



Ordine degli Ingegneri  
della Provincia di Roma

In collaborazione con:



Con il patrocinio di:



# Seminario di Studio: Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali: un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere

*Circolo Magistrati della Corte dei Conti  
Salone principale  
Roma, 3 Dicembre 2014*

## **ATTI DEL SEMINARIO**

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
**Commissione Dissesto idrogeologico**



**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

**Organizzazione:**

- Dott. Ing. M. Rosaria Di Lorenzo, Presidente Commissione Dissesto Idrogeologico dell’Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
- Dott. Ing. Davide Saltari, Vice Presidente Commissione Dissesto Idrogeologico dell’Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

**Grafica e impaginazione:**

- Dott. Ing. Tullia Valeria Di Giacomo, Segretario Commissione Dissesto Idrogeologico dell’Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma



- IAEM International Association of Emergency Managers Italia Onlus  
[www.iaemitalia.it](http://www.iaemitalia.it)  
[segretariogenerale@iaemitalia.it](mailto:segretariogenerale@iaemitalia.it)

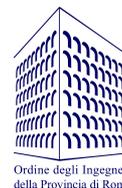
*In copertina:*

*fotografia Ante Operam, Ing. P. Contini, Febbraio 2013*

*In IV di copertina:*

*fotografia Fine Lavori, Ing. P. Contini, Novembre 2013*

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**



Roma, 3 Dicembre 2014

**INDICE**

**SALUTI**

**C. Capiello - Presidente dell’Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma 6**

---

**L. Sacchi - Presidente dell’Ordine degli Architetti di Roma 8**

---

**R. Troncarelli - Presidente dell’Ordine dei Geologi del Lazio 10**

---

**M. Lasagna - Direttore Agenzia Regionale Difesa del Suolo 12**

---

**LAVORI**

**M. R. Di Lorenzo - Presidente della Commissione Dissesto Idrogeologico dell’Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma**

**CONTRASTO AL DISSESTO IDROGEOLOGICO: UN ESEMPIO DI 'ORIGINALE' INTERVENTO DI RIPRISTINO SPONDALE NELL'AREA GOLENALE SINISTRA DEL FIUME TEVERE 18**

---

**M. Bergamo – Vice Presidente del Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

**INTRODUZIONE: LE ESIGENZE DI RIPRISTINO DELLA SPONDA GOLENALE DEL CIRCOLO MAGISTRATI DELLA CORTE DEI CONTI 19**

---

**A. Noli - Ordinario di Costruzioni Marittime Università degli Studi di Roma “La Sapienza”**

**STORIA DEL TEVERE E DELLE SUE PIENE NEL TRATTO URBANO 22**

---

**M. Ricci - Geologo libero professionista – Grundbau Italia S.r.l.**

**INTERVENTI DI SOMMA URGENZA E ASPETTI GEOLOGICI STRATIGRAFICI 37**

---

**F. Capozzi - Ingegnere Libero professionista – Modimar S.r.l.**

**LE VERIFICHE GEOTECNICHE NELLA FASE DI PIANIFICAZIONE E PROGETTAZIONE DELL’INTERVENTO DI RIPRISTINO SPONDALE 55**

---

**P. Contini - Ingegnere libero professionista – Modimar S.r.l.**

**LA PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE DELL’INTERVENTO DI RIPRISTINO SPONDALE 63**

---



ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA

***Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti***

Roma, 3 Dicembre 2014



**SALUTI**

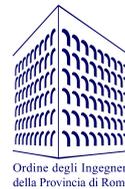


ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**



Roma, 3 Dicembre 2014

L'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, con la Commissione Dissesto Idrogeologico, ha prestato sin dal suo nascere particolare attenzione ad alluvioni, esondazioni e dissesti nel suo territorio ed in particolare nell'entourage romano. In particolare le forti alluvioni che hanno interessato il bacino del Tevere nel biennio 2012-2014 hanno causato anche l'allagamento nel tratto urbano del fiume delle sue banchine e di alcune attività dei Circoli Sportivi prospicienti la golena causando danni ingenti sulle sponde. Nel caso in studio il Circolo Magistrati della Corte dei Conti ha subito danni rilevanti già alla piena del 2012 in cui parte dei campi da tennis sono stati luogo di esondazione. Nonostante la cura dei singoli Circoli sportivi l'avanzare delle piene sulle sponde del Tevere in modo 'poco naturale' ha causato danni ingenti. Il tempestivo ripristino delle aree danneggiate ha consentito al Circolo di poter ritornare alle attività ordinarie ed al fiume di poter transitare in modo naturale lungo il suo letto, valorizzando il territorio della sponda.

I lavori eseguiti rappresentano un esempio di come il supporto di fondi privati (del Circolo Magistrati della Corte dei Conti nello specifico) con l'ausilio di buoni tecnici possa portare a bei risultati tecnico-paesaggistico di lavori pubblici, in cui peraltro più figure tecniche sono state coinvolte. Il recupero immediato di un dissesto idrogeologico deve rappresentare un obiettivo da perseguire per la valorizzazione e fruizione del territorio. Così come bisognerebbe trovare nuovi criteri di riferimento per le procedure autorizzative in materia di urbanistica.

Il ruolo di professionisti tecnici, ingegneri idraulici affiancati da geologi ed architetti, risulta fondamentale per una corretta analisi e definizione della tipologia di opere adeguate al territorio in esame.

L'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, con l'organizzazione di questo Seminario, desidera porre grande attenzione a come le sinergie collaborative tra più Ordini professionali, ingegneri-geologi-architetti, e grazie al contributo tempestivo di privati, quale il Circolo Magistrati della Corte dei Conti, è possibile realizzare delle opere a mitigazione e salvaguardia del territorio invaso da esondazioni. Gli interventi eseguiti, a protezione della sponda sinistra del Tevere in corrispondenza del Circolo in questione possano essere di buon esempio al territorio romano per problematiche analoghe e per altre realtà in cui l'apporto 'privato' possa agevolare il riutilizzo del territorio donando al fiume quanto gli appartiene. soluzioni condivise e concrete.

**Dott. Ing. Carla Cappiello**

Presidente Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

[segreteria@ording.roma.it](mailto:segreteria@ording.roma.it)



ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**



Roma, 3 Dicembre 2014

La gran parte del territorio del nostro Paese è purtroppo gravemente esposta a frequenti dissesti idrogeologici, come tutti sappiamo spesso dovuti a una gestione a dir poco incauta che si è protratta nel tempo, almeno dal secondo dopoguerra in poi, e le cui responsabilità appaiono equamente ascrivibili alle Pubbliche Amministrazioni da una parte e agli stessi abitanti dall'altra. Abusivismo e mancanza di manutenzione hanno così determinato situazioni di rischio alle quali è molto difficile porre rimedio, se non a costi sociali ed economici molto elevati. Alla richiesta di patrocinio del Seminario organizzato in questa sede dalla Commissione Dissesto Idrogeologico istituita presso l'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, il nostro Ordine degli Architetti PPC di Roma e Provincia - che ha peraltro inaugurato da oltre un anno una stagione di rapporti eccellenti e di proficua collaborazione con i colleghi ingegneri - non ha potuto che aderire con entusiasmo, nella convinzione della grande utilità di ogni iniziativa che possa contribuire a sensibilizzare e far crescere la consapevolezza di noi tecnici in particolare come dell'opinione pubblica più in generale sulla necessità urgente di un cambio di passo nelle politiche di gestione territoriale. Dobbiamo dunque lavorare insieme per raggiungere una maturità culturale e gestionale che manca nell'ordinario, godendo purtroppo solo di occasionali picchi di interesse mediatico ogni qual volta immagini tragiche ci raggiungono, con violenza, dagli schermi. Se è evidente che il problema tocca più direttamente e più da vicino i geologi e gli ingegneri, dall'altra anche noi architetti siamo chiaramente chiamati a fare la nostra parte. Una rinnovata cultura della sostenibilità in generale e di quella paesaggistica in particolare si è ampiamente diffusa negli ultimi anni, sia a livello universitario sia a livello professionale. Associazioni come, per esempio, Legambiente collaborano oggi stabilmente con noi in un clima non di contrapposizione ma di comune consapevolezza del fatto che dalla crisi che avvolge da tempo l'Italia - una crisi economica, come continuamente ci ricordano i media, ma anche e soprattutto culturale - si può uscire solo lavorando seriamente insieme per il radicale e sostanziale rinnovamento di un panorama architettonico, urbano e ambientale che appare gravemente arretrato rispetto a quello di altri Paesi europei. Siamo anche convinti dell'importanza strategica che il sistema fluviale formato dall'Aniene e dal Tevere assumerà per la nuova città metropolitana, soprattutto se visto in maniera solidale con il suo sbocco al mare e con i grandi progetti che si stanno delineando in tale area, segnatamente a Fiumicino. I lavori presentati in questa occasione per le rive del Circolo dei Magistrati della Corte dei Conti, costituiscono dunque un piccolo ma importante e positivo segnale, che ci auguriamo sia in grado di innescare una più ampia e concretamente operativa riflessione sul tema.

**Dott. Arch. Livio Sacchi**

Presidente OAR, Ordine degli Architetti PPC di Roma e Provincia

[presidente.roma@archiworld.it](mailto:presidente.roma@archiworld.it)



ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**



Roma, 3 Dicembre 2014

L'Ordine dei Geologi del Lazio ringrazia il Presidente del Circolo Magistrati della Corte dei Conti, dott. Stefano Castiglione e i Soci proponenti il Seminario Tecnico, per l'opportunità offerta ai nostri iscritti, di poter partecipare a questo seminario organizzato dalla Commissione Dissesto Idrogeologico istituita presso l'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma, che vede coinvolte le diverse professionalità che hanno collaborato alla stesura del progetto riguardante il ripristino spondale della riva del Tevere, antistante il Circolo.

L'opera è significativa sia dal punto di vista prettamente tecnico sia dal punto di vista organizzativo, essendo uno dei pochi interventi di rilievo, realizzato in tempi brevi e con l'ausilio esclusivo di capitali privati, provenienti totalmente dai Soci del Circolo stesso.

Il progetto, redatto dalla Modimar con la supervisione dell'ARDIS, ha riguardato un tratto della sponda del fiume Tevere in area urbana, colpito dalla piena del 2012, in grado di causare seri danni agli impianti sportivi del Circolo, estesi anche ad altre porzioni dell'alveo.

La particolare localizzazione dei danni, in ambiente fluviale ad alta dinamicità, ha richiesto lo svolgimento di uno studio interdisciplinare, che dimostra quale importanza abbia una fattiva collaborazione tra le diverse professionalità, chiamate ad offrire le loro specifiche conoscenze per l'ottenimento di un obiettivo comune.

Il bel risultato raggiunto ha permesso di realizzare un'opera a costi relativamente contenuti e con soluzioni tecniche adeguate, sia per quanto concerne il ripristino dello stato di sicurezza dei luoghi sia per quanto concerne il basso impatto ambientale dell'intervento, ritenuto di vitale importanza per un'area così esposta allo sguardo della città, addirittura migliorando la funzionalità e l'estetica della sponda.

Lo studio geologico stratigrafico eseguito dal geologo dott. Marco Ricci, con riferimenti agli aspetti idraulici e geotecnici, è stato importante per impostare la progettazione degli interventi ritenuti più adeguati alla soluzione del problema.

Informazioni più dettagliate dello studio soprarichiamato, sono ben illustrate dalla documentazione predisposta nell'ambito di questo seminario tecnico, alla quale si rimanda per qualsiasi approfondimento.

**Dott. Geol. Roberto Troncarelli**

Presidente dell'Ordine dei Geologi del Lazio

[ordine@geologilazio.it](mailto:ordine@geologilazio.it)



ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**



Roma, 3 Dicembre 2014

Le ultime piene del fiume Tevere, verificatesi nelle stagioni invernali del 2012 e 2014 con ripercussioni nel tratto urbano di Roma, oltre ad allagare le aree golenali, lungo le quali sono presenti le strutture dei circoli sportivi, hanno determinato il disormeggio e l'affondamento di alcuni elementi galleggianti ed in più tratti hanno innescato fenomeni di dissesto idrogeologico delle sponde dell'alveo ordinario.

In particolare l'evento di piena del 13-15 novembre 2012 è stato contraddistinto dal collasso delle terre spondali secondo dinamiche che sono essenzialmente ascrivibili non alla piena in quanto tale ma al suo defluire con tempi assai più rapidi rispetto a quelli di incremento del tirante idraulico. Le cause ormai note sono state ricondotte al regime fortemente torrentizio del Paglia ed alle concomitanti manovre di chiusura troppo rapida dell'invaso idroelettrico di Corbara.

I dissesti gravitativi delle sponde, in una situazione di precaria economia generale delle finanze, ha indotto le parti danneggiate, e questo Circolo né era la dimostrazione lampante, ad attivare vari percorsi di collaborazione pubblica che ha visto il Circolo Magistrati della Corte dei Conti e la Regione Lazio, e per questa l'Agenzia per la difesa del suolo, collaborare strettamente per giungere alla risoluzione, in qualità, del sinistro.

Analizzata sulla base di specifiche indagini di campo, l'entità del danno e la sua morfologia, la Società Modimar incaricata ha tenuto continui stretti contatti con i Tecnici dell'Agenzia, per mettere a confronto soluzioni di ristabilizzazione e riprofilatura della sponda e della golenale fluviale, per larga parte costituente il confine verso il fiume di questo Circolo.

Le soluzioni progettuali innovative proposte, la verifica dei materiali da impiegarsi e le modalità esecutive sono passate dai tavoli della Società Modimar a quelli dell'Agenzia più volte al fine di definire preventivamente le modalità realizzative e predisporre sul nascere ogni necessaria autorizzazione in materia di lavori di manutenzione straordinaria, anche con tecniche innovative, sul demanio idrico fluviale.

Tale sistema di lavoro in seguito è stato seguito anche presso altri Circoli sul Tevere urbano e si sta continuando ad operare con tale metodo, sia in termini tecnici che amministrativi, anche con altri interlocutori pubblici o privati.

Durante l'esecuzione dei lavori l'Ardis ha svolto il ruolo che le compete di sorveglianza, non per una mera azione di controllo, ma soprattutto per favorire l'esecuzione di opere e lavori, particolari nell'ambito fluviale, riscontrando la validità dei mezzi delle metodologie adottate in corso d'opera.

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

Infine l’Agenzia ha avuto il gradito compito di certificare la corretta esecuzione a regola d’arte dei lavori, sia in termini tecnici che economici, supportando in questo il Circolo, così fortemente impegnato nell’investimento sostenuto.

Sulla base degli ottimi risultati dell’intervento, attuato in tempi brevi, peraltro stati sanciti dallo stesso fiume Tevere in occasione dell’ultima piena del febbraio 2014, si può affermare che anche la pubblica amministrazione, ha saputo trovare motivi di soddisfazione in tema di crescita professionale dei suoi tecnici, apprezzando nuove tecniche di ingegneria idraulica ed ambientale.

In conclusione, l’intervento oggetto del seminario odierno è un tangibile esempio di collaborazione tecnica tra pubblico e privato e di sinergia tra Enti pubblici regionali e statali che, pur nella limitatezza del caso, hanno ampiamente dimostrato come nel dialogo e nella voglia di fare bene, in qualità, si possano raggiungere buoni risultati, come sono stati qui raggiunti in questo compendio demaniale fluviale.

**Dott. Ing. Mauro Lasagna**  
Direttore Agenzia Regionale Difesa del Suolo  
[mlasagna@regione.lazio.it](mailto:mlasagna@regione.lazio.it)

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA

***Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti***

Roma, 3 Dicembre 2014





ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA

***Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti***

Roma, 3 Dicembre 2014



**LAVORI**



ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

**Seminario di Studio "Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere"  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**



Roma, 3 Dicembre 2014

**CONTRASTO AL DISSESTO IDROGEOLOGICO: UN ESEMPIO DI  
'ORIGINALE' INTERVENTO DI RIPRISTINO SPONDALE NELL'AREA  
GOLENALE SINISTRA DEL FIUME TEVERE** Dott. Ing. M. Rosaria Di Lorenzo

Presidente Commissione Rischio Idrogeologico Ordine degli Ingegneri di Roma

[mrtilorenzo@gmail.com](mailto:mrtilorenzo@gmail.com)

Le relazioni oggetto del Seminario di ripristino della sponda sinistra idraulica dell'alveo fluviale del fiume Tevere, in corrispondenza del Circolo Magistrati della Corte dei Conti, sintetizzano e contribuiscono a disegnare una visione d'insieme delle opere di cui il Fiume Tevere è stato oggetto di intervento negli anni: si riportano cenni su quanto realizzato dagli antichi romani e ci si spinge ad analizzare gli interventi realizzati su tutto il bacino del Tevere a seguito delle inondazioni avvenute fino al recente passato. Speciale cenno viene riservato alle ultime piene del Tevere, in particolare quelle del novembre 2012 e del febbraio 2014, che hanno destato particolare attenzione sul territorio urbano e sulle strutture dei Circoli Sportivi prospicienti le golene del fiume.

Nel dettaglio, il Circolo Magistrati della Corte dei Conti, a seguito della piena del 14-15 novembre 2012 e dei danni causati sulla sponda del Tevere prospiciente le proprie attività ricreative, tra i quali si annoverano quelli di alcuni campi da tennis ed aree ad essi adiacenti, ha ritenuto opportuno attivarsi in forma propria

con indagini geologico-stratigrafiche di somma urgenza, al fine di definire la tipologia dei terreni oggetto di dissesto. A seguito delle indagini eseguite, si è proceduto con la redazione di una progettazione preliminare per il ripristino della sponda e delle aree immediatamente retrostanti dissestate dalla piena per una lunghezza di circa 380 m. Successivamente è stato redatto il progetto esecutivo, sempre a carico del Circolo, che ha definito la tipologia di intervento di stabilizzazione e messa in sicurezza della scarpata, nelle cui vicinanze insistono infrastrutture sportive di quotidiano utilizzo. La tipologia di intervento prescelta dai progettisti, congiuntamente alla Direzione del Circolo ed all'Ardis, si è orientata su opere funzionali a sostegno della scarpata, con minimi impatti territoriali e nel pieno rispetto delle peculiarità estetiche ed ambientali dei luoghi.

A conferma della bontà degli interventi eseguiti e della raggiunta stabilità della scarpata, durante la piena del 2014 la golena è stata sormontata senza che si verificasse alcun danno.

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

**INTRODUZIONE: LE ESIGENZE DI RIPRISTINO DELLA SPONDA  
GOLENALE DEL CIRCOLO MAGISTRATI DELLA CORTE DEI CONTI**

**Dott. Ing. Mario Bergamo**

Vice Presidente del Circolo Magistrati Corte dei Conti

[mbergamo@autostrade.it](mailto:mbergamo@autostrade.it)

Capitolo: INTRODUZIONE: LE ESIGENZE DI RIPRISTINO DELLA SPONDA GOLENALE DEL CIRCOLO MAGISTRATI  
DELLA CORTE DEI CONTI Dott. Ing. Mario Bergamo

Nell'estate del 2012 (fig. 1) è stato portato a termine un radicale intervento di ristrutturazione della sede sociale del Circolo Magistrati della Corte dei Conti, che aveva interessato in particolare il rifacimento dell'intero edificio che ospita la piscina ed i connessi locali tecnici e la realizzazione dei nuovi impianti riguardanti gli spogliatoi, la

palestra, i centri benessere ed il bar/tavola calda, con un costo complessivo delle opere pari a circa 2,3 milioni di Euro, interamente finanziato dal corpo sociale<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Progettista e Direttore dei lavori di riqualificazione architettonica, strutturale ed impiantistica: Bartoleschi arch. Giorgio; Commissione Tecnica: Ariolli ing. Aldo – Barbato arch. Antonella – Bergamo ing. Mario - Faggi ing. Roberto – Vitullo ing. Corrado



Figura 1: Stato dei luoghi del Circolo (estate 2012) prima dell'evento di piena (novembre 2012)

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014



Figura 2: Stato dei luoghi del Circolo durante e dopo l'evento di piena di novembre 2012

A seguito della piena verificatasi nella sua massima intensità tra il 14-15 novembre 2012, il Tevere esondò sommergendo (fig. 2) l'area su cui insiste la Sede Sociale e le relative pertinenze del Circolo per circa 24 ore con un battente d'acqua che raggiunse la massima altezza di oltre 1.00 m rispetto al piano di giacitura degli impianti sportivi, causando una rilevante erosione dei terreni costituenti la sponda e retrostanti tratti di golena, oltre a cospicui danni alle attrezzature ed impianti del Circolo.

Ne derivarono in prima istanza due necessità:

- ripristinare la funzionalità del Circolo tenuto conto che

l'allagamento aveva interessato l'intero piano terreno della Sede Sociale (spogliatoi, palestra, centri benessere, piscina, bar/tavola calda e locali tecnici) con notevoli danni alle finiture, attrezzature e componenti impiantistiche contenute.

- valutare l'entità economica dei danni subiti al fine di individuare i possibili interventi di ripristino per riportare il circolo nelle stesse condizioni in cui si trovava prima dell'evento alluvionale.

In via preliminare è stato eseguito un rilievo topografico per l'esame del mutare dello stato dei luoghi.

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

Detto rilievo, limitatamente al tratto di sponda e corrispondente gola dove sono ubicati i vari impianti sportivi e la sede del circolo medesimo, per il tratto che va dal Circolo Tevere Remo alla zona prospiciente la Sede Sociale, fu eseguito nel novembre 2012 e consentì di stimare l'entità del volume di terreno eroso in oltre 9.000 m<sup>3</sup>.

Un successivo rilievo, realizzato nel marzo 2013, sempre relativo allo stesso tratto, ha permesso di determinare, nel raffronto tra le due campagne di rilevamento, un'ulteriore erosione nei 3 mesi e mezzo di circa 400 m<sup>3</sup>, che se fosse progredita ulteriormente avrebbe potuto compromettere la struttura della piscina, da poco integralmente ristrutturata, nonché i campi da tennis prospicienti il Fiume.

La velocità con la quale progrediva l'erosione del terreno creò notevole preoccupazione all'interno del Consiglio direttivo del Circolo che, coadiuvato dalla Commissione Tecnica, individuò in tempi brevissimi quale dovesse essere il profilo del professionista cui affidare l'incarico della progettazione.

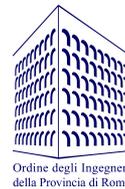
Conseguentemente è stata affidata alla Modimar del Prof. Alberto Noli, che certamente possedeva tutti i requisiti tecnico-scientifici richiesti, la progettazione dell'intervento di ripristino dell'area golenale interessata dal dissesto.

In tempi rapidi la Società Modimar ha predisposto alcune ipotesi di intervento e, una volta individuata congiuntamente coi suindicati organi direttivi del Circolo, la soluzione progettuale maggiormente idonea sotto il profilo tecnico-economico e di minor impatto ambientale, ha altresì redatto la progettazione esecutiva delle opere di ripristino.

L'intervento è stato eseguito dall'impresa Nori che è stata individuata sulla base di un'accurata indagine di mercato effettuata tra imprese specializzate in lavori simili. Le opere di realizzazione sono state ultimate in 5 mesi, con un costo complessivo dei lavori pari a circa 900 mila Euro interamente coperto dalle quote straordinarie a carico dei soci del Circolo.

Nel mese di Ottobre 2013, a distanza di un anno dall'evento alluvionale, il Circolo Magistrati della Corte dei Conti è tornato nella precedente configurazione. Ciò è stato possibile grazie ad un notevole sforzo economico del corpo sociale ma anche ad una attenta conduzione da parte della stazione appaltante di tutte le fasi tipiche dei lavori di notevole complessità.

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**



Roma, 3 Dicembre 2014

## **STORIA DEL TEVERE E DELLE SUE PIENE NEL TRATTO URBANO**

**Prof.Ing. Alberto Noli**

Ordinario di Costruzioni Marittime Università degli Studi di Roma “La Sapienza”

[a.noli@modimar.it](mailto:a.noli@modimar.it)

### **SOMMARIO**

Si descrivono dapprima sinteticamente i rapporti fra il Tevere e la città di Roma a partire dalla sua fondazione (753 a.C.) fino alla sua inclusione nello Stato Italiano (1870). Quindi, dopo un cenno agli interventi ideati o realizzati dagli antichi romani rientranti fondamentalmente nella categoria dei diversivi, si passa, sinteticamente, ad illustrare gli interventi realizzati a Roma ed in generale in tutto il bacino del fiume per difendere la città dalle periodiche inondazioni dopo la grande piena del 1870, analizzando il ruolo attribuibile agli invasi artificiali del Tevere sulla capacità di laminazione delle piene del Tevere a Roma facendo riferimento in particolare ai due recenti eventi di piena del novembre 2012 e febbraio 2014.

### **LE PIENE DEL TEVERE DALL'EPOCA DELL'ANTICA ROMA (430 A.C.) SINO AL REGNO D'ITALIA (1870 D.C.)**

Le notizie sulle piene verificatesi nell'epoca dell'antica Roma ci sono pervenute attraverso gli scritti di

alcuni noti storici, da Livio a Svetonio, a Tacito e Cassio Dione. I riferimenti ai livelli raggiunti dal fiume sono abbastanza vaghi e neanche ne è giunta traccia fino ai giorni nostri. Nel periodo fra il 430 a.C. e il 389 d.C. sono noti 30 grandi eventi di piena, con una media di circa quattro al secolo.

Nell'epoca successiva alla caduta dell'impero le piene, dopo un periodo di relativa tranquillità (periodo caldo medioevale) fino al 1200 circa, proseguirono con immutata pericolosità e frequenza (tab. I) e forse raggiunsero un acme dopo il ritorno a Roma dei papi da Avignone (1377). Esse venivano viste come punizioni divine e nessun papa pensò minimamente di opporvisi. Degno di nota è il fatto che nel periodo successivo all'anno 1200, cominciarono ad essere apposte sui muri di importanti edifici, ricadenti in aree inondabili, lapidi commemorative (fig.1) degli eventi di piena con l'indicazione del livello raggiunto dal Tevere.

**Seminario di Studio "Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere"  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014



Figura 1: Esempio di lapidi con indicazione dei livelli raggiunti dal Tevere (sulla sinistra la lapide più antica risalente all'inondazione del 1277, sulla destra quella risalente all'inondazione del 2 febbraio 1805)

PERIODO DEL DOMINIO PAPALE (DALLA FINE DELLA CATTIVITA' AVIGNONESE, 1377)			PERIODO DEL REGNO D'ITALIA (DALLA BRECCIA DI PORTA PIA, SETT. 1870)			PERIODO DELLA REPUBBLICA ITALIANA (MAX PIENE ANNUALI CON $Q_c > 1.400 \text{ m}^3/\text{s}$ )		
Data	Papa	Liv. max (m s.l.m.)	Data	Liv. max (m s.l.m.)	Port. max ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Data	Liv. max (m s.l.m.)	Port. max ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
1379, 9 nov	Urbano VI	17	1870, 29 dic	17,22	3.300	1946, 16 nov	12,65	1.663
1422, 30 nov	Martino V	17,32	1873, 1 nov	13,98	1.854	1947, 6 feb	14,53	2.300
1476, 8 gen	Sisto IV	17,41	1878, 1 nov	15,37	2.354	1948, 29 gen	13,00	1.600
1495, 5 dic	Alessandro VI	16,88	1892, 16 mar	13,86	1.813	1964, 30 dic	12,42	1.548
1514, 13 nov	Leone X	> 16	1900, 2 dic	16,17	3.100	1965, 3 set	12,65	1.800
1530, 8 ott	Clemente VII	18,95	1902, 2 mag	14,39	2.293	1969, 17 feb	11,44	1.588
1557, 15 set	Paolo IV	18,00	1903, 8 dic	14,02	2.127	1975, 19 nov	11,46	1.500
1589, 10 nov	Sisto V	> 16	1905, 24 nov	14,12	2.171	1976, 17 feb	12,72	2.050
1598, 24 dic	Clemente VIII	19,56	1907, 11 nov	13,80	2.030	1979, 18 feb	11,90	1.650
1606, 23 gen	Paolo V	18,27	1914, 25 dic	13,78	1.925	1980, 8 nov	11,10	1.500
1637, 22 feb	Urbano VIII	17,55	1915, 15 feb	16,08	2.900	1982, 23 dic	11,55	1.500
1647, 7 dic	Innocenzo X	16,41	1916, 20 dic	13,82	1.941	1984, 27 feb	11,81	1.650
1660, 5 nov	Alessandro VII	17,11	1917, 8 mar	14,25	2.118	1986, 2 feb	12,40	1.900
1686, 4-6 nov	Innocenzo XI	16,00	1919, 9 gen	14,28	2.131	1991, 22 nov	11,77	1.600
1702, 22 dic	Clemente XI	15,42	1923, 9 dic	14,95	2.350	1992, 9 dic	11,39	1.550
1742, gen	Benedetto XIV	15,02	1929, 4 gen	14,90	2.050	1999, 17 dic	10,95	1.450
1750, 3 dic	Benedetto XIV	15,58	1934, 16 dic	14,40	1.950	2005, 7 dic	11,41	1.400
1805, 2 feb	Pio VII	16,42	1937, 17 dic	16,84	2.750	2008, 13 dic	12,55	1.676
1843, 5-7 feb	Gregorio XVI	15,34	1941, 5 feb	13,32	1.800	2012, 14 nov	13,49	1.933
1846, 10 dic	Pio IX	16,25	1941, 23 feb	13,18	1.750	2014, 1 feb	12,79	1.741

Tabella 1: Elenco delle massime piene del Tevere a Roma (Ripetta) dal periodo del dominio papale (fonte M. Bencivenga et al.)

Dall'esame di tali lapidi risulta che il livello più alto raggiunto dal Tevere a Ripetta è stato quello della piena del 24 dicembre del 1598, pari a 19,56 m rispetto al l.m.m., anche se il riferimento non è del tutto esatto, in quanto relativo allo zero IGM, notoriamente diverso, e non sempre di poco, dal livello medio marino. Il

livello molto alto raggiunto fu senza dubbio causato anche dal trascinarsi a valle di molti dei mulini collocati lungo il corso del fiume e dalla conseguente ostruzione parziale della luce di alcuni ponti.

La piena, seguita da un'altra ondata il 10 gennaio del 1599, causò il crollo di tre arcate del Ponte Emilio (poi Lepido

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**



Roma, 3 Dicembre 2014

e infine Senatorio), da allora denominato “Ponte Rotto”, a valle dell’isola Tiberina; fu inoltre responsabile della perdita di numerose vite umane, circa 1500 stando alle cronache dell’epoca.

In ogni caso è giusto ricordare che i papi, pur se abbastanza assenti nel panorama delle opere riguardanti il Tevere, ripristinarono la funzionalità della fossa di Traiano, con un’armatura parziale della foce di Fiumicino (da flumen micinum, fiume piccolo), consentendo nuovamente i collegamenti fluviali della città con il mare.

**GLI INTERVENTI PER LA DIFESA DI ROMA DALLE PIENE DEL TEVERE**

Del massimo interesse per noi contemporanei sono le vicende del fiume successive al 1870.

I disastrosi effetti della grande piena avvenuta alla fine di tale anno, con un valore della portata stimata pari a 3.300 m<sup>3</sup>/s ed una quota a Ripetta di 17,22 m, portò alla nomina (con Regio Decreto del 1 gennaio 1871) di una Commissione, presieduta dall’Ing. Carlo Possenti, per lo studio dei provvedimenti necessari alla difesa della città. Della Commissione faceva parte il noto idraulico Ing. Raffaele Canevari, che in pratica si occupò della maggior parte degli studi preparatori, meteorologici ed idraulici, e impose le

sue idee sulle opere da eseguire fin dall’inizio dell’attività della Commissione.

Tale attività procedette a rilento anche per mancanza di fondi e terminò solo dopo il 1875, anche sulla spinta dall’iniziativa di Garibaldi, che sosteneva l’idea di deviare sia il Tevere che l’Aniene a monte di Ponte Milvio, aggirando Roma ad est, su un tracciato prossimo a quello dell’attuale cintura ferroviaria (fig.2).

La soluzione progettuale sviluppata dall’Ing. Canevari, più rispettosa del percorso che la natura aveva assegnato al fiume, prevedeva invece la costruzione dei famosi “muraglioni”, che avrebbero dovuto racchiudere, alla loro base, un alveo largo almeno 100 m ed ospitare sulla sommità gli attuali lungotevere.

Il progetto Canevari, prescelto con molti contrasti, contribuì a modificare sostanzialmente l’aspetto del fiume e a modificarne il rapporto con la popolazione.

Le critiche al progetto, come già detto, furono numerose fin dall’inizio e l’eco è pervenuta fino ai giorni nostri, ma non si può disconoscere che lo scopo prefissato fu nei fatti raggiunto.

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014



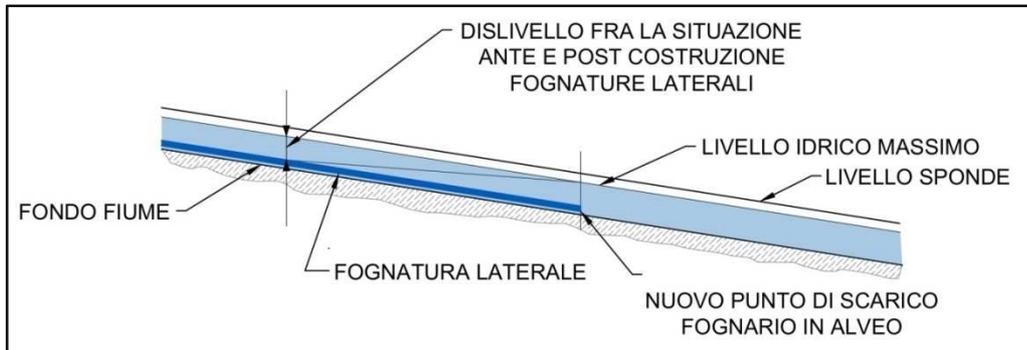
Figura 2: Proposta di deviare il Tevere aggirando il centro abitato di Roma. Progetto delle bonifiche proposte da Garibaldi (1875)

Oltre ai muraglioni il progetto prevedeva la costruzione di due collettori fognari detti “Basso di Destra e Basso di Sinistra in argine Tevere” perché ubicati in fregio al basamento delle nuove strutture murarie delle due sponde e quindi ad una profondità idonea per convogliare i reflui cittadini ad una sufficiente distanza dal centro abitato di allora (all’altezza dell’attuale Grande Raccordo Anulare) per evitare i rigurgiti conseguenti alle piene (fig. 3). Entrambi i collettori sono pienamente efficienti: il “Basso di Sinistra” parte dal Lungotevere Flaminio poco prima di piazzale Belle Arti raccoglie i reflui

dei quartieri Parioli e Flaminio e del centro storico sino allo sfioratore di piena sito in via della Greca, a pochi passi dal Circo Massimo, per proseguire attraversando il quartiere Testaccio verso il depuratore di Roma Sud lungo la via Ostiense (per una lunghezza complessiva di circa 17 km); il “basso di Destra” ha origine presso Piazza Mazzini, raccoglie nel suo tragitto il collettore Basso Farnesina che a sua volta raccoglie i reflui del collettore Alto Monte Mario, proseguendo attraverso Trastevere sino alla Magliana (per una lunghezza complessiva di circa 13 km).

**Seminario di Studio "Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere"  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

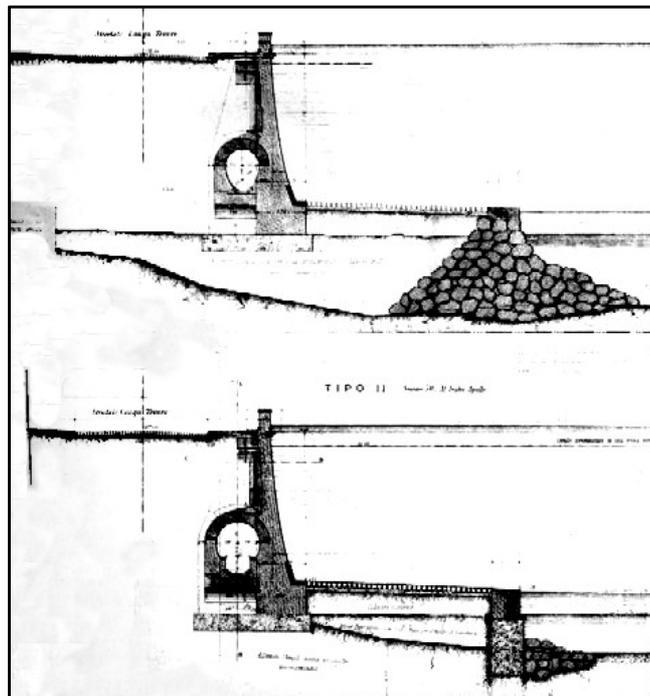
Roma, 3 Dicembre 2014



*Figura 3: Principio di funzionamento dei collettori di fognatura laterali rispetto al corso del Tevere*

I muraglioni dovevano essere protetti al piede da ampie banchine. In realtà non sempre si riuscì a rispettare il progetto della Commissione; in alcuni tratti del fiume, in fase costruttiva, i tecnici furono costretti a ridurre la larghezza delle banchine e ad assegnare pendenze diverse ai muraglioni stessi lato fiume, dalla

quasi verticalità (fig. 4) a pendenze molto meno elevate (in generale 1/1). A monte di Ponte Risorgimento, fino a poco a Nord di Ponte Milvio, era prevista un'arginatura tradizionale di terra. La larghezza dell'alveo veniva mantenuta pari ad almeno 80 m e le golene erano abbastanza estese, così come le berme di sommità.



*Figura 4: Sezione di progetto di "muraglione" con paramento a valle all'incirca verticale*

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

Il progetto Canevari prevedeva inoltre la costruzione di una soglia a Ponte Milvio e la soppressione di uno dei due rami del Tevere all’Isola Tiberina, nonché la demolizione di gran parte delle strutture residue del Ponte Senatorio, fatta eccezione per due pile (ancora oggi osservabili).

Le opere avanzarono con lentezza (i lavori principali furono terminati verso il 1925 ma in realtà la costruzione dei muraglioni terminò solo nel 1948 con il completamento dell’ultimo tratto di sponda destra, fra il ponte della ferrovia Roma-Pisa ed il Ponte Sublicio) ma il deflusso del Tevere era già abbastanza regolato in occasione di una grande piena verificatasi nel dicembre del 1900.

Per fortuna nel 1879 era stata abbandonata l’ipotesi di realizzare un grande drizzagno deviando il Tevere nella zona di Piazza Maresciallo Giardino e facendolo transitare in un canale artificiale che, tagliando il quartiere Prati, si sarebbe riimmesso nel vecchio alveo presso il Ponte Vittorio Emanuele (idea già affacciata ai papi da un anonimo autore nel 1626 ma mai attuata).

La piena del 1900 causò gravi inconvenienti solo intorno all’isola Tiberina, poiché transitò quasi completamente sotto ponte Cestio, nel ramo destro, provocando notevoli scalzamenti e la rottura di un tratto di

125 m di lunghezza dei muraglioni, nel Lungotevere degli Anguillara.

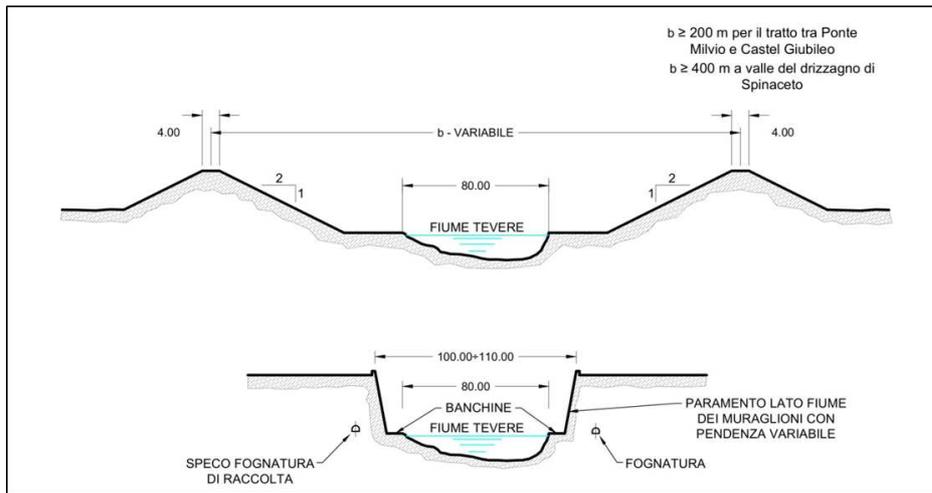
Fu quindi costruita una soglia sotto ponte Cestio e si ripristinò il transito di una parte della corrente nel ramo sinistro.

Nel ventesimo secolo proseguirono gli interventi sul Tevere. Furono realizzate arginature a valle ed a monte della città (figg. 5) e venne presa una decisione importante e, a posteriori, abbastanza sciagurata, quella cioè di eseguire un importante drizzagno nella zona di Spinaceto, tagliando un ampio meandro ivi esistente, allo scopo sia di migliorare il deflusso delle piene che di realizzare, in un’area limitrofa, in concomitanza con l’esposizione universale E42, un grande idroscalo, di forma circolare o ellittica, detto del Littorio, nonché un aeroporto moderno, detto della Magliana, completo di aerostazione e di tutti i servizi.

Contemporaneamente fu decisa la costruzione di un nuovo ponte detto dell’Aeronautica, dotato di una campata centrale a impalcato mobile per il transito dei natanti, sovrastante una soglia con paratoie, in grado quindi di regolare i livelli di monte.

**Seminario di Studio "Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere"  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014



*Figura 5: Esempio di sezione trasversale del Tevere all'interno della città (storica) e nelle zone extraurbane*

Il 31 marzo 1937 Mussolini diede ufficialmente l'avvio ai lavori del drizzagno di Spinaceto (fig. 6), canale lungo 1290 m e rivestito di pietrame basaltico che provocò un accorciamento di 2700 m della lunghezza del fiume. Nel 1938 la realizzazione del ponte mobile e della soglia con paratoie venne accantonata, anche a causa di un ripensamento dovuto ai danni provocati ai lavori dalla piena del 17 dicembre 1937. Il volume di materiale scavato (1,3 Mm<sup>3</sup>) fu trasportato a

circa 1 km di distanza, per costituire il terrapieno dei piazzali del previsto idroscalo.

Contemporaneamente fu avviata la costruzione di un ponte tradizionale a 15 campate lungo 362,5 m (ponte di Mezzocammino), riparato dopo i danni bellici nel 1949 e che attualmente, con alcune modifiche, fa parte del raccordo anulare. L'inaugurazione delle opere idrauliche fu presieduta in pompa magna da Mussolini il 16 agosto del 1940.



*Figura 6: Immagine aerea del drizzagno di Spinaceto*

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

Sul fatto che la realizzazione di un drizzagno sia da considerare con estrema attenzione giova spendere qualche parola di più. Un drizzagno, nel linguaggio degli idraulici, è un'opera che sostituisce artificialmente un tratto di fiume seguendo un percorso di minore lunghezza, generalmente rettilineo, con diversi scopi. che vanno dal miglioramento della navigazione interna (tipo di drizzagno estesamente presente nel medio corso del Reno in Germania) alla difesa dalle piene. In natura i drizzagni si creano spesso in corrispondenza della zona di massimo avvicinamento dei due rami contrapposti di un meandro, come avvenuto per il meandro di Ostia nel corso della piena del 1557 e chiaramente visibile in molti bacini di pianura di corsi d'acqua italiani o stranieri. La condizione necessaria per il taglio spontaneo di un meandro è peraltro che esso sia libero di evolversi (fig.7), senza essere costretto ad esempio fra due argini fissi.

Un drizzagno antropico è invece una rettifica artificiale dei naturali processi di idrodinamica e morfodinamica fluviale. Secondo i sostenitori di tali forzature la difesa dalle piene si otterrebbe in quanto al minore percorso corrisponde una maggiore velocità della corrente e quindi , a parità di portata, una minore quota del pelo libero. In realtà, la maggiore velocità della corrente comporta anche una maggiore capacità di trasporto e quindi un'erosione del fondo fluviale, in corrispondenza del drizzagno, che si

propaga indefinitamente (fig. 8) a monte a meno che non venga frapposta una soglia fissa fondata a sufficiente profondità. L'escavazione del fondo fluviale è d'altronde conseguenza di un noto principio di idraulica fluviale per il quale un corso d'acqua in determinate condizione di portata e di trasporto solido assume naturalmente una pendenza del fondo che è detta “di compensazione”, tendendo, per trasporto solido nullo, alla pendenza “di equilibrio”, raggiunta in natura solo nei territori di antica origine in stato di peneplanazione. Non è un caso che , verificandosi un taglio naturale di un meandro, se ne riforma un altro a breve distanza.

Gli idraulici che inizialmente si erano occupati della rettifica del meandro di Spinaceto non ignoravano certamente le possibili conseguenze, tanto è vero che, oltre al rivestimento dell'alveo di magra con pietrame basaltico per uno spessore di un metro, avevano previsto la soglia con paratoie di cui si è detto sopra, la cui esecuzione avrebbe certamente ridotto i problemi di escavazione dell'alveo nel tratto urbano del Tevere e probabilmente favorito la navigazione interna sul fiume, attualmente difficoltosa proprio a causa delle numerose soglie costruite per fronteggiare i fenomeni erosivi e della scarsa profondità in concomitanza con i periodi di magra. Non è stato l'unico caso in cui i consigli degli idraulici più oculati sono stati disattesi.

**Seminario di Studio "Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere"  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

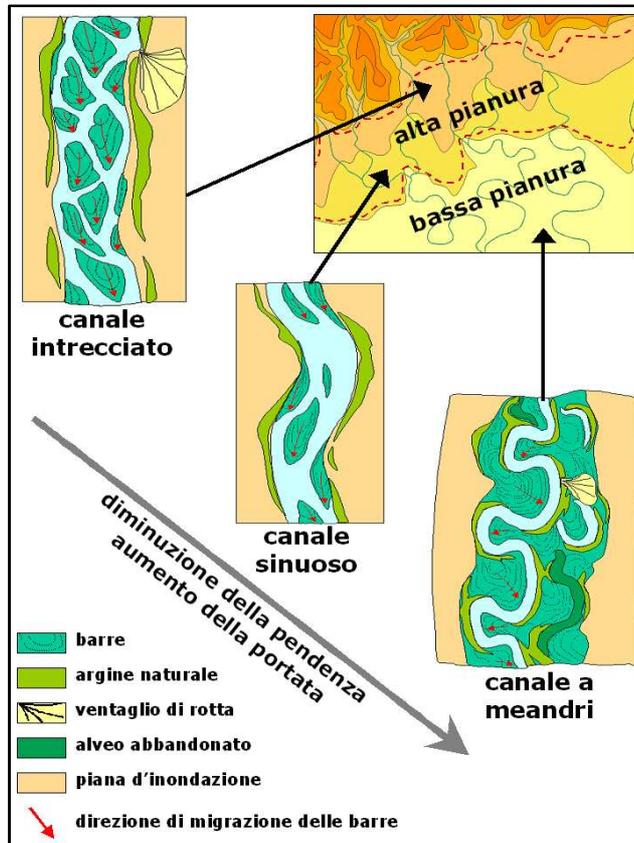


Figura 7: Esempio di evoluzione naturale di un corso d'acqua in pianura

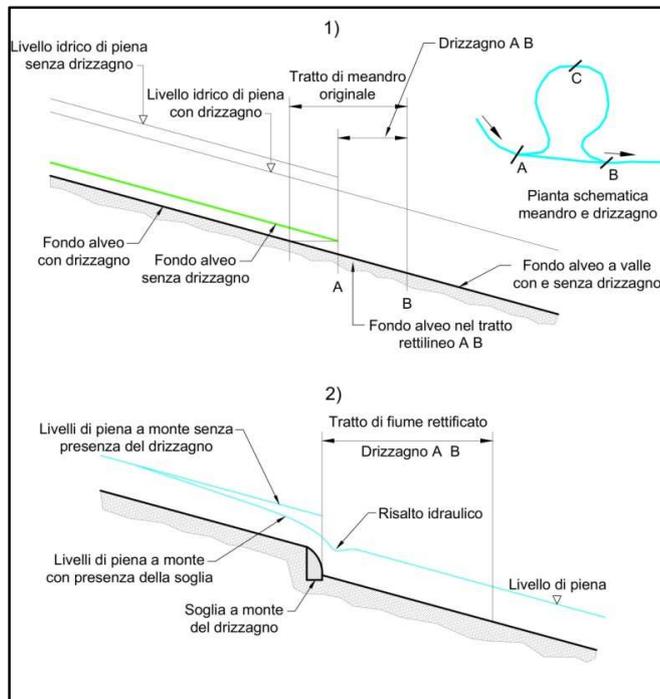


Figura 8: Conseguenza idraulica della costruzione di un drizzagno in presenza ed in assenza di una soglia di fondo sulla sezione A

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

Solo a titolo di esempio, si può osservare che per un lungo periodo fu difeso il principio di consentire la navigazione del Tevere, almeno fino alle porte della città, anche a imbarcazioni con opera morta di altezza non trascurabile (fra cui le barche a vela).

Pertanto i ponti a valle di Roma dovevano essere di tipo mobile, qualunque fosse il sistema per assicurare la mobilità.

Purtroppo il principio è stato rispettato solo nel periodo precedente l'ultimo conflitto mondiale (si vedano i due ponti mobili di Fiumicino), ma disatteso nel dopoguerra per altri ponti, quali quelli della Scafa sul ramo di Fiumara Grande presso la foce, il suo omologo (sempre sulla S.S. 196) sul ramo di Fiumicino, il già citato di Mezzocammino e quello della Magliana.

Una decisione saggia presa nel secondo dopoguerra fu invece quella di vietare la costruzione lungo il Tevere di nuovi ponti con pile in alveo.

Altro esempio noto è quello della valle del Tevere a monte della città, che costituisce un'utile cassa di espansione in occasione delle massime piene e ancora di più lo potrebbe essere con la realizzazione di opere specifiche, mentre costantemente le aree golenali vengono prese di mira per collocarvi

insediamenti industriali o per scopi che nulla hanno da condividere con la difesa fluviale.

Tornando all'esposizione delle modifiche intervenute nel corso del Tevere dall'Unità d'Italia in poi, sempre nel ventesimo secolo iniziò un massiccio sfruttamento a scopi idroelettrici della maggior parte dei fiumi italiani e naturalmente il bacino del Tevere fu preso di mira anche esso, con la costruzione di numerosi impianti ad acqua fluente e con serbatoio. Inizialmente furono interessati solo gli affluenti, essenzialmente l'Aniene e la Nera, caratterizzati da portate perenni.

Limitandosi a considerare i serbatoi artificiali, di maggiore importanza ai fini delle portate di piena a Roma, prima dell'ultimo conflitto mondiale vennero realizzati nel bacino del Tevere le prime dighe con capacità di invaso significative, esattamente su due affluenti del Velino, il Salto ed il Turano (inaugurazione delle opere nel 1939 con una capacità complessiva dei laghi creati pari a  $420 \text{ Mm}^3$ ).

Subito dopo la fine del conflitto mondiale iniziò, da parte della Soc. SIT (Soc. Idroelettrica Tevere), una utilizzazione intensa dello stesso Tevere, con numerosi impianti ad acqua fluente che però non danno contributi significativi per la laminazione delle piene del Tevere.

**Seminario di Studio "Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere"  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**



Roma, 3 Dicembre 2014

L'opera più importante dovuta all'iniziativa della SIT fu indubbiamente la diga di Corbara, realizzata sul corso del Tevere fra gli anni 1959 e 1963, poco a monte della confluenza con il F. Paglia, a scopo di sfruttamento idroelettrico (attraverso la centrale di Baschi, che scarica le acque nell'impianto di Alviano) e di difesa dalle piene, con una capacità complessiva di 130 Mm<sup>3</sup>.

Le opere di scarico della diga sono in grado di evacuare una portata di 2563 m<sup>3</sup>/s. Fra il 1980 ed il 1984 furono realizzati importanti lavori di rafforzamento della diga, nella quale per motivi di origine termica si erano verificate preoccupanti lesioni.

Dopo la fine dell'ultimo conflitto mondiale i lavori di sistemazione del Tevere all'interno del centro abitato sono proseguiti intensamente, consistendo sostanzialmente nella costruzione di undici soglie di maggiore o minore complessità realizzate per far fronte al continuo abbassamento del letto fluviale, provocato dalla costruzione del drizzagno di Spinaceto e dalla progressiva riduzione del trasporto solido fluviale (attribuibile alla costruzione di invasi artificiali, ai lavori di rimboschimento, all'estrazione per lungo periodo incontrollata di sabbie fluviali, etc.). Importanti interventi hanno riguardato la stabilizzazione di alcuni tratti di alveo interessati da fenomeni franosi, quali la sponda

destra del Tevere fra Piazza Maresciallo Giardino e Ponte Risorgimento, e quella sinistra in località Mezzocammino (tratto del drizzagno di Spinaceto).

Infine, con riferimento al bacino complessivo del Tevere, è da ricordare che intorno agli anni '80 del secolo scorso iniziò uno sfruttamento delle acque, sfuggite fino ad allora agli interessi dei produttori di energia elettrica, ai fini irrigui e potabili. Importante, ai fini dell'argomento qui trattato, fu la realizzazione della diga di Montedoglio sull'Alto Tevere (al confine fra i comuni di Anghiari, Pieve S. Stefano e Sansepolcro) e quella di Casanova sul Cascio. Ambedue le dighe contribuiscono a ridurre considerevolmente le portate di piena della valle del medio Tevere, fra Todi e Città di Castello.

La diga di Montedoglio (capacità utile 145 Mm<sup>3</sup>) è in funzione da molti anni, mentre quella di Casanova (capacità utile teorica 224 Mm<sup>3</sup>) è stata finora riempita solo parzialmente a causa di un fenomeno franoso in sponda destra.

Attualmente sono in fase di esecuzione opere che ne porteranno la capacità utile a circa 80 Mm<sup>3</sup>.

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

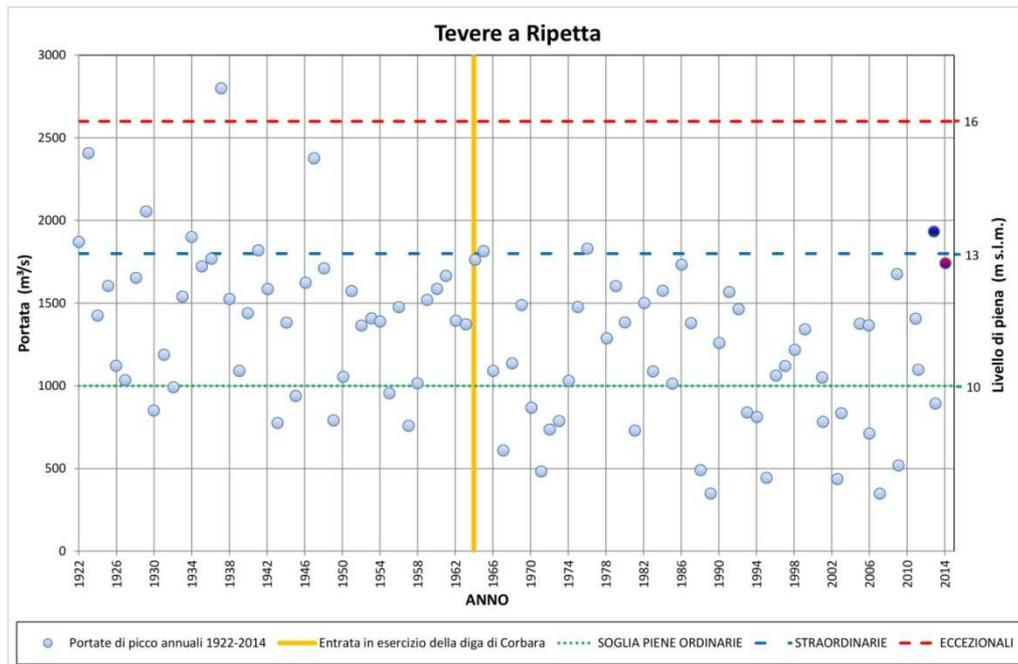
Roma, 3 Dicembre 2014

**IL RUOLO DEGLI INVASI  
ARTIFICIALI NEL BACINO DEL  
TEVERE PER LA RIDUZIONE DEGLI  
EVENTI DI PIENA A ROMA**

Nel complesso la presenza di tanti invasi artificiali nel bacino del Tevere ha contribuito a ridurre le frequenze e la grandezza delle portate del Tevere stesso a Roma, anche se non sempre gli invasi artificiali hanno un effetto benefico, se non interviene una

gestione oculata degli organi di scarico, supportata da un'ideale modellazione matematica.

Relativamente alla prima affermazione, basta osservare la figura 9, che mostra l'andamento negli anni delle massime piene registrate a Roma, con una netta riduzione a partire dal 1963, anno di entrata in esercizio della diga di Corbara.



*Figura 9: Massime portate di piena annuali registrate a Ripetta dal 1922 al 2014  
(elab. da fonte Ufficio Idrografico di Roma)*

Relativamente alla seconda osservazione, nella fig. 10 sono indicati gli andamenti delle portate osservate a Ripetta nel corso delle due ultime importanti piene succedutesi in un breve lasso di tempo (novembre 2012 e febbraio 2014).

Nel primo caso è evidente una permanenza abbastanza lunga (circa 24 ore) dei valori di portata (superiori a 1800 m<sup>3</sup>/s) prossimi al picco di piena e successivamente una riduzione anormalmente rapida delle portate stesse.

**Seminario di Studio "Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere"  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

Nel secondo caso la permanenza delle portate con valori (superiori a 1400 m<sup>3</sup>/s) prossimi al colmo è eccezionalmente lunga (circa 3 giorni) ma la riduzione delle portate nella fase di "esaurimento" dell'evento di

piena è molto più graduale. In ambedue i casi gli andamenti delle portate sono stati influenzati dalle modalità di gestione degli organi di scarico della diga di Corbara (fig. 11).

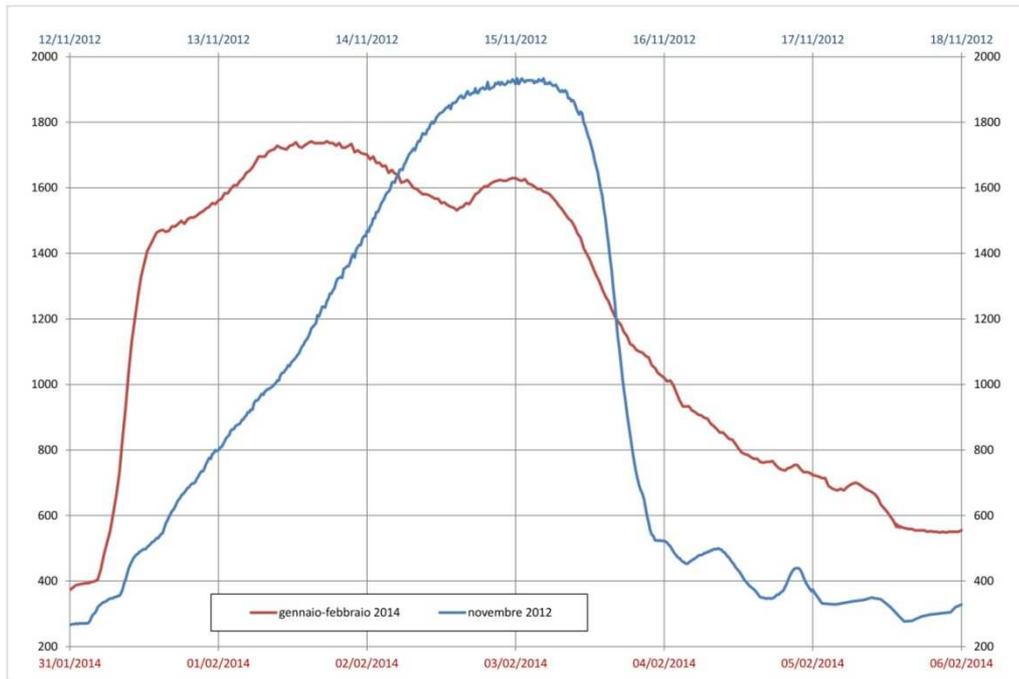


Figura 10: Andamento delle portate a Ripetta in occasione delle piene di novembre 2012 e febbraio 2014



Figura 11: Foto dall'alto degli scarichi della diga di Corbara in azione durante la piena del novembre 2012

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

I riscontri oggettivi desumibili da questi due recenti eventi di piena confermano che la presenza della diga di Corbara ha ridotto sensibilmente, in entrambi i casi, la portata massima transitata a valle (fig.12). La rapida diminuzione dei livelli del Tevere, registrati a Ripetta in occasione dell’evento di piena del 2012, tale da provocare gravi inconvenienti lungo la

maggior parte delle golene fluviali a monte di Ponte Risorgimento, date in concessione a numerosi importanti circoli sportivi, non si è ripetuta in occasione dell’evento di piena del 2014 in ragione di una più attenta gestione degli organi di scarico dell’invaso anche dopo la fase di colmo.

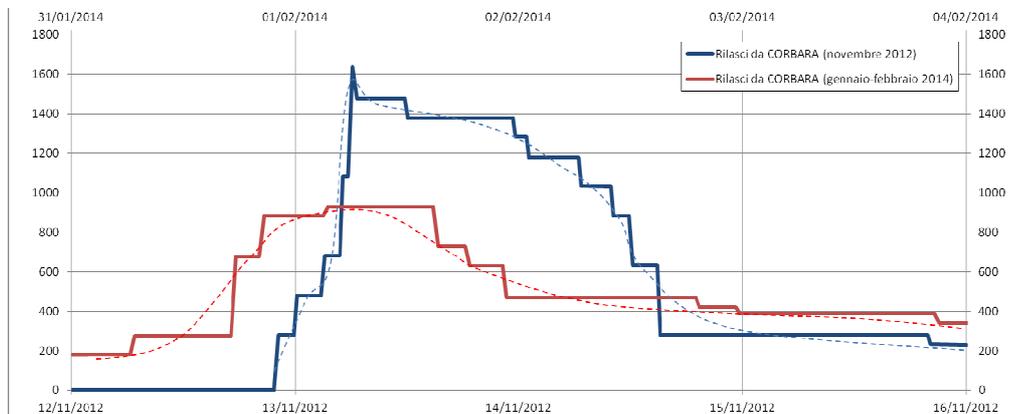


Figura 12: Andamento delle portate degli organi di scarico di Corbara in occasione degli ultimi eventi di piena

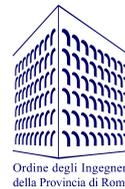
### CONCLUSIONI

Alla luce dei due eventi esaminati sarebbe auspicabile un aggiornamento del protocollo di gestione dell’invaso di Corbara vincolando il funzionamento degli organi di scarico all’andamento delle portate di piena a valle della diga per influenzare positivamente tutti gli aspetti più delicati del fenomeno di propagazione di un evento di piena del Tevere nel suo tratto terminale da Castel Giubileo sino alla foce ed in particolare nell’ambito urbano di Roma.

### BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- *Allessandroni M.G., Remedia G. – Le piene eccezionali del fiume Tevere a Roma, Università degli Studi di L’Aquila, DISAT n.3, 1999*
- *Arredi F. – Brevi richiami sulle caratteristiche idrografiche del Tevere, Idrotecnica n. 1-2, Roma 1974*
- *Bencivenga M., Remedia G. – Indagine sull’erosione e sulla sedimentazione lineare nell’alveo del fiume Tevere, Università degli Studi di L’Aquila. DISAT n.2*
- *Bersani P., Bencivenga M. – Le piene del Tevere a Roma dal V secolo a.C. all’anno 2000, Servizio Idrografica e Mareografico Nazionale, 2001*

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**



Roma, 3 Dicembre 2014

- Bonafaccia L. – *Sei metri sotto Roma*, ACEAMAGAZINE – *ambientandoci*, pag. 44-49
- Calenda G., Di Malta L., Mancini C., Ubertini L. – *Distribuzione di probabilità dei colmi di piena del Tevere a Roma*. L'Acqua n.5, Roma 1997
- Calenda G., Dell'Oglio S., Margaritora C. – *Conferenza sull'idrografia del Tevere nel suo tratto urbano*. XV Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Roma 1976
- Calenda G., *Seminario tecnico - Rischio idraulico nella città di Roma: analisi storica e prospettive future*. Ordine degli ingegneri della Provincia di Roma, 11 giugno 2014
- Di Martino V., Belati M. – *Qui arrivò il Tevere. Le inondazioni del Tevere nelle testimonianze e nei ricordi storici*, Roma 1980
- Frosini P. – *Il Tevere, le inondazioni di Roma e i provvedimenti presi dal Governo Italiano per evitarli*. Accademia Nazionale dei Licei, Roma, 1977
- Margaritora G., Noli A. – *Esame degli eventi pluviometrici che hanno dato origine alle massime piene del Tevere a Roma a partire dal 1920*. Idrotecnica n.5, Roma 1964
- Ubertini L., Ferrante M. – *L'inondazione di Roma del 1870, prospettiva storica e modellistica numerica*, Convegno Accademia Nazionale Lincei, Roma 22-24 ottobre 2001
- *Rapporto di evento del 11-16 novembre 2012*, Centro Funzionale Regionale (Protezione Civile della Regione Lazio), gennaio 2013.
- *Rapporto di evento del 31 gennaio - 4 febbraio 2014*, Centro Funzionale Regionale (Prot. Civ. Regione Lazio), maggio 2014

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

**INTERVENTI DI SOMMA URGENZA E ASPETTI GEOLOGICI**

**STRATIGRAFICI** Dott. Geol. Marco Ricci

Geologo libero professionista – Grundbau Italia S.r.l.

[marco.ricci39@virgilio.it](mailto:marco.ricci39@virgilio.it)

**SOMMARIO**

Il presente contributo illustra le attività specialistiche condotte sia per una prima valutazione dei danni provocati dall'evento di piena del Tevere verificatosi tra il 13-15 novembre 2012 al Circolo Magistrati della Corte dei Conti sia per l'attuazione degli interventi di somma urgenza necessari per la messa in sicurezza della zona golenale posta più a valle ed interessata dai campi di tennis, due dei quali sono stati completamente coinvolti dai fenomeni franosi associati alla suddetta piena.

Nell'ambito di queste attività sono state condotte una serie di indagini di campo, che hanno costituito la base di riferimento per le successive fasi progettuali degli interventi di ripristino spondale, articolate in: rilievo topografico dei tratti di sponda e

retrostanti aree golenali danneggiate, prospezioni geologico-geotecniche sui terreni posti lungo la fascia golenale.

**PREMESSE**

La piena del Tevere, verificatasi nella sua massima intensità tra il 14-15 novembre 2012, ha provocato una serie di fenomeni di dissesto gravitativo della fascia spondale del piano golenale che, dal confine con l'Impianto Sportivo Acqua Acetosa del Reale Circolo Canottieri Tevere Remo, hanno riguardato con maggiore intensità un fronte longitudinale di oltre 200 m coinvolgendo rovinosamente non solo l'area a verde ma anche alcuni campi da tennis (foto 1 e 2).

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014



Foto 1



Foto 2

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

Pertanto si rese necessario intervenire con tempestività per:

- valutare l'entità economica dei danni subiti e concretizzare la medesima in un documento, redatto dallo scrivente unitamente all'Arch. G. Bartoleschi, progettista e Direttore dei lavori di ristrutturazione architettonica e strutturale dell'edificio del Circolo completati nell'estate del 2012 e quindi alcuni mesi prima del rovinoso evento di piena;
- pianificare ed attuare gli interventi necessari per ripristinare la piena funzionalità delle attività sportive del Circolo.

**RILIEVO TOPOGRAFICO**

Al fine di quantificare in modo oggettivo l'entità dei fenomeni di dissesto conseguenti al suddetto evento di piena il 23 novembre 2012 è stato eseguito, dallo Studio Rilievi geom. Federico e Fabio Bianchini, un

rilievo topografico di dettaglio per l'esame del mutare dello stato dei luoghi, limitatamente al tratto di sponda e corrispondente golena dove si ubicano i vari impianti sportivi e la sede del circolo medesimo, per il tratto che va dal Circolo Canottieri Tevere Remo alla zona prospiciente la Sede Sociale del Circolo Magistrati.

Il rilievo è stato effettuato con sistema laser scanner, mediante una poligonale celerimetrica riferita alla Cartografia Tecnica Regionale. L'elaborazione dei dati di campagna, effettuata con l'ausilio dei software “JRC Reconstructor” per i dati laser e “Leonardo X7” per i dati celerimetrici e calcoli volumetrici, permise di ricostruire con adeguato dettaglio la nuova conformazione plano-altimetrica (figure 1 - 5) della fascia spondale che, confrontata con la preesistente (ricavata dalla ricostruzione del modello di terreno dalla Cartografia Tecnica Regionale), consentì di stimare l'entità del volume di terreno eroso in oltre 9.000 m<sup>3</sup>, come risulta nella seguente tabella 1.

<b>Totale in scavo</b>	9582.761m <sup>3</sup>
<b>Totale in riporto</b>	499.551m <sup>3</sup>
<b>Totale in compenso</b>	9083.210m <sup>3</sup> di scavo
<b>Area di calcolo</b>	7076.522m <sup>2</sup>
<b>Area esposta sul modello 1</b>	7612.294m <sup>2</sup>
<b>Area esposta sul modello 2</b>	7331.555m <sup>2</sup>

Tabella 1: Computo metrico dei volumi di terreno spondale eroso dall'evento di piena del 13-15 novembre 2012

**Seminario di Studio "Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere"  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014



Figura 1 - Restituzione cartografica del rilievo topografico condotto il 23 novembre 2014

**Seminario di Studio "Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere"  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

Un successivo rilievo, realizzato nel marzo 2013, permise di determinare un'ulteriore erosione di circa 400 m<sup>3</sup> evidenziando quindi che i fenomeni di dissesto idrogeologico, in assenza di interventi di ripristino e salvaguardia della sponda erano destinati a progredire. Nella seguente tabella 2 i valori di volume indicati come riporto

si riferiscono all'intervento di consolidamento dei campi da tennis 6-7, in cui si rese necessario provvedere al rinterro con frantumato di cava certificato. I valori sintetizzati qui riportati risultano dettagliati in una elaborazione composta da 9936 allegati di calcolo dei singoli prismoidi elementari.

Volume di scavo :	1123.780m <sup>3</sup>
Volume di riporto :	738.480m <sup>3</sup>
Area di calcolo :	7300.000m <sup>2</sup>

*Tabella 2: Computo metrico dei volumi di materiale per il consolidamento dei campi da tennis 6-7*



*Figura 2 - Planimetrie generale e di dettaglio dell'area di rilievo*

**Seminario di Studio "Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere"  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**



Roma, 3 Dicembre 2014

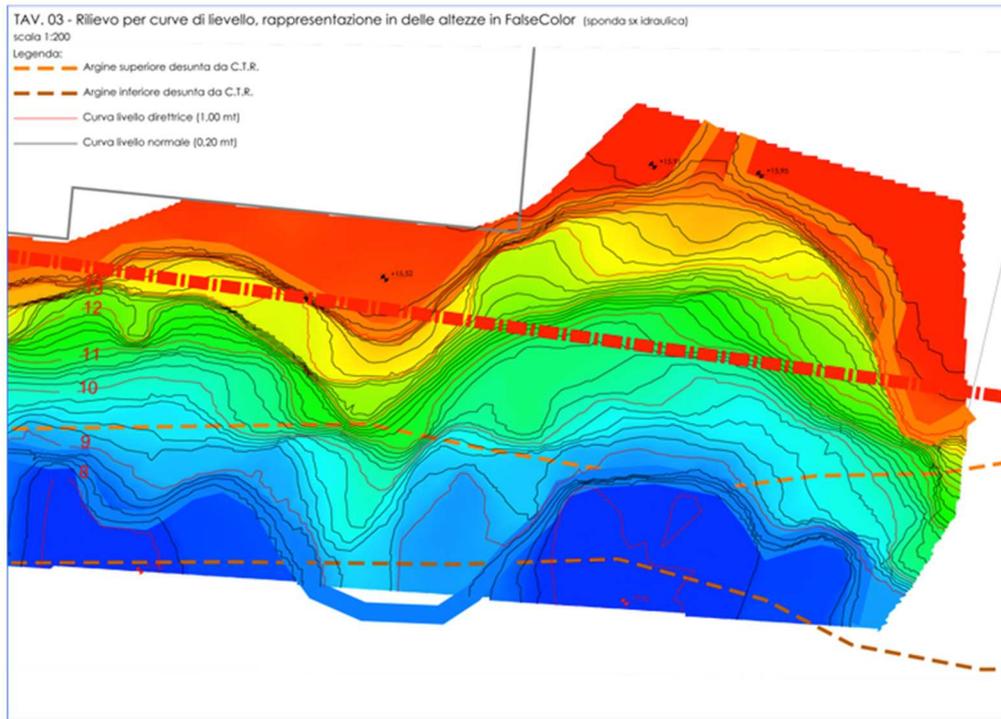


Figura 3 Planimetria in "false-color" della zona più disastrosa

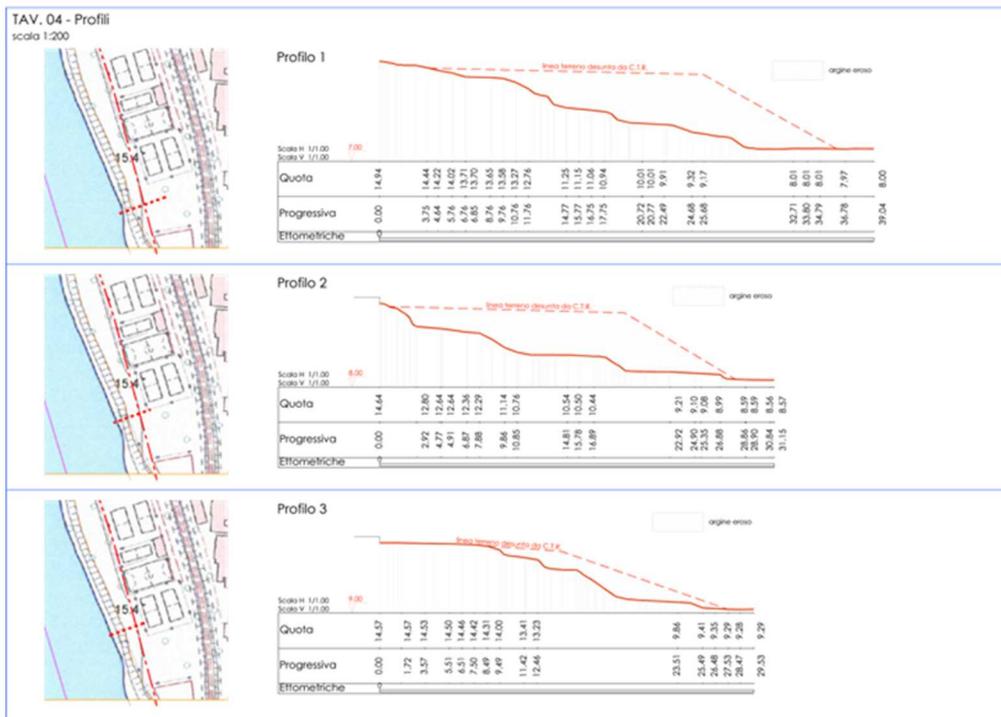


Figura 4 – Sezioni di computo (profili trasversali 1 – 3)

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

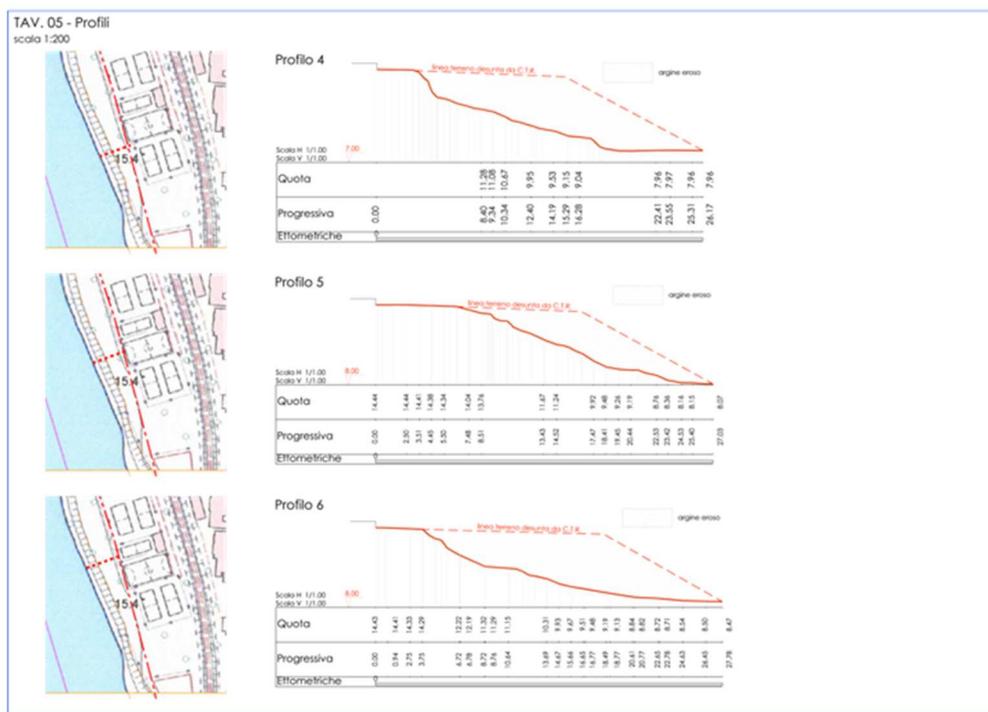


Figura 5 - Sezioni di computo (profili trasversali 4 – 6)

Capitolo: INTERVENTI DI SOMMA URGENZA E ASPETTI GEOLOGICI STRATIGRAFICI Dott. Geol. Marco Ricci

**CAUSA ALL’ORIGINE DEI DANNI**  
**Caratteri geomorfologici del letto  
fluviale del Tevere**

Il letto del Tevere, nel tratto urbano ed extra urbano, si snoda nella piana alluvionale secondo un percorso sinuoso costituendo una serie di meandri<sup>1</sup>. Per questo le fasi erosive e di sedimentazione delle sponde si succedono (fig. 6) secondo una sequenza alternata e su sponde opposte generando fasi di erosione per la riva concava e di deposizione per quella convessa, in conseguenza delle deviazioni per forza centrifuga del filone di corrente. Secondo detto schema, essendo l’area in esame posta in sinistra Tevere, nel tratto di riva concava rispetto al meandro, la sponda e la retrostante piana golenale sono sottoposte a una preminente

azione erosiva che si esalta in concomitanza degli eventi di piena.

Un confronto tra cartografia e/o foto satellitari attuali con analogha documentazione più vecchia (a partire dai primi decenni del secolo trascorso) mostra come tale tratto di sponda abbia nel tempo subito “spostamenti” alternati verso l’argine o verso l’alveo. Ciò a testimoniare come a seguito di fasi erosive del Tevere siano seguiti fasi di rinterro della sponda per riportare l’area di golenale alle dimensioni previste.

<sup>1</sup> L’area in esame è posta lungo la golenale in alveo del Tevere in sinistra, nel tratto di terrazzamento compreso tra i ponti Tor di Quinto e Flaminio, delimitato a ovest dal corso del fiume medesimo, a est da Lungotevere dell’Acqua Acetosa.

**Seminario di Studio "Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere"  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

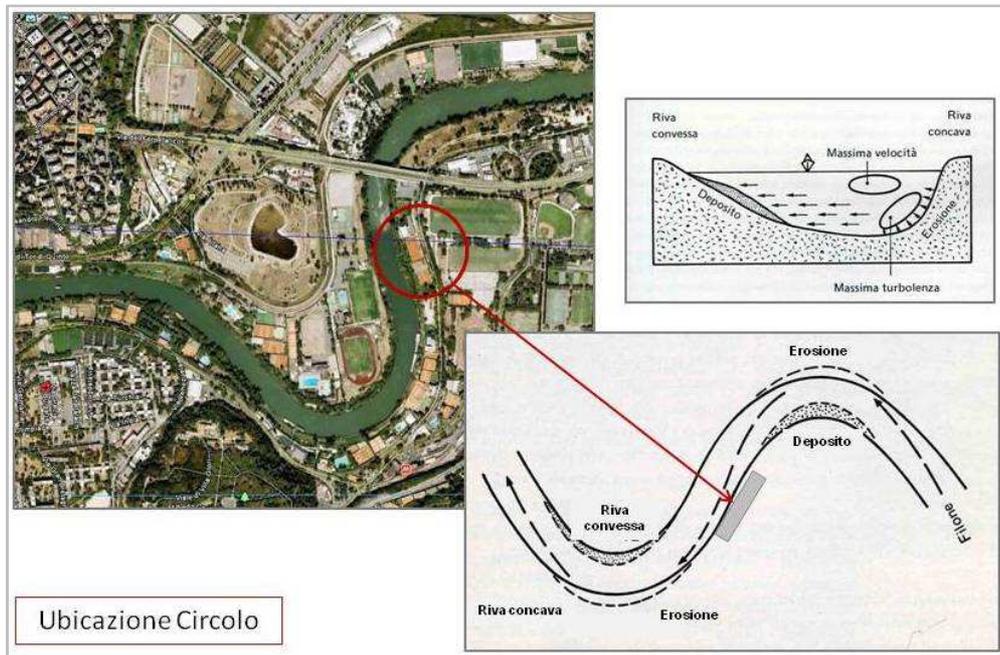


Figura 6 – Analisi del processo di "meandrazione" che interessa il complesso sportivo del Circolo

**L'evento di piena**

Per una prima analisi di urgenza ci si avvale del diagramma dei livelli idrometrici del Tevere registrati dalla stazione di Ponte di Ripetta,

disponibile all'indomani dell'evento (dati poi confermati e compiutamente analizzati nel "Rapporto evento del 11-16 novembre 2012" scaricabile dal sito [www.idrografico.roma.it](http://www.idrografico.roma.it)).

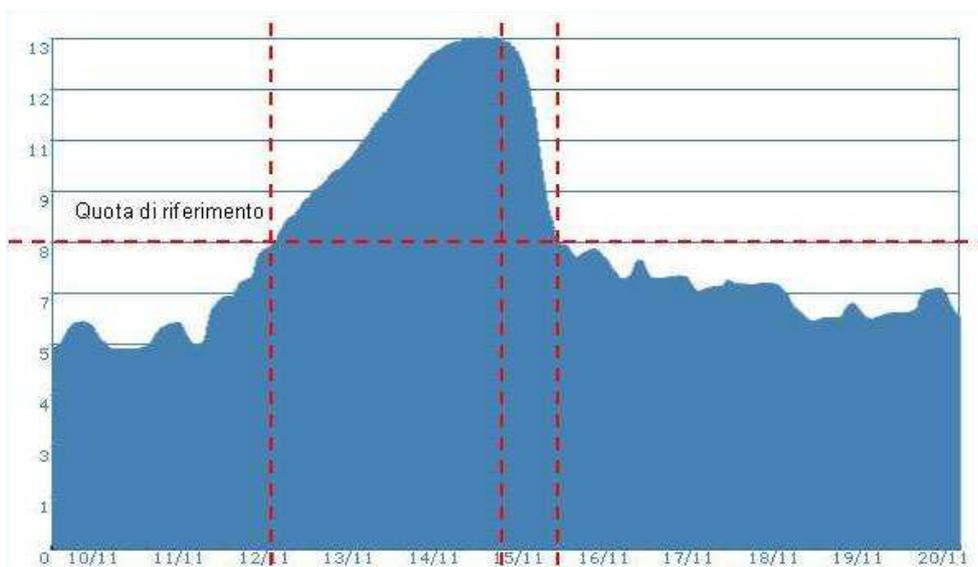


Figura 7 – Idrogramma dei livelli del Tevere a Ripetta in occasione dell'evento di piena del novembre 2012

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

Esso mostra come la piena raggiunge il suo massimo livello in circa 2,5 ÷ 3 gg. (periodi ascendente e di stanca, avendo come riferimento la quota 8 del grafico della figura 7); il tempo di stazionamento della piena sulla golena ricavabile dal grafico è di circa 37 ore. I terreni di golena e in particolare quelli più prossimi alla sponda, durante la fase di crescita e mantenimento del massimo livello di piena subiscono un incremento del loro stato di saturazione, dato dal volume d’acqua infiltratosi nel loro interno, in funzione sia del gradiente idraulico instauratosi, sia delle caratteristiche di permeabilità intrinseche al terreno medesimo.

La fase di abbassamento del livello delle acque (periodo discendente), si verificò in un lasso di tempo circa 4-4,5 volte inferiore rispetto a quello di crescita. Questa fase di esaurimento dell’evento di piena contraddistinta da

un rapido abbassamento dei livelli del Tevere probabilmente non consentì un drenaggio completo ma solo parziale dei terreni che componevano il piano golenale.

Ne derivò pertanto un aumento del peso di volume dei terreni che, visto in termini di stabilità della sponda, generò negli stessi un incremento delle forze di rottura a scapito di quelle resistenti, dando luogo alle fessurazioni del terreno e agli smottamenti lungo la sponda in esame.

Il grafico (fig.8), tratto dal “Rapporto evento” sopracitato, conferma sostanzialmente quanto sopra espresso, con un tempo di stazionamento della piena sulla golena ridotto a circa 30 ore e un tempo di rientro della stessa 3 volte inferiore rispetto a quello di ascesa e mantenimento.

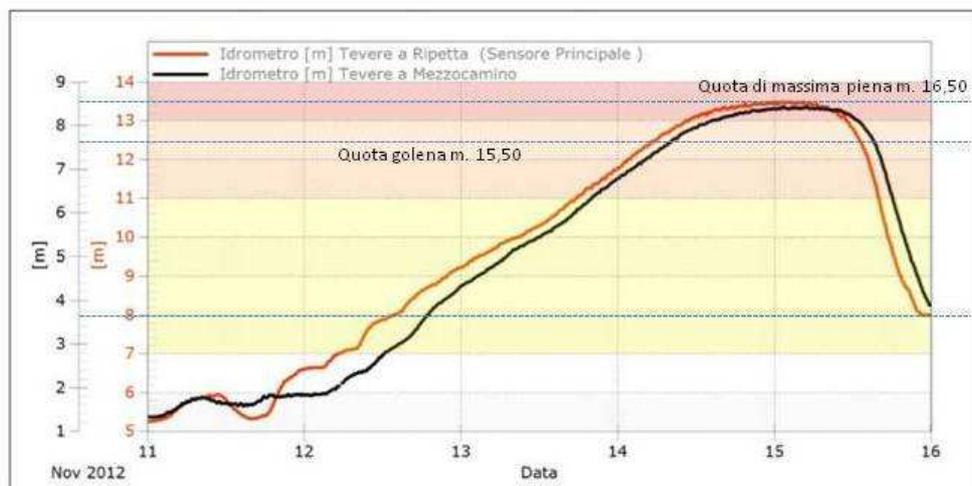


Figura 8 – Propagazione delle onde di piena lungo il Tevere nel tratto da Ripetta a Mezzocamino

**Seminario di Studio "Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere"  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

**DANNI E RELATIVA STIMA ECONOMICA**

L'area di golena interessata dal complesso sportivo del Circolo Magistrati della Corte dei Conti, unitamente al corrispondente tratto di sponda sinistra del Tevere, ha un'estensione di ca. 30.000 m<sup>2</sup> e si sviluppa lungo la sponda sinistra per una lunghezza di oltre 450 m. Di questi circa 220 m tra l'edificio della sede sociale e il confine di valle furono erosi dalla piena, generando una serie di nicchie di frana, di differente ampiezza, con scivolamenti parziali e/o totali del terreno in esse compreso. Di fatto ne derivò una sponda con andamento irregolare e più arretrata rispetto a quella precedente l'evento, con un accorciamento, in alcuni tratti, anche del 50% delle distanze tra le infrastrutture e la sponda medesima.

I danni maggiori si ebbero all'altezza dei campi da tennis 5-8-9, con quest'ultimo interamente incorporato nella frana e trascinato in alveo con tutte le sue attrezzature (recinzione, impianto d'illuminazione ecc.... ); per gli altri due si verificarono danni che ne inibirono comunque la funzionalità. Il computo dei volumi occorrenti per il ripristino della sponda/golena fu valutato come "opera di rinterro o riempimento" riferito al prezzario regionale del Lazio, da cui derivò un importo complessivo di circa € 340.000

**INTERVENTI OPERATIVI DI URGENZA**

Questi riguardarono il consolidamento dell'angolo di valle del campo 6, marginalmente interessato dalla nicchia di distacco principale e realizzato con 19 micropali posti in adiacenza al medesimo (fig. 9).

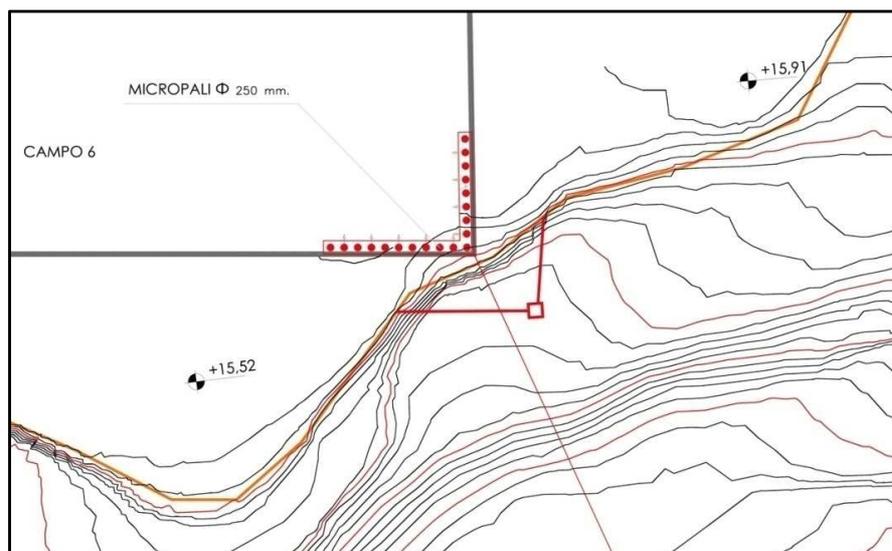


Figura 9 – Dettaglio planimetrico dell'intervento di consolidamento in micropali al margine del campo da tennis

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

Questo fu preceduto dall’esecuzione, da parte della ditta Songeo s.r.l. di Latina, di un sondaggio (S 1) profondo 24 m, allo scopo di ottenere una preliminare conoscenza dei terreni sia per la progettazione dell’opera di contenimento in questione, sia per la programmazione della successiva e più dettagliata fase di studio dei terreni golenali.

**ASPETTI GEOLOGICO – STRATIGRAFICI**

Il sito oggetto dell’intervento è riferibile all’ambiente sedimentario continentale di tipo fluvio-lacustre dato dal fiume Tevere. Questo si originò con la totale emersione delle facies derivate dal ciclo deposizionale marino plio-pleistocenico che comportò l’accumulo, per alcune centinaia di metri, di sedimenti

argillosi - sabbiosi, (“Marne Vaticane” o “Argille azzurre”) che costituiranno il substrato comune a tutta la città di Roma. Gli ambienti marini completeranno il loro ciclo deposizionale nel pleistocene medio, con sedimenti terrigeni sabbioso-limosi più grossolani. Il successivo arretramento della linea di costa comportò l’impostazione del ciclo fluviale del Tevere e dei suoi tributari, che con la sua azione incise e modellò la morfologia preesistente, poi ulteriormente modificata dagli apporti di prodotti piroclastici originati dai limitrofi distretti vulcanici (prima Sabatino, più recente quello dei Colli Albani); facies a loro volta oggetto d’erosione e modellamento da parte dei vari cicli alluvionali che si esaltarono in concomitanza di regressioni marine e/o a seguito delle glaciazioni (fig. 10).

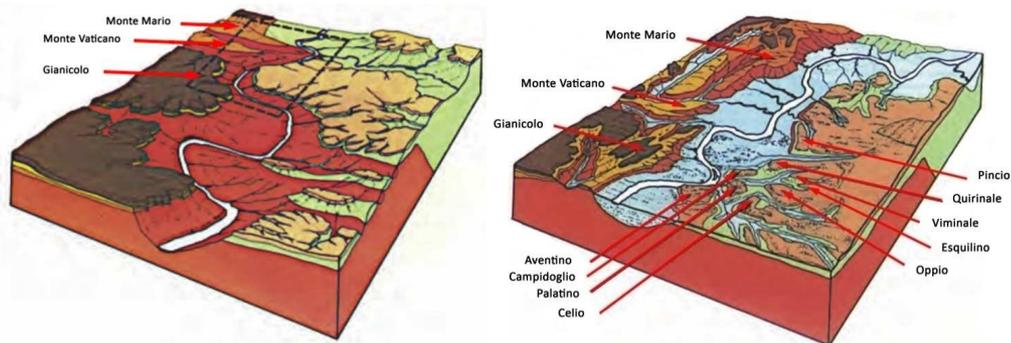


Figura 10 – Geomorfologia del Tevere in corrispondenza di Roma

Infatti queste influenzarono in modo significativo il ciclo fluviale, soprattutto dove, a livello regionale, processi di subsidenza e/o tettonici furono ridotti e/o assenti. Ai periodi di clima freddo corrisposero regressioni

marine che comportarono lo spostamento “verso mare” della linea di costa, con relativo abbassamento del livello di base del fiume, esaltando così le fasi erosive del ciclo sedimentario del medesimo.

**Seminario di Studio "Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere"  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

A questi seguirono fasi climatiche postglaciali, calde, che comportarono, grazie allo scioglimento delle calotte glaciali e ghiacciai, aumenti notevoli delle portate del fiume, con conseguente maggiore trasporto e sedimentazione di materiale solido.

In particolare nell'ultimo periodo glaciale (wurm) lo schema sopra descritto comportò, al culmine del periodo freddo (ca. 18.000 anni fa), che il tratto di costa tirrenica e relativo delta fluviale fossero spostati verso ovest di circa 10 km, con un

abbassamento del livello marino di circa 120 m. rispetto a quello attuale. Ragion per cui le fasi erosive sin allora esplicatesi, ampliarono la valle del Tevere e la incisero fino ad una profondità compresa tra i -40 ÷ -50 m. rispetto all'attuale livello del mare. Essa fu di tale intensità da asportare oltre alle formazioni continentali anche il substrato argilloso marino pliocenico per alcune decine di metri (carta e sezione geologica di seguito riportate esemplificano tale contesto).

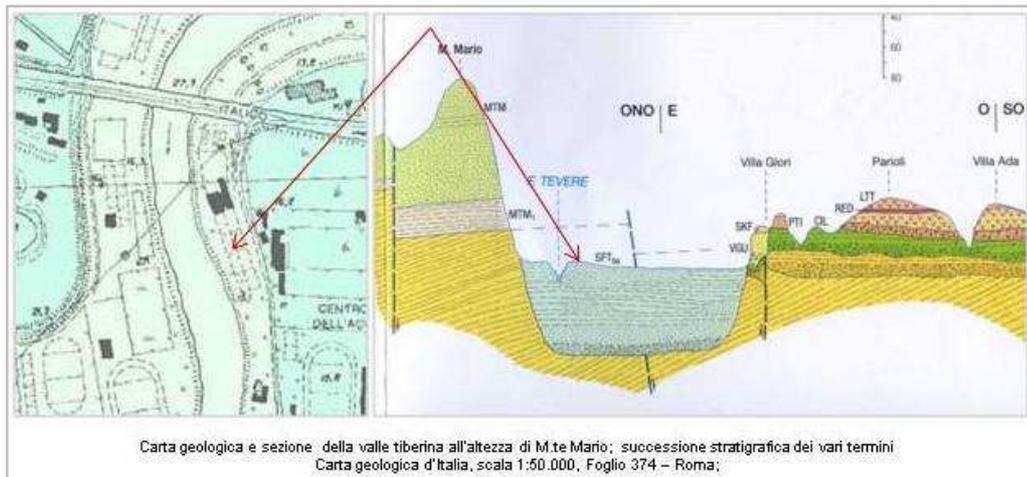


Figura 11

Nel successivo periodo postglaciale, caratterizzato da un rapido incremento delle temperature, il livello marino tornò a sollevarsi, in modo discontinuo, sino a raggiungere, nell'arco temporale compreso 18.000 e 5.000 anni fa, approssimativamente la quota attuale. Gli alluvionamenti che caratterizzarono tale periodo (Olocene), colmarono la valle tiberina,

prima con depositi ghiaiosi poligenici per qualche metro di spessore (m. 5-6), poi con sedimenti fini, lentiformi, che nel loro insieme raggiunsero spessori di alcune decine di metri, più o meno estesi, caratterizzati da un assortimento granulometrico variabile sia orizzontalmente che in profondità, alternando sabbie, argille, limi e non rare intercalazioni torbose.

**Seminario di Studio "Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere"  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

Lo spessore complessivo del deposito alluvionale, nel sito in studio è di circa 50 m..

Sotto l'aspetto geotecnico, i termini fini delle alluvioni oloceniche

generalmente saturi, si distinguono per uno stato normal-consolidato, bassi valori di resistenza al taglio e facile deformabilità anche a bassi incrementi di carico.

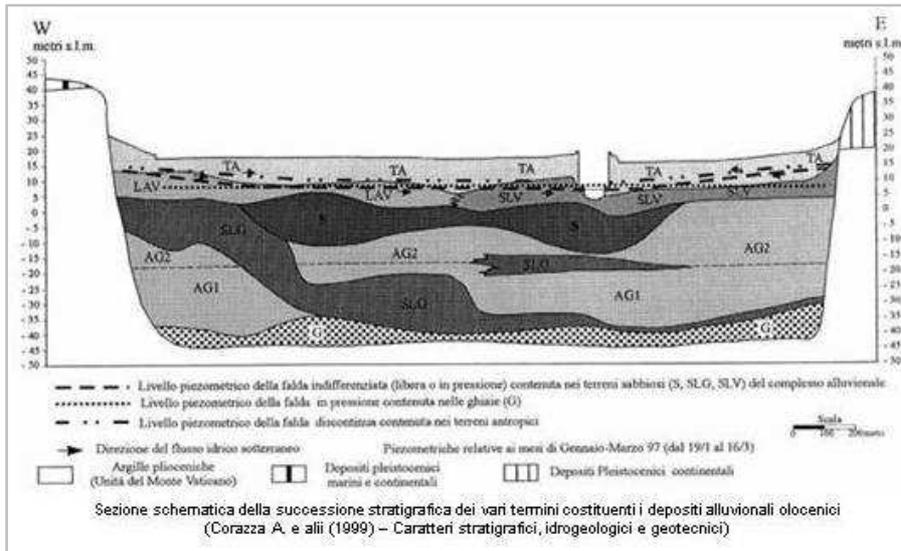


Figura 12

**INDAGINE GEOGNOSTICA SUI  
TERRENI GOLENALI**

Essa fu programmata per reperire i dati utili alla progettazione dell'opera di sistemazione spondale, nonché per la caratterizzazione sismica ai sensi della normativa vigente (NTC 2008, DGR Lazio 2012). Per questo, in aggiunta a quanto già effettuato, furono eseguiti dalla Servizi Geotecnici s.r.l. di Pomezia, altri 4 carotaggi con prelievo di campioni, prove SPT, e 2 basi sismiche a rifrazione MASW.

Dalle prime si evince una successione stratigrafica relativamente omogenea per i primi 10-15m., mentre a maggiori profondità i terreni si diversificano secondo termini essenzialmente

sabbiosi da un lato e limo argilloso dall'altro, secondo lo schema di seguito descritto:

Sondaggi S1 - S5 (zona campi da tennis 5-8 e calcetto)

- a) terreno di riporto di spessore variabile da m. 0.50 (S1) e m. 3.00 (S5) di natura detritica medio grossolano con sabbia limosa di colore marrone, inglobante ciottolame minuto eterogeneo;
- b) fino a m. 6.40 - 11.00 sabbie fini limose di colore avana o grigio, qualche livello più grossolano ghiaioso;
- c) fino a m. 22-23 sabbie medio fini da poco a debolmente limose di colore grigio;
- d) limi sabbiosi grigi.

**Seminario di Studio "Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere"  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014



Figura 13 – sondaggi geognostici

SCALA 1:400			SONDAGGIO - 5	SCALA 1:400			SONDAGGIO - I
metri prof. m	LITOLOGIA	prof. m	DESCRIZIONE	metri prof. m	LITOLOGIA	prof. m	DESCRIZIONE
1			Terreno di riporto sabbioso limoso, di colore marrone-avana, con detrito medio grossolano eterogeneo.	1		0,5	Terreno di riporto, detritico, medio grossolano, di colore marrone avana
2				2			
3		3,0		3			
4			Sabbia fina con limo-argilloso di colore marrone - avana.	4			Sabbia fina limosa di colore avana.
5				5			
6		6,3	Sabbia medio-fina, con limo di colore avana - grigio.	6			Sabbia fina debolmente limosa di colore grigio poco-mediamente addensata.
7				7		6,4	
8			Livello ghiaioso sabbioso limoso di colore avana.	8			
9		10,0		9			
10		10,8	Sabbia e limo di colore grigio verso il basso grigio scuro.	10			
11				11			
12		12,0	Sabbia a granulometria inizialmente grossa poi fina, limosa, di colore avana-grigio.	12			Sabbia media grossa debolmente limosa di colore grigio.
13				13			
14			Sabbia fina limosa di colore grigio.	14			
15		14,6		15		15,1	
16			Limo grigio debolmente sabbioso.	16			Sabbia fine omogenea limosa di colore grigio
17		21,8		17		17,3	
18			Sabbia fine debolmente limosa di colore grigio.	18			
19		22,6		19			
20				20			Sabbia e limo di colore grigio
21				21		22,5	
22				22			
23		24,0		23			
24				24		24,0	

Figura 14 – stratigrafia dei terreni golenali

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014



Figura 15 – ubicazione dei punti di sondaggio

**Programma d'indagine sui terreni  
golenali e relative ubicazione**

Sondaggi S3 – S2 – S4 (area compresa  
tra il parcheggio auto e la sede del  
Circolo

a) terreno di riporto di  
spessore variabile (1 – 3.50 m) con  
matrice limo sabbiosa;

b) fino alla profondità di  
15 m e per uno spessore di oltre 10 m,  
sabbie fini limose a brevi tratti con  
ghiaie minute e qualche resto torboso;  
c) limi argillosi grigi  
debolmente sabbiosi, per spessori di  
10 – 12 m circa accertati nel S2;  
d) dopo 26.60 m seguono  
sabbie fini debolmente limose grigie;

**Seminario di Studio "Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali: un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere" Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

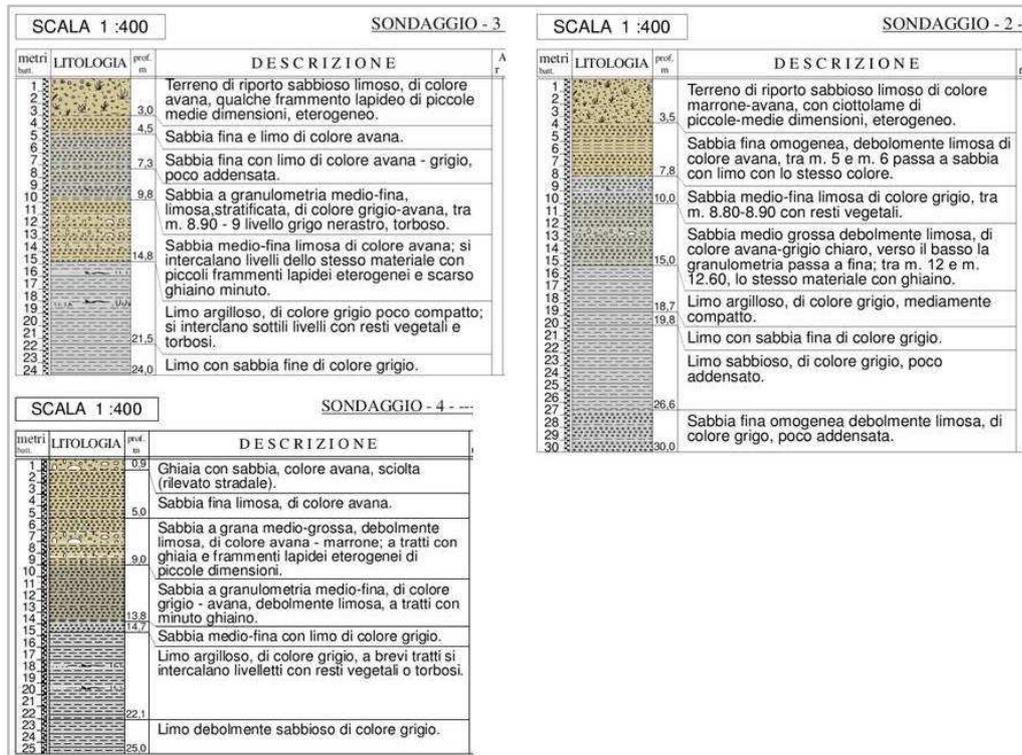


Figura 15

Le caratteristiche geotecniche sono state desunte dalle analisi sui 5 campionamenti effettuati e dalla

prove in foro; le tabelle seguenti sintetizzano i risultati ottenuti:

zona S3 – S2 – S4						
Livelli	Profondità Dal p.c. (m.)	Descrizione	Peso di volume ( KN/m <sup>3</sup> )	Angolo d'attrito (°)	Coesione (kPa)	Vs (m/sec)
a	0 ÷ 3	Terreno di riporto	16	27	-	148
b	3 ÷ 11	Sabbie fini limose avana - grigie	17	28	-	204
c	11 ÷ 22	Limi argillosi con resti torbosi	19	21	44	215
d	26 ÷ 30	Sabbie fini poco limose	-	-	-	215

Tabella 3

Zona S1 – S5						
Livelli	Profondità Dal p.c. (m.)	Descrizione	Peso di volume ( KN/m <sup>3</sup> )	Angolo d'attrito (°)	Coesione (kPa)	Vs (m/sec)
a	0 ÷ 3	Riporto sabbioso grossolano	15	28	-	160
b	3 ÷ 10	Sabbie fini limose avana - grigie	16	26	10	170
c	15 ÷ 26	Limi argillosi con resti torbosi	19	28	-	215
d	26 ÷ 30	Sabbie fini poco limose	-	-	-	215

Tabella 4

**Seminario di Studio "Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere"  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

La successione sismostratigrafica è stata ricostruita in base alle risultanze delle due basi MASW. Entrambe riscontrano i passaggi tra i livelli b) e c) riferiti allo schema lito-stratigrafico su

esposto; il valore di  $V_{s30}$  calcolato secondo la relazione 3.2.1 delle NTC 2008 è di 200 m/sec che identifica terreni di tipo "C" di cui alla tabella 3.2.II delle citate norme.

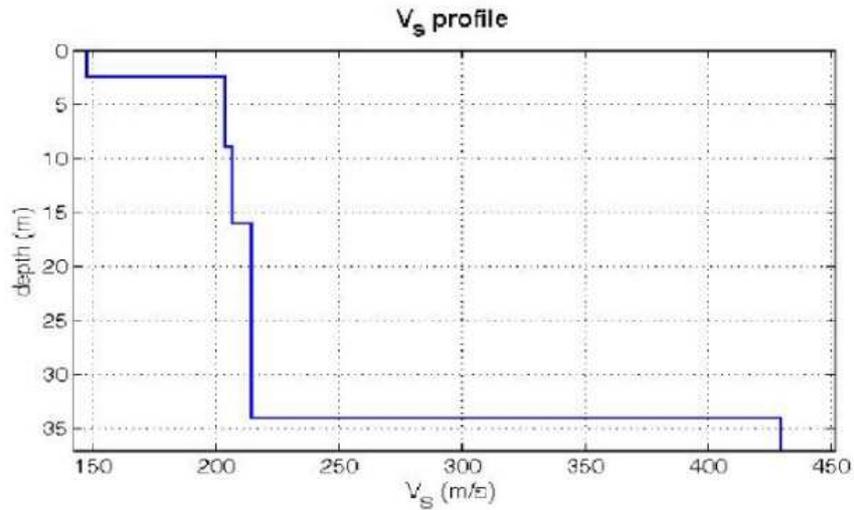


Figura 10 – MASW 1

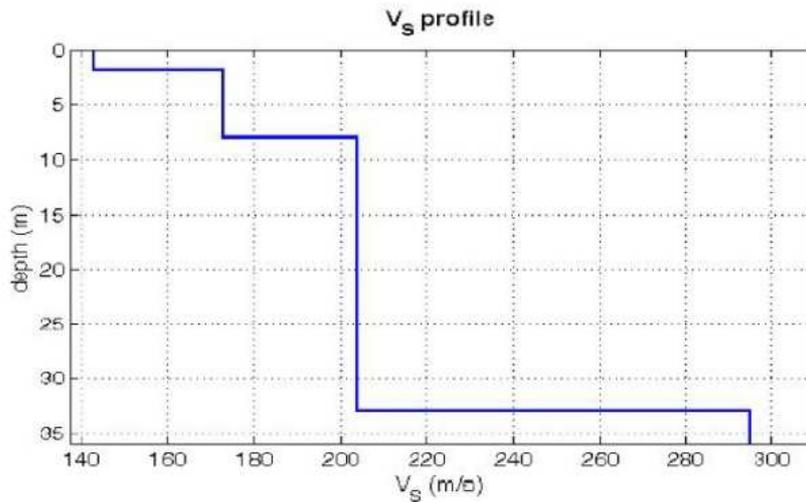
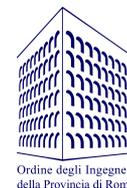


Figura 11 – MASW 2

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**



Roma, 3 Dicembre 2014

**CONCLUSIONI**

I danni provocati dall'ondata di piena del novembre 2012, stante quanto sin qui analizzato, furono dovuti sì ad un'anomala regimazione delle portate del Tevere in quei frangenti, ma principalmente alla natura dei terreni costituenti la sponda. L'eccezionalità dell'evento ne esaltò una preesistente e precaria stabilità.

Se ne deduce che interventi manutentori, articolati in semplici opere di rinterro dei volumi asportati, come probabilmente verificatosi in tempi passati (precedentemente le aree in questione erano prive di opere di protezione spondale), non eviterebbero il riproporsi di analoghi dissesti.

Inoltre la necessità di preservare i vari impianti sportivi e le relative strutture di supporto, qui presenti da alcuni decenni, richiede che gli interventi di reintegro e messa in sicurezza della sponda vengano individuati tra quelli in grado di inibire l'azione erosiva del Tevere.

**BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE**

- A.P.A.T. – *Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – Foglio 374 Roma Ed.: S.E.L.C.A. (2008)*
- Praturlon A. (2008) – *Il vecchio e il nuovo delta del Tevere - Memorie descrittive della carta geologica d'Italia - Volume LXXX – La geologia di Roma – parte seconda*
- Faccenna C. e alii (1995) – *Inquadramento geologico strutturale*

- *dell'area romana – Memorie descrittive della carta geologica d'Italia (volume L) – La geologia di Roma*
- Frutaz A.P. (1962) – *Le piante di Roma, Vol. III – Istituto Studi Romani*
- Milli S. e alii (2012) – *The transition from wave-dominated estuary to wave-dominated delta: the late quaternary stratigrafic architecture of the Tiber river deltaic succession – Elsevier – Sedimentary Geology*
- Servizio geologico d'Italia – *Carta geologica d'Italia alla scala 1: 100.000 – Fogli 150 – Roma e relative note illustrative*
- Servizio geologico nazionale – *Memorie descrittive della carta geologica d'Italia (Volume L) – La Geologia di Roma, Il Centro Storico Ed. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato (1995)*
- Ventriglia U. (2002) – *Geologia del Territorio del Comune di Roma - Amm.ne Provinciale di Roma – Roma*
- Ventriglia U. (1990) – *Idrogeologia della Provincia di Roma – Volumi II e III - Amm.ne Provinciale di Roma – Roma*
- G. Bartoleschi, M. Ricci (2012) – *Relazione tecnica economica relativa ai danni arrecati dalla piena del Tevere del 14-15 novembre 2012 – Circolo Magistrati della Corte dei Conti*
- M. Ricci (2013) – *Progetto di sistemazione del tratto di sponda sinistra del Tevere danneggiata dalla piena del 14-15 novembre 2012 – Relazione geologica geotecnica – Circolo Magistrati della Corte dei Conti*

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

**LE VERIFICHE GEOTECNICHE NELLA FASE DI PIANIFICAZIONE E  
PROGETTAZIONE DELL'INTERVENTO DI RIPRISTINO SPONDALE Dott.**

**Ing. Fabio Capozzi**

Ingegnere Libero professionista – Modimar S.r.l.

[f.capozzi@modimar.it](mailto:f.capozzi@modimar.it)

**SOMMARIO**

Vengono illustrati gli studi geotecnici e strutturali condotti a supporto della progettazione degli interventi per la messa in sicurezza della sponda ordinaria del fiume Tevere afferente all'area golenale di pertinenza del Circolo Magistrati della Corte dei Conti, con coefficienti di stabilità adeguati all'importanza delle infrastrutture sportive realizzate nella sovrastante fascia golenale.

**PREMESSE**

La MODIMAR ha dato inizio alle attività di progettazione, acquisendo tutti gli elementi utili a tale scopo desumibili dalle campagne di indagini batimetriche, topografiche e geognostiche eseguite, su incarico diretto del Circolo Magistrati della Corte dei Conti, da ditte specializzate nel settore.

**RICOSTRUZIONE NUMERICA  
DELL'EVENTO FRANOSO – BACK  
ANALYSIS**

Sulla base delle suddette attività d'indagine sono state impostate in

modo oggettivo le condizioni al contorno ed i parametri progettuali necessari per condurre preliminarmente un'analisi “a posteriori” (back analysis) dei fenomeni di dissesto idrogeologico provocati dalla piena di novembre 2012.

In particolare, facendo ragionevoli ipotesi sull'andamento dei livelli idrici nel terreno durante la fase di abbassamento rapido dei livelli del Tevere, conseguenti al passaggio dell'onda di piena, si è cercato di riprodurre dal punto di vista qualitativo e quantitativo gli scoscendimenti verificatisi. La back analysis è stata realizzata con uno specifico modello di calcolo geotecnico agli elementi finiti di ultima generazione in grado di simulare nel tempo il comportamento del terreno al variare delle condizioni al contorno.

Nel caso specifico sono state analizzate numerose simulazioni di filtrazione sulla sezione rappresentativa del profilo precedente allo smottamento delle scarpate della

**Seminario di Studio "Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere"  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

sponda con l'obiettivo di valutare l'influenza dei parametri di permeabilità del terreno sulla stabilità d'insieme. Una prima simulazione sui fenomeni di filtrazione "attesi" per le finalità di "calibrazione" è stata effettuata imponendo dal lato argine un livello di falda costante, dal lato

alveo un carico idraulico variabile nel tempo in funzione delle variazioni del pelo libero del Tevere e quindi secondo quanto indicato nella scheda di input del modello (Fig. 1 e 2) che schematizza l'evento di piena del novembre 2012.

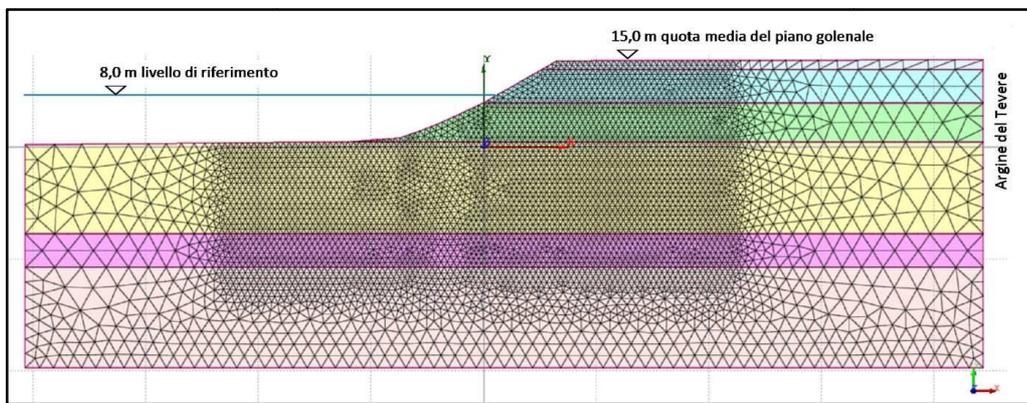


Figura 1 – Profilo sezione tipo "ante-smottamento" adottata per le analisi di filtrazione in condizioni transitorie.

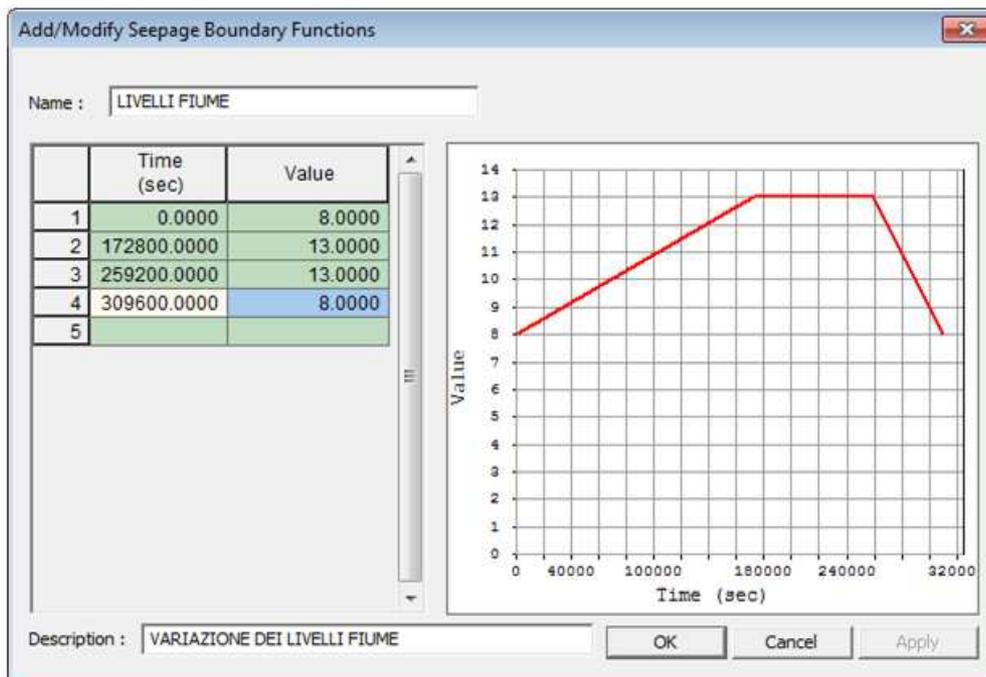


Figura 2 – Variazioni del livello del fiume utilizzati per le analisi di filtrazione in condizioni transitorie

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

Successive analoghe analisi sono state effettuate variando i valori del coefficiente di permeabilità rispetto al valore assunto inizialmente ai fini di una verifica di sensibilità del fenomeno.

I risultati di queste simulazioni hanno messo in evidenza che:

- il profilo piezometrico, dipende sensibilmente dal livello della falda lungo la sponda golenale (carico totale), in quanto da questo dipende il gradiente idraulico, e pertanto il flusso d’acqua e l’incremento delle pressioni interstiziali che possono manifestarsi;
- il profilo della falda nel tempo, ed i valori di pressione neutra nel terreno, possono essere ben approssimati con analisi di filtrazione

effettuate in condizioni stazionarie, imponendo cioè costante nel tempo anche il livello del Tevere;

- al variare della permeabilità dei terreni, è trascurabile la variazione del profilo della falda in prossimità della scarpata spondale;

- le condizioni più critiche si verificano quando è maggiore il dislivello tra il pelo libero del fiume e la quota di sommità della falda retrostante la sponda golenale, quando cioè nella fase di “esaurimento” dell’evento di piena il livello del corso d’acqua si abbassa ma la falda lungo la fascia golenale si mantiene “carica” per una limitata capacità drenante del terreno (Figg. 3 e 4).

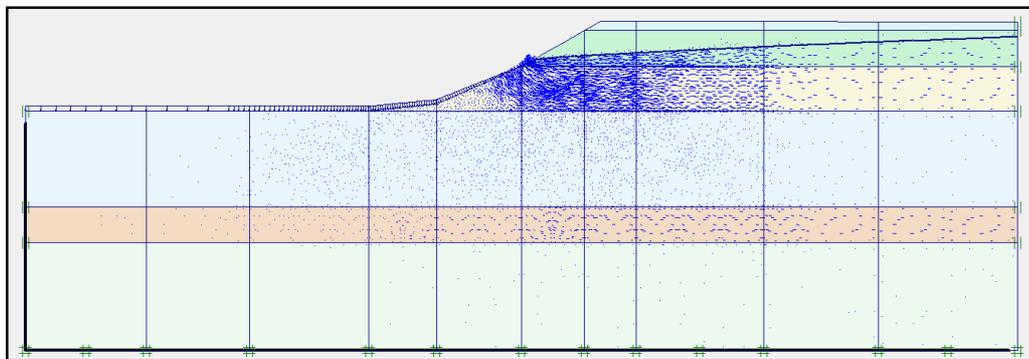


Figura 3 – Flusso idraulico per carico totale idraulico  $h = 8$  m lato fiume e  $h = 12$  m lato argine

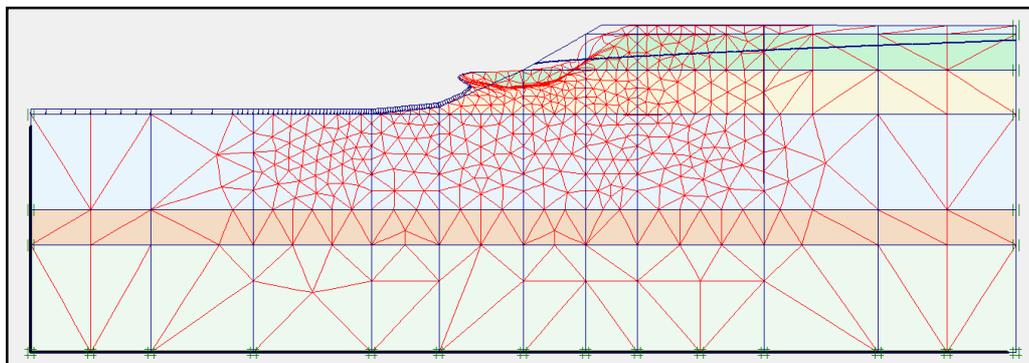


Figura 4 – Mesh deformata dal fenomeno di rottura simulato dalla verifica di stabilità

**Seminario di Studio "Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere"  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

**IL DIMENSIONAMENTO  
GEOTECNICO E STRUTTURALE  
DELLA SOLUZIONE DI PROGETTO**

I risultati ottenuti dall'analisi del fenomeno franoso e la necessità di individuare un intervento che preveda l'impiego di macchine di cantiere aventi dimensioni medio-piccole in grado di raggiungere ed operare nelle impervie aree di cantiere ha portato alla definizione di un progetto che contempla il ripristino della scarpata delle sponde secondo la tecnica della "terra armata": strati di materiale inerte selezionato, permeabile,

compattato e intercalato a stese orizzontali di geogriglie.

Per assicurare un adeguato drenaggio e sostegno della sponda, al piede della sistemazione in terra armata si è prevista la realizzazione di un basamento drenante costituito da pietrame selezionato contenuto in reti a maglia ("sacconi"), abbinato a strutture verticali di rinforzo/sostegno infisse lungo il margine della quota "ordinaria" del Tevere nel periodo estivo (Fig. 5).

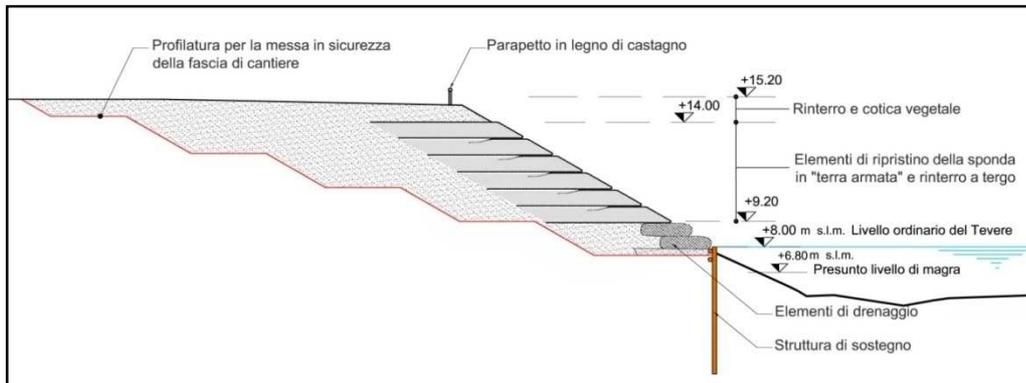


Figura 5 – Sezione tipologica dell'intervento

Questi elementi strutturali di rinforzo/sostegno al piede dell'intervento di ripristino delle sponde, per uno sviluppo complessivo di 230 m, sono stati differenziati secondo due tipologie, impostate e dimensionate in accordo con la vigente normativa sulla base del grado di "rischio" ritenuto accettabile per le strutture del Circolo che insistono a ridosso dello stesso intervento spondale.

**Sezione Tipo 1** – Per il primo tratto di sponda prospiciente i campi sportivi del Circolo (compreso tra il confine con l'Impianto Sportivo dell'Acqua Acetosa (ISA) del Reale Circolo Canottieri Tevere Remo e l'edificio sociale per uno sviluppo complessivo di circa 180 m), stante il limitato livello di rischio atteso anche in caso di distruzione totale, si è ritenuta sufficiente la realizzazione di una palificata di pali (in legno di castagno aventi una lunghezza di 6 m ed un

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

diametro medio di 20 cm) infissi verticalmente (con interasse di 50 cm) e collegati in sommità da una doppia fila di analoghi elementi lignei (disposti lungo il lato interno della palificata)

**Sezione Tipo 2** – Per il tratto spondale prospiciente l’edificio sociale e la piscina (per uno sviluppo longitudinale di 50 m), in considerazione dell’elevato livello di rischio anche in caso di danneggiamenti incipienti, si è ritenuto necessario impostare un elemento strutturale di rinforzo del tipo a paratia sufficientemente profondo per gli aspetti geotecnici di stabilità d’insieme dei terreni interessati. Tenuto conto delle caratteristiche delle aree di cantiere e della necessità di assicurare in tempi molto brevi la realizzazione dell’intervento per la tipologia strutturale della paratia è stata selezionata quella delle palancole metalliche (del tipo Larsen lunghe 12 m).

A tergo di queste due differenti tipologie di rinforzo/sostegno si è prevista la stesa di pietrame per la regolarizzazione del piano di posa dell’elemento di drenaggio al piede della scarpata spondale da ripristinare per strati successivi con la tecnica della “terra armata” al fine di conformare un pacchetto composito di geogriglie e materiale inerte opportunamente selezionato steso e rullato.

Le due sezioni tipo considerate sono state dimensionate/ottimizzate per

step successivi verificandone il rispetto dei livelli di sicurezza strutturali, come previsto dalla normativa vigente, secondo il metodo agli stati limite.

In particolare la stabilità della sponda dell’alveo in seguito agli interventi è stata verificata come previsto dal D.M. 2008: “Norme Tecniche per le Costruzioni” al paragrafo 6.8.

Si tratta di una verifica di stabilità globale che tiene conto di possibili cause di indeterminazione per gli stati limite ultimi (combinazioni di carico fondamentale) applicando i coefficienti parziali dell’Approccio 1, Combinazione 2 (A2+M2+R2) - GEO, dove:

- A2 si riferisce alla combinazione dei coefficienti parziali  $\gamma_f$  da applicare alle azioni, vedi tabella 6.2.I della NTC, con i quali si modificano i valori delle azioni per ottenere quelle di progetto  $F_d = F_k \times \gamma_f$ ;
- M2 si riferisce alla combinazione dei coefficienti da applicare ai valori caratteristici dei parametri geotecnici; la resistenza di progetto è determinata attraverso i parametri geotecnici caratteristici ridotti secondo i coefficienti parziali  $\gamma_M$  indicati in tabella 6.2.II delle NTC;
- R2 si riferisce allo stato limite ultimo della specifica opera; nel caso di verifiche di stabilità dei pendii è richiesto un valore pari a 1.1.

**Seminario di Studio "Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali: un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere" Circolo Magistrati della Corte dei Conti**



Roma, 3 Dicembre 2014

- per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione  $R_d / E_d \geq R_2 = 1.1$
- in cui  $E_d$  il valore di progetto dell'azione ( $F_d$ ) o dell'effetto dell'azione;
  - $R_d$  è la resistenza ultima di progetto del terreno valutata secondo le geometrie interessate.

**Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.**

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Figura 6 – NTC - Progettazione geotecnica: Tabella dei coefficienti parziali "A"

**Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

Figura 1 – NTC - Progettazione geotecnica: Tabella dei coefficienti parziali "M"

La soluzione di progetto è stata verificata anche in condizioni sismiche ai sensi del D.M.14.01.2008 per condizioni di stati limite di salvaguardia (SLV) non considerando la contemporaneità delle condizioni idrauliche estreme di progetto. Nella definizione delle azioni e delle resistenze di progetto tutti i coefficienti parziali sono stati assunti pari ad 1.

Per la determinazione degli stati tensionali e relative verifiche sono

stati adottati modelli agli elementi finiti, sviluppati con il software MIDAS GTS con i quali si determina lo stato tensionale indotto con le diverse condizioni al contorno o dei carichi applicati. Le verifiche di stabilità globale del complesso opera-terreno sono state eseguite tramite un'analisi tipo SRM (strength reduction method) ovvero di "c-phi reduction" che ha permesso di valutare che il rapporto  $R_k / R_2$  risulti  $> E_d$ , dove  $R_2 = 1,1$ ,  $R_k$  sono gli sforzi ultimi a rottura  $\tau_f$ , ed

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

Ed sono gli effetti delle azioni ovvero gli sforzi mobilitati  $\tau_m$ . Tali verifiche relative agli interventi progettati sono state svolte dettagliando nel modello agli elementi finiti le effettive geometrie “medie” e le proprietà meccaniche dell’intervento (caratteristiche geotecniche del terreno naturale; caratteristiche meccaniche del terreno riportato) e degli elementi di rinforzo (caratteristiche meccaniche della geogriglia; caratteristiche meccaniche dei pali o delle palancole). In particolare, a favore della sicurezza, per l’intervento tipo 2 è stata

ipotizzata un’ erosione al piede della palancole metallica di 1.5 m.

**CONCLUSIONI**

I risultati delle modellazioni numeriche condotte (Figg.8 e 9) evidenziano per entrambe le soluzioni progettuali un coefficiente di sicurezza pari a circa 1.2 per tutte le combinazioni di carico analizzate sia in condizioni statiche che sismiche (approccio pseudo-statico). Per la soluzione tipo 2 in assenza dello scalzamento al piede si raggiungono coefficienti di sicurezza abbondantemente superiori a 1.3.

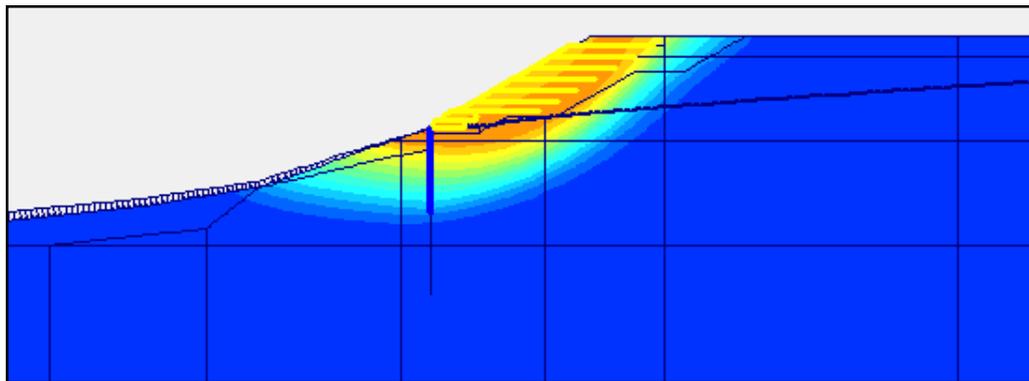


Figura 8 – Risultati delle verifiche di stabilità condotte con il modello agli elementi finiti MIDAS GTS. Intervento tipo 1 – Paratia di pali – Verifica in condizioni statiche tipo GEO  
 $FS = 1.16 > 1.1$

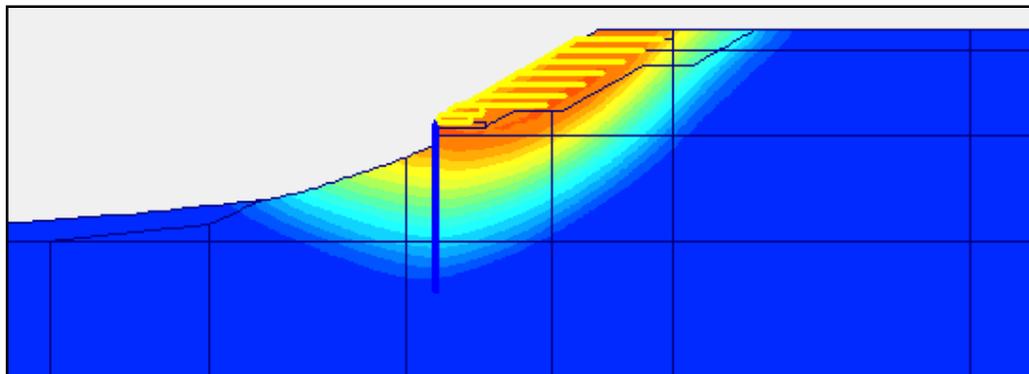


Figura 9 – Risultati delle verifiche di stabilità condotte con il modello agli elementi finiti MIDAS GTS. Intervento tipo 2 – Paratia di palancole con scalzamento di 1.5 m – Verifica in condizioni statiche tipo GEO -  $FS = 1.14 > 1.1$

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

Il modello di calcolo utilizzato consente di effettuare l'analisi SLU di tipo GEO della stabilità della paratia (NTC - Progettazione geotecnica - Paratie - § 6.5.3.1.2) inserita al piede del pendio attraverso l'analisi di stabilità globale del pendio.

Per quanto riguarda la verifica di resistenza degli elementi strutturali (palancole, pali e geogriglie), la verifica è condotta applicando i coefficienti parziali dell'Approccio 1, Combinazione 1 (A1+M1+R1) - STR,

per cui valgono le stesse definizioni succitate ed i valori delle precedenti tabelle. In particolare i coefficienti parziali A1 sono stati tenuti in conto moltiplicando i risultati dei momenti flettenti (Fig. 10) per 1.5.

Tutte le verifiche strutturali agli stati limite ultimi di tipo STR relative alle palancole, ai pali ed alle geogriglie sono risultate ampiamente soddisfatte.

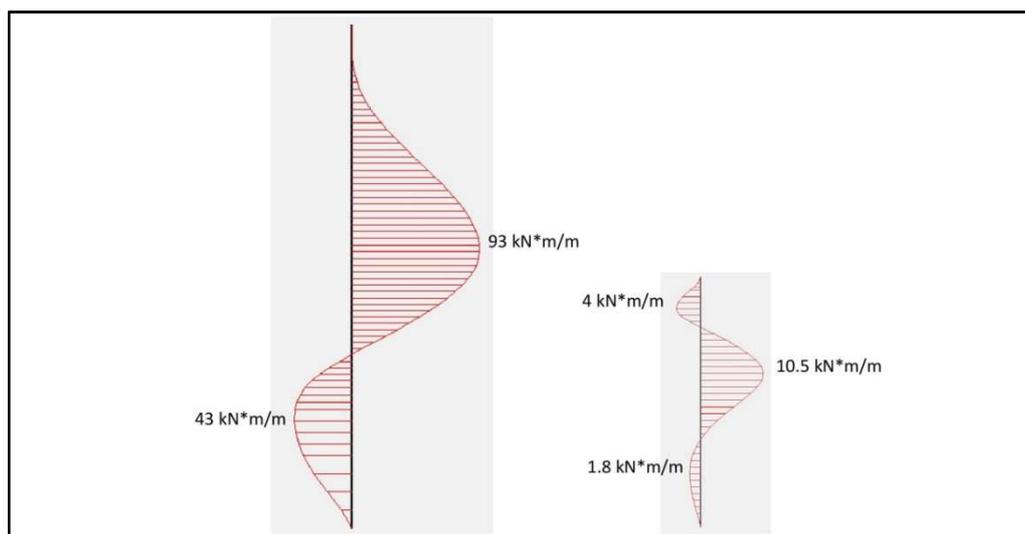


Figura 10 – Diagramma dei momenti nelle condizioni statiche, a sinistra per il palancoleto nell'ipotesi di scalzamento di 1.5 m e a destra per i pali.

#### BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- D.M 14 gennaio 2008- Norme Tecniche per le Costruzioni e relative Istruzioni
- “Piano Stralcio del Fiume Tevere nell'area metropolitana romana: da Castel Giubileo alla foce” – Roma, aprile 1998, G. Calenda, L. Natale, A. Noli, L. Ubertini.
- MIDAS GTS user manual

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

**LA PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE DELL'INTERVENTO DI  
RIPRISTINO SPONDALE Dott. Ing. Paolo Contini**

Ingegnere Libero professionista – Modimar S.r.l.

[p.contini@modimar.it](mailto:p.contini@modimar.it)

**SOMMARIO**

Si illustrano le attività di progettazione ed esecuzione dell'intervento di ripristino della sponda sinistra del fiume Tevere, per uno sviluppo di circa 230 m lungo la fascia del piano golenale di pertinenza del complesso sportivo del Circolo Magistrati della Corte dei Conti, interessata da marcati fenomeni franosi in occasione della fase discendente della piena del 13÷15 novembre 2012 contraddistinta dalla portata più alta registrata negli ultimi 50 anni all'idrometro di Ripetta.

Vengono illustrati i criteri seguiti per la selezione ed ottimizzazione della scelta progettuale, contraddistinta da tipologie di intervento che, a preferenza di altre già adottate in

passato per zone spondali ricadenti lungo il tratto urbano del Tevere, ha permesso di conseguire, in tempi rapidi e con costi comunque paragonabili, caratteristiche esteticamente più gradevoli e ambientalmente meno impattanti.

**PREMESSE**

Nei giorni fra il 13 ed il 15 novembre del 2012 una piena “eccezionale” del Tevere (fig.1) ha investito la città di Roma provocando considerevoli danni lungo le golene, soprattutto nel tratto a monte di Ponte Risorgimento ove sono insediati numerosi circoli sportivi.

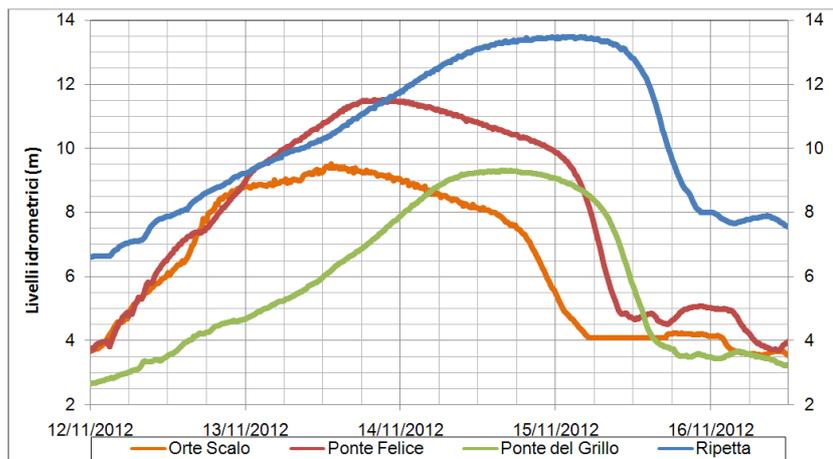


Figura 1 – Evento di piena del Tevere 11-16 novembre 2012.

Propagazione dell'onda di piena lungo il Tevere sulla base dei livelli idrici registrati dagli idrometri di: Orte Scalo; Ponte Felice; Ponte del Grillo; Ripetta.

(Elaborazione originale, fonte dati Ufficio Idrografico della Regione Lazio)

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**



Roma, 3 Dicembre 2014

Il colmo della piena si è verificato poco dopo la mezzanotte del 14, con un valore della portata che, in base alla scala dell'idrometro di Ripetta, per il livello di 13,49 m è pervenuto a 1933 m<sup>3</sup>/s, massimo raggiunto nel secondo dopoguerra.

Il valore registrato è di grande interesse, perché è noto che il Tevere presenta attualmente caratteristiche molto diverse da quelle che aveva prima dell'ultimo conflitto mondiale, a causa della costruzione di molti impianti idroelettrici ad acqua fluente (di nessuna importanza ai fini della modulazione delle piene) e di numerosi invasi artificiali sia sul corso principale (dighe di Montedoglio e Corbara) che sugli affluenti più importanti (segnatamente nel bacino del fiume Nera che riceve le acque del fiume Velino contraddistinto dalle dighe del Salto e del Turano).

Considerando la frequenza e l'entità delle piene eccezionali registrate nel periodo precedente il 1963, anno di entrata in esercizio della diga di Corbara, può considerarsi un caso fortunato che per le piene registrate all'idrometro di Ripetta da quella data fino ad oggi non si sia mai raggiunto il valore di 2000 m<sup>3</sup>/s.

In effetti una limitazione al valore della portata massima si può senz'altro attribuire alla presenza della diga di Corbara e del suo invaso, poiché la Società EON che attualmente gestisce l'impianto idroelettrico di Baschi, alimentato dall'invaso, è tenuta a seguire il

protocollo dell'Autorità di Bacino, che prescrive di vuotare il più possibile il serbatoio in previsione dell'arrivo di un'ondata di piena, in modo da intercettare ed immagazzinare una parte del volume di acqua affluente dal bacino idrografico sotteso dalla diga, che altrimenti incrementerebbe il colmo di piena, rilasciandola poi a pericolo passato.

Nel caso specifico della piena di novembre 2012 il volume invasato nel serbatoio di Corbara, fra i giorni 11 e 15 novembre per un periodo di 93 ore, ammonta a circa 70 milioni di m<sup>3</sup>. Inoltre, durante questo evento di piena, il serbatoio di Montedoglio nell'alto Tevere ha immagazzinato circa 30 milioni di m<sup>3</sup> di acqua. Nel complesso quindi i due serbatoi hanno sottratto al deflusso del Tevere a Roma un considerevole volume, riducendo il colmo di piena in termini che non possono essere valutati senza un apposito studio idraulico, ma che si ha ragione di ritenere pari ad almeno 500 m<sup>3</sup>/s.

Si può quindi affermare che la presenza dei serbatoi artificiali lungo il corso del Tevere ha permesso: da un lato di conseguire un risultato favorevole in termini di attenuazione dei valori di picco dell'evento di piena; dall'altro, l'intercettazione di un volume di acqua considerevole ha modificato profondamente l'andamento delle portate nella fase di esaurimento dello stesso evento di piena rispetto a quanto constatato in tutte le piene precedenti.

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

Se si osserva l'idrogramma di piena a Ripetta (fig. 1) si constata infatti una riduzione molto rapida delle portate dopo il colmo, con un abbassamento in sole 12 ore di 5 m del livello del Tevere.

La riduzione delle portate dopo il colmo ha presentato quindi un andamento tipico di bacini di estensione molto più limitata di quello del Tevere, quali ad esempio il bacino del Paglia, fiume che si può considerare il principale responsabile dell'evento, essendosi le precipitazioni concentrate proprio nel suo bacino ed in quello del medio ed alto Tevere.

Ad un colmo di piena a Ripetta inferiore a quello che si sarebbe potuto attendere con le precipitazioni in gioco ha fatto riscontro una riduzione delle portate molto più rapida di quella che si sarebbe avuta nel caso di raggiungimento di un colmo più elevato. Come verrà illustrato nel paragrafo seguente, è stato proprio il rapido abbassamento dei livelli il responsabile principale dei dissesti che si sono verificati lungo tutto il corso del fiume, nel tratto non contenuto fra i ben noti “muraglioni”, causando danni economici non indifferenti.

A posteriori, sembra di poter affermare che sarebbe opportuno modificare il protocollo di gestione del serbatoio di Corbara, vincolando il funzionamento delle paratoie di scarico all'andamento delle portate di piena a valle della diga, così da evitare riduzione troppo rapide delle portate.

### **I DANNI GOLENALI**

L'evento di piena eccezionale del 13-15 novembre 2012, ha determinato lo scoscendimento di numerosi tratti delle scarpate che delimitano le golene del Tevere nell'ambito urbano di Roma al di fuori della zona centrale difesa rigidamente dai noti “muraglioni”, la cui costruzione fu stabilita dalla Commissione Possenti a seguito della famosa piena del 1900, che faceva seguito a quella, altrettanto importante, del 1870, la quale pose immediatamente il neonato Stato Italiano, al governo della città dopo quello papalino, di fronte ad uno dei principali problemi che fin dai tempi dell'antica Roma affliggevano la città futura capitale del Regno d'Italia.

Gli scoscendimenti spondali predetti non hanno provocato per fortuna perdite di vite umane, solo in alcuni casi hanno coinvolto rovinosamente le infrastrutture presenti lungo i piani golenali, però hanno comportato l'invasione dell'alveo, da parte dei detriti che costituivano il terreno golenale ed in misura più appariscente le alberature ed arbusti che negli ultimi decenni erano stati lasciati proliferare in modo incontrollato lungo le scarpate spondali.

Alcuni dei Circoli sportivi che utilizzano in regime concessorio le golene per attività connesse soprattutto con il tennis ed il canottaggio, hanno subito danni quali l'asportazione di interi campi da tennis ed un pericoloso avvicinamento della sponda golenale

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

ad edifici di riunione ed esercizio di sport paralleli a quelli principali (palestre, piscine, etc.).

L’Agenzia Regionale per la Difesa Suolo (ARDIS) quale struttura tecnica della Regione Lazio preposta al controllo ed agli eventuali interventi lungo il corso del Tevere nel territorio regionale di concerto con l’Autorità di Bacino del Fiume Tevere, di fronte alle numerose richieste di riparazione avanzate dai Circoli ha fatto presente lo stato di sofferenza delle proprie finanze e ha chiaramente escluso ogni possibilità di intervento diretto in una situazione che non comportava situazioni di pericolo per la cittadinanza. Di conseguenza alcuni dei Circoli si sono mossi, in ordine

sparso, per tentare di ripristinare le condizioni dei terreni ante piena.

**IL PROGETTO DI SISTEMAZIONE SPONDALE DEL TRATTO GOLENALE IN CONCESSIONE DEL CIRCOLO MAGISTRATI DELLA CORTE DEI CONTI**

Nel febbraio 2013 il Circolo Magistrati della Corte dei Conti, attesa la situazione di dissesto provocato dalla piena (foto 1 e 2) e l’impossibilità di contare su un tempestivo intervento pubblico, ha deciso di affidare alla Società di Servizi di Ingegneria MODIMAR s.r.l. il progetto preliminare degli interventi necessari per la messa in sicurezza della sponda golenale nel tronco in concessione.



*Foto 1 e Foto 2 – Aspetti del dissesto della sponda golenale in prossimità della piscina del Circolo all’esaurimento dell’evento di piena (11-16 novembre 2012), visti da monte e da valle*

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

La progettazione doveva comprendere una preliminare fase di analisi, anche con il supporto di specifiche indagini di campo, dei fenomeni di dissesto idrogeologico manifestatisi e delle relative problematiche di rischio per le strutture del Circolo.

Sulla base della suddetta analisi si doveva individuare la tipologia di intervento più opportuna quantificando i costi e tempi di attuazione ai quali la compagine sociale sarebbe andata incontro. In immediata successione la Modimar doveva procedere alla progettazione esecutiva, da sottoporre al nulla-osta dell'ARDIS, nella previsione di appaltare i lavori prima della stagione estiva e di terminarli prima dell'inverno 2013÷2014.

Questa decisione si è dimostrata lungimirante, in quanto ha permesso di fronteggiare senza inconvenienti la successiva piena del 1 febbraio 2014, contraddistinta da un livello massimo all'idrometro di Ripetta pari a 12,79 m cui corrisponde una portata massima pari a circa 1740 m<sup>3</sup>/s, che in assenza di interventi avrebbe sicuramente peggiorato la situazione spondale, per quanto la velocità di abbassamento dei livelli sia stata inferiore a quella della piena del 2012.

La MODIMAR ha dato inizio alle attività di progettazione, acquisendo tutti gli elementi utili a tale scopo desumibili dalle campagne di indagini

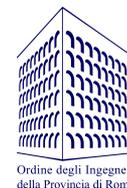
topografiche e geognostiche eseguite, su incarico diretto del Circolo, da ditte specializzate nel settore.

Per l'integrazione dei dati topografici e batimetrici disponibili, lungo il tratto del Tevere prospiciente il Circolo, è stata eseguita una specifica campagna di rilievo batimetrico con tecnica single-beam in DGPS combinata con un rilievo topografico delle sponde con tecnica scan-laser già utilizzata in una precedente campagna di rilievo condotta nei giorni successivi all'evento di piena di metà novembre 2012.

Si è così aggiornata l'intera base morfologica (emersa e sommersa) dell'alveo del Tevere, indispensabile per le successive fasi progettuali, non solo per un'esatta quantificazione delle "volumetrie" occorrenti per il ripristino/rinterro dell'originale morfologia del fronte spondale e della retrostante fascia golenale ma anche per le modellazioni numeriche relative alle verifiche di stabilità geotecnica condotte a corredo dei calcoli strutturali degli interventi.

Per delineare un quadro geotecnico conoscitivo esaustivo necessario alle attività di progettazione esecutiva delle opere, come integrazione ai dati pregressi, sono stati eseguiti 5 sondaggi profondi 25-30 m, con prelievo di 5 campioni indisturbati, l'esecuzione in foro di prove SPT e di permeabilità, due analisi sismiche a

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**



Roma, 3 Dicembre 20144

rifrazione tipo MASW e specifiche prove di laboratorio per la determinazione sperimentale dei parametri geotecnici caratteristici. I risultati hanno confermato la prevalente presenza di strati di origine alluvionale a granulometria fine da sabbiosi a limo argillosi.

I risultati delle indagini di campo e dei relativi studi geologici e geotecnici, questi ultimi condotti anche con l'ausilio di uno specifico modello di calcolo agli elementi finiti, hanno consentito un'analisi dei fenomeni di dissesto idrogeologici indotti dall'evento di piena del novembre 2012.

Si è così evidenziato in modo oggettivo che le condizioni di maggiore criticità per la stabilità d'insieme della scarpata golenale è riconducibile alla fase di esaurimento dell'evento di piena.

Al rapido ed anomalo abbassamento del livello del corso d'acqua non è corrisposto, per le limitate capacità drenanti dei terreni alluvionali che componevano la stratigrafia della sponda golenale, un analogo e concomitante abbassamento del livello della falda.

Tutto ciò ha comportato un incremento del gradiente idraulico e delle pressioni interstiziali nei terreni innescando di fatto fenomeni franosi di tipo gravitativo che solitamente si osservano negli invasi come

conseguenza di eventi di svuotamento rapido degli stessi.

Queste considerazioni relative alle cause idrogeologiche che avevano prodotto i fenomeni di dissesto delle sponde, unitamente alla constatazione che lo stato dei luoghi era soggetto ad un inesorabile aggravarsi dei processi di degrado ed instabilità dei fronti di frana con il rischio di ripercuotersi in tempi anche brevi lungo tutto il piano golenale e quindi alle strutture del circolo ha evidenziato l'esigenza di ripristinare quanto prima l'originario assetto spondale sulla base dei seguenti parametri, vincoli e obiettivi progettuali.

- Preventiva messa in sicurezza dei fronti di frana, tenendo conto che, per l'orografia dei luoghi, l'area di cantiere di fatto ha una conformazione planimetrica stretta e lunga confinata da un lato dalle strutture fisse del complesso sportivo e dall'altro dal corso d'acqua le cui escursioni possono non solo sommergere il cantiere ma continuare a modificarne l'orografia.
- Le ristrette aree di manovra e di transito dei mezzi di cantiere impongono di fatto l'impiego di mezzi d'opera e maestranze adeguate per operare, nel rispetto dei requisiti di sicurezza, in ambiti impervi (terreni molto irregolari ed instabili) e con interferenze naturali (corso d'acqua) e antropiche (le attività del Circolo)

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

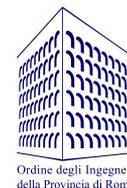
- Le metodologie di intervento devono tenere conto delle problematiche di escavazione, movimentazione e gestione dei terreni anche in quantitativi considerevoli e secondo fronti di avanzamento longitudinali e stretti con l'esigenza di assicurare per quanto possibile il recupero dei volumi spostati dai fenomeni franosi all'interno dell'alveo ordinario del fiume con limitate disponibilità di aree per lo stoccaggio anche temporaneo dei materiali.
- L'intervento di ripristino della sponda deve assicurare la posa in opera di materiale (terre e rocce in prevalenza da scavi) opportunamente selezionato e compattato per garantire i necessari requisiti geotecnici di stabilità d'insieme che tengano conto dell'esigenza di limitare per quanto possibile incrementi anomali del gradiente idraulico della falda e delle pressioni interstiziali.
- Le metodologie esecutive dell'intervento di ripristino devono contemplare tecniche esecutive nonché l'impiego di mezzi d'opera e materiali che per qualità e dimensioni siano compatibili con le caratteristiche ambientali del cantiere (spazi limitati ed angusti su terreni inizialmente instabili e a diretto contatto con il corso d'acqua) e con le esigenze di limitare al

massimo le interferenze con le attività del Circolo e nel contempo perseguire il completamento dei lavori in tempi molto brevi nella previsione di avviarli entro la fine della stagione primaverile per completarli entro l'inizio della stagione autunnale.

Sulla base di questi elementi progettuali e dell'esperienza più che decennale maturata nel settore dell'ingegneria idraulica, il gruppo di progettazione della MODIMAR, ha indirizzato le scelte progettuali su uno scenario di interventi contraddistinto di fatto dall'impiego di elementi “modulari” da “assemblare e comporre a piè d'opera” ed in grado di consentire, non solo il reimpiego delle terre che componevano la sponda originaria e che dovevano essere movimentate e recuperate con i lavori di messa in sicurezza dei fronti di frana, ma soprattutto per assicurare il perseguimento, al termine dei lavori, dei necessari requisiti di permeabilità e stabilità d'insieme della sponda golenale nel rispetto dei vincoli ambientali e paesaggistici.

Si è giunti così alla definizione di una strategia d'intervento che consentisse il ripristino della sponda procedendo dal basso verso l'alto e secondo fronti di avanzamento in progressione longitudinale. In sede di progettazione preliminare è stata delineata una sezione trasversale tipo articolata nei punti seguenti procedendo dalla quota

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**



Roma, 3 Dicembre 20144

di 15,2 m s.l.m. del piano golenale verso il basso sino al livello ordinario del Tevere (assunto pari a 8,0 m s.l.m.):

- dal piano golenale, destinato prevalentemente come zona a verde del Circolo, un primo spessore di 1,2 m di terreno opportunamente steso e costipato al fine di consentire, oltre alla riformazione del manto erboso, anche la posa in opera dei sottoservizi (linee di alimentazione elettrica ed idrica, rete di raccolta acque meteoriche di superficie);
- ripristino della sponda (pendenza  $h/l = 1/2$  e per uno spessore complessivo di 4,8 m sino alla quota di 9,20 m s.l.m.) con la tecnica della “terra armata”, da porre in opera tramite stese orizzontali di geogriglie, risvoltate lungo il paramento spondale (lato fiume), delimitando per spessori di 0,8 m strati successivi di terre ed inerti selezionati e compattati;
- per contrastare eventuali fenomeni di scalzamento e nel contempo assicurare un corretto drenaggio della fascia spondale, al piede del suddetto tratto di sponda in terra armata e sino al livello ordinario del Tevere, si è prevista la posa in opera di uno strato di materiale lapideo avente uno spessore complessivo di 1,2 m adeguato per pezzatura e composizione alle esigenze sia di drenaggio sia di stabilità idraulica;

- al margine di questo strato drenante, lato fiume, si è prevista la disposizione di strutture verticali di rinforzo/sostegno differenziate come geometria ed elementi strutturali in funzione del livello di rischio ritenuto accettabile per le soprastanti attività e strutture del complesso sportivo.

Con questa tipologia di intervento è stato redatto il progetto preliminare degli interventi, sottoposto all’approvazione dall’Assemblea del Circolo, che ha individuato come prioritari i lavori di ripristino spondale a partire dal margine di valle (quello più danneggiato dall’evento di piena del 2012, al confine con gli Impianti Sportivi Acqua Acetosa del Reale Circolo Canottieri Tevere Remo) sino al corpo di fabbrica della piscina per uno sviluppo complessivo di 230 m.

L’intervento nei dettagli costruttivi delineati dal progetto esecutivo sottoposto alla preventiva approvazione dell’ARDIS è contraddistinta da due sezioni tipo che si differenziano unicamente per la tipologia delle strutture verticali di rinforzo/sostegno.

La sezione dell’intervento **tipo 1** (fig. 2) è stata adottata sia per i tratti spondali prospicienti i campi sportivi del Circolo sia per la zona prospiciente il parcheggio dove è stato collocato il punto di ormeggio del canottaggio.

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

Questa sezione tipo è caratterizzata al piede da un tipologia di intervento già attuata in passato lungo le sponde del Tevere che prevede:

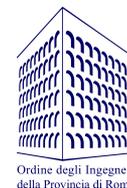
- la preventiva l'infissione di una paratia di pali di legno di diametro 200 mm e lunghezza 6 m ad interasse di 0.50 m con sommità corrispondente al livello ordinario del Tevere (nel caso specifico pari a 8,0 m s.l.m.);
- la solidarizzazione longitudinale dei pali infissi, tramite due travi di correa di legno di diametro 200 mm;
- il riempimento a tergo della paratia di pali con pietrame per la formazione e regolarizzazione del piano di posa della soprastante struttura spondale;
- la posa in opera, previa stesa di teli geotessuto non tessuto, di una doppia fila di “sacconi di rete a maglia” di poliestere color verde (“filter unit eco green” da 4 t) riempiti di pietrame al fine di costituire uno stabile basamento, per il soprastante rivestimento spondale, con caratteristiche adeguate di permeabilità e resistenza (azioni di scalzamento/erosione della corrente fluviale, impatti di corpi galleggianti trasportati dal corso d'acqua);
- la realizzazione del rivestimento spondale in “terra armata” al di sopra dei sacconi drenanti e sino a coprire, per strati successivi aventi spessore di 0,8 m, un dislivello di

4,8 m; la “terra armata” è contraddistinta da un “pacchetto” composto di “geogriglie” e materiale inerte opportunamente selezionato (soprattutto per le prestazioni geotecniche di permeabilità e angolo di attrito) ed interposto ai rinforzi in geogriglia (in poliestere ad alto modulo rivestita con film polimerico in PVC contro i raggi U.V..

Per il tratto di sponda prospiciente gli edifici del Circolo, è stato adottato l'intervento **tipo 2** (fig. 2) la cui sezione si differenzia rispetto a quella dell'intervento tipo 1 solo per l'elemento strutturale di rinforzo/sostegno al piede della sponda.

In considerazione della prossimità di questi edifici alla sponde del Tevere e della conseguente vulnerabilità, chiaramente evidenziata dai fenomeni di franamento conseguenti all'evento di piena del 2012, si è ritenuto opportuno progettare, in luogo della palificata di legno, un palancolato metallico avente caratteristiche geometriche e strutturali adeguate per soddisfare le verifiche di stabilità (globale e strutturale) imposte dalla normativa vigente in considerazione della presenza e destinazione d'uso della soprastante struttura.

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**



Roma, 3 Dicembre 20144

La struttura è stata realizzata con palancole tipo Larssen 603 lunghe 12 m con sommità alla quota + 8 m s.l.m. corrispondente al livello ordinario del Tevere, opportunamente microforate per garantire un grado di permeabilità confrontabile con quella dei terreni attraversati.

Le caratteristiche di tutti gli altri elementi a tergo e sopra la paratia metallica che completano l'intervento di ripristino spondale tipo 2 risultano in tutto uguali a quelli adottati per la soluzione tipo 1.

Entrambe le soluzioni sono state dimensionate/ottimizzate secondo il metodo degli stati limite in osservanza di quanto previsto dalla vigente normativa riguardo la stabilità dei pendii.

L'assemblea del Circolo, anche per contenere l'impegno di spesa interamente a carico dei soci, ha deciso di attuare i lavori di delimitazione e ripristino della sponda del Tevere e del retrostante piano golenale, secondo le suddette tipologie d'intervento, solo per il tratto prospiciente le attrezzature sportive (campi da tennis, calcetto e paddle), quindi per una fascia larga mediamente 40 m ed uno sviluppo di 230 m a partire dal margine di valle in corrispondenza del confine con l'Impianto Sportivo Acqua Acetosa del Reale Circolo Canottieri Tevere Remo (ISA RCCTR), fino a pervenire, a

monte, all'incirca al limite della struttura della piscina (fig. 3).

In definitiva l'originario progetto preliminare è stato modulato nei dettagli esecutivi non contemplando il tratto spondale compreso fra il ponte di Tor di Quinto e l'inizio della zona prospiciente la piscina del Circolo.

Si tratta comunque del tratto spondale in cui i dissesti si sono manifestati con minore intensità e a tergo del quale il piano golenale, per la fascia più prossima al Tevere, presenta solo aree a verde e di parcheggio che sono quindi associate a livelli di rischio più contenuti.

Successivamente, in concomitanza alla realizzazione degli elementi spondali per l'ancoraggio di un pontone galleggiante a servizio delle attività di canottaggio, si è intervenuti anche in questa zona spondale per una lunghezza di 35 m, mettendo in opera la palificata di legno ed una sola fila di sacconi al fine di migliorare le locali condizioni di stabilità.

**Seminario di Studio "Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere"  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

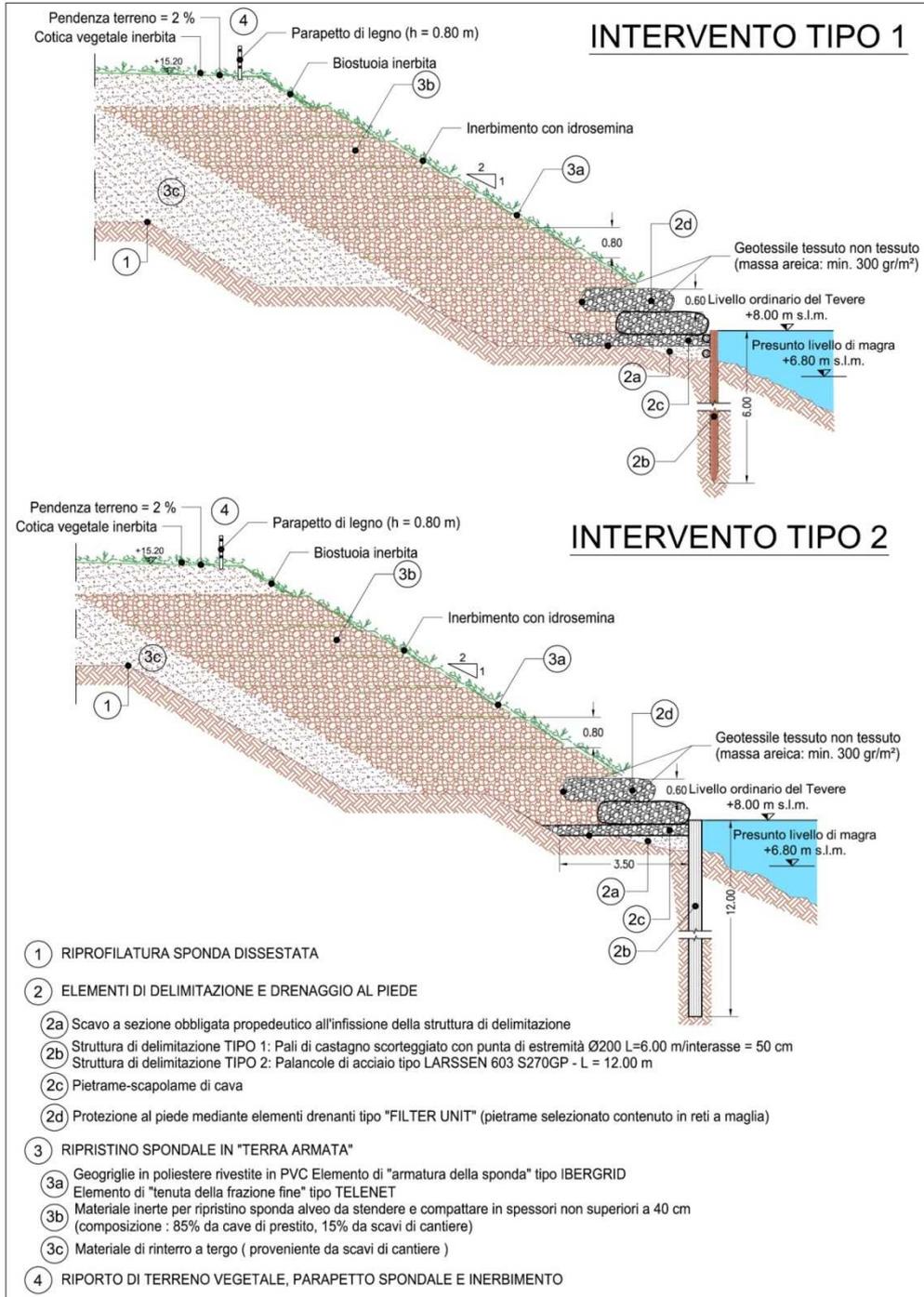


Figura 2 - Sezione trasversale delle opere di delimitazione e ripristino della sponda golenale del Tevere (tipo 1 – pali e tipo 2 - palancole)

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

Gli interventi progettati sono “ambientalmente compatibili”, ricostituendo al termine dei lavori una scarpata inerbita, piacevole d’aspetto ma anche facilmente ispezionabile dopo gli eventi di piena. Inoltre l’intervento è “ripulibile”, tale cioè da evitare non solo il deposito di plastiche e oggetti galleggianti, che altrimenti si impigliano sugli alberi presenti lungo le sponde del Tevere e

ne deturpano ormai permanentemente l’aspetto, ma in particolare un improprio e disordinato proliferare della vegetazione riparia spontanea che non rappresenta un ideale né dal punto di vista idraulico né dal punto di vista della stabilità. Tale ultimo aspetto è evidenziato dagli scoscendimenti seguiti alla piena, più gravosi proprio nei tratti ove erano presenti alberi di alto fusto.



Figura 3– Planimetria della zona interessata dai lavori prima e dopo l’intervento

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

**ESECUZIONE DEI LAVORI**

Il Circolo, sulla base del progetto esecutivo redatto dalla MODIMAR e sottoposto al nulla osta dell'ARDIS, ha affidato all'Impresa GRUPPO NORI s.r.l. l'esecuzione dei lavori confermando alla MODIMAR l'Ufficio della Direzione dei Lavori. La consegna dei lavori è stata effettuata il 24/06/2013 dall'Ing. Paolo CONTINI, in qualità di Direttore dei Lavori. Le attività di cantiere hanno avuto concreto inizio il 25/06/2013 con la preliminare realizzazione della strada arginale, in prossimità del confine con l'impianto sportivo Acqua Acetosa del Reale Circolo Canottieri Tevere Remo, di una rampa necessaria per assicurare un accesso dei mezzi d'opera alle aree di cantiere poste sul piano golenale limitando così le interferenze con la viabilità e le attività ordinarie del Circolo.

Inizialmente i lavori hanno riguardato (Foto 3 e 4) sia la messa in sicurezza dei fronti di frana, con l'eliminazione non solo dei relativi detriti e trovanti ma anche con l'individuazione dei sistemi di scarico delle acque meteoriche che erano stati rovinosamente coinvolti dalla piena di novembre 2012 compromettendone la funzionalità.

Contestualmente all'apprestamento di una pista di cantiere lungo tutto il margine spondale (mediamente alla quota di 9,5 m s.l.m.m. per una larghezza minima di 4 m) l'Impresa ha provveduto anche alla rimozione dei relitti e trovanti presenti lungo l'alveo fluviale (alberature di alto fusto marcite; residui di precedenti palificate; recinzioni e pali di illuminazione dei campi).



*Foto 3 e Foto 4 – Prime attività di cantiere. Messa in sicurezza dei fronti di frana, pista di accesso al piede della sponda ed eliminazione della vegetazione d'alto fusto collassata in alveo*

Nonostante il perdurare dei livelli del Tevere ben al di sopra delle quote di magra per tutto il mese di luglio, si è proceduto con l'infissione dei pali in castagno, solidarizzati tra loro da due

file orizzontali di pali, ed il contestuale intasamento a tergo con pietrame di cava (Foto 5 e 6) al fine di assicurare la formazione di un basamento adeguato per la successiva posa in opera (Foto 7

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

e 8) delle due file di elementi drenanti Filter-Unit S4 (costituiti da contenitori flessibili, a sacco in doppia rete a maglia romboidale tessuta con filati di

poliestere, riempiti con pietrame di cava) aventi ciascuno un peso di 4 t ed un'altezza di 0,6 m.



*Foto 5 e Foto 6 – Infissione della palificata lignea e riempimento a tergo con pietrame*

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

Capitolo: LA PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE DELL'INTERVENTO DI RIPRISTINO SPONDALE Dott. Ing. Paolo Contini



*Foto 7 e Foto 8 – Disposizione al piede della sponda degli elementi drenanti costituiti da sacconi in rete sintetica riempiti di pietrame (tipo Filter Unit 4T)*

Dalla fine del mese di luglio si è dato avvio anche all’infissione delle palancole metalliche (Foto 9 e 10) per il tratto di sponda prospiciente la struttura della piscina. Prima della sospensione temporanea dei lavori,

per la pausa di ferragosto, sono stati posti in opera i due ordini di sacconi drenanti anche al fine di preservare le aree di cantiere da eventuali anomali innalzamenti del livello del Tevere.

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014



Foto 9 e Foto 10 – Infissione della palificata lignea e riempimento a tergo con pietrame

Con la ripresa dei lavori, dopo la pausa estiva, si è avviata la lavorazione di ripristino della fascia spondale del Tevere secondo la tecnica della “terra armata” (Foto 11-15), tramite la disposizione e la rullatura del terreno

per stese orizzontali successive con interposizione di geogriglie di contenimento e rafforzamento, “risvoltate” lungo il paramento di alveo con una pendenza  $b/h=2/1$ .



Foto 11, 12, 13, 14, 15 – Fasi di ripristino della sponda in terra armata

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

La suddetta sistemazione spondale in terra armata, si è articolata, a partire dalla quota di 8,30 m s.l.m. (corrispondente al livello ordinario del Tevere), in 6 (sei) ordini successivi aventi ciascuno un'altezza di 80 cm ed una larghezza trasversale di 6,0 m. Nel corso dei lavori si è proceduto anche alla razionalizzazione e ripristino di efficienza dei collettori di scarico delle acque meteoriche. Questa lavorazione di ripristino della fascia spondale in “terra armata” è terminata nella prima metà di settembre.

I lavori sono quindi proseguiti con la formazione dello strato di terreno vegetale (spessore di 0,8 m) lungo tutto il piano golenale interessato dai lavori e la successiva posa in opera della staccionata lignea (Foto 16 e 17) per la delimitazione del margine golenale lato fiume.

Contestualmente sono stati eseguiti i lavori di delimitazione e rafforzamento spondale per un tratto di circa 35 m prospiciente l'area del parcheggio del Circolo ove si colloca il pontone galleggiante a servizio delle attività di canottaggio (Foto 18 e 19).

Su richiesta del Circolo l'Impresa ha realizzato anche il ripristino dell'impianto di irrigazione (Foto 20) del piano golenale nonché la sistemazione della rampa di cantiere (Foto 21) secondo una conformazione definitiva tale da consentire in via ordinaria il solo accesso pedonale dei soci ma che all'occorrenza in futuro potrebbe consentire anche l'accesso di piccoli mezzi di trasporto e di cantiere per l'esecuzione di interventi di manutenzione straordinaria lungo il piano golenale.



*Foto 16 e Foto 17 – Completamento in terra vegetale dello strato sommitale (0,8 m) della sponda golenale e posizionamento della staccionata lignea di delimitazione dal piano golenale*

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014



*Foto 18 e Foto 19 – Palificata lignea e sacconi drenanti nel tratto di sponda  
del punto di ormeggio*

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014



*Foto 20 e Foto 21 – Realizzazione dell’impianto irriguo e della rampa di accesso pedonale*

Come sancito dal verbale del 18/11/2013 i lavori sono stati completati (Foto 22 e 23) nel pieno rispetto dei tempi contrattuali fatta eccezione per la sola lavorazione di

inerbimento del piano golenale che per espressa richiesta del Circolo, paventando possibili piene invernali del Tevere, è stata rinviata al periodo primaverile.

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014



*Foto 22 e Foto 23 – Vista lato fiume dei lavori completati (novembre 2013)*

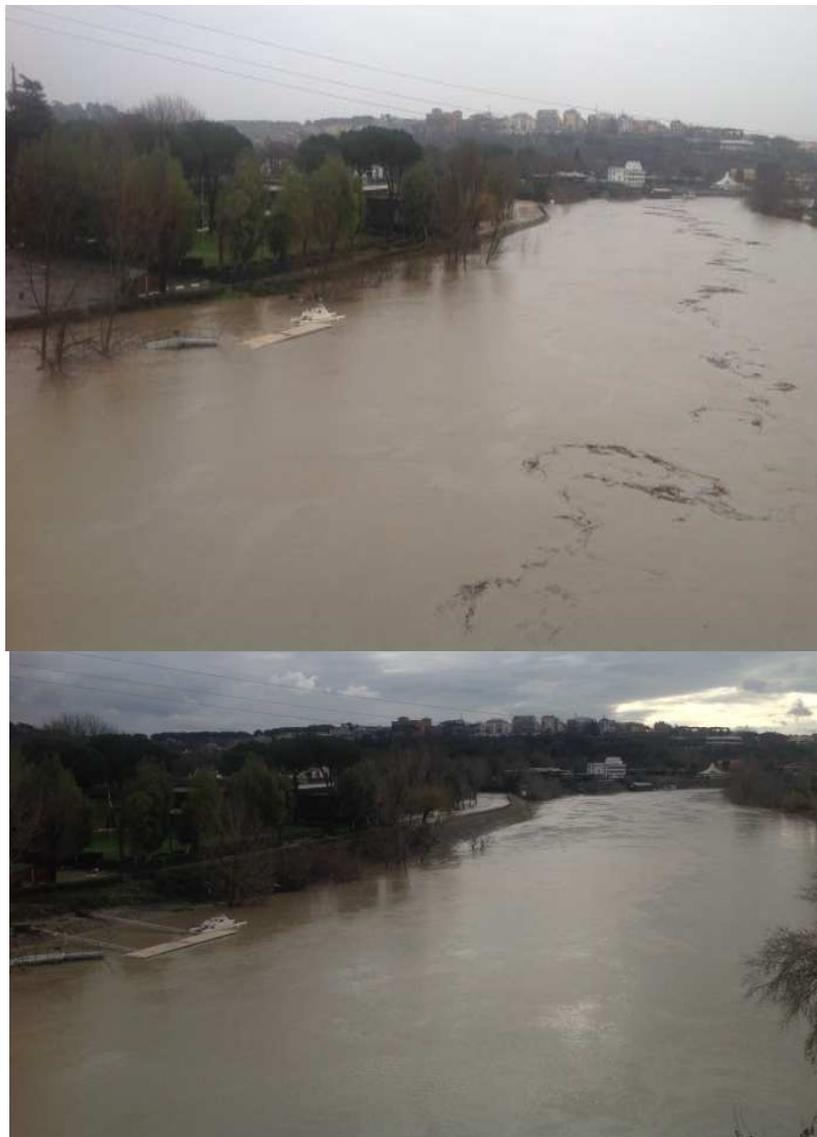
L'evento di piena del 2014 (livello massimo di 12,79 m all'idrometro di Ripetta il 1/2/2014) ha allagato il piano golenale del Circolo, con un tirante idrico di circa 0,5 m,

collaudando di fatto gli interventi spondali (Foto 24 e 25) e dimostrandone quindi la piena efficienza idraulica e strutturale.

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**

Roma, 3 Dicembre 2014

Capitolo: LA PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE DELL'INTERVENTO DI RIPRISTINO SPONDALE Dott. Ing. Paolo Contini



*Foto 24 e Foto 25 – Vista dal ponte di Tor di Quinto della fascia spondale del Circolo durante la piena del 2014*

### **CONCLUSIONI**

A seguito dei fenomeni di dissesto gravitativo delle sponde prospicienti l'insediamento del Circolo Magistrati della Corte dei Conti per uno sviluppo complessivo di oltre 250 m, provocati dall'evento di piena del fiume Tevere dal 13-15 novembre 2012, al fine di valutare l'entità economica dei danni

e valutare in modo oggettivo le cause, il Consiglio direttivo del Circolo ha promosso una serie di indagini di campo che hanno costituito una fondamentale base di riferimento per le successive attività di progettazione degli interventi di ripristino commissionati e finanziati dallo stesso Circolo alla MODIMAR s.r.l..

**Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti**



Roma, 3 Dicembre 2014

L’esperienza maturata dai tecnici della MODIMAR s.r.l. per le attività di progettazione e direzione dei lavori degli interventi rappresenta un utile spunto di aggiornamento e confronto sul tema delle tipologie di ripristino spondale da attuare in contesti urbani che, oltre a rendere complesse e limitati gli spazi di cantiere, comunque richiedono anche il rispetto di vincoli ambientali e paesaggistici.

La tipologia d’intervento, preventivamente sviluppata e condivisa tramite il riscontro dei tecnici dell’ARDIS per il ruolo di sorveglianza che gli compete sul demanio idrico fluviale del Tevere nell’ambito urbano di Roma, è stata sviluppata nei dettagli esecutivi contemplando l’impiego di materiali e modalità di posa in opera adeguate e verificando così preventivamente le necessarie autorizzazioni.

I lavori sono stati eseguiti, con ottima capacità organizzativa e grande disponibilità, dall’Impresa GRUPPO NORI s.r.l. nel pieno rispetto dei tempi contrattuali utilizzando materiali di qualità e caratteristiche tecniche adeguati alle esigenze costruttive e funzionali delle opere. In particolare l’impiego dei geosintetici per la formazione della scarpata in terra armata e dei Filter-Unit forniti dalla GEO-SINTEX per la formazione dei sacconi drenanti al piede ha consentito il rispetto delle previsioni progettuali con particolare riferimento alle problematiche delle attività di cantiere dettate dagli spazi limitati

fisicamente da un lato dal fiume Tevere e dall’altro dalle esigenze di esercizio del Circolo.

**BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE**

- *“Novembre nero: ancora vittime e danni per alluvioni sulla nostra penisola” ; “Tevere in piena, le azioni”, dal bimestrale di informazione ambientale “IDEAMBIENTE”, n.61 nov-dic 2012, ISPRA*
- *“Rapporto di evento del 11-16 novembre 2012”, Centro Funzionale Regionale della Protezione Civile della Regione Lazio, gennaio 2013.*
- *“Rapporto di evento del 31 gennaio - 4 febbraio 2014”, Centro Funzionale Regionale della Protezione Civile della Regione Lazio, maggio 2014.*
- *“Piano Stralcio del Fiume Tevere nell’area metropolitana romana: da Castel Giubileo alla foce” – Roma, aprile 1998, G. Calenda, L. Natale, A. Noli, L. Ubertini.*
- *“Ipotesi di regolazione dei deflussi ai fini del governo delle piene nel bacino del Tevere”, Autorità di Bacino del Fiume Tevere, Ufficio Piani e Programmi, luglio 2005.*
- *“Le piene del Tevere a Roma dal V secolo a. C. all’anno 2000”, Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale PdCM – DSTN, 2001, P.Bersani, M. Bencivenga.*



ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA

***Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti***

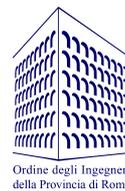
Roma, 3 Dicembre 2014

Si ringraziano Geosintex e il gruppo Nori

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA

***Seminario di Studio “Interventi di ripristino spondale negli alvei fluviali:  
un esempio applicativo sulla sponda sinistra del fiume Tevere”  
Circolo Magistrati della Corte dei Conti***

Roma, 3 Dicembre 2014





*Si ringraziano:*

