporca di guano e di altri sedimenti.
Durante i lavori si è provveduto ad eseguire un accurato idrolavaggio a bassa pressione al quale è seguita l'applicazione di un prodotto biocida e di un protettivo idrorepellente.

I CORNICIONI

I cornicioni ai livelli + 45 e + 25, che presentavano distacchi e sfarinature dell'intonaco, sono stati consolidati tramite l'utilizzo di silicato d'etile e tinteggiati con pittura a base di silicato di potassio e terre naturali in modo da riprendere la colorimetria dell'esistente.

IL CAMMINAMENTO SOTTO LA CUPOLA

La ringhiera metallica risultava instabile in quanto i tiranti in ferro che la ancoravano alla struttura muraria della Mole erano in gran parte ossidati ed avevano provocato delle consistenti riduzioni di sezione.



Tale ossidazione aveva intaccato anche la base della ringhiera, che in diversi punti si presentava non più collegata.

Il camminamento prima dell'intervento + 45, prima e dopo l'intervento

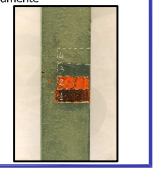
Durante i lavori sono state distaccate le parti di malta cementizia incoerenti, i ferri sono stati trattati con malta passivante per la protezione dalla corrosione, oppure sostituiti con barre in acciaio inox nei punti in cui la sezione rimanente non era più sufficiente o addirittura inesistente.
Sono state ricreate le giuste pendenze del camminamento verso l'esterno utilizzando malta tixotropica, è stata posata una rete in fibra di vetro ed, infine, si è proceduto all'impermeabilizzazione della superficie con rivestimento minerale elastico.

LA CANCELLATA ESTERNA

La cancellata è stata completamente carteggiata, è stato applicato a pennello un prodotto antiruggine al fosfato di zinco ed, infine, rifinita con pittura ferromicacea in due riprese.

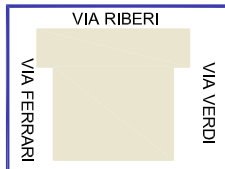
Il colore utilizzato è stato concordato con la Soprintendenza che ha richiesto preventivamente la realizzazione di una campagna di saggi sull'esistente.

Saggi per individuare la stratigrafia originale

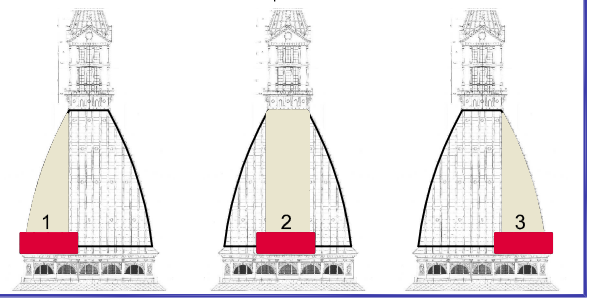


LA METODOLOGIA DI LAVORO

La maggioranza delle lavorazioni inserite nell'Appalto è stata eseguita con tecniche di lavoro in quota con accesso e posizionamento in fune.



Si è proceduto dividendo ogni facciata in 3 spicchi: le calate e le lavorazioni hanno interessato uno spicchio per volta e sono state precedute dal montaggio di una mantovana collocata alla base della cupola come protezione dall'eventuale caduta di materiali dall'alto.
Si è iniziato ad operare dalla facciata di Via Ferrari e si è proseguito in senso antiorario sulle altre 3 facciate.



LE LAVORAZIONI IN QUOTA

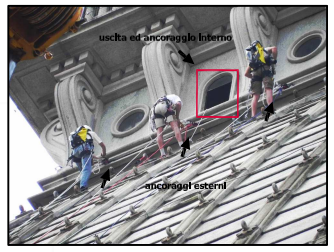
La prima operazione è stata di accertare il carico che poteva essere sostenuto dai gonfari delle stelle tramite l'utilizzo di un dinamometro.
E' stata verificata una tenuta minima di 10 Kn per ogni singolo punto di ancoraggio.
A tali gonfari sono state ancorate le funi per la calata ed i tubolari di sostegno della mantovana.

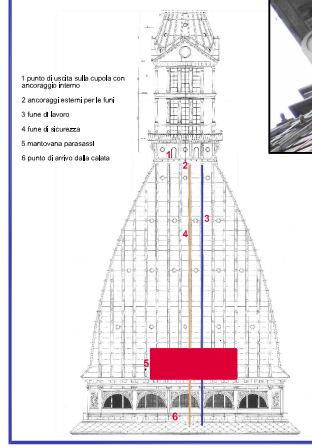
Prova di tenuta dei gonfari

Per accedere agli ancoraggi esterni di calata sulla cupola, gli operatori hanno utilizzato una fune di sicurezza ancorata ad una barra di contrasto posizionata in corrispondenza delle portine del livello +80 m.

Barra di contrasto per l'ancoraggio interno.

Ogni operatore, raggiunto l'ancoraggio esterno di calata, ha vincolato 2 funi, una di lavoro ed una di sicurezza. Sono state predisposte anche una fune di emergenza pronta all'uso ed una fune di servizio per la movimentazione dei materiali.





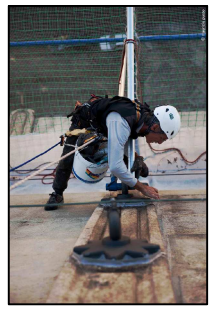
Per evitare cadute di materiali dall'alto, è stata posizionata una mantovana parasassi con doppia rete di protezione, fissata tramite un sistema di tubolari, ai golfari delle stelle.

Gli operatori hanno raggiunto la zona di aggancio della mantovana alla base della cupola. Un'autogru ha trasportato in quota gli elementi modulari che sono stati fissati dagli operatori.

Nell'ultima fase di montaggio, gli operatori hanno unito gli elementi modulari tramite l'inserimento di ulteriori tubolari e la posa delle varie porzioni mancanti di rete.

Le lavorazioni in quota sono definite dal D.Lgs 81 del 2008 e s.m.i art. 107 come attività lavorative che espongono il lavoratore al rischio di caduta da una quota posta ad altezza superiore a 2 m rispetto ad un piano stabile.
Per tali lavorazioni ogni operatore deve essere in possesso di attestato di abilitazione ai 'lavori in quota con accesso e posizionamento in fune' e deve utilizzare DPI specifici (casco, imbracatura, discensore, dispositivo anticaduta,assorbitore di energia, connettori, ecc.) di terza categoria.

Tutte le lavorazioni eseguite in quota sono state organizzate in modo dettagliato: ogni attrezzo (pinze, secchi dove raccogliere i materiali rimossi, ecc..) ed ogni prodotto (tubi di sigillante, fascette in alluminio, porzioni di stelle da sigillare, ecc..) è stato vincolato agli operatori tramite moschettoni legati all'imbracatura.



Trasporto degli elementi con autogru.

La mantovana montata.

IL CANTIERE

Impresa appaltatrice:
BARBERIS ALDO - IMPRESA COSTRUZIONI S.p.A.

Data inizio lavori: 08.04.2010
Data fine lavori: 23.03.2011

Importo lavori a base di gara:
Euro 480.000,00

Finanziamento con fondi derivanti dagli Oneri di Urbanizzazione della Città di Torino.

a cura di Manuela Castelli

IL RESTAURO DEI MANTI DI COPERTURA DELLA CUPOLA
THE RESTORATION WORKS OF THE DOME

CITTÀ DI TORINO

IL PROGETTO

DIRETTORE GENERALE vicario
Ing. Giambattista Ouittico

DIRETTORE DIVISIONE SERVIZI TECNICI ED EDILIZIA PER I SERVIZI CULTURALI- SOCIALI -COMMERCIALI
Ing. Sergio Brero

DIRIGENTE SETTORE EDIFICI PER LA CULTURA E RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Arch. Rossella Sturo

SOPRINTENDENZA PER I BENI ARCHITETTONICI E PER IL PAESAGGIO
Arch. Paola Salerno

PROGETTISTA OPERE ARCHITETTONICHE
Arch. Manuela Castelli

PROGETTISTA OPERE STRUTTURALI
Ing. Flavio Aquilano

COLLABORATORI PROGETTO OPERE EDILI
Geom. Luigi Bellio
Geom. Carmine Lepore

SUPPORTO TECNICO OPERE DI RESTAURO
Dott.ssa Barbara Rinetti

COORDINAMENTO SICUREZZA
Ing. Giancarlo Gonnet

IL CANTIERE

DIRETTORE DEI LAVORI
Arch. Manuela Castelli

DIRETTORE OPERATIVO OPERE STRUTTURALI
Ing. Flavio Aquilano

DIRETTORE OPERATIVO ED ISPETTORE DI CANTIERE
Geom. Luigi Bellio

SUPPORTO TECNICO OPERE DI RESTAURO
Dott.ssa Barbara Rinetti

COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN ESECUZIONE
Arch. Paola Granero

IMPRESA APPALTATRICE
BARBERIS ALDO - Impresa Costruzioni S.p.A.
Strada Tagliata n. 1 - 12051 Alba (CN)

IMPRESA SUBAPPALTATRICE
FUMA LAVORI DI FUMI snc
Via Bellardi n. 22 bis - 10146 Torino