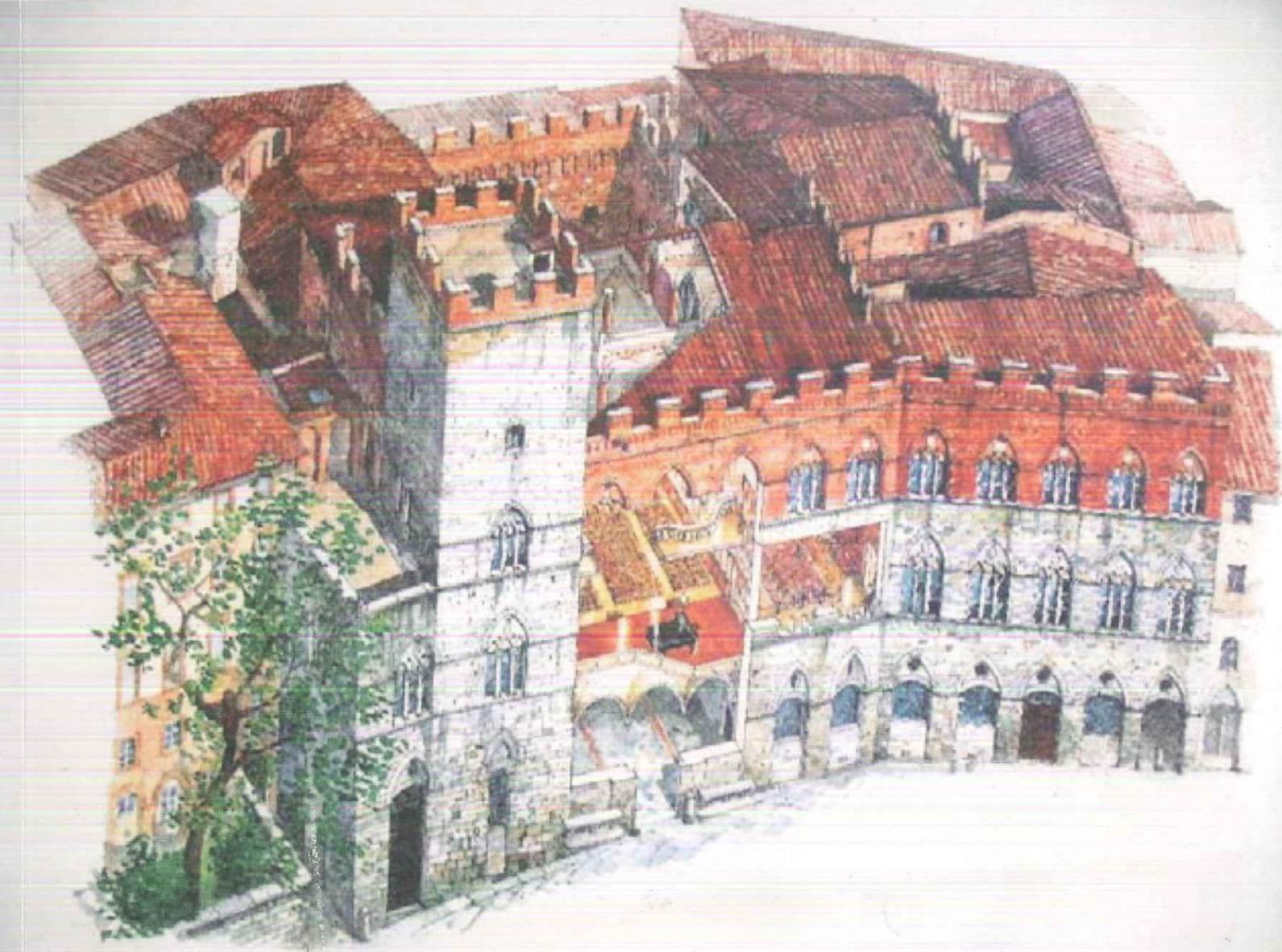


bollettino ingegneri

mensile di ingegneria e architettura

Numero 4 - 2015

aggiornamenti Aprile - Maggio



**testo scientifico, notiziario, edilguida
prezzario dei materiali e delle opere**

**Prevenzioni incendi per gli edifici monumentali.
Il caso studio di palazzo Chigi Saracini a Siena**
P. CAPONE - T. GIUSTI

**Studio sperimentale ed analitico del comportamento
viscoelastico del vetro stratificato**
S. GARUGLIERI (SINTESI DI TESI)

Aprile 2015
ISSN 2035 - 2417
Poste Italiane s.p.a. - Sped. Abb. Post.
D.L. 353/2003 (conv. L. 27/02/2004 n° 46)
art. 1, c. 1, DCB FIRENZE 1
Per mancato recapito inviare a Firenze CMP
per restituzione al mittente previo pagamento resi

Laboratorio SIGMA

Dal 1973 Prove su Materiali da Costruzione e Geotecniche

FIRENZE

LIVORNO

SETTORI DI PROVA



Calcestruzzi



Acciai Metalli e Leghe



Collaudi statici



Puntate e N.D. su pali



Prove Non Distruttive



Geotecnica Stradale



Strutture e Statiche Linee Vita



Geotecnica di Laboratorio



Conglomerati Bituminosi

Altri settori di Prova

Materiali Inerti Monitoraggi Strutturali e Geotecnici Prove Dinamiche Monitoraggio Vibrazioni Materiali Diversi

Laboratorio SIGMA DA OLTRE 40 ANNI LEADER NELLE PROVE PER L'EDILIZIA

Via P. Gobetti, 8 - Capalle Campi Bisenzio (FI)
Tel. 055.8985519 FAX 055.8985520

Via A. Nicolodi - Livorno
0586.409247 FAX 0586.409383

www.laboratoriosigma.it

bollettino ingegneri

mensile di ingegneria e architettura
testo scientifico - notiziario - prezziario
dei materiali e delle opere - edilguida

anno LXIII - aprile 2015 - n. 4

Il "bollettino ingegneri" è organo ufficiale del Collegio Ingegneri, fondato nel 1876.

Sommario:

Pietro CAPONE - Tommaso GIUSTI
Prevenzione incendi per gli edifici monumentali.
Il caso studio di palazzo Chigi Saracini a Siena pag. 3

Sintesi di Tesi:
Stefania GARUGLIERI
Studio sperimentale ed analitico del comportamento
viscoelastico del vetro stratificato pag. 14

prezziario:

mano d'opera
edilizia, metalmeccanica e falegnameria

noleggii

materiali

prove ed indagini

opere compiute per nuove costruzioni edili

opere compiute per nuove costruzioni stradali

opere compiute di ristrutturazione e recupero edilizio

opere compiute di rifacimento stradale

opere compiute di restauro

impianti elettrici

impianti termoidraulici e condizionamento

opere di idraulica

opere marittime

costi sicurezza D.Lgs. 81/08

edilguida

Indice alfabetico edilguida

Progettazioni, consulenze, servizi

Macchine, attrezzature, noleggi

Materiali per costruzioni edili e stradali

Materiali per impianti tecnici

Costruzioni e finiture edili e stradali

Impianti tecnici

Redazione

Direttore della Rivista: Paolo SPINELLI

Direttore Amministrativo: Enrico BOCCI

Direttore di Redazione: Lorenzo CONTI

Comitato di redazione

Franco ANGOTTI, Carla BALOCCO, Michele BETTI, Alfredo BOLOGNESI,
Antonio BORRI, Piero CAMICI, Vito CAPPELLINI, Gabriella CAROTTI,
Sandro CHIOSTRINI, Paolo CITTI, Filippo CONFALONIERI,
Lorenzo CONTI, Giuseppe CRUCIANI FABOZZI, Anna DE FALCO,
Paolo DEL SOLDATO, Maurizio DE VITA, Amelio FARA,
Giuseppe GRAZZINI, Natale GUCCI, Francesco GURRIERI,
George LATOUR HEINSEN, Enrico Maria LATROFA,
Antonino LIBERATORE, Sergio LUZZI, Maria Chiara POZZANA,
Alberto REATTI, Luciano ROCCO, Mauro SASSU, Fabio SELLERI,
Paolo SPINELLI, Gennaro TAMPONE.

Comitato prezzi:

Presidente dei Comitati Prezzi: Gianluca FAINA

I Componenti designati dagli Enti ed Associazioni
che collaborano alla compilazione del Prezziario
sono elencati all'inizio dello stesso
all'interno delle composizioni delle Commissioni.

Segreteria Editoriale

Dott.ssa Antonella SARTI

DIREZIONE, REDAZIONE, AMMINISTRAZIONE:

Tel. (055) 211345 - Fax (055) 219187

e-mail:

bollettino.ingegneri@collegioingegneri.toscana.it

50129 FIRENZE - Via della Fortezza 6

www.bollettinoingegneri.it

COLLEGIO DEGLI INGEGNERI DELLA TOSCANA

Consiglio Direttivo:

Presidente: Piero CAMICI

Vice Presidente: Lorella ARNETOLI

Tesoriere: Alessandro DEGL'INNOCENTI

Segretario: Lorenzo CONTI

Consiglieri:

Pietro BERNA, Roberto CINOTTI, Sergio LUZZI, Giuseppe LORINI,

Simone SCALAMANDRE, Paolo SPINELLI, Gennaro TAMPONE.

Uffici: Tel. (055) 282.362 - Fax 219187

50129 FIRENZE - Via della Fortezza 6

e-mail: segreteria@collegioingegneri.toscana.it

www.collegioingegneri.toscana.it

Gli articoli pubblicati esprimono soltanto le opinioni dei singoli Autori e non possono essere considerati come espressione del Consiglio di amministrazione del Collegio Ingegneri della Toscana s.r.l. e della Redazione del "bollettino ingegneri". Le schede che riportano le notizie bibliografiche sono compilate sulla base di dati forniti dagli Autori. I manoscritti, le illustrazioni e comunque il materiale pubblicitario anche se non pubblicato non si restituisce se non tempestivamente richiesto e ritirato dagli Autori.

Direttore Responsabile Paolo Spinelli - Pubblicazione Reg. Trib. Firenze 9-11-53, n. 810 - Stampa: Grafiche Gelli S.r.l. - Calenzano - Firenze

Tariffe 2015: Abbonamento (escluso supplementi) € 175, estero € 195, un fascicolo singolo € 26, arretrato € 45 - IVA assolta dall'Editore
D.M. 29/12/1989 - c.c. postale 6087/1928 Collegio Ingegneri della Toscana s.r.l. - Sped. abb. post.: 45% Art. 2 Comma 20/b Legge 662/96 Filiale FI - Copyright © 2015 Collegio Ingegneri della Toscana s.r.l.
La pubblicazione esce con 10 riviste l'anno avendo i numeri gennaio-febbraio e agosto-settembre abbinati. La testata del "bollettino ingegneri" è proprietà del Collegio Ingegneri della Toscana, l'edizione è curata da Collegio Ingegneri della Toscana s.r.l., Via della Fortezza 6 - 50129 Firenze

Prevenzione incendi per gli edifici monumentali. Il caso studio di palazzo Chigi Saracini a Siena

Pietro CAPONE*, Tommaso GIUSTI*

* Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale - Università degli Studi di Firenze

RIASSUNTO

Nell'ambito di una ricerca condotta presso il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze, è stata creata una procedura di gestione del rischio incendi finalizzata alla tutela dei beni culturali contenuti negli edifici storico-monumentali. Il presente contributo illustra brevemente la procedura ed una sua applicazione al palazzo Chigi Saracini di Siena.

ABSTRACT

As part of a research at the Department of Civil and Environmental Engineering in the University of Florence, a procedure for fire risk management for valuable contents in historical heritage buildings was created. This paper briefly describes the procedure and its application in Palazzo Chigi Saracini Siena.

1. INTRODUZIONE

I danni conseguenti allo sviluppo di incendi nell'ambiente costruito possono essere catastrofici: da qui la necessità di gestire costantemente e a tutti i livelli il rischio incendio. Ciò deve avvenire in particolare negli edifici storici che spesso costituiscono un unicum irripetibile, grazie al mix tra tessuto architettonico, struttura dell'edificio e contenuti preziosi. Gli obiettivi principali di sicurezza antincendio sono riconosciuti essere: la protezione della vita e della proprietà in genere. Per gli edifici storici a ciò va aggiunta la tutela dei beni culturali, con riferimento sia agli edifici stessi e sia ai loro contenuti. Durante una ricerca condotta presso il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze, è stata creata una procedura di gestione del rischio incendi finalizzata alla tutela dei beni contenuti negli edifici storico monumentali; si riporta nel seguito una breve descrizione della procedura ed una sua applicazione al palazzo Chigi Saracini di Siena.

2. PREVENZIONE INCENDI PER GLI EDIFICI STORICI ED I LORO CONTENUTI DI VALORE

L'obiettivo principale della ricerca era di fornire

una procedura di gestione del rischio capace di migliorare la protezione antincendio dei contenuti di valore all'interno di quegli edifici considerati patrimonio storico e culturale.

La procedura è stata realizzata rispettando le indicazioni del Fire Tech [1] e le raccomandazioni del *COST ACTION C17* [2] in merito alla gestione dei contenuti e alla prevenzione delle perdite dovute ad incendio. In Italia ogni edificio patrimonio storico, aperto al pubblico e contenente opere d'arte, dovrebbe essere 'sicuro' per quanto riguarda la protezione antincendio, rispetto ai dettami delle norme nazionali. L'obiettivo principale delle norme italiane di prevenzione incendi è, però, la sola sicurezza degli occupanti; in questo contributo viene illustrata una procedura specifica che è in grado di migliorare il livello standard di sicurezza antincendio negli edifici storici, rivolgendo l'attenzione soprattutto alla protezione dei contenuti preziosi. È fatta comunque l'ipotesi che l'edificio oggetto di studio raggiunga il livello minimo di protezione antincendio per gli occupanti secondo le norme italiane.

La considerazione basilare è che i gestori degli edifici storici sono comunque responsabili della salvaguardia dei beni contenuti nell'edificio, nonostante in Italia (così come in molti altri paesi

al mondo) non esista alcuna legge che abbia come obiettivo specifico la protezione dal fuoco dei beni, né in termini prescrittivi né prestazionali. L'unico strumento a disposizione per gestire la protezione dal fuoco dei contenuti di valore è l'insieme di raccomandazioni *COST C17* e, poiché il destinatario del *COST C17* è il gestore degli edifici storici, egli è anche il destinatario della procedura qui illustrata.

3. DESCRIZIONE DELLA PROCEDURA

La procedura che viene qui di seguito presentata brevemente, fa riferimento ad uno studio ben più vasto sviluppato dagli autori e che è stato tra l'altro oggetto di una specifica tesi di Dottorato di Ricerca [3] e di altre pubblicazioni [4, 5].

Il nucleo della procedura è strutturato in due parti principali:

1. Valutazione dei Rischi;
2. Trattamento dei Rischi.

Preliminarmente vi è una fase dedicata all'analisi dell'edificio ed alla raccolta dati: tale fase è utile per fornire agli utenti tutte le informazioni necessarie per eseguire la procedura correttamente. Questo primo screening può essere fatto utilizzando check-list. Tutti i dati raccolti sono input per la fase di valutazione dei rischi che produce, come output, indici di rischio relativi ai parametri di controllo. La fase di trattamento del rischio deve essere eseguita successivamente in modo da mitigare i risultati provenienti dalla prima fase. Se risulta necessario intervenire con misure di mitigazione, la fase di valutazione del rischio deve essere condotta nuovamente per misurare l'efficacia delle azioni intraprese. Le due fasi sono rappresentate in figura 1.

3.1 Analisi dell'edificio e raccolta dati

Le informazioni utili per la procedura sono suddivise in due gruppi: i *dati esterni*¹ e i *dati interni*². L'insieme dei dati esterni è unico per ogni edificio, mentre gli insiemi di dati interni sono solitamente in numero maggiore di uno, a seconda della complessità dell'edificio.

3.2 Valutazione dei rischi

Per la valutazione dei rischi viene utilizzato un metodo di tipo semi-quantitativo basato sulla tecnica dello *AHP: Analytical Hierarchy Process* [6, 7]. Attraverso questo metodo è possibile

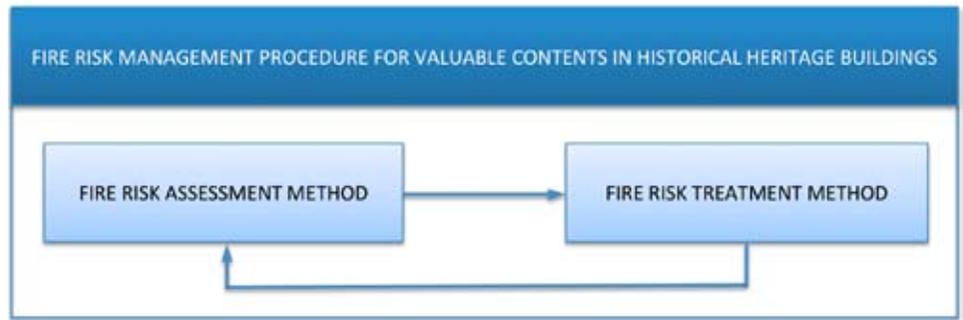


Figura 1: rappresentazione intuitiva dell'architettura della procedura.

dei beni preziosi dovuti sia alle caratteristiche architettoniche dell'edificio che alle strategie di gestione dei contenuti. *AHP* è una procedura analitica che funziona scomponendo il problema nelle sue parti costituenti; l'edificio deve quindi essere scomposto in una serie di parametri significativi che vengono gerarchicamente ordinati. La struttura proposta è costituita da 5 diversi livelli:

Livello 1 – STRATEGIA: rappresenta lo scopo finale che vogliamo raggiungere (*Valutazione del rischio incendio per i contenuti di valore negli edifici patrimonio storico*).

Livello 2 - OBIETTIVI: sono i parametri principali coinvolti nel calcolo *AHP*. Nella procedura proposta sono stati individuati tre obiettivi:

- *OB1: evacuazione*
- *OB2: efficacia dei vigili del fuoco*
- *OB3: propagazione del fuoco e del fumo*

Ogni livello successivo al secondo è composto da elementi appartenenti a due gruppi diversi: le caratteristiche esterne e le caratteristiche interne.

Livello 3-CARATTERISTICHE: Le caratteristiche interne sono definite per ciascun settore in cui è suddiviso l'edificio; le caratteristiche esterne sono definite una sola volta per l'intero edificio:

Caratteristiche esterne

- *EC1: altezza*
- *EC2: collegamenti verticali*
- *EC3: contesto*

Caratteristiche interne

- *IC1: impianti tecnici*
- *IC2: vie d'esodo*
- *IC3: struttura*

Livello 4 - FATTORI: I fattori esterni sono sei mentre quelli interni sono nove e sono definiti per ogni settore in cui è suddiviso l'edificio. Abbiamo un totale di 15 fattori.

Livello 5 - sotto-fattori: i sotto-fattori sono l'unità elementare della struttura gerarchica. I sotto-fattori si riferiscono a ciascuno dei fattori e si dividono in sottoinsiemi che comprendono un numero variabile di sotto-fattori. Il numero totale di sotto-fattori è 37, 16 esterni e 21 interni. La struttura gerarchica utilizzata nella procedura è rappresentata in figura 2.

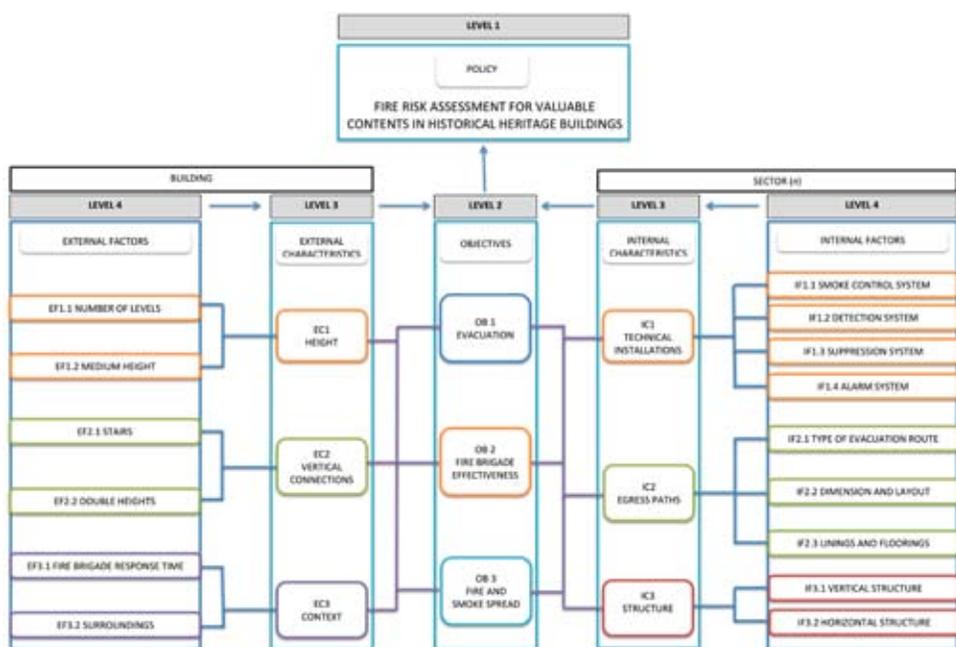


Figura 2: Rappresentazione della struttura gerarchica alla base del metodo di valutazione dei rischi [3].

Nel Metodo di Valutazione dei Rischi è necessario assegnare degli indici al livello inferiore della struttura e il sistema restituisce come output tre indici di rischio, uno per ciascun obiettivo (per gli indici di rischio è stata scelta una scala qualitativa da 0 a 9 riportata in tabella 1).

Indice di Rischio	Definizione
0	Nessun pericolo
1	Rischio molto lieve
2	Rischio lieve
3	Rischio molto moderato
4	Rischio moderato
5	Rischio medio
6	Rischio medio-alto
7	Rischio alto
8	Rischio molto alto
9	Rischio inaccettabile

Tabella 1: indici di rischio assegnati nella procedura.

Gli indici di rischio sono stati assegnati a ciascuno dei sub-fattori sulla base della letteratura e con il coinvolgimento diretto dei Vigili del Fuoco di Siena e Firenze, i quali hanno partecipato in fase di attribuzione degli indici assegnandoli secondo la loro competenza. In funzione della situazione rilevata nell'edificio, deve essere assegnato un indice di rischio specifico consultando apposite tabelle che riassumono tutti i possibili stati per ciascun parametro. I pesi agli elementi della struttura sono stati assegnati con una tecnica di raccolta dati basata su interviste selettive ad esperti in materia (tecnica chiamata 'metodo Delphi'³ [8]).

3.3 Trattamento dei rischi

La fase di trattamento del rischio ha inizio dopo il confronto tra i dati in output della prima fase della procedura ed i criteri di accettazione; nella procedura illustrata i criteri di accettazione sono *dependenti dallo specifico edificio e dai contenuti*. E' il gestore che deve indicare qual è il livello di rischio che può accettare, basando tale decisione sull'importanza e sul valore sia dell'edificio, sia dei contenuti. I criteri di accettazione si basano comunque su due soglie limite:

- il limite inferiore è definito come il valore in cui l'edificio ed il suo contenuto sono in una situazione positiva;
- il limite superiore è definito come un valore oltre il quale è obbligatorio adottare misure di mitigazione per la riduzione del rischio.

Si crea così un 'campo d'azione', compreso tra il limite inferiore e superiore, identificato come l'area all'interno della quale ci si attende di trovare la maggior parte degli edifici. Facendo riferimento alla tabella 1, l'indice '5: condizione di rischio' è il punto medio della scala. Intorno a questo punto centrale è stato creato il 'campo d'azione' di cui sopra. Nel presente contributo sono stati scelti i seguenti limiti:

- limite inferiore = 4;
- limite superiore = 5,5;
- e di conseguenza:
- Area Accettabile: $0 \leq \text{indice di rischio} \leq 5,5$;
- Area non accettabile: $\text{indice di rischio} > 5,5$;
- Area di azione: $4 \leq \text{indice di rischio} \leq 5,5$.

4.2. Mitigazione

L'obiettivo principale del Metodo di Trattamento dei Rischi è fornire indicazioni su come ridurre i possibili danni da incendio per i contenuti di valore. A questo fine è stato associato a ciascun obiettivo il relativo insieme di *Caratteristiche, Fattori e Sotto-fattori* che hanno maggiore influenza sull'*Obiettivo* stesso. Le misure di mitigazione sono quindi state associate a ciascun Sotto-fattore: una volta scelto l'*Obiettivo* da mitigare, è possibile scendere lungo la struttura gerarchica tramite legami di influenza relativa, dalle *Caratteristiche* fino ai *Sotto-fattori*, fino ad arrivare alle misure di mitigazione ad essi associate. In questo modo sono stati creati veri e propri percorsi da seguire per mitigare l'indice di rischio di ogni *Obiettivo*, conducendo l'utente dalla cima della struttura fino al livello inferiore. Ogni misura di mitigazione appartiene ad una delle due seguenti categorie, definite sulla base del 'costo' della misura stessa:

STRATEGIE DI GESTIONE

Tali misure di mitigazione sono considerate a 'costo zero' o almeno a un costo inferiore rispetto alle misure dell'altra categoria. Le Strategie di Gestione sono quelle misure che un manager può adottare senza la necessità di un intervento sul tessuto edilizio.

STRATEGIE DI INTERVENTO SULL'EDIFICIO

Tali misure di mitigazione hanno un costo più elevato rispetto alle misure della precedente categoria. In questa categoria sono compresi tutti quegli interventi che necessariamente modificano l'edificio: installazione di dispositivi tecnici, interventi sulla struttura dell'edificio, sulle facciate, sui collegamenti verticali e così via. Tali misure spesso non possono essere evitate per avere buone prestazioni in termini di protezione dei contenuti preziosi; sono però molto difficili da attuare pienamente a causa delle problematiche di compatibilità e di intervento sugli edifici storici.

5. Applicazione a Palazzo Chigi Saracini

La procedura è stata applicata a Palazzo Chigi Saracini a Siena; i principali dati utilizzati per l'applicazione della procedura al palazzo sono

tratti da [9]. Palazzo Chigi Saracini ha avuto un'evoluzione architettonica complessa che, a partire dal secolo XIII, lo ha portato all'attuale configurazione (il palazzo è stato ampliato nel sec. XVI, ristrutturato nella seconda metà del '700 e rinnovato all'inizio del '900). Nella sua configurazione attuale, l'edificio ha tre livelli interrati e cinque piani fuori terra. Al primo piano interrato ci sono alcuni locali tecnici e, soprattutto, molti spazi adibiti a deposito o archivio. Al secondo piano interrato ci sono locali scavati direttamente nel tufo che sono in gran parte inutilizzati. I piani fuori terra sono utilizzati per molteplici attività: ha qui sede l'accademia musicale Chigiana che svolge la propria attività con una scuola di musica estiva e concerti periodici che si tengono nel teatro del palazzo; è attivo il museo principale del palazzo ed il museo di strumenti musicali. Si evidenzia infine come all'ultimo piano siano presenti altri locali destinati a deposito o che potrebbero essere usati a tale scopo. Tra questi il locale "quadreria" in cui sono conservati dipinti di grande valore. A tale complessità di funzioni corrisponde un'alta complessità architettonica che fa sì che gli spazi destinati alle sopra descritte attività si sovrappongano parzialmente. Nonostante la quantità di funzioni elencate, la presenza di persone nell'edificio non è costante; l'affollamento più significativo si riscontra per i concerti e per la scuola di musica, attività concentrate in momenti precisi dell'anno. In tutti gli spazi del palazzo sono comunque conservati beni preziosi, siano essi opere d'arte o strumenti musicali di pregio. Al momento della raccolta dei dati per questa applicazione, nel palazzo non erano presenti impianti tecnologici fissi di prevenzione incendi.



Figura 3: una rappresentazione del palazzo [9].

Le porzioni di edificio (Settori) considerate nell'analisi sono:

- Settore 1: biblioteca;
- Settore 2: locali di deposito;
- Settore 3: museo degli strumenti musicali;
- Settore 4: museo;
- Settore 5: quadreria;
- Settore 6: teatro.

In Figura 4 sono individuati i settori.



Figura 4: individuazione dei settori

La procedura è stata applicata per la stima delle Caratteristiche Esterne e di quelle Interne, di seguito sono riportate le tabelle ed i grafici relativi ai risultati della procedura.

Nei grafici seguenti sugli assi abbiamo:

- $RI = Risk Index$ (Indice di Rischio), rappresenta l'indice di rischio proveniente dalla valutazione

della situazione attuale dell'edificio;

- $LMM = BI / RI$, rappresenta il livello di applicazione delle misure di mitigazione. Tale parametro dice 'quanto' è stato fatto nella prevenzione degli incendi rispetto a ciò che è possibile fare in futuro. Tanto maggiore è tale parametro, meno è possibile fare in attenuazione dei rischi.

- $BI = Best Index$ (Miglior Indice di Rischio), rappresenta l'indice di rischio che si può raggiungere in quell'edificio con la piena attuazione delle misure di mitigazione adatte per quella specifica situazione.

Caratteristiche Esterne

Si riporta di seguito la tabella di output della Procedura nella quale sono riportati gli indici di rischio delle Caratteristiche Esterne per i tre Obiettivi. Sono state valutate l'altezza dell'edificio ed il numero di piani, il sistema dei collegamenti verticali interni al fabbricato ed il contesto in cui l'edificio si colloca.

La Figura 5 mostra la rappresentazione relativa di indici di rischio per le Caratteristiche Esterne. I tre indicatori di rischio per gli Obiettivi sono in zone molto differenti; OB1 è ampiamente sotto la zona di azione, OB2 è in piena zona di azione mentre OB3 è nell'area di non accettabilità.

In accordo con la procedura è quindi necessario per il gestore attuare qualche azione volta a

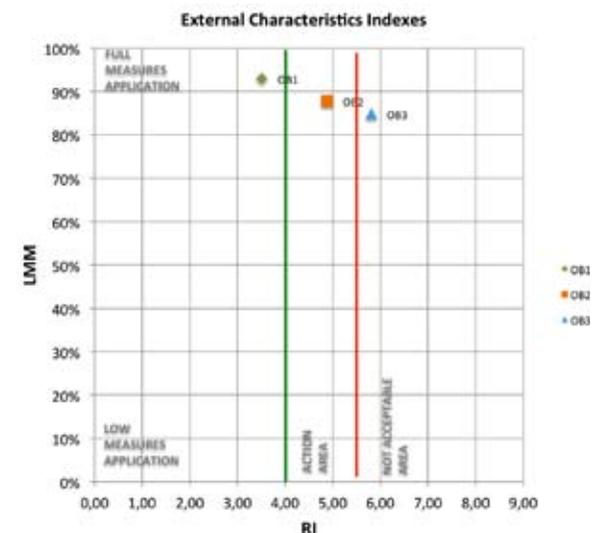


Figura 5: rappresentazione degli indici di rischio per le Caratteristiche Esterne nella situazione attuale.

mitigare l'indice OB3 – *Propagazione del fuoco e del fumo* – secondo il percorso di mitigazione riportato in figura 5.

Caratteristica	Fattore	Descrizione	OB1	OB2	OB3	
EC1	EF 1.1 n° di livelli	4 livelli, sottotetto, 2 livelli interrati	10,56			
	EF 1.2 altezza media	altezza media minore di 22m	7,00	9,14	9,49	
EC2	EF 2.1 scale	scale in numero sufficiente	0,00			
	EF 2.2 doppi volumi	un doppio volume, presenza di antiche canne fumarie	5,00	0,75	1,75	
EC3	EF 3.1 risposta dei vigli del fuoco	05-10 min	4,00			
	EF 3.2 contesto	In centro storico con restrizioni al traffico, 2 lati con accessibilità, strade abbastanza larghe	5,95	4,68	4,68	
RI				OB1	OB2	OB3
				3,51	4,88	5,81

Tabella 2: Indici di rischio per le Caratteristiche Esterne nella situazione attuale.

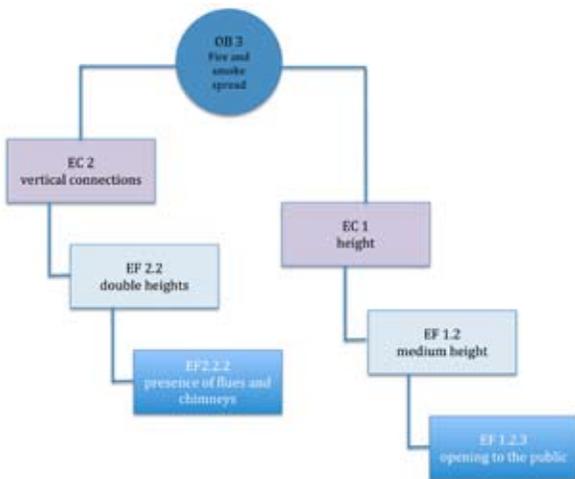


Figura 6: rappresentazione del percorso di mitigazione di OB3 rispetto alle caratteristiche esterne.

Considerando che tutti e tre gli obiettivi hanno alti livelli di LMM (Livello di applicazione delle Misure di Mitigazione), in virtù del percorso di figura 4, si deve agire sulla presenza di canne fumarie che rappresentano un veicolo di diffusione di fiamme e fumo. Per incrementare LMM è stato scelto quindi di ipotizzare la sigillatura di tali elementi. In figura 7 è rappresentato lo stato degli indici di rischio dopo la mitigazione di OB3.

Caratteristiche interne

Nei grafici seguenti sono riportati i risultati relativi alle Caratteristiche Interne dei sei settori. In accordo con la Procedura, per ogni settore sono stati valutati gli impianti tecnici antincendio presenti, il sistema delle vie di fuga, la tipologia di struttura e la preparazione delle squadre di gestione delle emergenze.

Per le Caratteristiche Interne, in molti dei settori tutti gli indici di rischio risultano non accettabili. Analogamente a quanto riportato per le caratteristiche Esterne, per ogni settore vengono scelti dei percorsi di mitigazione che conducono all'individuazione dei parametri sui quali agire, sia con strategie gestionali che con interventi sull'edificio. In particolare riportiamo di seguito gli interventi attuati per il settore 4 – museo e per il settore 5 – quadreria.

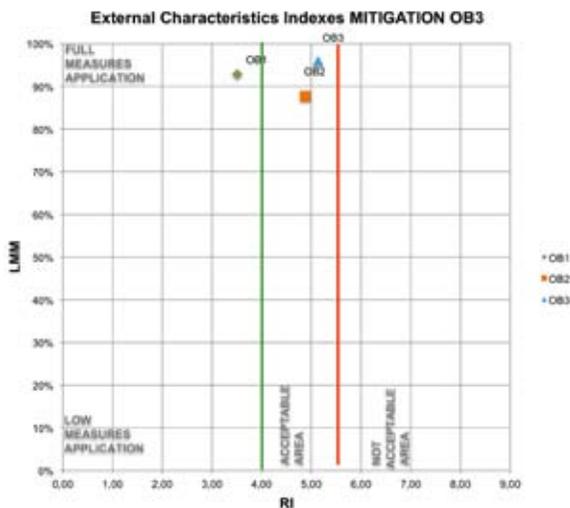


Figura 7: rappresentazione degli indici di rischio per le Caratteristiche Esterne nell'ipotesi di intervento sul fattore EF2.2.

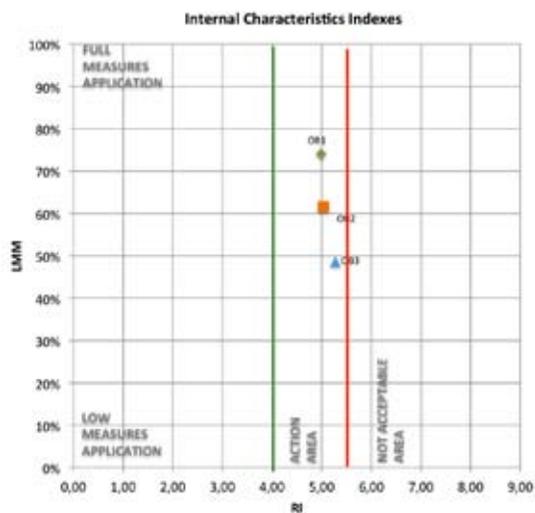


Figura 8: Settore 1 – Biblioteca, al secondo piano del palazzo. Tutti gli indici sono nell'area di accettabilità.

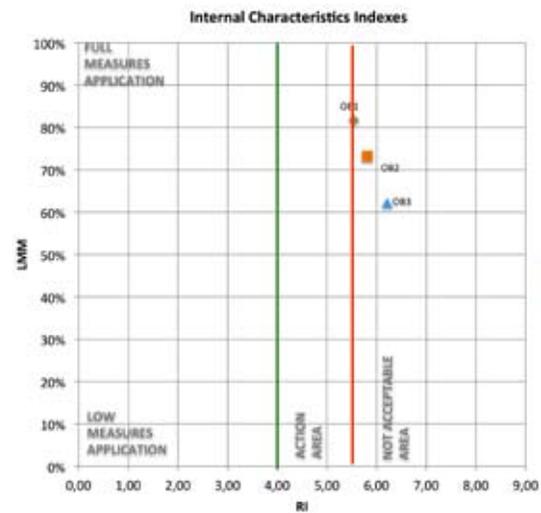


Figura 11: Settore 4 – museo principale, al primo piano. Nessun indice è nell'area di accettabilità.

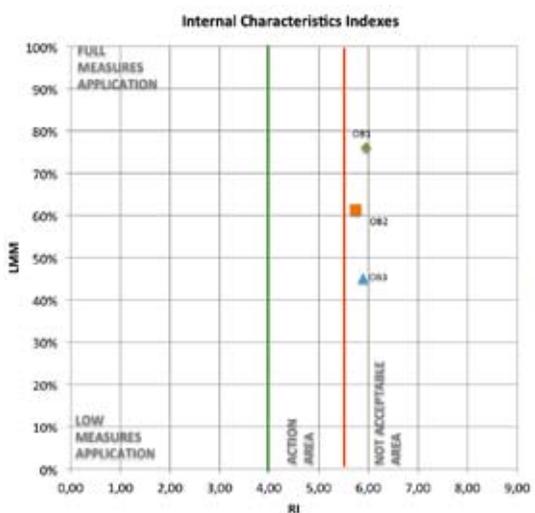


Figura 9: Settore 2 – depositi al piano interrato. Nessun indice è nell'area di accettabilità, ciò denota una criticità di tali locali.

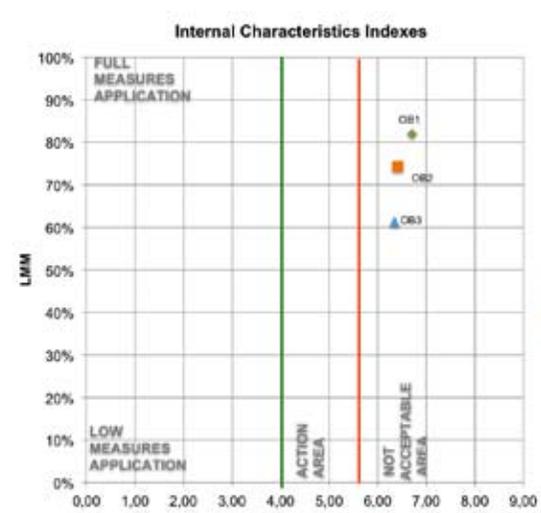


Figura 12: Settore 5 – quadreria, al terzo piano. Tutti gli indici sono fortemente non accettabili.

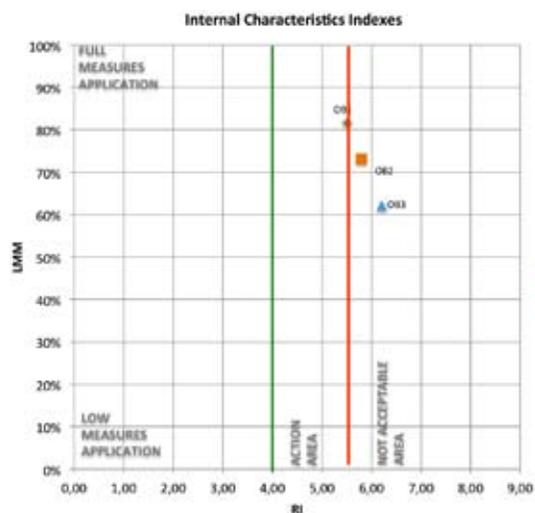


Figura 10: Settore 3 – museo degli strumenti musicali, a piano terreno. Nessun indice è nell'area di accettabilità.

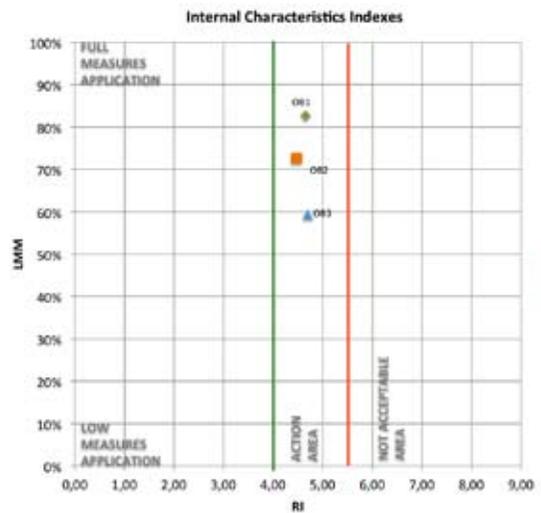


Figura 13: Settore 6 – teatro, al secondo piano. Tutti gli indici risultano accettabili.

Per il Settore 4, il museo principale, si sceglie di intervenire su OB3, poiché il suo livello LMM appare il più basso. Si propone quindi di utilizzare strategie gestionali che prevedono di formare la massima le squadre antincendio e di avviare, tramite esse, un monitoraggio rigoroso e documentato dello stato di conservazione dei presidi antincendio. In questo modo si riporta OB3 all'interno dell'area di accettabilità, registrando contestualmente effetti benefici secondari anche su OB1 e OB2, i quali rientrano anch'essi in zona di accettabilità.

Per il Settore 5, la quadreria, seguendo i medesimi criteri sopra esposti si sceglie di intervenire su OB2; lo si fa secondo una specifica struttura di mitigazione mediante strategie gestionali e non. Come strategia gestionale si porta al massimo la formazione delle squadre antincendio, in analogia a quanto fatto nel Settore 4. Come strategia diretta sul fabbricato si sceglie di installare un alto numero di rilevatori di fumo in tutto il settore.

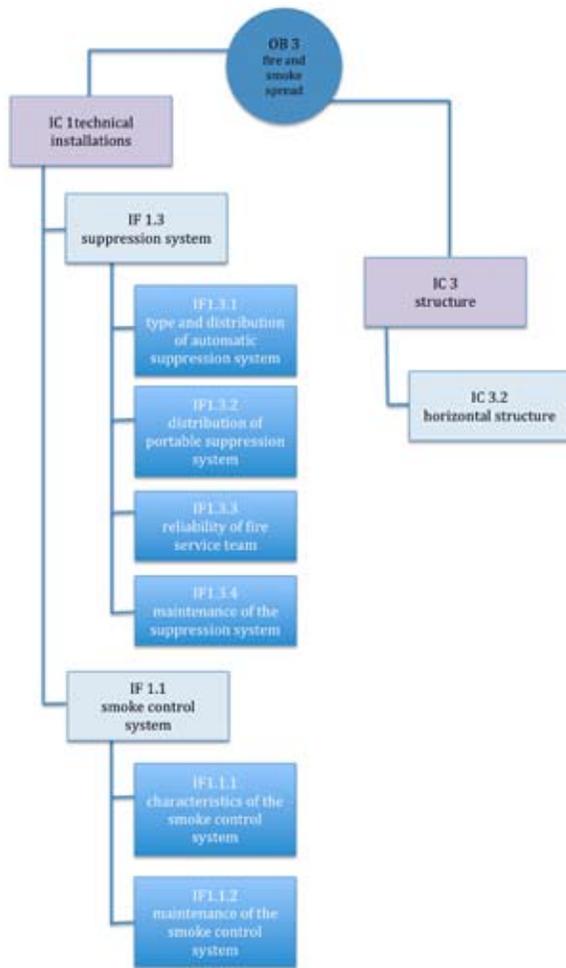


Figura 14: percorso di mitigazione dell'Obiettivo 3 con riferimento alle Caratteristiche Interne.

Dopo aver preso tali decisioni, gli indici non rientrano comunque nella soglia di accettabilità. In questo caso le alternative possibili sono due: intraprendere un altro percorso di mitigazione con interventi più pesanti per l'edificio (installazione di sistemi di spegnimento automatico e creazione di compartimenti) oppure lo spostamento dei beni preziosi dai locali dell'attuale quadreria

6. CONCLUSIONI

Il Palazzo Chigi Saracini ha una configurazione ed una distribuzione architettonica molto articolata e complessa, tale caratteristica è contemporaneamente fonte di vantaggi e svantaggi. In termini di Caratteristiche Esterne, la complessità nei collegamenti verticali rende

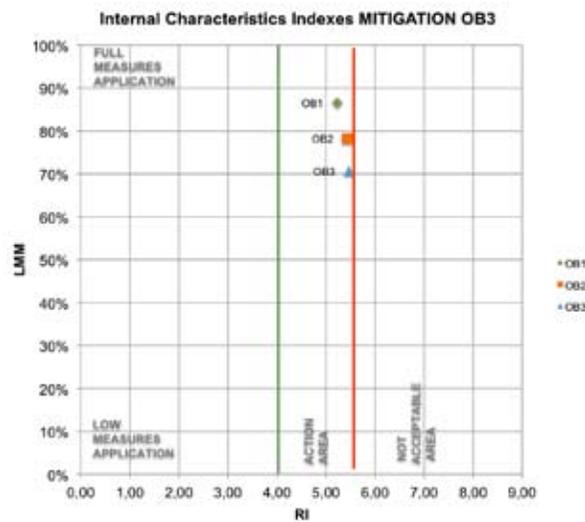


Figura 15: rappresentazione degli indici di rischio per le Caratteristiche Interne del Settore 4 nell'ipotesi di mitigazione di OB3.

sufficiente il numero di scale per l'evacuazione e assicura una certa efficacia dei vigili del fuoco in caso di intervento. La medesima complessità fa sì che l'indice di "Propagazione fumi e fiamme" sia relativamente alto. Allo stesso tempo, la quasi totale mancanza di impianti tecnici antincendio crea, rispetto alle caratteristiche interne, alti indici di rischio in molti settori. Un'altra osservazione importante è legata al livello di formazione e impegno delle squadre antincendio: per poter gestire il palazzo garantendo la salvaguardia dei beni culturali ivi contenuti, vi è la necessità di aumentare il numero dei componenti delle squadre ed il loro livello di formazione.

Il gestore di edifici storici complessi come Palazzo

Chigi Saracini è, come detto, il primo destinatario della procedura descritta; a tal proposito si può intravedere una possibile applicazione della procedura nel campo delle assicurazioni al fine di stabilire un rapporto tra indici di rischio provenienti dalla procedura e premi assicurativi da versare per la protezione dei contenuti di valore. Il procedimento proposto può inoltre essere il nucleo di un semplice software, utile per i gestori di edifici storici al fine di mantenere un elevato livello di sicurezza, sia per i contenuti che per l'edificio.

Note

1) I dati esterni comprendono tutte le caratteristiche architettoniche che possono essere attribuite all'edificio da un punto di vista macroscopico. Tutti i dati esterni non sono quindi variabili all'interno dello stesso edificio. Viene inoltre in questo ambito introdotto il contesto urbano della costruzione in relazione al suo comportamento in caso di incendio.

2) Ogni insieme di dati interni comprende tutte le caratteristiche tecniche e architettoniche dell'edificio che sono variabili all'interno dell'edificio stesso. Occorre quindi individuare dapprima quali settori dell'edificio devono essere analizzati. Questa scelta può essere fatta secondo la definizione di Settore:

- parte dell'edificio con la stessa destinazione d'uso;
- parte dell'edificio che è una singola unità architettonica (il livello di un edificio, una stanza particolare, un teatro, una sala, un salone a doppia altezza una serie di ambienti con caratteristiche comuni);
- parte dell'edificio che è un compartimento antincendio (rispetto alla definizione normativa)

3) Il metodo Delphi appartiene ai metodi di previsione soggettivi-intuitivi ed è stato sviluppato nel 1950 per migliorare l'uso delle previsioni degli esperti (C Okoli e S. D. Pawlowski 2004). In questa ricerca è stato scelto di applicare un metodo Delphi perché non ci sono dati statistici disponibili su questo specifico argomento: abbiamo a che fare con edifici e contenuti unici e parlare di dati statistici non ha qui alcun senso. Poiché invece il problema da trattare è complesso, è necessario raccogliere conoscenze provenienti da persone capaci di comprendere e gestire il problema da

diversi punti di vista. Gli esperti qualificati sono stati individuati in tre categorie:

- accademici;
- tecnici che lavorano nella gestione di edifici storici;
- vigili del fuoco.

Come background comune è stata identificata l'origine regionale degli esperti. Per rendere le risposte il più affidabili possibile, sono stati scelti solo esperti italiani (e in particolare con esperienza sul patrimonio storico della Toscana).

BIBLIOGRAFIA

[1] P. Vandeveld e E. Streuve, *Fire Risk Evaluation To European Cultural Heritage: FIRE TECH Decision Supporting Procedure - User Guide*, Department of Flow, Heat and Combustion Mechanics, Sint-Pietersnieuwstraat 41 - Gent (Belgium). (2005).

[2] I. M. Obe, *Built Heritage: Fire loss to Historic Buildings: Executive Summary of Recommendations*, Ed. Cost Action C17, Edinburgh 2007.

[3] T. Giusti, *"Fire Risk Management for Valuable Contents in Historical Buildings - A Fire Risk Management Procedure for Valuable Contents in Historical Heritage Buildings"*, ISBN 978-3-639-66808-7, OmniScriptum GmbH & Co. KG, 2014.

[4] T. Giusti, P. Capone e L. Nassi, *"Ottimizzazione della gestione della prevenzione incendi per gli edifici monumentali. Il caso studio della sede della Fortezza da Basso dell'OPD"*, OPD Restauro - casa editrice Centro Di, 24-2012.

[5] T. Giusti e P. Capone, *"Fire protection of valuable contents in historical buildings - A proposal for a management method by building design requirements"*, Il mattone mancante. Verso l'industria dell'ambiente costruito del 21° secolo, Atti del convegno ISTE A 2012 - Ed. Maggioli, 2012

[6] T. L. Saaty, *Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process*, 'Management Science', 32, 1986, pp. 841-855.

[7] T. L. Saaty, *Decision making with the analytic hierarchy process*, 'Int. J. Services Sciences', 1, 2008.

[8] C Okoli e S. D. Pawlowski, *The Delphi method as a research tool: an example, design considerations and applications*, 'Information and Management', 42, 2004, pp. 15–29

[9] F. Iocco e E. Serboli, *Progettare la sicurezza negli edifici monumentali. il caso studio del Palazzo Chigi Saracini a Siena*. Tesi di laurea triennale (relatore prof. Capone), Università degli Studi di Firenze, Facoltà di Ingegneria, 2010.

NOTE BIOGRAFICHE

Pietro CAPONE Professore associato presso il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università di Firenze, è titolare dei corsi di "Produzione Edilizia e Sicurezza", "Organizzazione del cantiere, sicurezza e qualità" e "Progettazione e sicurezza dei luoghi di lavoro". E' direttore del corso di perfezionamento post laurea dell'Università di Firenze in "Progettazione e sicurezza dei luoghi di lavoro" per ingegneri ed architetti. Relatore di numerose tesi di laurea e di dottorato, membro del direttivo nazionale della società scientifica Istea (Italian Society of Science, Technology and Engineering of Architecture); è autore di numerose pubblicazioni ed è relatore ad invito a convegni nazionali ed internazionali.

Tommaso GIUSTI Ingegnere edile libero professionista, dottore di ricerca in "Risk management on the built environment"; attualmente assegnista di ricerca presso il dipartimento DIDA dell'Università di Firenze. Si occupa di progettazione e sicurezza dei luoghi di lavoro sia in campo professionale che in ambito di ricerca nel settore della produzione edilizia, settore nel quale svolge didattica come tutor in corsi di laurea e post laurea.