



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA
SEZIONE RESTAURO

ReCoRD
Restauro e Conservazione
Ricerca e Didattica

«Progetto HECO (Heritage Colors). Open Data delle architetture per il Centro Storico di Firenze»

Responsabile del progetto per il Comune di Firenze:

dott. Carlo Francini responsabile (*site manager*) del sito UNESCO Centro Storico di Firenze

Responsabile scientifico di ricerca per il DiDA:

Prof. arch. Giuseppe Alberto Centauro, coadiuvato dall'arch. Daniela Chiesi e dalla dott.ssa Nadia Cristina Grandin

Unita' di ricerca:

Prof. arch. Giuseppe Alberto Centauro, arch. Daniela Chiesi, dott.ssa Nadia Cristina Grandin, arch. PhD Andrea Bacci, arch. Martina Vicini, arch. PhD Maria Teresa Cristofaro, arch. Daniela Cinti

LABORATORIO DI RESTAURO B008

Prof. G.A. Centauro

Relatore M.T. Cristofaro

Relazione: Vulnerabilità Morfologica delle facciate



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA

DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA
SEZIONE RESTAURO

ReCoRD
Restauro e Conservazione
Ricerca e Didattica

Il Progetto HECO è basato sul riconoscimento del linguaggio cromatico delle architetture, laddove il colore rappresenta il carattere distintivo dell'identità storica, ma anche il segno delle trasformazioni della città nel rapporto dialettico che s'instaura tra città antica e città moderna, tra vecchio e nuovo.

Vulnerabilità morfologica delle facciate

Arch. PhD Maria Teresa Crostofaro

R

a cura di
GIUSEPPE ALBERTO CENTAURO
CARLO FRANCINI

contributi di
ANDREA BACCI
CHIARA BOCCIO
GIUSEPPE ALBERTO CENTAURO
IRENE CENTAURO
DANIELA CHIESI
DANIELA CINTI
MARIA TERESA CRISTOFARO
DAVID FASTELLI
CARLO FRANCINI
NADIA CRISTINA GRANDIN
MARTINA VICINI

Progetto HECO
(Heritage Colors)

*Metodologie Analisi Sintesi Apparati
Valutazione d'impatto sul sito UNESCO
Centro Storico di Firenze*





Introduzione

Quasi tutto il territorio nazionale è classificato sismico: verifiche statiche e sismiche sul patrimonio edilizio esistente.

Il patrimonio edilizio italiano è costituito per la maggior parte da un gran numero di edifici “storici” di indiscusso valore culturale, forte è dunque la sensibilità nei confronti della salvaguardia del patrimonio architettonico, storico ed artistico.

La valutazione della sicurezza consiste nell’esprimere un giudizio sulla capacità della struttura a resistere a specifiche azioni e se trascurata o mal condotta porta spesso a conclusioni non affidabili, spesso causate da carenze di conoscenza. Il giudizio sulla sicurezza è dunque un’operazione alquanto delicata che richiede una solida base scientifica, combinata con intuizione ed acutezza di osservazione.

Per esprimere un giudizio sulla capacità è necessario seguire una metodologia che tenga conto dei diversi gradi di attendibilità delle informazioni e delle analisi e al tempo stesso procedimenti di carattere quantitativo e qualitativo.

Solo attraverso un processo di sintesi, dando un diverso peso alle informazioni più o meno attendibili, è possibile giungere ad un giudizio significativo e scientificamente corretto.

Il percorso della conoscenza

Il percorso conoscitivo abbraccia tutti gli aspetti ad esso legati e che conduce alla definizione di un livello di conoscenza e di un fattore di confidenza così come le norme prevedono, fino alla definizione delle sue prestazioni.

- i) Identificazione della costruzione;*
- ii) Ricerca storica relativa all'oggetto di studio;*
- iii) Definizione della geometria strutturale;*
- iv) La conoscenza delle proprietà meccaniche dei materiali costituenti il manufatto;*
- v) La conoscenza del sottosuolo.*



The knowledge process

- i) Identification of the building*
- ii) Historical research*
- iii) Structural and geometrical definition*
- iv) Knowledge of mechanical properties of materials*
- v) Knowledge of the subsoil*



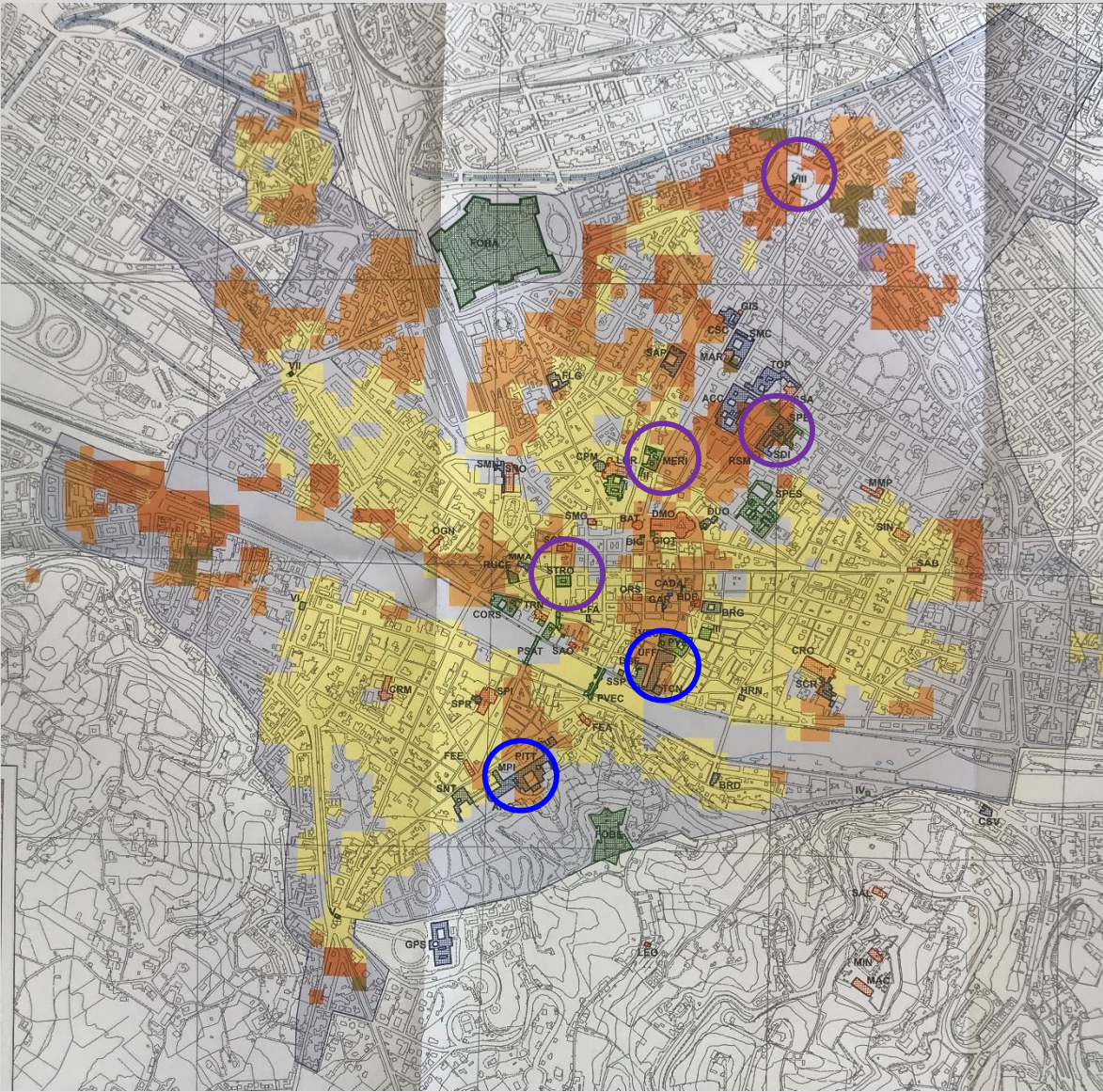
Terremoti a Firenze

Terremoti del 1895 e 1919 quartieri: Cure, San Jacopino, San Salvi, San Frediano e San Niccolò. Nella zona interna alle mura: Santa Croce, San Gallo e Piazza della Libertà.

Terremoto del 18 maggio 1895: il 'Grande terremoto di Firenze'.

Danni molto estesi, ma non gravissimi; non ci furono grandi distruzioni, ma rimasero danneggiati buona parte dei monumenti, chiese e palazzi storici: Palazzo Pitti, Galleria degli Uffizi, Palazzo Medici Riccardi, Palazzo Strozzi, porticati di Piazza SS. Annunziata e di Piazza Cavour (oggi Piazza della Libertà). Gravi danni ad alcune collezioni al Museo del Bargello e al Museo di San Marco, nell'omonima chiesa e convento, con cadute di cornicioni e lesioni alle volte e agli archi, soprattutto nel refettorio grande e nella biblioteca.

Damages experienced by the town of Florence at the occurrence of the 1895 earthquake



Mappa realizzata da Vannucci et al. 2004 relativa al terremoto di Firenze 1895.

Map made by Vannucci et al. 2004 related to the Florence earthquake in 1895.

Piccoli crolli a Palazzo Pitti e la Galleria degli Uffizi.



Lesioni rilevanti ai Palazzi Medici Riccardi e Strozzi, nelle volte dei porticati di Piazza SS. Annunziata e di Piazza Cavour (oggi Piazza della Libertà).



Gli edifici in aggregato

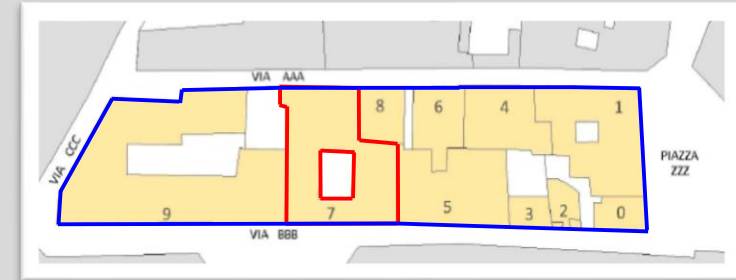
L'US dovrà avere continuità da cielo a terra per quanto riguarda il flusso dei carichi verticali e, di norma, sarà delimitata o da spazi aperti, o da giunti strutturali, o da edifici contigui strutturalmente ma, almeno tipologicamente, diversi.



Gli aggregati edilizi rappresentano la configurazione naturale che hanno assunto i centri storici delle nostre città.

Trattasi di nuclei architettonici formatesi, nel corso dei secoli, attraverso l'accorpamento spesso casuale di unità strutturali sorti come risultato di dinamiche sociali, politiche ed economiche.

E' importante conoscere le fasi evolutive dell'aggregato ed individuare come i corpi di fabbrica siano interconnessi tra loro.





Metodi di valutazione della sicurezza a scala territoriale

1. Schede di vulnerabilità di Benedetti-Petrini (1984)
2. Schede Gruppo Nazionale Difesa dai Terremoti (1993)
3. Formisano et al. (2009)

Elemento	Punteggi (p)				Pesi (w)
	A	B	C	D	
1. Organizzazione delle strutture verticali	0	5	20	45	1
2. Natura delle strutture verticali	0	5	25	45	0.25
3. Posizione dell'edificio e tipo di fondazione	0	5	25	45	0.75
4. Distribuzione degli elementi resistenti	0	5	25	45	1.5
5. Regolarità delle piante	0	5	25	45	0.5
6. Regolarità in elevazione	0	5	25	45	1
7. Orizzontamenti	0	5	25	45	0.75
8. Copertura	0	15	25	45	0.75
9. Particolari	0	0	25	45	0.25
10. Stato di fatto	0	5	25	45	1
11. Interazione altimetrica	-20	0	15	45	1
12. Interazione planimetrica	-45	-25	-15	0	1.5
13. Presenza di solai sfalsati	0	15	25	45	0.5
14. Discontinuità tipologiche e strutturali	-15	-10	0	45	1.2
15. Differenza percentuale tra bucaure in facciata	-20	0	25	45	1

G.N.D.T. – SCHEDA DI VULNERABILITÀ DI 2° LIVELLO (MURATURA)

PARAMETRI	Classi	Qual. Inf.	ELEMENTI DI VALUTAZIONE	SCHEMI – RICHIAMI
1 TIPO ED ORGANIZZAZIONE DEL SISTEMA RESISTENTE (S.R.)	11	23	Norme nuove costruzioni (Clas. A) 33 Norme riparazioni (Clas. A) 2 Cordoli e catene tutti i livelli (Clas. B) 3 Buoni ammassam. fra muri (Clas. C) 4 Senza cordoli cattivi ammassam. (Clas. D) 5	Parametro 3. Resistenza convenzionale Tipologia strutture verticali τ_v (t/mq) Minimo tra A_x ed A_y A (mq) Massimo tra A_x ed A_y A (mq) Coeff. $a_0 = A/A_1$ Coeff. $\gamma = B/A$ $q = (A_x + A_y) h \rho_{m1} A_1 + D_s$ $C = \frac{a_0 \tau_v}{q N} \sqrt{1 + \frac{q N}{1.5 q \tau_v (1 + \gamma)}}$ $q = C/0.4$
2 QUALITÀ DEL S.R.	12	23	(vedi manuale) 34	
3 RESISTENZA CONVENZIONALE	13	24	Numero di piani N 35 Area totale coperta A_1 (mq) 37 Area A_x (mq) 41 Area A_y (mq) 44 τ_v (t/mq) 47 Alt. media interpiano h (m) 50 Peso specifico pareti ρ_{m1} (t/mc) 52 Carico permanente solai p_x (t/mq) 54	
4 POSIZIONE EDIFICIO E FONDAZIONE	14	25	Pendenza percentuale del terreno 56 Roccia Fondazioni: SI 1 No 2 Terr. sciolto non sping. Fond. SI 3 No 4 Terr. sciolto spingente Fond. SI 5 No 6 Differen. max di quota Δh (m) 59	Parametro 6. Configurazione planimetrica $\beta_1 = a/I$ $\beta_2 = b/I$
5 ORIZZONTAMENTI	15	26	Piani sfalsati SI 1 No 2 Orizzontamenti rigidi e ben collegati 63 Orizzontam. deformabili e ben collegati 2 Orizzontam. rigidi e mal collegati 3 Orizzontam. deformabili e mal collegati 4 % Orizzontam. rigidi e ben collegati 64	Parametro 7. Configurazione in elevazione
6 CONFIGURAZIONE PLANIMETRICA	16	27	Rapporto percentuale $\beta_1 = a/I$ 66 Rapporto percentuale $\beta_2 = b/I$ 70	
7 CONFIGURAZIONE IN ELEVAZIONE	17	28	% aumento (+) o diminuzione(-) di massa 74 Rapporto percentuale T/H 71 Percentuale superficie porticata 79 Piano terra porticato SI 1 No 2	Parametro 9. Copertura Coperture spingenti (tipologia M) Coperture poco spingenti (tipologia N)
8 D _{max} MURATURE	18	29	Rapporto massimo I/e 82	
9 COPERTURA	19	30	Copert. non sp. 84 poco sp. 1 sp. 2 Cordoli in copertura SI 85 No 2 Catene in copertura SI 86 No 2 Carico perman. copert. p_c (t/mq) 87 Lungh. appoggio copert. l_a (m) 90 Perimetro copertura I (m) 93	Coperture non spingenti (tipologia O)
10 ELEM. NON STRUTT.	20	31	(Vedi manuale)	
11 STATO DI FATTO	21	32	(Vedi manuale)	



Metodi di valutazione della sicurezza a scala territoriale

4. *FAMIVE (Failure Mechanism Identification and Vulnerability Evaluation)* D'Ayala e Speranza (2002)

Si basa sulla raccolta di una serie di informazioni sull'edificio oggetto di indagine, e sulla loro elaborazione in modo da fornire un indice di vulnerabilità.

1. Riconoscere, all'interno del centro urbano, le tipologie di edifici ricorrenti, le tecniche di costruzione e la qualità dei materiali. Una volta identificati questi edifici tipo, ciascuno di essi viene studiato più dettagliatamente.
2. Vengono rilevati i dati relativi alle facciate di tutti gli edifici del centro storico, e ad ognuno di essi viene associato uno degli edifici tipo studiati in precedenza, in modo da poter assegnare loro una serie di informazioni relative all'interno analizzandone solo la facciata (anche se in questa operazione si inserisce sempre un margine di incertezza).
3. Sulla base delle informazioni raccolte si procede poi ad identificare un numero di possibili meccanismi di collasso della facciata e per ognuno di essi viene calcolato il moltiplicatore ultimo di collasso per un carico laterale: ESC (capacità laterale equivalente), espresso in percentuale dell'accelerazione di gravità. Infine, per ogni edificio, i meccanismi di collasso individuati sono classificati in base al proprio ESC, in modo da individuare quello che rappresenta la vulnerabilità maggiore dell'edificio.



INSPECTION FORM FOR THE SURVEY OF HISTORIC BUILDINGS

Partner: form: Address: Town: Block #: Building #: Date: Surveyor:

1 URBAN DATA

1-1 Block access and escape routes: 1-5 Position of building within the block:
 1-2 Shape and composition of the block: 1-5a Close to collapse buildings:
 1-3 Number of buildings in the block: 1-6 Connect of the façade to adjacent walls:
 1-4 Undamaged Building: 1-7 Soil foundation:

2 GEOMETRIC CHARACTERISTICS OF THE FAÇADE

2-1 Facade orientation: 2-6 Total height of the facade (vertical additions are neglected):
 2-2 Facade position: 2-7 First floor height of the façade (m):
 2-3 Maximum # of storeys of the building: 2-8 Presence of gable:
 2-4 Number of storeys of the facade: 2-9 Gable wall height (if present):
 2-5 Length of the facade: 2-10 Additional corner in the façade:

3 GEOMETRIC CHARACTERISTICS OF OPENINGS

3-1 # of openings: 3-2 Edge piers:
 3-3 Opening layout:
 3-4 Average height of upper horizontal spandrel (m):
 3-5 Prevalent Lintels for each floor of the Façade:
 storey type l (m) mat: 5
 storey type l (m) mat: 4 2.00
 storey type l (m) mat: 3 1.00

4 PLAN GEOMETRIC CHARACTERISTICS

4-1 Thickness at basis of facade wall: 4-4 # int. structural walls // to the facade:
 4-2 Thickness at top: 4-5 Total length perp. to the facade:
 4-3 # int. structural walls perp. to facade: 4-6 # int. walls perp. to back facade:

5 STRUCTURAL CHARACTERISTICS

5-1 N. storeys with vaulted structures: 5-7a Level of maintenance of masonry:
 5-2 Hor. Struc. Type: 5-7b Level of Water Infiltration:
 5-3 Hor. Struct. Direction: 5-7c Level of mortar loss:
 5-4 Roof struc. Type: 5-8 Connection at edges:
 5-5 Roof Direction: 5-9 Out of verticality:
 5-6a Masonry type: 5-10 Façade restraining elements:
 storey # 5 4 3 2 1
 anchors/nails/pegs:
 battresses/quoins:
 wall plates:
 timber banding beams:

6 FURTHER VULNERABILITY ELEMENTS

6-1a # floor (vertical addition): 6-4 Chimney flue within the façade wall:
 6-2 Vertical addition/parapet: 6.6 Settlement:
 6-5 Roof overhanging: 6.9 Porticoes:
 6-7 Jetty/ One/ balcony/CBU:
 6.8 Sabat:
 6-10 Vaulted structures:

7 DAMAGE LEVEL AND MECHANISMS IDENTIFICATIONS

7-1 Mechanisms identification

Class	Type	D. level
A		
B1		
B2		
C		
D		
E	TOTAL	2
F		
G		
H		
I		
H2		
M		
L		

Other kind of damage or failure not identified

7-2 Crack pattern description per storey

Horizontal cracks:
 Vertical cracks:
 Corner cracks:
 Diagonal cracks:
 Masonry failure:
 roof collapse:
 floor collapse:

7-3 Damage extension on the facade (%):

Film number: Pictures numbers:



Metodi di valutazione della sicurezza a scala territoriale

5. Modelli meccanici semplificati



Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale (2010) del Ministero per i Beni e le Attività Culturali e del Turismo costituiscono ad oggi la metodologia di base da seguire per effettuare le verifiche sismiche sui manufatti architettonici appartenenti al patrimonio culturale tutelato.

Safety assessment methods at territorial scale

- i) Vulnerability form by Benedetti-Petrini*
- ii) GNDT form*
- iii) FAMIVE method*
- iv) Formisano method*
- v) Simplified mechanical models*





Metodologia proposta: **Vulnerabilità morfologica delle facciate_1**

Dallo stato dell'arte sopra riportato emerge chiaramente che spesso il rilevatore non sempre ha gli strumenti appropriati per condurre le opportune verifiche.

Alla luce di quanto emerso, e soprattutto delle problematiche riscontrate e di cui non è possibile trascurare nell'ottica di un'indagine speditiva della vulnerabilità nei centri storici e non, ma comunque su edifici in muratura in aggregato, nasce la volontà di mettere a punto una metodologia speditiva che si avvale di parametri rappresentativi delle caratteristiche geometriche e morfologiche del manufatto reperibili dal rilevatore in modo immediato principalmente dal fronte stradale. Trattasi dunque di un'ispezione dell'edificio dalla facciata principale da cui rilevare le caratteristiche peculiari che connotano il manufatto.

Come chiaramente evidente, tale operazione non è stata di immediata realizzazione bensì ha richiesto, in funzione di quelle che erano le informazioni disponibili e reperibili, la messa a punto di una procedura che step by step è stata testata e calibrata fino al raggiungimento di quella che è sembrata la più affidabile ed esaustiva.

Proposed methodology: Morphological vulnerability of the façade_1

The designer does not always have the appropriate tools to conduct suitable verifications.

Therefore it is important to define a methodology based on proper parameters, able to represent the geometric and morphological characteristics of the artefact

The definition of a proper methodology has been defined on the basis of a step-by-step procedure, opportunely calibrated



Metodologia proposta: Vulnerabilità morfologica delle facciate_2

13 parametri suddivisi in tre sezioni distinte per geometria, localizzazione e rischio:

A – B - C

Per ogni parametro è stato assegnato un punteggio calibrato in funzione della sua rilevanza e per ciascuna sezione è stata messa a punto una funzione da cui si ottiene un peso.

Dalla combinazione dei pesi ottenuti in ciascuna sezione si ottiene un giudizio della vulnerabilità della facciata:

molto basso – basso – medio – alto - molto alto

L'elaborazione e la calibrazione delle funzioni per ciascuna sezione esaminata è frutto di attività sviluppate in altri ambiti all'interno del medesimo progetto.

Proposed methodology: Morphological vulnerability of the façade_1

13 parameters divided into three distinct sections for geometry (A), location (B) and risk (C)

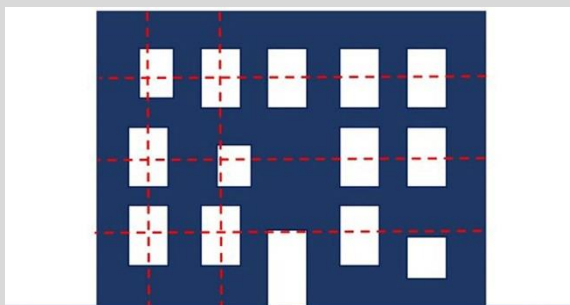
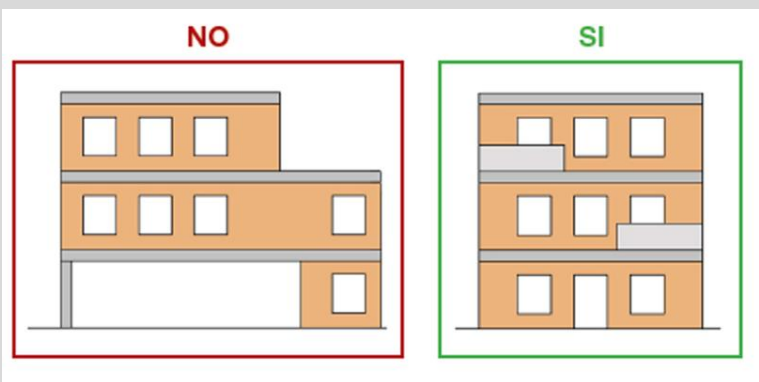
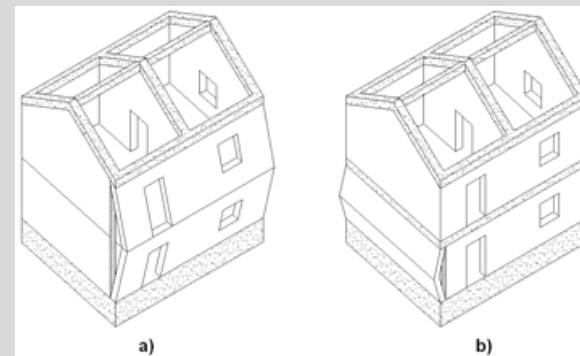
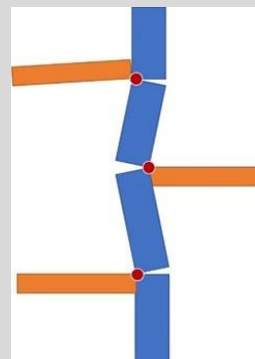
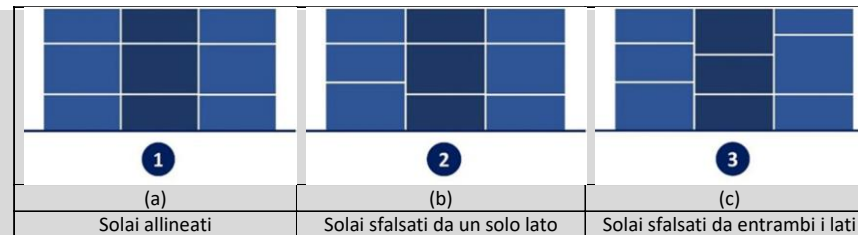
For each parameter a score has been assigned, calibrated according to its relevance: Scarce – mediocre – satisfactory

The assessment of the building vulnerability is expressed by combining the scores to the former assessment: Not relevant – low – medium – high – very high



Sezione A: Caratterizzazione geometrica

1. *Regolarità in elevazione.*
2. *Numero dei piani fuori terra*
3. *Allineamento dei solai*
4. *Aperture incongrue*

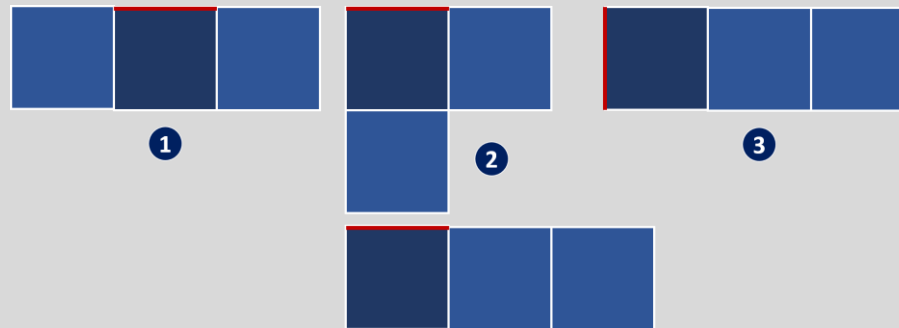
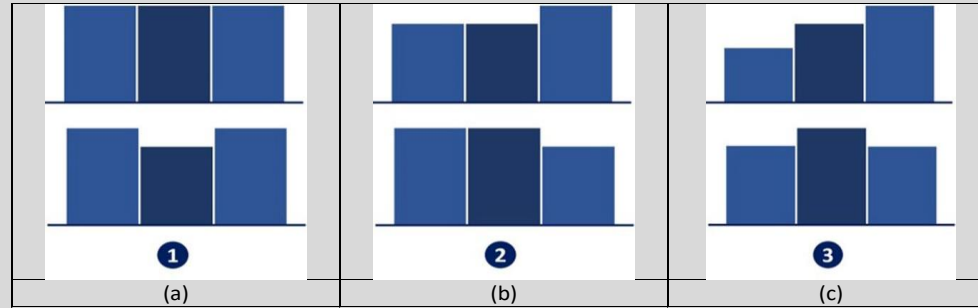


Section A: geometric characterization

1. *Regularity in elevation*
2. *Stories number*
3. *Floors disposition*
4. *Openings location*

Sezione B: Correlazioni areali

1. *Interazione altimetrica*
2. *Interazione planimetrica*
3. *Discontinuità tipologiche*
4. *Tipologia del terreno*
5. *Esondabilità*



Section B: areal correlation

1. *Interaction in elevation*
2. *Interaction in plan*
3. *Not-homogeneity of the block*
4. *Soil type*
5. *Flood vulnerability*





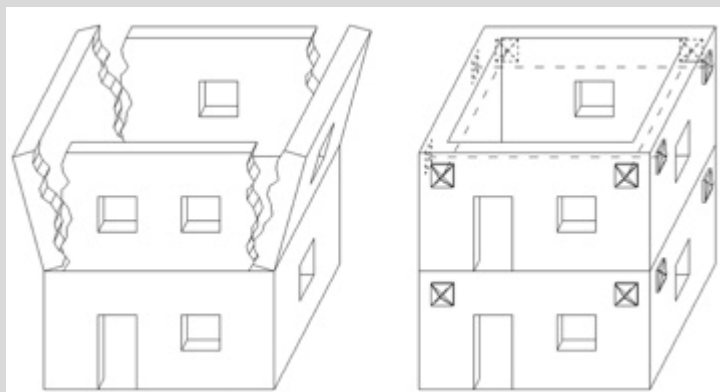
UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA
SEZIONE RESTAURO

ReCoRD
Restauro e Conservazione
Ricerca e Didattica

Sezione C: Condizioni di rischio

1. *Indicatori di vulnerabilità*
2. *Stato di fatto strutturale*
3. *Elementi non strutturali*
4. *Presidi antisismici*

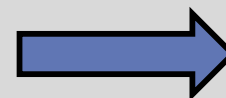


Section C: risk condition

1. *Vulnerability indexes*
2. *Structural condition*
3. *Not-structural components*
4. *Anti-seismic devices*



	Sezione A	Sezione B	Sezione C
Peso	3 2 1	3 2 1	3 2 1



$$V = \text{Sez. A} \times \text{Sez. B} \times \text{Sez. C}$$

Giudizio	V
Molto bassa	$V < 3$
Bassa	$3 \leq V < 6$
Media	$6 \leq V < 9$
Alta	$9 \leq V < 18$
Molto alta	$V \geq 18$



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA
SEZIONE RESTAURO

ReCoRD
Restauro e Conservazione
Ricerca e Didattica



piazza Duomo

via dei Servi

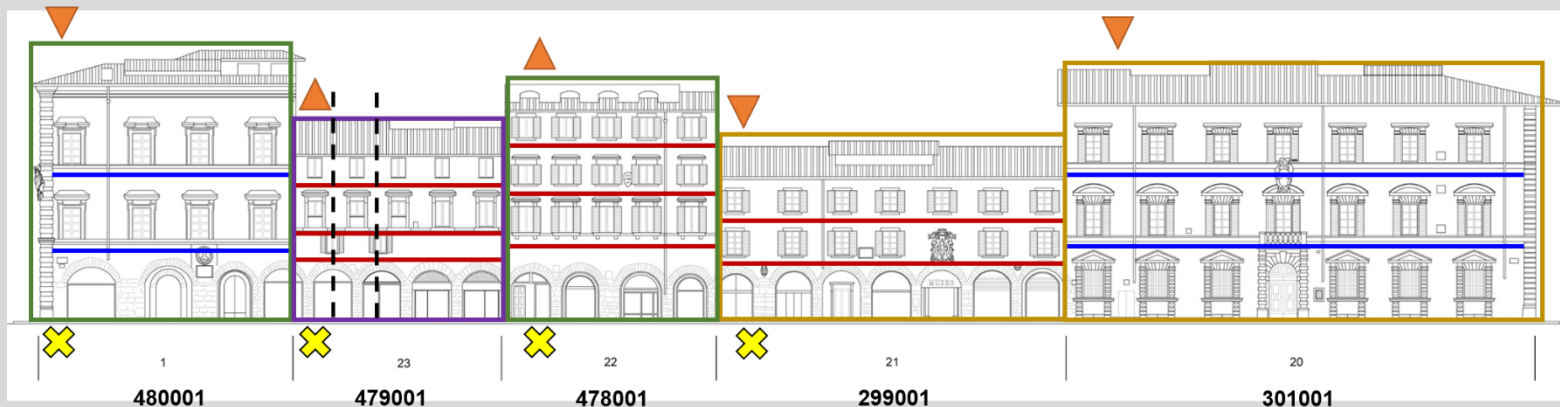
via Bufalini

via Portinari







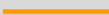
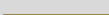
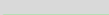
via dell'Oriuolo

Sezione A: Caratterizzazione geometrica

- Regolarità in elevazione:
 - 1) regolare
 - 2) irregolare per corpi aggiunti/disomogenei
 - 3) irregolare per disallineamento aperture orizzontali/verticali
- Solai sfalsati:
 - 1) da entrambe i lati
 - 2) da un solo lato
 - 3) da nessun lato
- Apertura incongrua piano terra
- Numero di piani: ≤ 3
 > 3








Sezione B: Correlazioni areali

- Interazione altimetrica: 1) In adiacenza ad edifici di pari altezza o più alti 
2) In adiacenza ad un edificio più alto/più basso ed uno di pari altezza 
3) In adiacenza ad un edificio più alto e uno più basso o ad edifici più bassi 
- Discontinuità tipologiche: 1) Presenti 
2) Assenti 
- Morfologia del terreno: 1) Cresta 
2) Forte pendio 
3) Lieve pendio 
4) Pianura 














Sezione B: Correlazioni areali

- Interazione planimetrica:
 - 1) Intercluso 
 - 2) Intercluso d'angolo 
 - 3) Di testa 

- Esondabilità del terreno:
 - 1) Si 
 - 2) No 



Sezione C: Condizioni di rischio

- Indicatori di vulnerabilità:
 - 1) Elementi spingenti 
 - 2) Grandi aperture 
 - 3) Superfetazioni 
- Stato di fatto strutturale:
 - 1) Plesso fessurativo 
 - 2) Ribaltamento fuori dal piano 
 - 3) Dissesti strutturali 
- Elementi non strutturali:
 - 1) Presenti 
 - 2) Assenti 
- Presidi antisismici:
 - 1) Catene 
 - 2) Contrafforti 
 - 3) Altro 





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA
SEZIONE RESTAURO

ReCoRD
Restauro e Conservazione
Ricerca e Didattica

