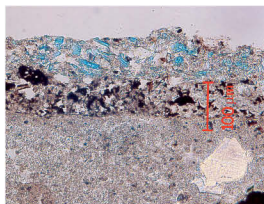


ISTITUTO SUPERIORE PER LA CONSERVAZIONE ED IL RESTAURO

## CONTRIBUTI

Sull'identità del restauratore  
e sulla didattica del restauro

L'identificazione del blu  
egiziano nelle sezioni  
stratigrafiche mediante  
fotoluminescenza



Beni culturali e rischio  
idrogeologico in Italia

SOS Collections: metodo e  
strumenti per la gestione  
conservativa delle  
collezioni museali

Tecnica esecutiva e conservazione  
delle pitture murali di epoca romana.  
Il dibattito tra fine '800 e prima metà del '900



## RECENSIONI

Ehi, Maddalena!  
Dialogo sul restauro



## NOTIZIE BREVI

Mostra: Il restauro in Italia. Arte  
e tecnologia nell'attività dell'ISCR

Bam, Iran: progetto di  
cooperazione italo-iraniana per il restauro  
e il miglioramento sismico della Torre 1



Il restauro del letto funebre  
della Tomba 4 della necropoli  
di Navelli (Aq)

© 2013 ISCR  
Istituto Superiore per la Conservazione  
ed il Restauro  
Via di San Michele, 23  
00153 Roma - Tel. 06.67236293  
e-mail: is-cr@beniculturali.it

Spedizione in abbonamento  
postale, 45%, art. 2  
comma 20/b, legge 662/96  
Autoriz. Direz. Filiale di Firenze  
tassa riscossa/taxe perçue

Daniele Spizzichino  
Carlo Cacace

Carla Iadanza  
Alessandro Trigila

## Beni culturali e rischio idrogeologico in Italia

L'Italia è il Paese che possiede un'altissima varietà di tipologie di beni culturali da renderla unica al mondo, come risulta anche dalla lista dei siti di inestimabile valore per l'umanità redatta dall'UNESCO con riferimento alla Convenzione Mondiale sulla tutela del patrimonio culturale e naturale del 1972. Tale lista riconosce ben 49 siti italiani come patrimonio mondiale dell'umanità, posizionandola al primo posto. Allo stesso tempo, l'Italia ha come altro primato quello di avere uno dei territori più esposti a fenomeni naturali quali frane, alluvioni, terremoti, eruzioni vulcaniche, subsidenza ed erosione costiera che condizionano fortemente la conservazione e la protezione di tale inestimabile patrimonio. È in questo contesto che l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) e l'Istituto Superiore per la Conservazione ed il Restauro (ISCR) collaborano fattivamente già dal 2000, con un protocollo di intesa, sui temi relativi alla conservazione e protezione, alla valutazione e

quantificazione del danno causato dall'inquinamento atmosferico e da altri fattori di pressione ambientali del patrimonio culturale italiano. Lo scopo del presente lavoro è fornire una stima dei beni architettonici, monumentali e archeologici esposti al rischio da frana e idraulico a scala nazionale, utilizzando come dati di *input*, la Banca dati dei beni culturali dell'ISCR (Progetto Carta del rischio del patrimonio culturale), l'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (Progetto IFFI) dell'ISPRA e le aree a pericolosità idraulica.

### METODOLOGIA E BANCHE DATI

La metodologia adottata prevede una stima preliminare dei beni culturali esposti a rischio idraulico e da frana secondo lo schema metodologico in fig. 1 [1], attraverso l'analisi spaziale su piattaforma GIS degli strati informativi di seguito riportati.

Tali beni, nel loro complesso, costituiscono gli elementi esposti, la cui caratterizzazione è un passo fondamentale nell'analisi del rischio. In generale, nella analisi di rischio a ciascun elemento esposto viene attribuito un valore, che viene spesso definito in termini economici, o numero di unità o percentuale di perdita attesa relative a una data categoria di elementi a rischio (es. numero di persone, edifici, superfici esposte). Per quanto riguarda l'analisi di rischio da frana e idraulico per il patrimonio storico architettonico e archeologico, i problemi relativi alla determinazione del danno atteso, sono intimamente legati alla difficoltà nel quantifi-

**Fig. 1**

Schema semplificato della metodologia adottata per l'individuazione e la stima del rischio relativo da frana e idraulico per i beni culturali. P = pericolosità; E = elementi esposti; V = vulnerabilità.

$$R^* = P \times E \times V$$

Pericolosità (spaziale o relativa) da frana. Fonte Progetto IFFI

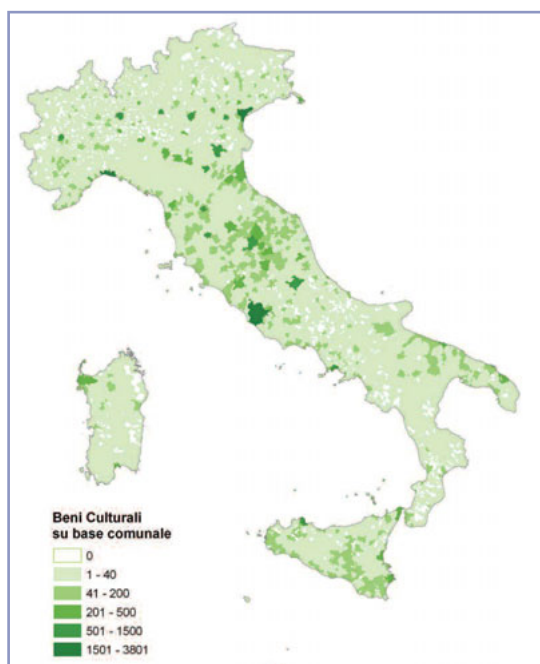
Fasce di pericolosità Idraulica. Fonte PAI

Beni Culturali (BB.CC.) esposti e loro vulnerabilità. Fonte progetto Carta del rischio

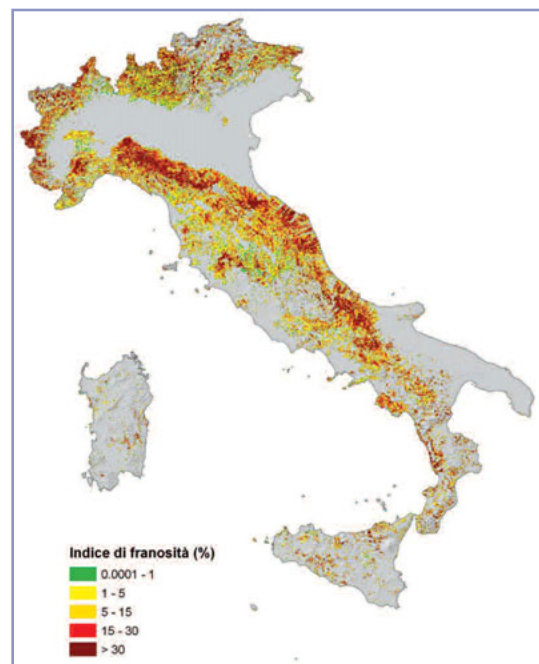
<sup>1</sup> R\* = Rischio relativo o semplificato

**Fig. 2**

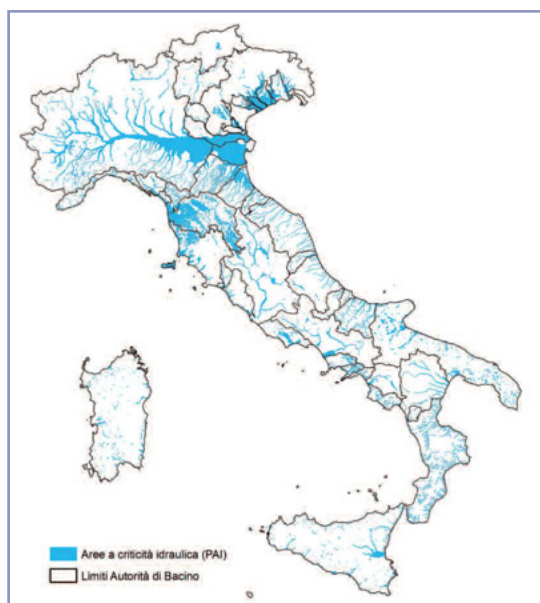
a) numero di beni culturali su base comunale (censimento dei beni in Carta del rischio al 2012);  
 b) aree a criticità idraulica;  
 c) indice di franosità.



2a



2c



2b

carne il valore. Tale difficoltà è dovuta principalmente alla peculiarità dei singoli beni (es. unicità, irripetibilità, impossibilità di monetizzare il danneggiamento su alcuni elementi). Per quanto riguarda il parametro vulnerabilità, va detto che in assenza di una schedatura specifica della vulnerabilità da frana e idraulica, tale parametro è stato cautelativamente considerato costante e pari a 1, ipotizzando che nello specifico contesto dei beni culturali, la sola presenza del bene in aree a elevata pericolosità ne deter-

mina automaticamente una vulnerabilità massima.

#### BANCA DATI DEI BENI CULTURALI

Per quanto riguarda gli elementi esposti è stata utilizzata la banca dati del Progetto Carta del rischio del patrimonio culturale, realizzato a partire dal 1992 dall'ISCR. Tale progetto prevede il censimento, la georeferenziazione e la compilazione di schede di vulnerabilità dei beni culturali (BB.CC.) per l'intero territorio nazionale. Nella banca dati sono presenti ad oggi 100.258 beni suddivisi in tre categorie principali: Beni Architettonici, Beni Archeologici e Contenitori moderni di opere d'arte. Per le elaborazioni effettuate nel presente lavoro, non sono stati considerati i BB.CC. presenti nelle regioni autonome della Valle d'Aosta e del Trentino Alto Adige, poiché per tali beni la georeferenziazione faceva riferimento al centroide del Comune.

#### INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI IN ITALIA

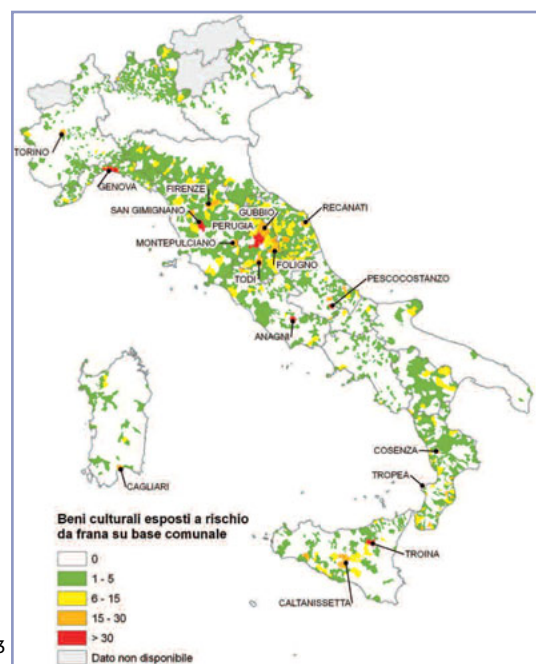
I dati sulle frane derivano dall'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (Progetto IFFI), realizzato a partire dal 1997 dall'ISPRA e dalle Regioni e Province Autonome d'Italia. Tale progetto, censisce e mappa i fenomeni franosi verificatisi sul territorio nazionale. A oggi sono

state censite oltre 486.000 frane che interessano un'area di 20.800 km<sup>2</sup>, pari al 6,9% del territorio nazionale [2]. Per ciascuna frana è disponibile *online* una cartografia informatizzata di dettaglio (scala 1:10.000) e una scheda contenente i principali parametri descrittivi del fenomeno (es. ubicazione, tipologia del movimento, stato di attività, litologia, uso del suolo, cause, data di attivazione, danni e interventi di sistemazione). In questa prima fase e per questo primo livello di indagine, le frane prese in considerazione sono state tutte quelle presenti nel Progetto IFFI, indipendentemente dal loro stato di attività (attive e quiescenti) e tipologia di movimento (es. crolli, colate, scivolamenti traslativi), rimandando a studi di dettaglio e a scala maggiore la quantificazione precisa del rischio specifico sul singolo bene.

#### AREE A PERICOLOSITÀ IDRAULICA

Le aree a pericolosità idraulica considerate nel presente studio, derivano dalla mosaicatura dei PAI (Piani di Assetto Idrogeologico) prodotti dalle Autorità di Bacino e dalle Province Autonome e sono relative a eventi eccezionali con intensità molto elevata e bassa probabilità di accadimento – Tempo di ritorno ( $T_r$ ) = 300/500 anni – fig. 2. Tali aree saranno di seguito definite come aree a criticità idraulica in quanto non è stato sempre possibile, a scala nazionale, definirne il Tempo di ritorno.

Come già anticipato, dal punto di vista metodologico, è stata implementata un'analisi spaziale a scala nazionale sia tra pericolosità da frana e BB.CC., sia tra aree a criticità idraulica e BB.CC. Come dati di *input* sono stati utilizzati i diversi *layers*<sup>1</sup> delle tre banche dati. Primo passo comune a entrambe le analisi è stato quello di fornire realtà fisica e geometrica ai BB.CC. contenuti nella Carta del rischio tramite *buffer analysis*<sup>2</sup>. Tali beni infatti sono rappresentati nel *database* come semplici punti georiferiti al centroide del bene e



**Fig. 3**

Carta del rischio da frana per i beni culturali in Italia su base comunale.

non come poligono vettoriale del bene stesso. Il dato è stato quindi preliminarmente processato, creando per ogni singolo bene un *buffer* standard di 30 metri come media della geometria del bene.

#### BENI CULTURALI ESPOSTI AL RISCHIO DI FRANA

I beni culturali, sono stati spazialmente intersecati con i poligoni delle frane del Progetto IFFI, intorno ai quali è stato generato un *buffer* di 20 m per tenere in considerazione possibili evoluzioni del fenomeno di dissesto sia in avanzamento che in retrogressione. È stato così possibile ottenere una prima stima della densità di beni, esposti al rischio frana su base comunale (fig. 3). Sono stati individuati oltre 5.500 BB.CC. esposti al rischio frana. Nella tabella 1, sono riportati i comuni italiani con il maggior numero di beni culturali esposti al rischio frana, estratti dal SIT della Carta del rischio.

Il programma di sviluppo della Carta del rischio del patrimonio culturale prevedeva fin dall'inizio un'evoluzione del Sistema Informativo Territoriale (SIT) a livello territoriale locale. Uno degli elementi innovativi e irrinunciabili del progetto è infatti quello di considerare i beni del patrimonio culturale nel loro specifico contesto territoriale di appartenenza e nella dinamica temporale dei processi di degrado. Solo il confronto



**Fig. 4**  
Beni esposti al rischio da frana dell'area archeologica della Valle dei Templi nel comune di Agrigento (cerchiati in giallo), ottenuta mediante analisi spaziale tra le banche dati del Progetto IFFI e della Carta del rischio dei beni culturali.



diretto fra la previsione del calcolo e la misura del danno effettivamente subito quantifica la reale attendibilità dell'indicatore, migliorando in concreto le capacità informative del sistema e la conoscenza necessaria all'attività di conservazione e prevenzione. La misura può essere fatta in modo sistematico per una serie limitata ma significativa di siti campione, scelti in modo da rappresentare adeguatamente tutte le classi di peri-

**TABELLA 1**

**BENI ESPOSTI A RISCHIO FRANA NEI COMUNI CON IL MAGGIOR NUMERO DI BENI CULTURALI. DATI ESTRATTI DAL SIT DELLA CARTA DEL RISCHIO**

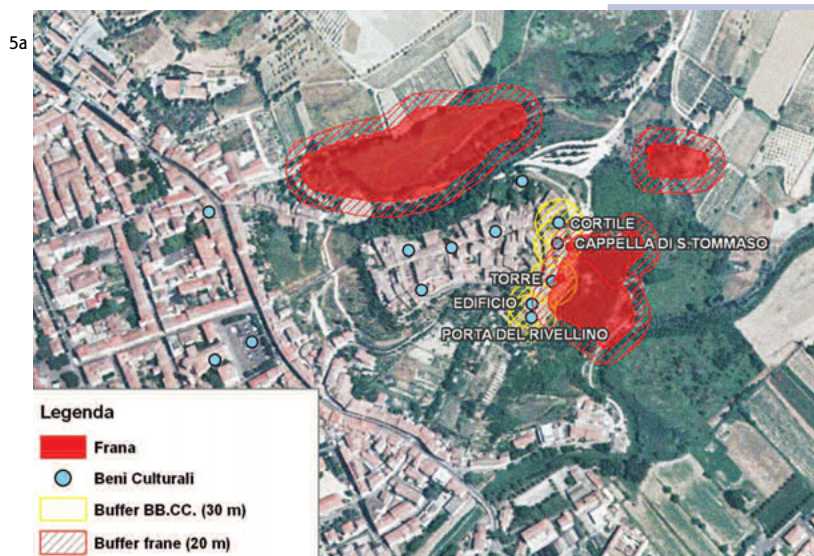
COMUNE	PROVINCIA	N. BENI
COLLE DI VAL D'ELSA	SIENA	72
PESCOCOSTANZO	L'AQUILA	71
GENOVA	GENOVA	42
TROINA	ENNA	35
SAN GIMIGNANO	SIENA	32
PERUGIA	PERUGIA	32
ANAGNI	FROSINONE	31
STILO	REGGIO CALABRIA	29
COSENZA	COSENZA	28
BOVA	REGGIO CALABRIA	28
FIESOLE	FIRENZE	27
CAMERINO	MACERATA	27
SAN MINIATO	PISA	26
CIVIDALE DEL FRIULI	UDINE	24
GUBBIO	PERUGIA	24
TROPEA	VIBO VALENTIA	23
LUGAGNANO VAL D'ARDA	PIACENZA	22
CALTANISSETTA	CALTANISSETTA	22
CAGLIARI	CAGLIARI	21
FIRENZE	FIRENZE	21
BOLSENA	VITERBO	21
CALTABELLOTTA	AGRIGENTO	21
FOLIGNO	PERUGIA	20
SQUILLACE	CATANZARO	20
MELITO DI PORTO SALVO	REGGIO CALABRIA	20
NOCERA UMBRA	PERUGIA	19
MONTEPULCIANO	SIENA	19
TODI	PERUGIA	19
PACENTRO	L'AQUILA	19
PONTASSIEVE	FIRENZE	18
TORINO	TORINO	17
VALSOLDA	COMO	16
RECANATI	MACERATA	16
LANCIANO	CHIETI	16
MONTEGIORGIO	ASCOLI PICENO	15
LIZZANO IN BELVEDERE	BOLOGNA	14
FINALE LIGURE	SAVONA	14
LUCCA	LUCCA	14
PENNABILLI	PESARO	14
TAGGIA	IMPERIA	14
PIETRALUNGA	PERUGIA	14
CUPRA MARITTIMA	ASCOLI PICENO	14
ORVIETO	TERNI	14
CIVITA CASTELLANA	VITERBO	14

colosità individuate dal calcolo. Alla base della misura dello stato di conservazione è importante caratterizzare la morfologia del monumento in un determinato momento storicizzato.

A titolo esemplificativo riportiamo l'analisi di due casi specifici particolarmente rappresentativi sia per tipologia di dissesto sia per tipologia di bene culturale coinvolto.

Il primo caso, riguarda l'area archeologica della Valle dei Templi nel comune di Agrigento in Sicilia. Come si evince chiaramente dalla fig. 4, questa importante area storico-archeologica è interessata da tempo da un esteso fenomeno di dissesto classificabile principalmente come scorrimento traslativo/rotazionale con alcuni piccoli fenomeni di crollo e ribaltamento innescatisi nel 1976 [3]. Tale fenomeno coinvolge potenzialmente sia il Tempio della Concordia sia quello di Giunone Lacina così come la fortificazione, l'altare dei sacrifici e la cisterna dell'area archeologica. A questa prima analisi che ha permesso di individuare i beni culturali rispetto ai fenomeni di dissesto, dovrebbe seguirne una seconda più dettagliata, anche attraverso l'utilizzo di tecniche di monitoraggio remoto (es. interferometria satellitare e *remote sensing*) [4], in grado di stabilire da un lato la cinematica e l'attività del fenomeno (spostamenti medi su base temporale) e dall'altro analizzare le condizioni di vulnerabilità del bene coinvolto.

Relativamente al secondo punto, dovrebbe essere sviluppata una scheda di vulnerabilità specifica per i fenomeni franosi in grado di correlare il grado di perdita atteso o danno specifico [5], per tipologie differenti di fenomeni franosi e di beni culturali (archeologico, architettonico, contenitore di beni). Il secondo caso, riguarda il centro storico di Certaldo (fig. 5). Anche in questo caso è stato possibile evidenziare quali beni culturali presenti nella rupe del centro storico, affetto da molto tempo e correntemente da fenomeni di dissesto, si trovino attualmente più espo-



**Fig. 5**  
Esposizione al rischio di frana per beni presenti nel centro storico del comune di Certaldo, ottenuta mediante analisi spaziale tra le banche dati del Progetto IFFI e della Carta del rischio dei beni culturali.

sti al rischio frana, potendo fornire importanti informazioni per la definizione di strategie, priorità e scelte operative a fini conservativi. Come si evince dalla fig. 5, tutti i beni presenti nel versante est-sudest, si trovano potenzialmente coinvolti da un dissesto attivo classificato come rotazionale evolvente in colata. Mentre il versante nord-ovest, anch'esso affetto da un esteso fenomeno di dissesto, ha manifestato negli ultimi

**TABELLA 2**

**ELENCO DEI COMUNI ITALIANI CON IL MAGGIOR NUMERO DI BENI CULTURALI ESPOSTI AL RISCHIO IDRAULICO**

COMUNE	N. BENI
ROMA	1375
FIRENZE	1030
FERRARA	705
PISA	438
MANTOVA	300
GENOVA	288
MODENA	212
LUCCA	196
SAVONA	156
REGGIO NELL'EMILIA	140
PISTOIA	137
PALERMO	126
FOLIGNO	112
PRATO	103

dieci anni un fortissima attività, richiedendo un intervento specifico della Regione Toscana per la messa in sicurezza e stabilizzazione del versante.

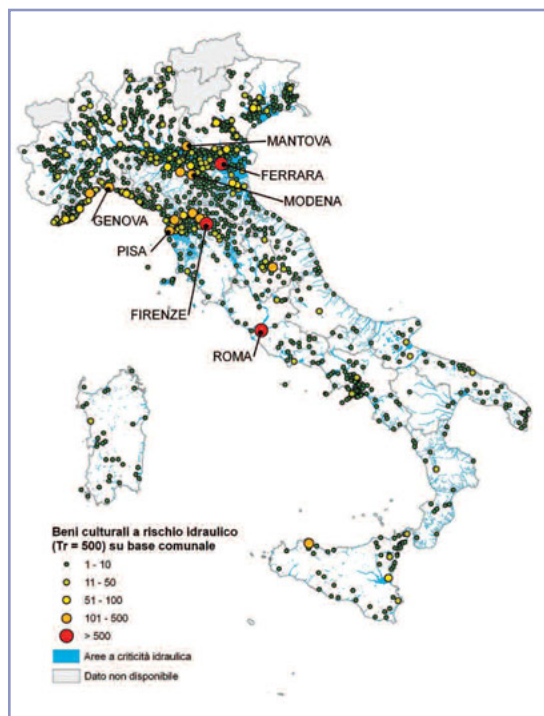
**■ BENI CULTURALI ESPOSTI AL RISCHIO IDRAULICO**

Per quanto riguarda l'analisi del patrimonio culturale italiano e il rischio idraulico, come precedentemente anticipato, sono stati utilizzati,

**TABELLA 3**

**PIENE STORICHE A ROMA CON ALTEZZA A RIPETTA MAGGIORE DI 16 METRI**

DATA	PORTATA MASSIMA (m <sup>3</sup> /s)	ALTEZZA MASSIMA A RIPETTA	NOTE
Gennaio 1180		> 16,00	
02/02/1230		> 16,00	
06/11/1277		> 16,00	Lapide all'Arco dei Banchi
Dicembre 1280		16,02	
Dicembre 1376		17,00	
09/11/1379		17,00	
30/11/1422		17,22	
08/01/1476		17,41	
05/12/1495		16,88	Lapide a Sant'Eustachio
13/11/1514		> 16,00	
08/10/1530		18,95	Stipite porta di Santa Maria della Pace
15/09/1557		18,90	Devì il corso del Tevere verso Ostia Antica
10/11/1589		> 16,00	
24/12/1598	4000 (stima)	19,56	La piena più alta mai registrata. Durante questa piena crollarono tre arcate di ponte Senatorio che non fu più ricostruito e quindi ribattezzato dai Romani 'ponte Rotto'. Una seconda ondata arrivò il 10 gennaio 1599
23/01/1606		18,27	
22/02/1637		17,55	
07/12/1647		16,41	
05/11/1660		17,11	
02/02/1805		16,42	Targa posta in Corso Rinascimento
10/12/1846		16,25	Questa piena avvenne pochi mesi dopo l'elezione di Pio IX. È curioso sottolineare che anche nell'anno della sua morte, il 1878, Roma fu colpita da una piena di 15,37 m
29/12/1870	3300	17,22	Vittorio Emanuele II a seguito di questa piena giunse a Roma in treno da Firenze il 31 dicembre 1870, visitandola per la prima volta. È la piena ricordata dal maggior numero di lapidi
02/12/1900	3100	16,17	
15/02/1915	2900	16,08	
17/12/1937	2750	16,84	Ultima piena eccezionale



6

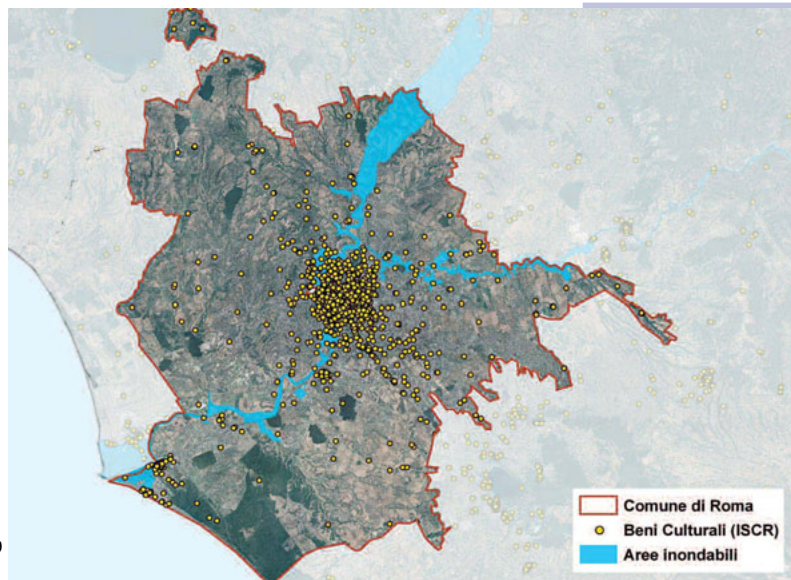


7

come strati informativi di base, le fasce a criticità idraulica e la banca dati del Progetto Carta del rischio del patrimonio culturale. Il primo strato informativo in particolare, è stato ottenuto aggiornando e integrando, le fasce di criticità idraulica realizzate dal Ministero dell’Ambiente nel 2006 [6] attraverso una mosaicatura dei diversi *layers* di base provenienti dalle differenti Autorità di Bacino che operano sul territorio e che sono l’organo deputato alla perimetrazione e vincolo di tali aree. Le aree cui si è fatto riferimento, come strato comune, sono tutte quelle caratterizzate da un tempo di ritorno fino a 500 anni. Dove a un bassa probabilità di occorrenza (eventi estremi e rari) è però associato il maggior danno atteso in termini di area potenzialmente allagabile. Mediante analisi spaziale e sovrappo-



8



9

sizione in ambiente GIS degli strati informativi è stato possibile individuare, con riferimento all’ambito comunale, le maggiori criticità relative alla presenza di BB.CC. in aree a rischio inondazione (fig. 6). Sono stati individuati, 11.155 BB.CC. esposti al rischio idraulico (11.1%). I risultati di tale analisi spaziale sono riportati in forma grafica nella figura 6 e sintetizzati in forma numerica nella corrispondente tabella 2. In quest’ultima sono riportati i comuni con la maggiore densità di BB.CC. in aree a criticità idraulica.

Come per i fenomeni di dissesto franoso, anche per quelli idraulici, l’analisi deve essere considerata come preliminare e finalizzata all’individuazione delle criticità alla piccola scala su cui andare in seguito a dettagliare maggiormente gli studi. Come esempio metodologico della procedura di analisi sopra definita, viene di seguito riportato il caso di Roma che

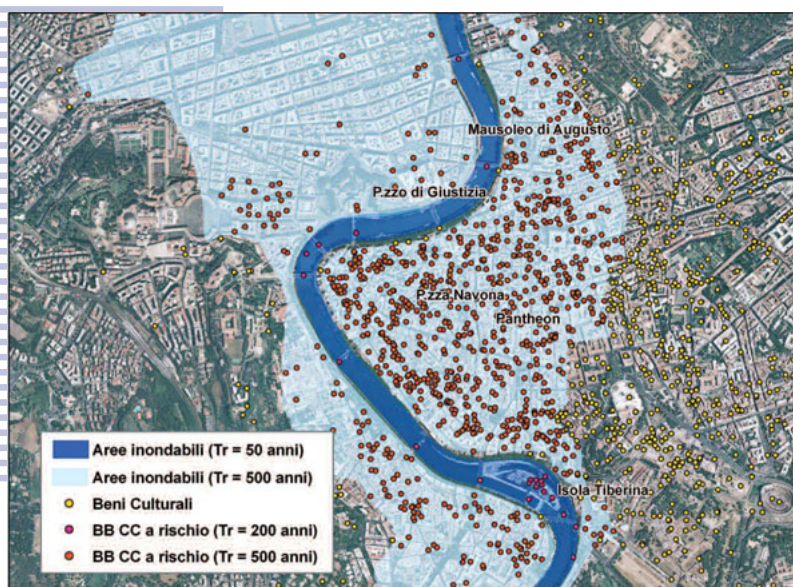
**Fig. 6** Carta dei beni culturali in aree a criticità idraulica su base comunale.

**Fig. 7** Esempio di ‘manine’, targhe dei livelli raggiunti dalle piene a Roma.

**Fig. 8** Barcone galleggiante incastrato sotto ponte Sant’Angelo.

**Fig. 9** Dati di base utilizzati per l’analisi spaziale del caso di studio.





**Fig. 10**  
Beni culturali a rischio idraulico nel comune di Roma per diverse fasce di pericolosità e differenti tempi di ritorno.

con i suoi 1.375 beni in area a criticità idraulica risulta essere il comune maggiormente esposto.

### **I BENI CULTURALI E IL RISCHIO IDRAULICO A ROMA**

La scelta di Roma come caso di studio non è casuale, il rapporto che tale città infatti ha con i fenomeni alluvionali e gli allagamenti dovuti alle piene, ha origini molto antiche. Anche se fenomeni disastrosi di piena, sono presenti nella storiografia dell'età repubblicana e imperiale, è solo dal basso medioevo in poi che si diffuse l'abitudine di ricordare i livelli delle piene storiche, con delle piccole lapidi [7] (fig. 7).

Una delle più antiche ricorda la piena del 6 novembre 1277 A.D. Tali lapidi dette 'manine' sono diffuse un po' ovunque anche se storicamente la massima concentrazione si rinviene nella zona dell'antico porto di Ripetta [8]. Il porto, inaugurato nel 1704, aveva due colonne di travertino su cui venivano segnati i livelli di piena, sostituito nel 1893 da un vero e proprio idrometro tutt'ora funzionante, murato sulla parete laterale della vicina chiesa di San Rocco. Il livello misurato fa riferimento allo 'zero di Ripetta' che corrisponde (con qualche approssimazione) con il livello del mare. Secondo Rodolfo Lanciani [9, 10], dall'antichità al 1870 si sono verificate 132 inondazioni.

In base alla loro portata, le piene a Roma [11] vengono considerate:

- ordinarie tra 800 e 1500 m<sup>3</sup>/s;

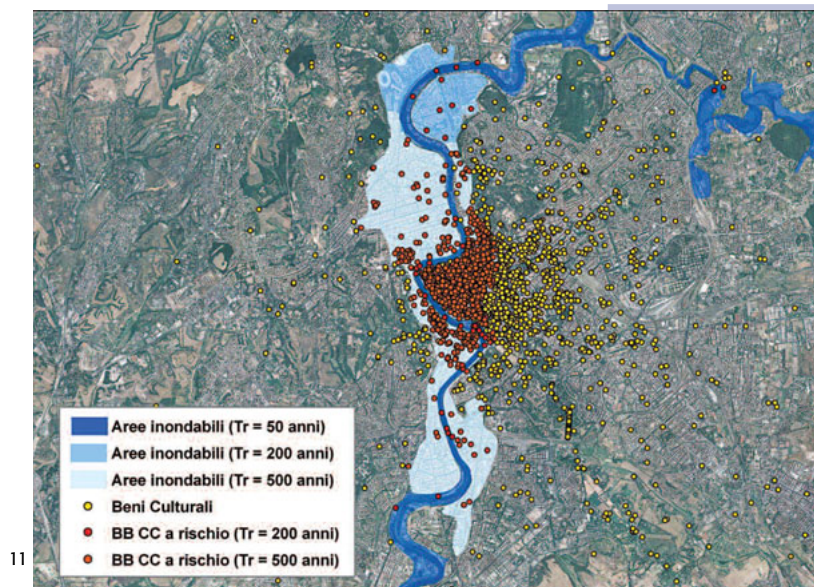
- straordinarie tra 1500 e 2000 m<sup>3</sup>/s;
- eccezionali oltre i 2000 m<sup>3</sup>/s.

In tabella 3 sono state riportate le piene con almeno 16 metri di altezza a Ripetta [12, 13].

L'inondazione avvenuta due mesi dopo la breccia di Porta Pia (28 dicembre 1870), spinse il parlamento di lì a qualche anno (1875) al finanziamento e alla realizzazione delle arginature del Tevere nel suo tratto urbano su progetto di Raffaele Canevari [14, 15]. Vennero così realizzati gli attuali muraglioni in travertino in grado di contenere una piena maggiore di quelle del 1870 [16]. Venne decisa una radicale sistemazione dell'alveo, con la rimozione di tutte le rovine, la ricostruzione di ponte Cestio, la demolizione di due delle tre arcate superstiti di ponte Senatorio (da allora definitivamente 'Rotto') e la demolizione totale di tutto ciò che si trovasse sul tracciato dei muraglioni [14, 15]. La realizzazione dei muraglioni, durata quasi mezzo secolo e terminata solo nel 1926, ha cambiato dal punto di vista urbanistico, il volto di Roma. Per quanto riguarda la loro efficacia in termini di difesa e protezione della città dalle inondazioni va detto che da allora fenomeni disastrosi come nel passato non si sono più ripetuti. L'ultima piena del 17 dicembre 1937, paragonabile a quella del 1870, provocò infatti soltanto modesti allagamenti. Recenti studi dimostrano che il sistema idraulico dei 'Muraglioni' potrebbe entrare in crisi per portate di circa 3.300 m<sup>3</sup>/s in alcuni punti ben determinati del tratto urbano [17]. In particolare i nodi critici per motivi altimetrici e morfologici ancora non risolti riguardano, da monte a valle, la destra e sinistra idraulica in corrispondenza di Ponte Milvio, la destra idraulica in corrispondenza di Acilia e in corrispondenza della foce ampie zone dei territori di Ostia e del comune di Fiumicino [17]. Negli ultimi cinquant'anni però, a causa delle modifiche territoriali e urbanistiche nelle zone a nord di Roma, dei mutati stili di piovosità, della

loro distribuzione e della forte antropizzazione del tratto fluviale urbano ed extraurbano, il tema di una possibile alluvione nella città di Roma e dei danni al patrimonio ad esso connessa, è tornato attuale [18]. Durante la piena dell'11 dicembre 2008 in cui i livelli a Ponte Milvio hanno raggiunto le soglie di allerta per il sormonto, un barcone galleggiante ha ostruito per ore una delle arcate del ponte Sant'Angelo rischiando di far tracimare la portata in quel punto (fig. 8), o ancora nelle piene del gennaio e novembre 2010 in cui il fiume è stato un sorvegliato speciale in costante monitoraggio da parte della Protezione Civile. Modellazioni recenti [18] forniscono una valutazione dettagliata dell'elevato rischio residuo [20] presente nel centro storico di Roma per una possibile inondazione con tiranti idrici che possono raggiungere i 3 metri.

Con il presente caso di studio quindi si intende evidenziare quale potrebbe essere il danno in termini di patrimonio coinvolto di una possibile alluvione a Roma. Per fare questo, nell'analisi sono state utilizzate le fasce di pericolosità idraulica pubblicate dall'autorità di bacino del fiume Tevere (PS1 - Aree soggette a rischio di esondazione nel tratto del Tevere compreso tra Orte-Castel Giubileo [21]; PS5 - Piano stralcio per il tratto metropolitano del Tevere da Castel Giubileo alla foce [22]; fasce del fiume Aniene), e i BB.CC. della Carta del rischio dell'ISCR presenti nel territorio comunale di Roma (fig. 9). Dall'intersezione di questi due strati di base è stato possibile identificare numero, ubicazione e tipologia dei beni culturali esposti al rischio idraulico per le diverse fasce di pericolosità, caratterizzate cioè da diversi tempi di ritorno. Nella fig. 10 sono evidenziati i 1.360 beni a rischio: in rosso sono riportati i beni ricadenti in fasce di pericolosità caratterizzati da una media probabilità di occorrenza ( $Tr = 200$  anni) e in arancione quelli ricadenti in fasce di pericolosità



con bassa probabilità di occorrenza ( $Tr = 500$  anni). Nella fig. 11 è riportato un dettaglio del fiume Tevere che va da ponte Margherita (che collega Prati a piazza del Popolo) all'isola Tiberina, con evidenziate le aree inondabili e i beni coinvolti (sempre tematizzati per differenti Tempi di ritorno) da una possibile esondazione del Tevere nel centro storico della città. Naturalmente nel presente lavoro si è dato particolare risalto al patrimonio culturale, tralasciando gli effetti e gli ingenti danni sul sistema sociale, economico e infrastrutturale della città, ricordando l'impossibilità di ripristinare *quo ante* molte delle opere coinvolte in fenomeni di questa portata. Quello che emerge in particolare dal presente studio è l'effetto che fenomeni di questo tipo potrebbe avere sull'instimabile valore del patrimonio culturale della città di Roma e sugli effetti sociali, economici e culturali ad esso correlati. La laminazione dei colmi del fiume Tevere, attualmente regolata dalla diga di Corbara [23], non è garantita in ogni situazione e per tutte le condizioni come dimostrato dalle piene recenti in cui la sovrapposizioni di imprevedibili effetti naturali e antropici, rende tale eventualità tutt'altro che improbabile.

## CONCLUSIONI

I principali risultati del presente lavoro sono di seguito brevemente riassunti. I beni culturali esposti a rischio da frana e idraulico in Italia

**Fig. 11**  
Stralcio del patrimonio culturale a rischio idraulico nel centro storico di Roma.

sono rispettivamente 5.511 (6,6%) e 11.155 (11,1%). Le regioni con il numero più elevato di beni culturali a rischio da frana sono Toscana e Umbria; le città con il numero più elevato di beni culturali a rischio idraulico sono Roma, Firenze e Ferrara. Tali dati sono da intendersi come preliminari e dovranno essere oggetto di ulteriori analisi e studi di maggior dettaglio con la finalità di definire piani per il controllo e il monitoraggio strumentale dei BB.CC. e le priorità di intervento per la messa in sicurezza idraulica e il consolidamento dei versanti instabili che minacciano tale patrimonio. Il Progetto IFFI e la Carta del rischio rappresentano un'eccellenza nel panorama delle banche dati tematiche a livello nazionale e internazionale per la metodologia utilizzata, per il dettaglio e la completezza dei dati e per i servizi di cartografia *online*. Assumendo il rischio di perdita del patrimonio culturale come criterio per l'individuazione delle priorità operative, la conoscenza della sua distribuzione sul territorio è utile e necessaria per lo sviluppo delle politiche di settore e, in particolare, per la prevenzione e programmazione degli interventi di tutela, di conservazione e di uso del territorio [24]. Il protocollo d'intesa stipulato tra i due istituti, che sono enti di ricerca e hanno compiti istituzionali di tutela del territorio e dei beni culturali, ha permesso che la collaborazione diventasse 'sistema', realizzando una strategia di lavoro oramai pianificata nel metodo e che deve realizzare la sua operatività definitiva nella interoperabilità tra i sistemi. Adottare la filosofia della prevenzione dalle calamità naturali dei beni culturali risponde a un duplice presupposto: 1) prevenire i danni e le perdite nel settore delle opere d'arte e dei monumenti, quasi sempre fenomeni irreparabili; 2) attuare interventi leggeri, di manutenzione e riparazione preventiva, più compatibili e meno snaturanti delle operazioni di restauro vere e proprie, oltre ad essere economicamente meno onerosi. Lo studio e l'adattamento delle schede

di Carta del rischio alle necessità di rispondere alle specificità dei fenomeni naturali dannosi, in questo caso frane e alluvioni, dimostra ancora una volta il concetto di sistema aperto del SIT. Il processo conoscitivo della Carta del rischio, con le schedature sul campo, non solo infatti ha confermato la specificità dei monumenti ma ha anche dimostrato come ogni 'pericolosità naturale' possieda una sua particolarità che necessita di scelte progettuali appropriate, che non possono che derivare da una approfondita valutazione della vulnerabilità del bene e della sua relazione con il contesto territoriale.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] WP/WLI (International Geotechnical Societies' UNESCO Working Party on World Landslide Inventory), *A suggested method for describing the activity of a landslide*, "Bulletin of the International Association of Engineering Geology", 1993, 47, pp. 53-57, <<http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F02602683.pdf>>.
- [2] A. TRIGILA (a cura di), *Rapporto sulle frane in Italia. Il Progetto IFFI - Metodologia, risultati e rapporti regionali*, Rapporti APAT 78/2007, (2007).
- [3] V. COTECCHIA, F. FIORILLO, L. MONTERISI, R. PAGLIARULO, *Slope Instability in the Valley of Temples, Agrigento (Sicily)*, "Giornale di Geologia Applicata", 2005, 1, pp. 9-101.
- [4] C. IADANZA, C. CACACE, S. DEL CONTE, D. SPIZZICHINO, S. CESPÀ, A. TRIGILA, *Cultural heritage, landslide risk and remote sensing in Italy*, in C. MARGOTTINI, P. CANUTI, K. SASSA (eds), *Landslide science and practice*, The Second World Landslide Forum, Rome 3-9 October 2011, Roma 2013, Vol. 6, Part IV, Landslides and Cultural Heritage, pp. 491-499.
- [5] G. DELMONACO, C. MARGOTTINI, D. SPIZZICHINO, L. FALCONI, *Exposure and vulnerability of cultural heritage affected by Geomorphological Hazard: the Machu Picchu case study*, Protection of

Historical Buildings (PROHITECH2009), First International Conference, Rome June 21<sup>st</sup>-24<sup>th</sup> 2009, pp. 905-909.

[6] MATTM (Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare), *Il rischio idrogeologico in Italia*, <[http://host85-40-static.86-94-b.business.telecomitalia.it/home\\_it/showitem.html?lang=&item=/documenti/biblioteca/biblioteca\\_0016\\_a.html](http://host85-40-static.86-94-b.business.telecomitalia.it/home_it/showitem.html?lang=&item=/documenti/biblioteca/biblioteca_0016_a.html)>, 2008.

[7] J. LE GALL, *Il Tevere, fiume di Roma nell’antichità*, Roma 2005 (prima edizione in francese: J. LE GALL, *Le Tibre, fleuve de Rome dans l’antiquité*, Paris 1953).

[8] M. BENCIVENGA, E. DI LORETO, L. LIPERI, *Il regime idrologico del Tevere, con particolare riguardo alle piene nella città di Roma*, in *La geologia di Roma. Il centro Storico*, “Memorie descrittive della Carta Geologica d’Italia”, 1995, 50, pp. 125-172.

[9] R. LANCIANI, *Le acque e gli acquedotti di Roma antica*, Roma 1881.

[10] R. LANCIANI, *Forma Urbis Roma*, Milano 1893-1901.

[11] G. CALENDIA, L. UBERTINI, *Gestione Integrata degli Invasi*, Roma 1993.

[12] P. BERSANI, M. BENCIVENGA, *Le piene del Tevere a Roma dal V secolo a.C. all’anno 2000*, Presidenza del consiglio dei ministri, Dipartimento per i servizi tecnici nazionali, Servizio idrografico e mareografico nazionale 2001.

[13] G. MELCHIORI, *Tavola delle principali inondazioni del Tevere in Roma dalla sua fondazione sino a’ giorni nostri*, in *Guida metodica di Roma e suoi contorni*, Roma 1840, pp. 96 e seguenti.

[14] P. FROSINI, *La liberazione dalle inondazioni del Tevere*, “Capitolium”, 1968, XLIII, 7-8, pp. 216-233; pp. 234-249.

[15] P. FROSINI, *Il Tevere. Le inondazioni di Roma e i provvedimenti presi dal Governo Italiano per evitarle*, (Accademia nazionale dei Lincei, Commissione italiana per lo studio e la prevenzione delle grandi calamità), Roma 1977.

[16] M.M. SEGARRA LAGUNES, *Il Tevere e Roma.*

*Storia di una simbiosi*, Roma 2004.

[17] AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME TEVERE, *Relazione generale, PAI (Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico)*, 2006.

[18] L. FERRANTE, L. UBERTINI, F. GUZZETTI, F. NAPOLITANO, (1998) *Flood risk assessment in urban areas*, Proceedings 3<sup>rd</sup> International Symposium on Civil Infrastructure Systems *Intelligent Renewal*, Capri 25 September 1997, pp. 167-180.

[19] L. UBERTINI, *La mitigazione del rischio idraulico*, “Quaderni della Società Geologica”, 2009, 4.

[20] L. NATALE, F. SAVI, *Monte Carlo analysis of probability of inundation of Rome*, “Environmental Modelling & Software”, 2007, 22, pp. 1409, 1416.

[21] AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME TEVERE, *Relazione PS1 - Aree soggette a rischio di esondazione nel tratto del Tevere compreso tra Orte-Castel Giubileo*, 1998.

[22] AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME TEVERE, *Relazione Generale PS5 - Piano stralcio per il tratto metropolitano del Tevere da Castel Giubileo alla foce*, 2009.

[23] G. CALENDIA, L. UBERTINI, (a cura di), *Gestione integrata degli invasi e definizione del minimo vitale*, Autorità di Bacino del Fiume Tevere, Rapporto interno, 1993.

[24] G. URBANI, *Piano Pilota per la conservazione programmata dei beni culturali in Umbria, progetto esecutivo*, Roma 1995.

#### NOTE

<sup>1</sup> Nello specifico, gli strati informativi adottati (*layers*) sono: punti per i beni culturali e poligoni per le aree in frana e per le fasce di criticità idraulica.

<sup>2</sup> È la creazione da un tema puntuale, lineare o poligonale di un poligono di rispetto ad una distanza fissa o variabile in funzione degli attributi dell’elemento.