

Ottimizzare la gestione delle informazioni: catalogazione e analisi critica dei dati raccolti attraverso la scheda sinottica allegata alla Circolare n. 15/2015

Optimizing the management of information: cataloguing and critical analysis of data collected through the Circular n. 15/2015 Form

Sabrina Taffarel¹, Maria Rosa Valluzzi², Francesca da Porto¹, Felice Giuseppe Romano³, Fabrizio Magani³, Claudio Modena¹ ■

Sommario

Negli ultimi anni, il Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo ha introdotto tra le sue attività un crescente coinvolgimento nelle pratiche di buona manutenzione degli edifici, quale strumento essenziale per garantirne la sicurezza strutturale. In questo contesto, si sono avvicendate iniziative per migliorare l'efficienza delle attività che coinvolgono la tutela del patrimonio architettonico-storico, al fine di incoraggiare lo sviluppo, negli uffici centrali e locali, di misure per la mitigazione del rischio sismico dei centri storici. Tra le più significative, la Circolare n.15/2015 definisce un nuovo approccio incrementale che coinvolge sia l'implementazione di interventi locali sugli edifici, al fine di migliorare la sicurezza strutturale senza costi aggiuntivi, sia il miglioramento dell'affidabilità delle mappe di rischio sismico. Lo studio proposto in questo articolo prevede la raccolta sistematica e l'elaborazione delle informazioni pervenute presso la Soprintendenza archeologia, belle arti e paesaggio per le provincie di Verona, Vicenza e Rovigo, a seguito della compilazione della Scheda sinottica allegata alla Circolare da parte dei progettisti, all'atto della presentazione di pratiche per il miglioramento sismico e la manutenzione straordinaria di edifici sottoposti a tutela (o parte di essi). L'attività, eseguita su un campione esteso di 161 schede sinottiche corrispondenti ad altrettanti edifici/unità immobiliari ha previsto l'analisi statistica in forma aggregata dei dati in esse contenuti con il fine di ottenere informazioni su tipologie costruttive, vulnerabilità ed interventi che interessano i beni tutelati presenti nell'area oggetto di analisi. Al fine di garantire la catalogazione e il continuo aggiornamento dei dati, questi ultimi sono stati informatizzati e inseriti in un geodatabase GIS, agilmente fruibile. Sul lungo termine, le informazioni inserite in tale strumento potranno essere utilizzate in studi nel campo della valutazione della vulnerabilità sismica e contribuire alla stima, a più ampia scala e mediante l'implementazione nelle mappe specifiche, del rischio sismico.

Parole chiave: ottimizzazione delle informazioni, vulnerabilità dei beni tutelati, Circolare n.15/2015, GIS geodatabase, sicurezza strutturale, mitigazione del rischio sismico.

Abstract

In recent years, the Ministry of Cultural Heritage and Tourism incentivized maintenance practices as an essential tool to ensure buildings structural safety. In this context, numerous initiatives have been developed both to improve the efficiency of activities involving the protection of architectural and historic heritage and to encourage the implementation of measures for the seismic risk mitigation of historic centers in central and local offices. Among the most significant ones, Circular No. 15/2015 defines a new incremental approach involving both the implementation of local interventions on buildings in order to improve their structural safety without additional cost and the improvement of seismic risk maps reliability.

The study proposed in this paper describes the systematic processing of information collected by the Superintendence of archeology, fine arts and landscape of Verona, Vicenza and Rovigo provinces through the form attached to the Circular No. 15/2015. The forms were filled by the designers when submitting procedures for the seismic improvement and extraordinary maintenance of listed buildings (or part of them). The activity carried out on 161 forms corresponding to buildings/properties concerns the statistical analysis of data collected therein, with the aim of obtaining information about typologies, vulnerabilities and interventions affecting the studied listed buildings. In order to ensure the cataloguing and the continuous data updating, information have been computerized into an easily usable GIS geodatabase. On the long run, these information can be adopted to assess buildings seismic vulnerability and can contribute to the seismic risk evaluation on a territorial scale through the implementation of specific maps.

Keywords: information optimization, listed buildings vulnerability, Circular No.15/2015, GIS geodatabase, vulnerability maps, structural safety, seismic risk mitigation.

¹ Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale - Università di Padova.

² Dipartimento dei Beni Culturali - Università di Padova.

³ Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per le Provincie di Verona, Vicenza e Rovigo.

1. Introduzione

Il presente articolo descrive le attività condotte dal Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale e dal Dipartimento dei Beni Culturali dell'Università degli Studi di Padova (UNIPD) in seno all'accordo di collaborazione con la Soprintendenza archeologia, belle arti e paesaggio per le provincie di Verona, Rovigo e Vicenza (SABAP-VR) finalizzate all'attivazione di iniziative congiunte nel campo della valutazione e mitigazione del rischio sismico del patrimonio architettonico di interesse storico artistico di singoli edifici e di agglomerati urbani siti nel territorio di competenza della SABAP-VR. Negli ultimi anni si è assistito ad un evidente aumento di sensibilità nei confronti di questo tema da parte di pubbliche amministrazioni e di enti preposti alla normazione (ISO-13822 2001) (ISO/DIS-13824 2008) (Circolare 617, 2009) (D.M. 14/01/2008, 2008). È interesse quindi di UNIPD sperimentare varie forme di collaborazione con gli enti preposti alla gestione e tutela del costruito, in particolare quello di significativa importanza storico-artistica, che prevedano anche che gruppi di lavoro integrati tra ricercatori universitari e funzionari degli enti sperimentino forme efficaci ed immediate di trasferimento di informazioni e conoscenze via via acquisite nell'ambito della ricerca.

Nello specifico, lo studio ha previsto l'analisi statistica in forma aggregata dei dati contenuti nelle Schede sinottiche allegata alla Circolare n. 15/2015 (Circolare 15, 2015), pervenute presso SABAP-VR tra settembre 2015 e settembre 2016.

L'area oggetto di studio comprende le provincie di Verona, Vicenza e Rovigo, più un approfondimento alla scala di Verona città. Il lavoro si propone di definire procedure utili alla gestione di informazioni già disponibili sul costruito, relative a specifiche tipologie o ad ambiti territoriali, raccolte con finalità diverse rispetto allo studio di vulnerabilità su scala territoriale (dati sul costruito desunti dalla progettazione di interventi locali per il miglioramento della sicurezza strutturale di unità immobiliari). L'obiettivo è quindi accrescere la conoscenza del costruito sfruttando informazioni raccolte tramite schede di rilievo già in possesso di enti di ricerca e istituzioni, al fine di contribuire alla definizione di una tassonomia del costruito basata su dati "poveri" (Taffarel S., 2016) (Cattari S., 2004) (Dell'Orto C., 2010) (Bernardini A., 2007). Sono inoltre individuati strumenti per la raccolta e l'elaborazione di tali informazioni (sistemi informativi geografici), a uso degli stessi enti, finalizzati a garantire un aggiornamento costante dei dati, nell'ottica di dare un contributo preliminare alla valutazione della vulnerabilità su scala territoriale e di mitigazione del rischio sismico. L'utilizzo di sistemi informativi per finalità simili è già stato proposto in più occasioni da diverse università e gruppi di ricerca, a conferma della versatilità potenziale di tale strumento e della sua significatività quale mezzo tra i più funzionali per la gestione di grandi quantità di informazioni di diversa natura (Rezaie F. 2015), (Nath S.K., 2015), (Carniel R., 2001), (Sinha R., 2008) e (P.S. Vicente R. 2008), (Rivas-Medina A., 2013), (F.T. Vicente R., 2014). È evidente quindi la necessità di rendere sempre più consolidato l'utilizzo di sistemi informativi che superino i limiti di un più comune database, consentendo l'integrazione di informazioni provenienti anche da diversi ambiti. In tale contesto, molte pubbliche amministrazioni utilizzano correntemente la cartografia GIS per ordinare i dati raccolti. La cartografia elaborata, qualora non contenga dati sensibili, è poi spesso resa disponibile gratuitamente, rivelandosi pertanto una forma divulgativa di grande efficacia

2. La circolare n. 15/2015 e relativa scheda sinottica quali strumenti per la raccolta di informazioni sul costruito a scala urbana

Nel 2015 il Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo ha emanato una Circolare (Circolare 15, 2015) basata su procedure di prevenzione che possono essere messe in pratica attraverso una diffusa conoscenza delle vulnerabilità degli edifici e dei possibili interventi da eseguire su di essi per preservare il patrimonio architettonico. La conoscenza delle strutture può essere ottenuta attraverso la sistematica raccolta di dati sulle stesse; a tal fine, le informazioni necessarie possono essere raccolte utilizzando la Scheda sinottica fornita in allegato alla Circolare, compilata da tecnici e professionisti in occasione della presentazione di pratiche per interventi di manutenzione straordinaria o miglioramento sismico su edifici tutelati (o parte di essi). In tal modo è possibile reperire informazioni sugli edifici senza comportare un aggravio di costi per il progettista ed il proprietario. Non sono richieste indagini e/o prove ulteriori rispetto a quelle svolte o da svolgersi in relazione agli interventi strutturali già previsti dalla pratica; tuttavia, si cerca di valorizzare l'osservazione critica che il progettista compie sull'edificio raccogliendo dati sulle caratteristiche costruttive. È richiesto, in particolare, di individuare le tipologie costruttive dei diversi elementi che compongono l'edificio e di mettere in luce, qualora siano presenti, eventuali criticità strutturali e vulnerabilità. Tale reperimento di informazioni è richiesto in relazione a tutti gli elementi costruttivi dell'edificio, siano essi oggetto dell'intervento o meno. Va tenuto presente che l'ispezione del progettista può essere limitata solo ad alcune parti dell'edificio e la scheda potrebbe quindi raccogliere informazioni parziali.

La scheda sinottica si struttura in 3 sezioni:

- Sezione A (Figura 1):
 - dati generali su localizzazione e proprietà: particolare interesse destano da un lato le informazioni sull'estensione dell'intervento fornite in questa sezione, fondamentali per comprendere se l'intervento stesso considera interi edifici o solo porzioni di essi, dall'altro quelle relative alla tipologia di intervento (manutenzione straordinaria o miglioramento sismico);

- Sezione B (Figura 2):
 - descrizione dell'intervento specificando se esso interessa la struttura portante e quali elementi costruttivi; esito di verifiche strutturali, qualora richieste;
 - informazioni su tipologie costruttive e vulnerabilità: per ciascun elemento costruttivo si richiede, qualora disponibile, il rilievo della tipologia costruttiva ed eventuali vulnerabilità rispetto alle azioni sismiche;
 - descrizione degli interventi di mitigazione del rischio sismico e/o eventuali riparazioni ed interventi locali previsti. La sezione mette in evidenza la relazione esistente tra vulnerabilità riscontrate ed intervento migliorativo.
- Sezione C (Figura 3):
 - interventi di miglioramento sismico: per i diversi Stati Limite si richiede la compilazione dei valori di riferimento associati alla valutazione di sicurezza, rispetto alla situazione ante e post operam.



Ministero dei beni e delle attività culturali e del turismo

SCHEDA SINOTTICA DELL'INTERVENTO
Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 9 febbraio 2011 recante: "Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti del 14 gennaio 2008".

PROTOCOLLO	Responsabile del procedimento
-------------------	-------------------------------

SEZIONE A- DATI GENERALI

Denominazione immobile
 sito in fraz./loc. (Prov.)
 Via n° CAP
 NC Edilizio Urbano foglio particella sub.

sottoposto a tutela ai sensi dell'articolo 10, comma 3, del d.lgs n. 42 del 2004 e s.m. con provvedimento

sottoposto a tutela ai sensi dell'articolo 10, comma 1, e dell'art. 12, comma 1, del d.lgs n. 42 del 2004 e s.m.i.

PROPRIETA'	DESTINAZIONE D'USO ATTUALE
<input type="checkbox"/> pubblica <input type="checkbox"/> privata <input type="checkbox"/> ente ecclesiastico <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> museo <input type="checkbox"/> biblioteca <input type="checkbox"/> uffici <input type="checkbox"/> servizi <input type="checkbox"/> archivio <input type="checkbox"/> struttura ricettiva-albergo <input type="checkbox"/> culto <input type="checkbox"/> abitazione <input type="checkbox"/>

CONTESTO URBANO	POSIZIONE	ESTENSIONE DELL' INTERVENTO
<input type="checkbox"/> centro urbano <input type="checkbox"/> centro storico <input type="checkbox"/> periferia urbana <input type="checkbox"/> area industriale /commerciale <input type="checkbox"/> area agricola <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Isolato <input type="checkbox"/> Connesso ad altri edifici su __ lati <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> intero edificio <input type="checkbox"/> porzione di edificio (piano) <input type="checkbox"/> intero piano <input type="checkbox"/> porzione di piano <input type="checkbox"/>

TIPOLOGIA DELL'INTERVENTO
<input type="checkbox"/> manutenzione straordinaria (compilare solo la sezione B) <input type="checkbox"/> miglioramento sismico (compilare sezioni B e C)

1 di 7

Figura 1
 Scheda sinottica allegata alla Circolare n. 15/2015: sezione A.

Figura 2
Scheda sinottica allegata alla
Circolare n. 15/2015:
sezione B, estratti.

TIPOLOGIE COSTRUTTIVE E VULNERABILITA' RILEVATE		
ELEMENTO COSTRUTTIVO	TIPOLOGIA COSTRUTTIVA	VULNERABILITA' RILEVATE
SOLAI/ VOLTE	<input type="checkbox"/> non rilevabile <input type="checkbox"/> legno <input type="checkbox"/> travi metalliche <input type="checkbox"/> latero-cemento <input type="checkbox"/> volte <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> non rilevabile <input type="checkbox"/> marcescenza <input type="checkbox"/> carenza di collegamenti <input type="checkbox"/> deformabilità eccessiva <input type="checkbox"/> assenza di catene nelle volte <input type="checkbox"/> assenza di capochiavi <input type="checkbox"/> catene ammalorate <input type="checkbox"/> capochiavi ammalorati <input type="checkbox"/> fessurazioni <input type="checkbox"/>
PARETI PORTANTI	<input type="checkbox"/> non rilevabile <input type="checkbox"/> muratura in pietra <input type="checkbox"/> muratura in mattoni <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> non rilevabile <input type="checkbox"/> deterioramento/ammaloramento <input type="checkbox"/> assenza o inefficacia degli ammassamenti <input type="checkbox"/> fessure <input type="checkbox"/> nicchie o cavità <input type="checkbox"/>
TRAVI	<input type="checkbox"/> non rilevabile <input type="checkbox"/> legno <input type="checkbox"/> acciaio <input type="checkbox"/> cemento armato	<input type="checkbox"/> non rilevabile <input type="checkbox"/> marcescenza <input type="checkbox"/> fessurazioni <input type="checkbox"/> appoggi non idonei <input type="checkbox"/>
STRUTTURA DI COPERTURA	<input type="checkbox"/> non rilevabile <input type="checkbox"/> travi in legno <input type="checkbox"/> travi metalliche <input type="checkbox"/> solaio latero-cemento <input type="checkbox"/> volte	<input type="checkbox"/> non rilevabile <input type="checkbox"/> strutture spingenti <input type="checkbox"/> assenza di controventature di falda <input type="checkbox"/> connessioni non idonee con la muratura sottostante <input type="checkbox"/> connessioni non efficaci dei nodi delle capriate <input type="checkbox"/>
FONDAZIONI	<input type="checkbox"/> non rilevabile <input type="checkbox"/> muratura <input type="checkbox"/> cemento armato <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> non rilevabile <input type="checkbox"/> cedimenti fondali <input type="checkbox"/>
ELEMENTI NON STRUTTURALI (cornicioni, parapetti, cornigioni, elementi aggettanti, ecc)	<input type="checkbox"/> presenti	<input type="checkbox"/> non rilevabile <input type="checkbox"/> distacchi/ deterioramenti <input type="checkbox"/> connessioni non efficaci con la struttura

3 di 7

INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO SISMICO PREVISTI /RIPARAZIONI E INTERVENTI LOCALI

Interventi volti a ridurre le carenze dei collegamenti pareti-pareti e pareti-solai

<input type="checkbox"/> inserimento di tiranti a livello dei solai	<input type="checkbox"/> metallici	<input type="checkbox"/> altri materiali
<input type="checkbox"/> cerchiature esterne	<input type="checkbox"/> con elementi metallici	<input type="checkbox"/> con materiali compositi
<input type="checkbox"/> ammassamenti, tra parti adiacenti o tra murature che si intersecano, con la tecnica scuci e cucci (con elementi lapidei o in laterizio);		
<input type="checkbox"/> cordoli in sommità alla muratura per collegare le pareti, in una zona dove la muratura è meno coesa e per migliorare l'interazione con la copertura		
<input type="checkbox"/> muratura armata	<input type="checkbox"/> acciaio	<input type="checkbox"/> calcestruzzo armato
<input type="checkbox"/>		

Interventi volti a ridurre le spinte di archi e volte ed al loro consolidamento

<input type="checkbox"/> inserimento di catene	
<input type="checkbox"/> contrafforti o ringrossi murari	
<input type="checkbox"/> placcaggio con fasce di materiale composito	<input type="checkbox"/> sotlarco in muratura per spinte a vuoto
<input type="checkbox"/> riduzione dei carichi all'estradosso	
<input type="checkbox"/> consolidamento della muratura	

Interventi volti a ridurre l'eccessiva deformabilità dei solai ed al loro consolidamento

<u>Intervento di leggero irrigidimento:</u>		
<input type="checkbox"/> secondo tavolato sovrapposto a quello esistente, disposto con andamento ortogonale o inclinato;		
<input type="checkbox"/> rinforzi con bandelle ad andamento incrociato;	<input type="checkbox"/> con elementi metallici	<input type="checkbox"/> con materiali compositi
<input type="checkbox"/> controventamento realizzato con tiranti metallici		
<input type="checkbox"/>		
<u>Intervento di consolidamento statico del solaio per le azioni flessionali:</u>		
<input type="checkbox"/> secondo tavolato, con tavoloni ortogonali collegati alle travi		
<input type="checkbox"/> rinforzo con soletta collaborante in calcestruzzo		
<input type="checkbox"/> con sottili caldane armate in calcestruzzo alleggerito all'estradosso (solai a travi in legno e piarelle di cotto)		
<input type="checkbox"/> collegamento dei profili con bandelle metalliche trasversali, poste all'intradosso o all'estradosso (solai a struttura metallica con interposti elementi in laterizio)		

4 di 7

Figura 3
Scheda sinottica allegata
alla Circolare n. 15/2015:
sezione C.

SEZIONE C - INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO		
VALUTAZIONE DEL LIVELLO DI SICUREZZA ANTE E POST OPERAM (analisi globale)		
Indicatori di sicurezza ante operam		Valore assunto per il coefficiente "a": _____
Stato limite	Rapporto fra le accelerazioni	Rapporto fra i periodi di ritorno
di collasso (s_{ce})	$(PGA_{col}/PGA_{col})^*$	$(TR_{col}/TR_{col})^*$
di salvaguardia della vita (s_{sv})	$(PGA_{sv}/PGA_{sv})^*$	$(TR_{sv}/TR_{sv})^*$
di danno (s_{da})	$(PGA_{da}/PGA_{da})^*$	$(TR_{da}/TR_{da})^*$
di operatività (s_{op})	$(PGA_{op}/PGA_{op})^*$	$(TR_{op}/TR_{op})^*$
di danno ai beni artistici (s_{ba})	$(PGA_{ba}/PGA_{ba})^*$	$(TR_{ba}/TR_{ba})^*$
Indicatori di sicurezza post operam		Valore assunto per il coefficiente "a": _____
Stato limite	Rapporto fra le accelerazioni	Rapporto fra i periodi di ritorno
di collasso (s_{ce})	$(PGA_{col}/PGA_{col})^*$	$(TR_{col}/TR_{col})^*$
di salvaguardia della vita (s_{sv})	$(PGA_{sv}/PGA_{sv})^*$	$(TR_{sv}/TR_{sv})^*$
di danno (s_{da})	$(PGA_{da}/PGA_{da})^*$	$(TR_{da}/TR_{da})^*$
di operatività (s_{op})	$(PGA_{op}/PGA_{op})^*$	$(TR_{op}/TR_{op})^*$
di danno ai beni artistici (s_{ba})	$(PGA_{ba}/PGA_{ba})^*$	$(TR_{ba}/TR_{ba})^*$
MINIMO MOLTIPLICATORE DI COLLASSO ANTE E POST OPERAM (analisi per meccanismi locali)		
ante operam $\lambda =$ _____		post operam $\lambda =$ _____

I dati di vulnerabilità ricavati dall'applicazione della Scheda permettono di individuare alcune carenze dell'edificio che possono peggiorare il suo comportamento sismico. Il ventaglio di interventi prevedibili in seguito all'identificazione delle vulnerabilità è costituito, per la maggior parte, da interventi di tipo puntuale e di minimo impatto. Essi possono, tuttavia, comportare un miglioramento in termini di risposta della struttura anche considerevole e, di conseguenza, ridurre in modo significativo il rischio a cui l'edificio è sottoposto.

Allo stesso tempo, le informazioni raccolte tramite schedatura consentono di sviluppare un ulteriore percorso, non più a scala di singolo edificio ma territoriale, che prevede l'approfondimento della conoscenza del costruito e delle sue vulnerabilità su base regionale. I dati raccolti possono quindi contribuire alla definizione di giudizi di vulnerabilità sul costruito di una data area, che possono a loro volta essere inclusi in mappe. Queste ultime risultano strumenti utili per stilare graduatorie di vulnerabilità che evidenzino, a parità di pericolosità ed esposizione, quali sono i beni più a rischio. Definire, anche solo qualitativamente, la vulnerabilità di ciascun edificio favorisce, infatti, la pianificazione di priorità sul costruito, utili alla gestione della tutela (allocazione di finanziamenti per interventi atti ad incrementare la sicurezza sismica dell'edificato, etc.). Le mappe di vulnerabilità, inoltre, costituiscono un utile riferimento per prevedere gli scenari attesi in seguito ad un sisma. Tale previsione è essenziale per la redazione dei Piani di Protezione Civile, costituiti dal Programma di Previsione e Prevenzione e dal Piano d'Emergenza. In questa prospettiva, la possibilità di minimizzare il danno risiede nell'assicurare che il sistema del soccorso, inteso come complesso di soggetti, risorse strategiche e procedure operative, operi con elevati profili di efficienza temporale ed organizzativa (Dolce, 2004).

Si innesca, pertanto, un processo virtuoso, utile al conseguimento di un reale miglioramento della sicurezza sismica, perseguibile mediante lo sviluppo di un percorso che coinvolge in maniera continuativa tutte le figure implicate nel processo di costruzione e manutenzione degli edifici (proprietari, progettisti, costruttori, pubblici uffici etc.) (Modena, 2014).

3. Analisi di tipologie componenti, vulnerabilità e interventi: elaborazione delle informazioni raccolte tramite scheda e valutazione della qualità dell'informazione

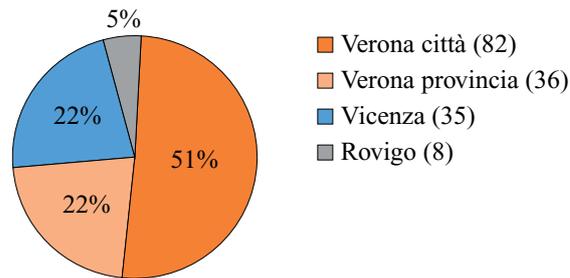
I dati ottenuti tramite tale scheda sinottica ben si prestano ad essere rielaborati in forma aggregata con il fine di raccogliere informazioni in merito a tipologie costruttive, vulnerabilità ed interventi che interessano i beni presenti in una data area, indispensabili ad accrescere la conoscenza del costruito esistente e delle sue criticità. Si configura quindi un percorso di tipo incrementale, in cui l'aggiornamento continuo consente di affinare le stime effettuate e di apportare, sul lungo periodo, valutazioni sempre più attendibili del comportamento sismico degli edifici.

Il presente studio, come indicato, riguarda l'analisi statistica in forma aggregata di 161 schede sinottiche raccolte presso SABAP-VR in occasione della presentazione di pratiche di intervento su beni tutelati, presentate nell'arco temporale di circa dodici mesi, ossia compreso tra la data di pubblicazione della Circolare n.15/2015 (01/09/2015) ed il 15/09/2016.

Riferendosi a tale campione, le schede sono distribuite entro le tre provincie, concentrate principalmente in territorio veronese (73%, di cui Verona città 51%, 82 Schede e Verona provincia 22%, 36 Schede), mentre il restante 27% tra quello vicentino (Vicenza città e provincia 22%, 35 Schede) e rodigino (Rovigo città e provincia 5%, 8 Schede) (Figura 4).

L'analisi preliminare del campione dei casi studio disponibile denota che sono stati sottoposti a miglioramento sismico un totale di 10 edifici (6%) contro 63 edifici in manutenzione straordinaria (39%); schede non rilevanti interventi nella struttura portante riguardano invece il 55% dei casi (88 edifici). Tale dato incide in modo significativo sul riconoscimento della tipologia di interventi previsti per le costruzioni, che in più del 50% dei casi non risultano quindi migliorativi della struttura portante

Figura 4
Distribuzione geografica delle schede oggetto di analisi.



degli edifici. Dato rilevante, invece, per i 3 parametri valutati (tipologia costruttiva, vulnerabilità e interventi) è l'informazione sull'estensione dell'intervento. Quest'ultima infatti consente qualitativamente di valutare l'estensione dell'informazione che ci si aspetta di ottenere attraverso la scheda, in quanto più ampia sarà l'area oggetto di studio, maggiori e più complete saranno auspicabilmente le informazioni raccolte: in questo caso, le schede che riguardano interventi su porzioni di edificio sono in netta maggioranza rispetto a quelle relative all'intero edificio (111 per le prime, 35 per le seconde).

Osservando i dati raccolti nella loro totalità si riscontrano buone percentuali di rilevamento. L'86% delle Schede (138) rileva la tipologia costruttiva di almeno uno degli elementi strutturali che compongono l'edificio (Figura 5), mentre solo il 14% (23 Schede) non rileva alcuna di esse. Per il 42% degli edifici Schedati (67) è rilevata almeno una vulnerabilità (Figura 6). Il 28% (45) rileva vulnerabilità per le quali sono previsti interventi di mitigazione. L'8% (13) rileva casi in cui sono previsti interventi mitigativi solo per alcune delle vulnerabilità presenti; il 6% (9) definisce contesti in cui queste ultime sono rilevate senza che sia previsto alcun tipo d'intervento. Il 14% delle Schede (22) individua edifici con vulnerabilità non mitigate. Oltre a quest'ultimo dato, già di per sé rappresentativo delle criticità strutturali ancora presenti negli edifici oggetto di studio, è importante ricordare la presenza di un alto numero di schede non rilevanti vulnerabilità (94 su 161); quest'ultima condizione non è necessariamente rappresentativa di assenza di queste ultime sulle strutture indagate, ma segnala invece una non rilevabilità del dato (e, di conseguenza, la mancata individuazione di opportuni possibili interventi mitigativi). La scheda è compilata raccogliendo sia le informazioni strettamente connesse alla porzione di edificio da sottoporre ad intervento, sia quelle ottenute da indagine visiva sulle strutture. È noto che tale tipologia di ispezione non permette di indagare con il dovuto dettaglio la consistenza del costruito, che potrebbe essere conseguita solo attraverso indagini più approfondite. Si segnala, quindi, la necessità di procedere ad una lettura critica dei dati ottenuti dall'analisi in forma aggregata delle schede.

Per quanto riguarda gli interventi (Figura 7), si riscontra una ripartizione tra un 6% (10) di schede che definiscono interventi di miglioramento sismico ed un 39% (63) che individuano manutenzioni straordinarie.

L'analisi dei dati, come già definito precedentemente, consente di ottenere informazioni su tipologie, tecniche e tecnologie costruttive più diffuse tra i beni tutelati schedati entro l'area territoriale considerata. In generale, le percentuali di rilevamento tipologico risultano significativamente alte se rapportate all'intero campione (coperture rilevate quasi nel 60% degli edifici, solai e pareti portanti nel 70%). Sulle singole voci emerge, inoltre, una significativa varietà nelle tecniche costruttive impiegate.

Figura 5
Rilievo tipologie.

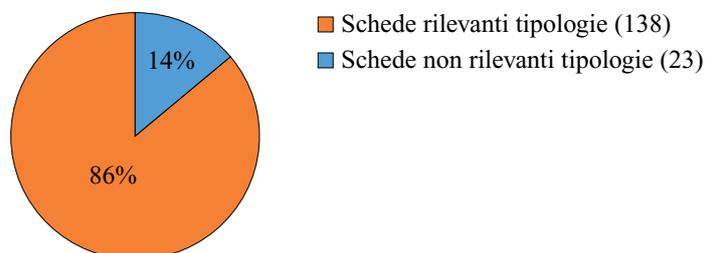
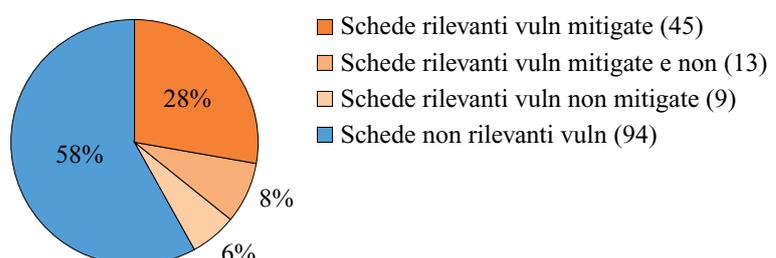


Figura 6
Rilievo vulnerabilità.



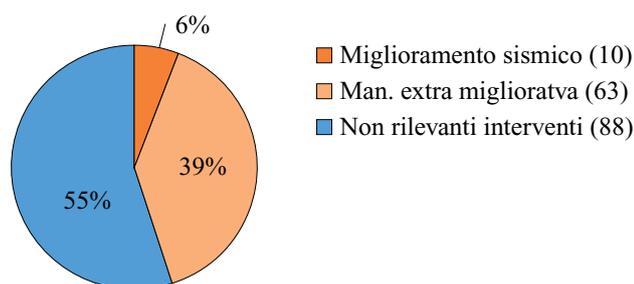


Figura 7
Rilevo interventi.

te, di cui si evidenziano percentuali non trascurabili di solai (30%) e coperture (20%) in latero-cemento, così come di pareti portanti (10%) in muratura mista.

Analogamente, è possibile analizzare i dati raccolti in merito alle vulnerabilità. Si rileva la loro presenza a livello di orizzontamenti, in particolare in merito a carenze di collegamenti (32%), deformabilità eccessiva (17%), marcescenza (17%), assenza o ammaloramento di catene (15%), oppure fessurazioni (12%). Nel 27% dei casi si rilevano vulnerabilità sulle pareti portanti identificate come fessure (29%), deterioramenti/ammaloramenti dei materiali (29%), nicchie o cavità (18%), assenza o inefficacia degli ammorsamenti (13%). In 22 edifici (21%) è invece la copertura a risultare vulnerabile, a causa di carenze di collegamento con la muratura sottostante (40%), assenza di controventamento di falda (19%), inefficacia del collegamento dei nodi delle capriate (16%), oppure strutture spingenti (9%). Anche in tal caso le percentuali complessive rilevate risultano significative, considerando che quasi il 30% delle pareti portanti presenta almeno una vulnerabilità e così pure il 20% dei solai e delle coperture.

Ulteriori osservazioni sono possibili in relazione alle tecniche di intervento correntemente applicate su tali beni. Sulla totalità degli edifici (102), per 20 di essi (20%) sono previsti interventi pareti-pareti e pareti-solai. La tecnica più impiegata è la realizzazione di cordoli in sommità (39%), la quale considera diverse soluzioni (15% cordoli in c.a.; 12% cordoli in muratura armata; 9% cordoli in acciaio; 3% cordoli in altro materiale). Segue l'inserimento di tiranti (28%), esclusivamente in acciaio (non vi è alcun impiego di tiranti in FRP); emerge, quindi, la tendenza da parte dei progettisti a prediligere, per questa tecnica, l'impiego di materiali tradizionali. Altra tecnica tradizionale di largo impiego è quella dello scuci-cuci (24%). Si registra, infine, un impiego limitato della tecnica di cerchiatura (9%), eseguita sia con materiali metallici (6%) che con materiali compositi (3%). Su 9 edifici (9%) sono previsti interventi volti a ridurre le spinte di archi e volte e al loro consolidamento. Le tecniche più impiegate, anche in questo caso, sono tradizionali: tra di esse il consolidamento della muratura (60%), l'inserimento di catene (20%) e la riduzione dei carichi all'estradosso (10%). Al 10% si registrano placcaggi con fasce di materiale composito. Su 15 edifici (15%) sono previsti interventi d'irrigidimento dei solai, che risultano essere al 54% interventi di leggero irrigidimento (25% secondi tavolati; 14% bandelle metalliche; 7% controventamenti con materiali metallici; 4% bandelle con materiali compositi) ed al 46% interventi di rinforzo contro azioni di tipo flessionale (32% secondi tavolati collegati alle travi esistenti, 7% solette collaboranti in c.a., 7% bandelle metalliche in solai metallici). Si può notare che l'intervento più impiegato per eseguire l'irrigidimento dei solai consiste nell'inserimento di tavolati in legno (57%); le solette collaboranti in c.a. sono invece impiegate solo nel 7% dei casi. Su 23 edifici (23%) sono previsti interventi sulla copertura. È possibile notare una significativa esecuzione di interventi volti a collegare la struttura di copertura con la parte terminale della muratura in elevato (38%); seguono altri tipi d'intervento (al 16% collegamenti dei nodi delle capriate, al 6% irrigidimenti di falda, al 6% limitazione delle masse, al 3% compensazione di tetti spingenti). L'elevata variabilità è legata al fatto che le coperture appartengono a diverse categorie tipologiche, che comportano altrettanto diversificate vulnerabilità. Su 25 edifici (25%) sono inoltre previsti interventi volti ad incrementare la resistenza degli elementi murari. Queste risultano essere al 48% interventi di scuci-cuci, al 38% interventi di miglioramento delle proprietà meccaniche della muratura (23% ristilatura dei giunti; 13% iniezioni di miscele consolidanti; 2% tirantatura diffusa), al 6% interventi di miglioramento del collegamento tra paramenti murari mediante perforazioni armate, al 6% rinforzo flessionale mediante placcaggio con FRP. Si rileva un largo impiego di tecniche di tipo tradizionale (scuci-cuci e ristilatura giunti), tuttavia le più moderne registrano percentuali non trascurabili (25%, tra cui iniezioni di miscele leganti, placcaggio con FRP e perforazioni armate). Su 5 edifici sono previsti interventi su pilastri e colonne (ricostruzioni o realizzazione di collegamenti, incollaggi con resine, inserimento di anime metalliche o tiranti verticali precompressi). Su 7 edifici (7%) sono definiti interventi in fondazione, che si configurano come collegamenti con nuove fondazioni superficiali. Non sono previste sottofondazioni profonde localizzate od interventi volti al consolidamento dei terreni. Le percentuali sopra riportate rivelano le scelte dei progettisti in merito agli interventi più idonei da proporre. Significativo è il confronto tra l'impiego di tecniche tradizionali ed innovative, che evidenzia quanto i progettisti siano a conoscenza delle tecniche più moderne e sappiano applicarle correttamente, dimostrando attenzione nei confronti della scelta di interventi idonei alla tipologia di beni in oggetto (beni tutelati), fedeli ai principi del restauro e che non alterino in modo significativo la struttura. È comunque importante sottolineare che le autorizzazioni per l'esecuzione di interventi devono essere concesse

dall'ente preposto (Soprintendenza) e passano al vaglio di tecnici esperti, che ne valutano l'applicabilità e la fattibilità nel rispetto del costruito sottoposto a tutela. Inoltre, informazioni pervenute dalla Scheda sulle tecniche costruttive moderne applicate nei decenni precedenti agli edifici storici permettono di individuare gli interventi già eseguiti sul bene che potrebbero inficiarne il comportamento (tecniche poco efficaci o che limitano la sicurezza sismica del costruito). In generale, si riscontra che gli interventi tradizionali proposti siano in rapporto di 3 a 1 rispetto a quelli moderni.

È inoltre importante ribadire che le Schede presentate spesso non fanno riferimento all'intero edificio, ma a porzioni dello stesso (solitamente singole unità immobiliari), e pertanto non sono sempre rappresentative dell'intera struttura. Ad ogni modo tali dati, soprattutto se digitalizzati entro database o sistemi informativi, possono essere integrati o ampliati in occasione di successive richieste di intervento su altre porzioni dell'edificio, oppure approfondite, in caso di ulteriori interventi sulla porzione in oggetto. La procedura presenta un approccio incrementale in cui la conoscenza dell'edificio non si conclude con un singolo sopralluogo ma può essere aggiornata periodicamente. Risulta pertanto indispensabile definire strumenti che consentano di conservare le informazioni a disposizione in forma chiara e funzionale e accoglierne di nuove.

4. Il GIS come strumento per la rappresentazione e lo studio critico-integrato dei dati raccolti tramite schedatura

Il GIS è un sistema informativo computerizzato finalizzato all'acquisizione, registrazione, analisi, visualizzazione e restituzione grafica di informazioni derivanti da dati geografici (geo-riferiti). Tale sistema permette la produzione, gestione e analisi di dati spaziali, in cui a ciascun elemento geografico si associano una o più descrizioni alfanumeriche, memorizzate all'interno di strutture di tipo DBMS (DataBase Management System). Numerosi sono i programmi GIS presenti in commercio: per questa applicazione si è scelto di impiegare il software ArcGIS (Crosier S., 2005).

L'analisi GIS permette di eseguire un notevole numero di operazioni che vanno dalla semplice visualizzazione grafica dei dati inseriti fino a complesse elaborazioni analitiche. Le query (ricerca e selezione, all'interno di una classe di elementi, di un numero limitato di essi definiti sulla base di alcuni parametri oggetto della ricerca) risultano uno strumento molto utile per incrociare informazioni di diversa natura, in modo immediato e graficamente efficace. In particolare, nel caso in oggetto, ottenere informazioni incrociate su tipologie-vulnerabilità-interventi (ovvero: su quali e quanti elementi costruttivi sono presenti quali e quante vulnerabilità e quali e quanti interventi sono stati eseguiti sugli stessi) potrebbe risultare un'operazione poco immediata se condotta utilizzando dei tradizionali fogli di calcolo. Il GIS consente invece di eseguire delle interrogazioni sui dati che permettano di ottenere gli stessi risultati in tempi rapidi e con una istantanea resa grafica. Inoltre, un'altra potenzialità non trascurabile di tale strumento, è la possibilità di aggiornare continuamente le informazioni via via disponibili sugli edifici, creando un univoco database georeferenziato. Si è proceduto quindi alla raccolta delle informazioni presenti nelle schede sinottiche disponibili, ad oggi a fini di ricerca solo per il centro storico di Verona, entro tale sistema informativo geografico, con l'obiettivo di creare uno strumento utile alle pubbliche amministrazioni (Soprintendenza, in questo caso) per la catalogazione dei dati raccolti. Tali dati potranno poi essere utilizzati per condurre valutazioni di vulnerabilità su scala territoriale e integrati con ulteriori mappe legate all'esposizione e alla pericolosità, definendo mappe di rischio sismico dinamiche, aggiornabili progressivamente con nuove informazioni disponibili.

Per l'attività ivi descritta, sono stati implementati in GIS i seguenti strumenti, ad oggi a disposizione:

- Carta Tecnica Regionale per la Regione Veneto (CTR) (Regione_Veneto, 2016), di cui sono stati utilizzati, in particolare, gli elementi "fabbricati ed insediamenti";
- Dati geografici in formato shape ed i relativi dati censuari in formato tabellare (ISTAT), in particolare i file relativi alle aree subcomunali, ovvero i lotti cittadini;
- Cartografia rappresentante l'accelerazione di picco massima attesa al suolo (Regione_Veneto, 2016).

Per il centro storico della città di Verona, la base cartografica utilizzata è il file shape della CTR, debitamente modificato inserendo nel database una voce corrispondente all'indirizzo dell'edificio rappresentato e sovrapponendovi un'immagine raster, creata partendo da un fotopiano opportunamente georeferenziato (Figura 8) (Salmaso, 2016).

I dati relativi alle schede sinottiche considerate (48 schede, relative ad altrettanti edifici ricadenti nel centro storico della città di Verona) vengono inseriti in un foglio csv e importati nel software GIS. Il numero di schede indicato è maggiorato rispetto alle percentuali precedentemente indicate, in quanto si sono aggiunti all'elenco altri 9 beni, preliminarmente schedati utilizzando una versione sperimentale della scheda (creata da UNIPD, in seguito ulteriormente semplificata, e diventata l'attuale Scheda sinottica). Le informazioni alfanumeriche in esso contenute sono state associate alla loro rappresentazione shape grazie alla voce di indirizzo (Figura 9).

Una volta creato il geodatabase, è stato possibile raggruppare le informazioni per tipo (tipologie costruttive, vulnerabilità ed interventi) e per elemento costruttivo (orizzontamenti, pareti portanti, copertura, fondazioni ed elementi non strutturali), stabilendo per ciascuna di esse una rappresentazione grafica (Figura 10).

La catalogazione dei dati tramite layer consente di affrontare agilmente l'analisi incrociata tra tipologie e relative vulnerabilità e quella tra vulnerabilità e interventi correlati alla loro riduzione, favorita da una resa grafica efficace (Figura 11).

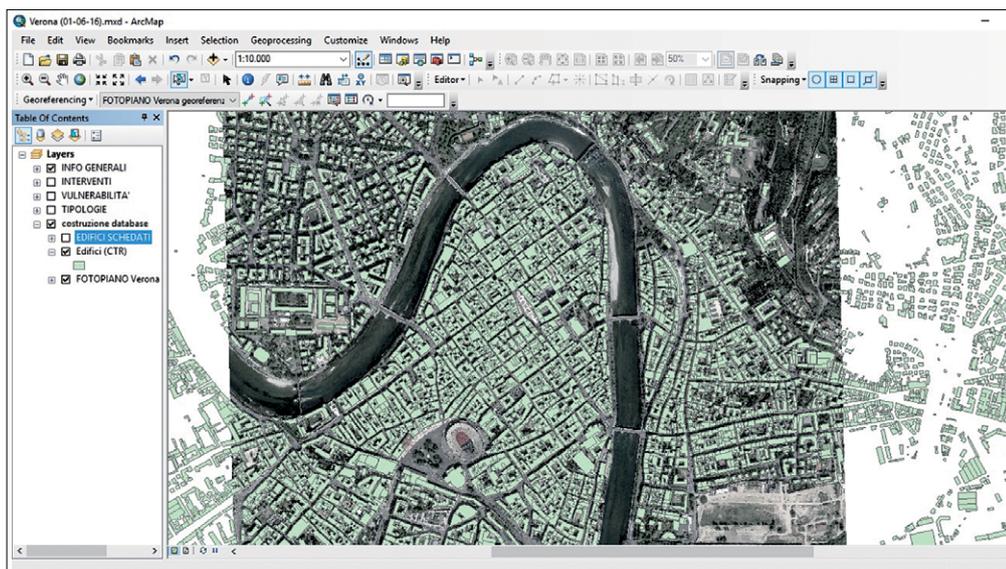


Figura 8
GIS: base cartografica del geodatabase (CTR e fotopiano).

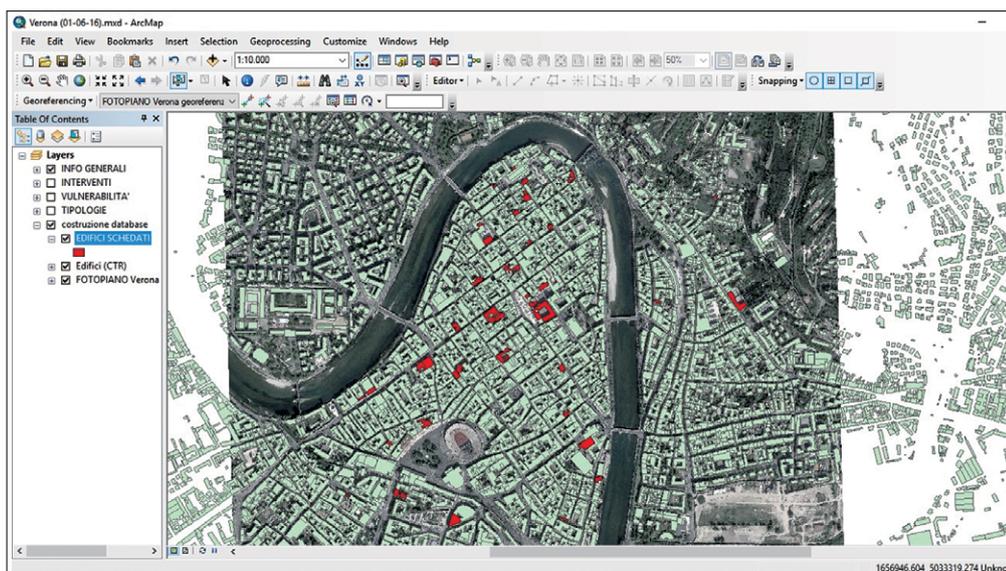
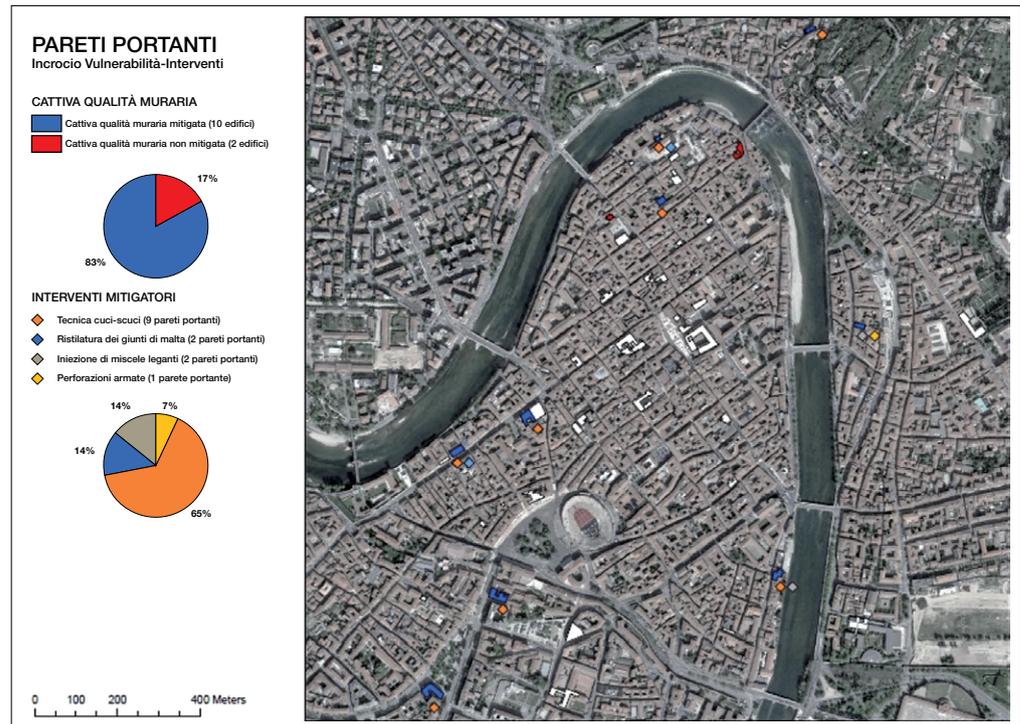


Figura 9
GIS: rappresentazione degli edifici a cui è stata associata la relativa Scheda.

Dall'incrocio dei dati sulle vulnerabilità e sugli interventi mitigatori previsti risulta possibile individuare quali siano le vulnerabilità non mitigate: esse interessano 6 edifici (il 12%) e consistono in fessurazioni alle pareti portanti (29%, 2 edifici), distacchi/deterioramenti agli elementi non strutturali (29%, 2 edifici), carenza nel collegamento solai-pareti (14%, 1 edificio), assenza di catene nelle volte (14%, 1 edificio) e strutture di copertura spingenti (14%, 1 edificio). L'opportunità di mettere in evidenza queste informazioni tramite scheda consente di individuare qualitativamente edifici o porzioni degli stessi che presentano vulnerabilità non mitigate e che potrebbero quindi essere più suscettibili a danneggiamento in occasione di eventi sismici. Sfruttando le molteplici potenzialità del GIS, sono stati implementati nel sistema anche i risultati relativi ad analisi di vulnerabilità a scala territoriale compiute sull'edificato a 2 piani del centro storico veronese adottando un approccio probabilistico di matrice Bayesiana. I dati necessari all'implementazione di questo studio sono stati in parte ricavati tramite le informazioni presenti in Scheda (informazioni tipologiche), in parte integrati attraverso un rilievo in sito speditivo (informazioni geometriche non rilevabili tramite uso del GIS o altre mappe online). Non si intende in questa sede approfondire la metodologia utilizzata per l'approccio e nemmeno valutarne nel dettaglio i risultati, quanto far osservare come il GIS possa favorire l'integrazione di valutazioni di vulnerabilità di tipo quantitativo (approccio probabilistico), con informazioni qualitative su tipologie, vulnerabilità e interventi (scheda sinottica).

Le informazioni reperite attraverso le tavole geolitologiche del PAT per il Comune di Verona, integrate a loro volta all'interno

Figura 11
GIS: tavola raffigurante gli interventi mitigatori proposti per ridurre la vulnerabilità causata da cattiva qualità muraria.



del GIS, sono state utili per identificare aree caratterizzate da diversi tipi di suolo (NTC 2008 - 3.2.2). Un estratto della tavola è stato inserito in GIS e correttamente georeferenziato. Grazie al riferimento raster ottenuto è stato così possibile effettuare un ridisegno vettoriale. Una query per location ha permesso di determinare in quale categoria ciascun edificio ricadesse e, di conseguenza, quale fosse il coefficiente di amplificazione stratigrafica associato. Una volta inseriti in GIS i risultati relativi alle verifiche lineari condotte sul costruito in oggetto (analisi cinematica del meccanismo locale di ribaltamento), è stata effettuata una query sul file shape alla voce relativa alle percentuali di soddisfacimento delle verifiche, che mettesse in evidenza i diversi range percentuali in cui gli edifici ricadono. Il GIS ha infine permesso di incrociare i risultati della valutazione di sicurezza con i dati ISTAT relativi alla densità abitativa del centro cittadino (censimento del 2011) indicante il numero di residenti e lavoratori per ogni lotto. A partire da questi dati è stato possibile creare nel database una voce di attributo associata alla densità abitativa in ciascun lotto. La voce così creata è stata interrogata mediante una query per attributo, differenziando i lotti in 5 differenti range descrittivi della densità abitativa. Tali dati (esposizione) sono stati infine incrociati tramite una query per location con i risultati ottenuti dalla valutazione di sicurezza. In Figura 12 sono rappresentati i lotti in cui ricadono gli edifici con percentuale di verifica delle azioni sismiche minore, correlati alle informazioni sulla densità abitativa. Tali dati potranno essere ulteriormente implementati e analizzati una volta introdotte le informazioni relative a possibili affollamenti degli edifici. Se si osserva infatti il dato sulla destinazione d'uso degli immobili schedati per la città di Verona, sebbene il 65% dei dati raccolti (31 Schede) interessi abitazioni, vi è una buona percentuale di strutture con impegno in ambito lavorativo o di servizi (29%, 14 schede).

I dati schedografici si potrebbero prestare anche ad altri tipi d'implementazioni GIS, ottenibili affinando ulteriormente lo strumento e associando i dati forniti dalla Scheda non più all'intero complesso dell'edificio, ma alla parcella effettivamente interessata (rappresentazione feature delle particelle catastali e collegamento di dati basato su informazioni cartografiche). Una simile rappresentazione permetterebbe di evidenziare porzioni di edificio potenzialmente vulnerabili (in quanto prossime ad altre in cui sono state riscontrate vulnerabilità) per quanto non oggetto di schedatura. È possibile altresì segnalare edifici in cui sono individuate vulnerabilità puntuali e strutturalmente poco rilevanti, che potrebbero essere trattate con minore priorità. In secondo luogo una rappresentazione GIS dei dati catastali permetterebbe di integrare nel database una serie di informazioni relative al valore economico dell'edificio, fornendo una definizione qualitativa dei costi da sostenere in caso di danneggiamento degli edifici per evento sismico.

Un altro possibile trattamento dati è legato all'implementazione di mappe di pericolosità: a tal proposito, la Regione Veneto consente l'accessibilità ad alcune cartografie nel GeoPortale regionale che rappresentano la massima accelerazione di picco attesa su suolo rigido. Simile dato potrebbe essere integrato con quello relativo alle caratteristiche geotecniche del terreno, già proposto, definendo stime precise delle accelerazioni attese al suolo, consentendo quindi di tarare indagini speditive di vulnerabilità su valori dello spettro sempre meno approssimati.

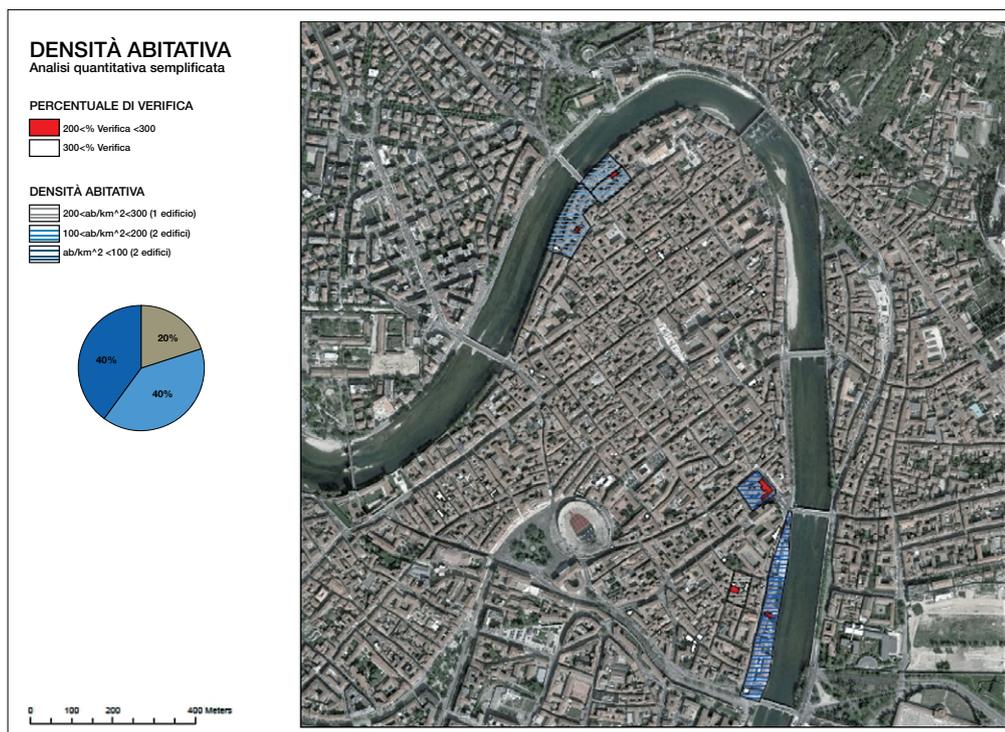


Figura 12
GIS: tavola raffigurante l'incrocio dei dati relativi al soddisfacimento delle verifiche sismiche e alla densità abitativa.

5. Conclusioni

L'attività descritta in questo articolo ha consentito di acquisire informazioni in forma aggregata su tipologie, vulnerabilità e interventi relativi ad un significativo campione di edifici, sottoposti a tutela, nelle province di Verona, Vicenza e Rovigo. I dati provengono da strumenti schedografici utilizzati in "tempo di pace", ossia non in seguito a calamità, basati sulla definizione di proposte di intervento a partire dallo studio delle vulnerabilità del costruito, nell'ottica di una riduzione delle stesse (processo virtuoso di prevenzione). Indicazioni vengono fornite sulle tecniche di intervento maggiormente utilizzate nella pratica professionale al fine di ridurre tali vulnerabilità. Inoltre, l'implementazione dei dati raccolti per la città di Verona in un sistema informativo geografico (GIS), da un lato ha consentito la creazione di un database per la raccolta di tali dati, dall'altro ha favorito l'analisi incrociata di questi ultimi, contribuendo all'individuazione di edifici soggetti a vulnerabilità rilevate ma non mitigate che potrebbero quindi essere più suscettibili a danneggiamento in occasione di possibili futuri eventi sismici. I dati di tipo qualitativo sul costruito possono essere a loro volta integrati con valutazioni della sicurezza sismica di tipo quantitativo oltre che aggiornati con informazioni correlate alle categorie di sottosuolo e all'esposizione, utili alla valutazione del rischio sismico.

Analizzando in dettaglio i risultati ottenuti, è possibile osservare come le Schede sinottiche disponibili presentino una buona qualità generale, includendo significative percentuali di informazioni per tutte e tre le voci individuate (tipologie, vulnerabilità ed interventi); si può quindi affermare che esse siano state compilate dai progettisti in modo sufficientemente adeguato, sebbene spesso non completo. La pratica di reperimento di informazioni proposta dalla Circolare fornisce quindi un valido contributo al superamento delle principali lacune (scarsità di dati sul costruito raccolti ad ampia scala) a cui sono soggette le valutazioni di rischio a scala territoriale.

Si segnala, nello specifico, che il 14% delle Schede individua edifici con vulnerabilità non mitigate. È inoltre importante ricordare la presenza di un alto numero di schede non rilevanti vulnerabilità (94 su 161), le quali potrebbero evidenziare la non rilevanza del dato e quindi la mancata proposta di possibili interventi mitigativi.

La Scheda si presta ad essere compilata non solo per interi edifici ma anche per porzioni degli stessi (unità immobiliari o loro parti): tale condizione permette qualitativamente di valutare l'estensione dell'informazione attesa (più ampia sarà l'area oggetto di studio, maggiori e più complete saranno, auspicabilmente, le informazioni raccolte), che potrebbe ad ogni modo non essere rappresentativa delle caratteristiche di intere unità strutturali. Le Schede che riguardano interventi su porzioni di edificio sono in netta maggioranza rispetto a quelle relative all'intero edificio (111 per le prime, 35 per le seconde).

Infine, si può osservare come il GIS si presti agevolmente ad essere impiegato in studi di rischio sismico a scala territoriale, e consenta la rapida integrazione delle informazioni raccolte: il trattamento dei dati per la città di Verona ha permesso, infatti, di sperimentare una serie di elaborazioni sugli edifici schedati, consentendo l'approfondimento della conoscenza del costruito attraverso l'integrazione di informazioni (qualitative e quantitative) di diversa natura.

L'estensione di questo studio in altri contesti territoriali e la sistematicità della raccolta e dell'analisi delle informazioni, potrà contribuire all'integrazione delle mappe di rischio utili alla identificazione delle priorità e alla conseguente programmazione delle attività di messa in sicurezza e riduzione delle vulnerabilità degli edifici esistenti.

Ringraziamenti

L'attività presentata in questo articolo è stata condotta dall'Università degli Studi di Padova con la Soprintendenza archeologia, belle arti e paesaggio per le provincie di Verona, Vicenza e Rovigo. Si ringrazia il tesista Salmaso M. per il contributo fornito a questa ricerca.

Bibliografia

- Bernardini A., Giovinazzi S., Lagomarsino S., Parodi S. (2007) - Vulnerabilità e previsione di danno a scala territoriale secondo una metodologia macrosismica coerente con la scala EMS-98. Convegno A.N.I.D.I.S. Pisa, Italia, 2007.
- Carniel R., Ceccotti C., Chiarandini A., Grimaz S., Picco E., Ruscetti M. (2001) - A definition of seismic vulnerability on a regional scale: the structural typology as a significant parameter. *Bollettino di Geofisica teorica ed Applicata*, 2001: 139-157.
- Cattari S., Curti E., Giovinazzi S., Lagomarsino S., Parodi S., Penna A. (2004) - Un modello meccanico per l'analisi di vulnerabilità del costruito in muratura a scala urbana. XI Congresso Nazionale "L'ingegneria Sismica in Italia". Genova, 2004.
- Circolare15 (2015) - Disposizioni in materia di tutela del patrimonio architettonico e mitigazione del rischio sismico. Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo, Segretariato generale, 2015.
- Circolare 617 (2009) - Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni. Governo Italiano, 2009.
- Crosier S., Booth B., Dalton K., Mitchell A., Clark K. (2005) - ArcGis 9: getting started with ArcGIS. New York: ESRI, 2005.
- D.M.14/01/2008 (2008) - Norme Tecniche per le Costruzioni. Governo Italiano, 2008.
- Dell'Orto C., Guzzetti F., Maroldi F., Molina C. (2010) - G.I.S. per la valutazione dei danni post-sisma. il caso del centro storico di Fontecchio. Convegno sul recupero e la conservazione. Venezia, Italia, 2010.
- Dolce, M. (2004) - Politiche di prevenzione del rischio sismico a scala nazionale. *Urbanistica dossier*, 2004.
- ISO/DIS-13824 (2008) - General principles on risk assessment of systems involving structures. 2008.
- ISO-13822 (2001) - Bases for design of structures - Assessment of existing structures - Annex I (Informative) Historic structures. 2001.
- ISTAT (2016) - Basi territoriali e variabili censuarie. s.d. <http://www.istat.it/it/archivio/104317> (consultato il giorno maggio 18, 2016).
- Modena, C. (2014) - Una proposta operativa di approccio sostenibile alla valutazione e mitigazione del rischio sismico dei centri storici. In I quaderni della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici per le provincie di Verona, Rovigo e Vicenza. 2014.
- Nath S.K., Adhikari M.D., Devaraj N., Maiti S.K. (2015) - Seismic vulnerability and risk assessment of Kolkata City, India. *Natural hazards Earth System Sciences*, 2015.
- Regione_Veneto. GeoPortale regionale (2016) - <https://www.regione.veneto.it/web/ambiente-e-territorio/geoportale> (consultato il giorno maggio 18, 2017).
- Rezaie F., Panahi M. (2015) - GIS modeling of seismic vulnerability of residential fabrics considering geotechnical, structural, social and physical distance indicators in Tehran using multi-criteria decision-making techniques. *Natural Hazards Earth System Sciences*, 2015: 461-474.
- Rivas-Medina A., Gaspar-Escribano M., Benito B., Bernabè M.A. (2013) - The role of GIS in urban seismic risk studies: application to the city of Almeria (southern Spain). *Natural Hazards Earth System Sciences*, 2013: 2717-2725.
- Salmaso, M. (2015-16) - Analisi di dati in forma aggregata di edifici vincolati dei centri storici ed integrazione in strumenti di pianificazione per la mitigazione del rischio sismico; tesi di laurea, Scuola di Ingegneria, Università di Padova, a.a. 2015-2016.
- Sinha R., Aditya K.S.P., Gupta A. (2008) - GIS-based urban seismic risk assessment using RISK.iitb. *ISSET Journal of Earthquake Technology*, 2008: 41-63.
- Taffarel S., Giarretton M., Da Porto F., Modena C. (2016) - Damage and vulnerability assessment of URM buildings after the 2012 Northern Italy earthquake. *Brick and block masonry. trends, Innovations and Challenges*. Padova: Modena, da Porto & Valluzzi eds. Taylor and Francis Group, London, 2016. 2455-2462.
- Vicente R., Ferreira T., Maio R. (2014) - Seismic Risk at the Urban Scale: Assessment, Mapping and Planning. *Procedia Economics and Finance*, 2014: 71-80.
- Vicente R., Parodi S., Lagomarsino S., Varum H., Mendes da Silva J.A.R. (2008) - Seismic vulnerability assessment, damage scenarios and loss estimation. Case study of the old city centre of Coimbra, Portugal. The 14th World Conference on Earthquake Engineering. Beijing, China, 2008.