Autostrada A1 Milano-Napoli Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino di Mugello Tratta: La Quercia - Badia Nuova

Lotti: 5B

Individuazione delle soglie di:

ATTENZIONE ALLERTA ALLARME

da adottare nel monitoraggio degli spostamenti e delle lesioni degli edifici di Santa Maria Maddalena di Ripoli

PROF. ING. FRANCO BRAGA Ord. Ing. Prov. Roma n° 7072 Via dei Monti Parioli, 40 - 00197 Roma

DATA

PRIMA EMISSIONE: 02/01/2012 Rev. B: 14/02/2012

INDICE

I PK	EIVIESSA		
2 INE	DIVIDUA	ZIONE DELLE SOGLIE DI ATTENZIONE, ALLERTA, ALLARME	4
2.1	Soglii	E DI ATTENZIONE, DI ALLERTA E DI ALLARME CONNESSE AL MONITORAGGIO DEI CEDIMENTI	
2.:		fetti degli spostamenti verticali w	
		fetti degli spostamenti orizzontali h	
		fetti congiunti degli spostamenti verticali w e orizzontali h	
2.2		LLITÀ OPERATIVE DA ADOTTARE A SEGUITO DELLE MISURE DI SPOSTAMENTO	
2.3		E DI ATTENZIONE, DI ALLERTA O DI ALLARME CONNESSE AL MONITORAGGIO DELLE LESIONI	
3 DE		NE DELLO STATO DI CONSERVAZIONE ATTUALE DEGLI EDIFICI	
3.1		IZIONE DELLA TIPOLOGIA COSTRUTTIVA DELL'EDIFICIO	
3.:	1.1 Ed	ifici in muratura	
	3.1.1.1	Abaco delle pareti verticali	
	3.1.1.2	Abaco dei solai piani	
	3.1.1.3	Coperture	11
3.2	1.2 Ed	ifici con struttura in c.a	14
	3.1.2.1	Forma in pianta ed elevazione	15
	3.1.2.2	Disposizione tamponature	15
3.2	VALUT	'AZIONE DELL'ENTITÀ DEL DANNO DELLE STRUTTURE IN MURATURA E IN C.A	16
3.2	2.1 Cla	assificazione del danno strutturale negli edifici in muratura	19
	3.2.1.1	Livello DO – DANNO NULLO	19
	3.2.1.2	Livello D1 – DANNO LEGGERO	19
	3.2.1.3	Livello D2-D3 – DANNO MEDIO-GRAVE	22
	3.2.1.4	Livello D4-D5 – DANNO GRAVISSIMO E/O CROLLO	24
3.2	2.2 Cla	assificazione del danno strutturale negli edifici in c.a	24
	3.2.2.1	Livello D0 – DANNO NULLO	24
	3.2.2.2	Livello D1- DANNO LEGGERO	
	3.2.2.3	Livello D2-D3-DANNO MEDIO-GRAVE	
	3.2.2.4	Livello D4-D5-DANNO GRAVISSIMO E/O CROLLO	
3.3	PERICO	DLO ESTERNO INDOTTO DA ALTRE COSTRUZIONI	27
3.4	SEGNI	SUL TERRENO CIRCOSTANTE L'EDIFICIO	28
3.5	SINTES	SI DEGLI EFFETTI	28
3.6		DURA PER LA DEFINIZIONE DELLO STATO ATTUALE DELLA STRUTTURA SULLE CURVE DELLE SOGLIE DI	ALLERTA E
RME	30		
3.7	RIEPIL	OGO SCHEDA DI SOPRALLUOGO	32
4 60	NCLLICI	2011	25

1 Premessa

Oggetto del presente documento è <u>la valutazione dello stato di conservazione attuale</u> e della <u>evoluzione dello stesso</u> per gli edifici di Santa Maria Maddalena di Ripoli interessati da un **movimento** gravitativo di versante profondo (DPGV); le valutazioni dette avverranno anche attraverso <u>l'individuazione</u> <u>delle soglie</u> di:

- 1. ATTENZIONE,
- 2. ALLERTA,
- ALLARME,

da adottare nel monitoraggio degli spostamenti verticali w e orizzontali h cui sono soggetti gli stessi edifici.

In dettaglio, di seguito sono descritti gli adempimenti associati alle soglie sopradette:

- SOGLIA DI ATTENZIONE

Il raggiungimento di tale soglia segnala la possibilità che sull'edificio si manifestino lievi danni, sostanzialmente limitati agli intonaci e alle finiture.

Si prescrive di effettuare al più presto:

- 1. Visita di controllo per la verifica dello stato fessurativo;
- 2. Eventuale incremento della strumentazione di monitoraggio già presente;
- 3. Analisi strutturale dell'edificio mediante modello di calcolo.
- SOGLIA DI ALLERTA

Il raggiungimento di tale soglia segnala la possibilità che sull'edificio si manifestino danni, non più limitati agli intonaci e alle finiture, ma che possono interessare, pur se in forma lieve, gli elementi strutturali.

Si prescrive di effettuare immediatamente:

- 1. Messa in sicurezza dell'edificio;
- 2. Installazione di fessurimetri (o strumenti analoghi) per valutare l'entità delle lesioni degli elementi strutturali.

Non appena superata la soglia di **ALLERTA**, precedentemente descritta, e prima di raggiungere la successiva soglia di **ALLARME**, si dovrà valutare l'opportunità di delocalizzare gli abitanti dell'edificio; la delocalizzazione, peraltro, non potrà essere legata in automatico a semplici valori di spostamento ma andrà decisa caso per caso, tenendo anche conto dello stato di conservazione dell'edificio e della qualità dei materiali impiegati oltre, ovviamente, che dello stato di sollecitazione delle strutture.

- SOGLIA DI ALLARME

Il raggiungimento di tale soglia segnala la possibilità che si manifestino, oltre che su intonaci, finiture, elementi strutturali, anche sugli impianti, danni comunque tali da impedire la piena fruibilità dell'edificio.

Si prescrive di effettuare, con cadenza temporale settimanale,:

- 1. Lettura dei fessurimetri;
- 2. Valutazione delle correlazioni esistenti tra ampiezza delle fessure e spostamenti verticali **w** e orizzontali **h**;
 - 3. Valutazioni in merito alla necessità di sospendere, solo temporaneamente, i lavori di scavo.

Le soglie di **ATTENZIONE**, **ALLERTA** ed **ALLARME**, così come definite, afferiscono a edifici di nuova costruzione o il cui stato di conservazione attuale sia mediamente buono e, comunque, sia caratterizzato dall'assenza di lesioni sia agli elementi non strutturali che alle strutture, cosicché si possa assumere che gli spostamenti verticali **w** e orizzontali **h siano misurati a partire dalla condizione di assenza di spostamenti** (condizione di zero).

Per quanto attiene invece gli edifici di Santa Maria Maddalena di Ripoli, data la loro tipologia costruttiva nonché il loro mediocre stato di conservazione, non si può pensare che le misure degli spostamenti verticali **w** e orizzontali **h** partano dalla condizione di **assenza di spostamenti**, così prescindendo dall'analisi dello stato attuale delle strutture e della qualità dei materiali impiegati oltre che, ovviamente, dall'analisi dello stato di sollecitazione esistente e dagli eventuali quadri fessurativi presenti.

E' necessario pertanto <u>individuare lo stato attuale di ogni struttura in esame</u> evidenziando, se del caso, ed utilizzando la metodologia descritta nei paragrafi successivi, le eventuali situazioni critiche determinatesi prima dell'inizio delle misurazioni di **w**, **h** e tali da aver prodotto il superamento della soglia o di **ATTENZIONE** o di **ALLERTA** o di **ALLARME**.

La individuazione delle soglie e la metodologia con cui definire lo stato di conservazione attuale degli edifici sono basate su grafici e/o tabelle proposte in letteratura, i cui riferimenti sono, nel seguito, puntualmente richiamati.

2 Individuazione delle soglie di ATTENZIONE, ALLERTA, ALLARME

Gli edifici in esame sono costantemente soggetti a monitoraggio attraverso la misura sia degli spostamenti verticali e orizzontali cui l'edificio è soggetto, sia dell'entità ed estensione delle fessure eventualmente manifestatesi sugli elementi strutturali. La definizione delle soglie riguarderà solo gli spostamenti misurati e sarà articolata sui tre livelli già detti (ATTENZIONE, ALLERTA, ALLARME) al fine di:

- prevenire eventuali falsi allarmi connessi a errori strumentali, di lettura o di analisi dei dati;
- seguire l'evoluzione temporale degli spostamenti, estrapolandola al fine di assumere tempestivamente le decisioni opportune;
- confermare il raggiungimento delle diverse soglie, anche in base all'accordo tra quanto misurato in termini di cedimenti e quanto manifestato dalle lesioni.

La misura delle lesioni sugli elementi strutturali, che inizierà nel momento in cui vengono rilevate con conseguente immediata installazione degli appositi strumenti di misura, non avrà soglie e sarà finalizzata a seguire l'evoluzione del fenomeno fessurativo per consentire di valutare l'efficacia degli interventi di messa in sicurezza adottati al raggiungimento della soglia di **ALLERTA**.

2.1 Soglie di ATTENZIONE, di ALLERTA e di ALLARME connesse al monitoraggio dei cedimenti

La valutazione dello stato di sollecitazione delle costruzioni interessate da movimenti franosi richiede che si tenga contemporaneamente conto sia degli abbassamenti verticali **w**, sia dei movimenti orizzontali **h**, del terreno di fondazione su cui la costruzione grava. L'insieme dei **w** e degli **h** produce:

- negli edifici in muratura, per i quali non esiste una netta separazione tra fondazione e costruzione,
 direttamente le deformazioni della costruzione;
- negli edifici in c.a., per i quali è netta la distinzione tra fondazione e struttura dell'edificio, le deformazioni della fondazione, con conseguenti sollecitazioni nella costruzione su di essa gravante.

Nel seguito gli effetti dei due diversi tipi di cedimento verranno esaminati separatamente per poi passare, esaminandoli congiuntamente, a definire i tre livelli di soglia.

2.1.1 Effetti degli spostamenti verticali w

La deformata di una fondazione, ricavata a partire dai soli abbassamenti verticali **w**, viene solitamente individuata in base ai valori di alcune grandezze caratteristiche.

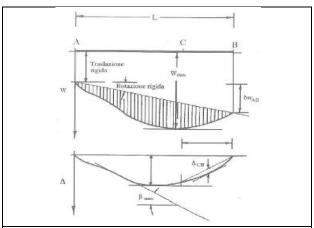


Figura 1. Parametri geometrici caratterizzanti la deformata di una fondazione, in presenza di soli w

Queste, con riferimento a due punti i e j generici a distanza L_{i,j} tra loro (v. Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.), sono:

- spostamento verticale differenziale $\delta_{w(i,j)} = w_j w_i$;
- gradiente dello spostamento verticale differenziale (o distorsione angolare) $\beta_{w(i,j)} = |\delta_{w(i,j)}| / L_{(i,j)}$
- <u>inflessione</u> $\Delta_{w(i,j)}$ che è pari alla massima differenza tra i **w** relativi al segmento rettilineo congiungente, a deformata avvenuta, i due punti e i **w** relativi all'effettiva deformata;
- gradiente dell'inflessione (o curvatura media) $\Delta_{w(i,j)}/L_{(i,j)}$.

In particolare, dovendo valutare stati di sollecitazione medi, è opportuno riferirsi ai gradienti che, a parità di valori differenziali, colgono meglio lo stato di sollecitazione in quanto legati alle dimensioni della costruzione considerata.

Dato il numero di prismi mediamente installati su ogni edificio (uno per ogni vertice della pianta) è impossibile valutare l'inflessione e, dunque, il rapporto di inflessione ed occorre riferirsi unicamente al gradiente dello spostamento verticale differenziale (o *distorsione angolare*) $\beta_{w(i,j)}$.

<u>I β_w vengono espressi in millesimi, rimandando, per l'attribuzione ad essi di opportune soglie, al paragrafo 2.1.3.</u>

2.1.2 Effetti degli spostamenti orizzontali h

La deformata di una fondazione, ricavata a partire dai soli spostamenti orizzontali h, viene solitamente definita in base ai valori di alcune grandezze caratteristiche. Queste, con riferimento a due punti i e j generici a distanza $L_{(i,j)}$ tra loro, sono:

- spostamento orizzontale differenziale δ_{h(i,j)}=h_j- h_i;
- gradiente dello spostamento orizzontale differenziale (o dilatazione) $\beta_{h(i,j)} = \delta_{h(i,j)}/L_{(i,j)}$.

Per le ragioni già evidenziate in precedenza ci si riferisce, anche in questo caso, al solo gradiente β_h ; in particolare, data la ridotta resistenza a trazione delle murature e la tipologia costruttiva caratterizzante gli edifici in esame, i livelli di soglia sono da riferirsi unicamente al caso di valori positivi del gradiente dello spostamento orizzontale differenziale (o dilatazione) β_h , in quanto ad essi corrispondono sollecitazioni prevalenti di trazione nella muratura.

<u>I</u> $β_h$ vengono espressi in millesimi, rimandando, per l'attribuzione ad essi di opportune soglie, al paragrafo **2.1.3**.

2.1.3 Effetti congiunti degli spostamenti verticali w e orizzontali h

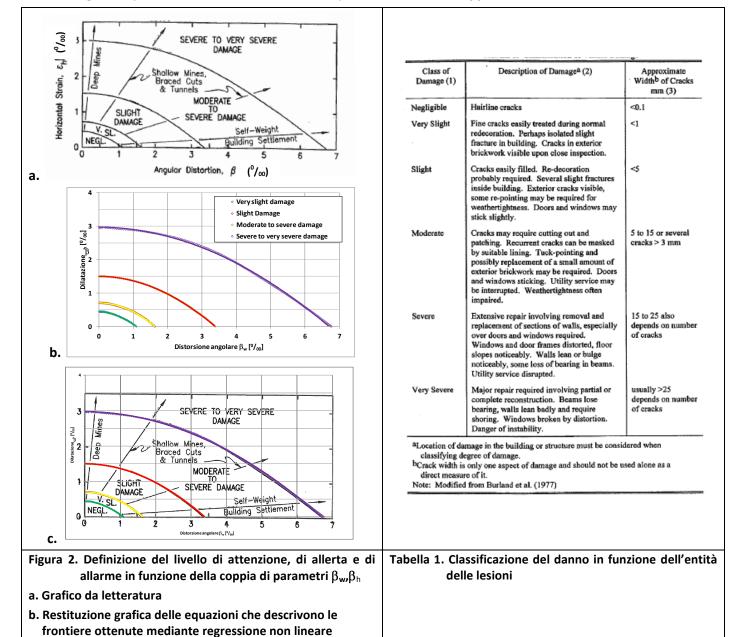
La contemporanea presenza di spostamenti verticali \mathbf{w} e spostamenti orizzontali \mathbf{h} , può produrre effetti maggiori di quelli che si avrebbero, a parità di valori di \mathbf{w} o di \mathbf{h} , in presenza di un singolo tipo di spostamento. Si è dunque ritenuto opportuno definire <u>le soglie di ATTENZIONE, di ALLERTA e di ALLARME</u> tenendo conto dell'accoppiamento dei due effetti (β_w , β_h) derivanti dal movimento gravitativo profondo.

L'ATTENZIONE, l'ALLERTA e l'ALLARME sono stati individuati utilizzando il grafico illustrato in **Figura** $2a^1$. Tale grafico, che riporta in ordinata la *dilatazione* β_h , in ascissa la *distorsione angolare* β_w , lega direttamente i danni al generico punto di coordinate β_w , β_h .

Si individua così una serie di domini tra loro contigui, l'attraversamento delle frontiere dei quali comporta un progressivo aggravamento dello stato di danneggiamento; mediante tale valutazione il danno è espresso in termini di ampiezza delle lesioni registrate. Ciò consente un collegamento diretto tra le misure di spostamento e le misure effettuate mediante fessurimetri o analoghi apparecchi.

¹ M. Boscardin, M. Walker, *Ground movement, building response and protective measures,* Proceedings of the Conference "Effects of Construction on Structures" - American Society of Civil Engineers (1998).

Il danno subito dalla struttura è articolato in <u>5 classi</u> contigue, descritte in dettaglio in **Tabella 1**; per ogni classe (**class of damage**), sono descritti la tipologia dei danni da attendersi (**description of damage**) e il quadro fessurativo in termini di ampiezza delle fessure (**approximate width of cracks**).



Le frontiere riportate in **Figura 2a** sono state ricondotte ad espressioni analitiche, mediante le regressioni non lineari illustrate in **Figura 2b**; in tal modo si ottengono, al variare della *dilatazione* β_h e della *distorsione angolare* β_w , le seguenti espressioni:

Frontiera del danno molto lieve o SOGLIA DI ATTENZIONE

$$\beta_h + 0.32061 \cdot \beta_w^2 + 0.0672 \beta_w - 0.4476 = 0$$

c. Sovrapposizione Figura 2a con Figura 2b

Frontiera del danno lieve o SOGLIA DI ALLERTA

$$\beta_h + 0.25533 \cdot \beta_w^2 + 0.0147 \beta_w - 0.7037 = 0$$

Frontiera del danno moderato o SOGLIA DI ALLARME

$$\beta_h + 0.12847 \cdot \beta_w^2 + 0.0091 \beta_w - 1.4999 = 0$$

Frontiera del danno severo, in linea di principio IRRAGGIUNGIBILE

$$\beta_h + 0.06488 \cdot \beta_w^2 + 0.0103 \beta_w - 2.9744 = 0$$

In particolare viene assunta, come soglia di ATTENZIONE, la frontiera inferiore corrispondente al dominio di danno molto lieve (linea verde di Figura 2b), come soglia di ALLERTA, la frontiera inferiore corrispondente al dominio di danno lieve (linea gialla di Figura 2b) e come soglia di ALLARME la frontiera inferiore corrispondente al dominio di danno moderato (linea rossa di Figura 2b).

A partire dal medesimo grafico, inoltre, è possibile individuare i valori delle soglie di ATTENZIONE, ALLERTA e ALLARME nel caso in cui, per il generico edificio, siano presenti o solo gradienti dello spostamento verticale differenziale $\underline{\beta}_{\underline{w}}$, o solo gradienti dello spostamento orizzontale differenziale $\underline{\beta}_{\underline{h}}$; tali valori, arrotondandoli in maniera cautelativa, sono stati assunti pari a:

SOGLIA DI ATTENZIONE	$\beta_{\rm w}$ = 1,00
SOGLIA DI ALLERTA	$\beta_{\rm w}$ = 1,50
SOGLIA DI ALLARME	$\beta_{\rm w}$ = 3,35

SOGLIA DI ATTENZIONE	β_h = 0,45
SOGLIA DI ALLERTA	β_h = 0,70
SOGLIA DI ALLARME	β_h = 1,50

2.2 Modalità operative da adottare a seguito delle misure di spostamento

In termini operativi, per il generico edificio, si procederà nel modo di seguito illustrato:

a partire dai valori misurati di \mathbf{w} e \mathbf{h} si valuteranno tutti i $\beta_{\mathbf{w}}$ e i $\beta_{\mathbf{h}}$ relativi alle diverse pareti del singolo edificio, confrontandoli con i rispettivi valori di soglia ed emettendo, se necessario, un segnale di:

ATTENZIONE $(1,00 \le \beta_w < 1,50; 0,45 \le \beta_h < 0,70);$ $(1,50 \le \beta_w < 3,35; 0,70 \le \beta_h < 1,50);$ **ALLERTA**

ALLARME $(\beta_{w} \ge 3,35; \beta_{h} \ge 1,50)$

(chiaramente riferito al singolo parametro);

si valuteranno anche tutte le coppie β_w e β_h relative ai diversi lati dell'edificio entrando, con tali coppie, nel grafico di Figura 2b, individuando le eventuali violazioni delle frontiere di danno molto lieve, danno lieve e danno moderato ed emettendo, se necessario, un segnale (chiaramente riferito alla coppia di parametri) di:

in funzione degli ATTENZIONE, degli ALLERTA o degli ALLARME registrati si attiveranno le 2. operazioni elencate nel paragrafo 0.

2.3 Soglie di ATTENZIONE, di ALLERTA o di ALLARME connesse al monitoraggio delle lesioni

Per quanto attiene la definizione delle soglie di **ATTENZIONE**, di **ALLERTA** e di **ALLARME** connesse al monitoraggio del quadro fessurativo è stato deciso di riferirsi ancora alla **Tabella 2**, di seguito nuovamente riportata.

In funzione di tale tabella sono state definite la soglia di ATTENZIONE, connessa al manifestarsi di un danno molto lieve o di tipo *estetico* (lievi danni sostanzialmente limitati agli intonaci e alle finiture), la soglia di ALLERTA, connessa al manifestarsi di un danno lieve o di tipo *strutturale* (danni non più limitati agli intonaci e alle finiture ma che possono interessare, pur se in forma lieve, gli elementi strutturali), la soglia di ALLARME, connessa al manifestarsi di un danno moderato o di tipo *funzionale* (danni, oltre che su intonaci, finiture, elementi strutturali, anche sugli impianti e comunque tali da impedire la piena fruibilità dell'edificio) (v. Tabella 3).

Si segnala come il superamento della **soglia di ALLERTA** segnalato dalle misure di spostamento, <u>con la connessa necessità di messa in sicurezza</u>, segni l'entrata nel campo di monitoraggio delle lesioni limitato superiormente dalla relativa **soglia di ALLARME**; questo fatto indica chiaramente come, al crescere della entità delle lesioni, l'effettiva consistenza statica degli edifici si leghi sempre più al loro stato fessurativo e perda di significato l'eventuale legame tra consistenza statica e spostamenti.

Class of Damage (1)	Description of Damagea (2)	Approximate Width of Cracks mm (3)			
Negligible	Hairline cracks	⊲0.1			
Very Slight	Fine cracks easily treated during normal redecoration. Perhaps isolated slight fracture in building. Cracks in exterior brickwork visible upon close inspection.	<1		Class of	Γ
Slight	Cracks easily filled. Re-decoration probably required. Several slight fractures inside building. Exterior cracks visible,	<5	Typology of Damage	Class of Damage	Cracks wid
Moderate	some re-pointing may be required for weathertightness. Doors and windows may stick slightly.		Aesthetic	Very Slight (SOGLIA DI ATTENZIONE)	< 1 mm
			Structural	Slight (SOGLIA DI ALLERTA)	1 - 5 mm
Severe	Extensive repair involving removal and replacement of sections of walls, especially over doors and windows required. Windows and door frames distorted, floor slopes noticeably. Walls lean or bulge noticeably, some loss of bearing in beams. Utility service disrupted.	15 to 25 also depends on number of cracks	Functional	Moderate (SOGLIA DI ALLARME)	5 - 15 mm
Very Severe	Major repair required involving partial or complete reconstruction. Beams lose bearing, walls lean badly and require shoring. Windows broken by distortion. Danger of instability.	usually >25 depends on number of cracks			
classifying d bCrack width is direct measu	amage in the building or structure must be consi- legree of damage. Is only one aspect of damage and should not be u re of it. Id from Burland et al. (1977)				
	ssificazione del danno in fui lle lesioni	nzione dell'entità	Tabella 3. Definizione delle al monitoraggio d	_	di allarme leg

Data la variabilità che l'ampiezza delle lesioni manifesta, il superamento della generica soglia si considererà avvenuto quando l'ampiezza della moda delle lesioni superi il corrispondente valore riportato in **Tabella 2**.

3 Definizione dello stato di conservazione attuale degli edifici

Le soglie di **ATTENZIONE**, **ALLERTA** ed **ALLARME**, così come definite nel paragrafo **2.1.3**, afferiscono a misure di spostamenti **w** e **h** che partono da zero, essendo effettuate su edifici di nuova costruzione o con uno stato di conservazione attuale mediamente buono e, comunque, caratterizzato dall'assenza di lesioni sia agli elementi non strutturali sia alle strutture; per quanto attiene invece gli edifici di Santa Maria Maddalena di Ripoli, data la loro tipologia costruttiva nonché il loro mediocre stato di conservazione, non si può assumere che gli spostamenti **w**, **h** partano da zero o, almeno, non si può farlo prescindendo dall'analisi dello stato attuale delle strutture e della qualità dei materiali impiegati e dall'analisi dello stato delle sollecitazioni e di eventuali quadri fessurativi presenti.

In tali casi l'edificio potrebbe aver già superato le soglie di **ATTENZIONE** o di **ALLERTA** precedentemente definite e dunque già necessitare, rispettivamente, di un'analisi approfondita mediante modello di calcolo o di un intervento urgente di messa in sicurezza; non è dunque possibile far coincidere l'origine degli assi (β_{w} , β_{h}) proposta in **Figura 2** con il punto cui è giunta la storia dei gradienti verticali ed orizzontali cui è già stato soggetto l'edificio, <u>quando le attuali misurazioni hanno inizio</u>.

E' necessario pertanto definire lo stato attuale di ogni struttura in esame, evidenziando, qualora ce ne siano i presupposti e secondo la metodologia di seguito descritta, eventuali situazioni critiche preesistenti che abbiano già determinato, all'atto dell'inizio delle attuali misure, il superamento della soglia di **ATTENZIONE** o di **ALLERTA** o di **ALLARME.**

Per individuare un metodo oggettivo di analisi con cui valutare lo stato di conservazione degli edifici, basato sostanzialmente su un sopralluogo speditivo e sull'analisi dei testimoniali di stato, si utilizza *la scheda di 1º livello di rilevamento del Danno, pronto intervento e Agibilità per edifici ordinari nell'Emergenza post-Sismica*, prodotta a cura del servizio sismico nazionale della protezione civile²; di tale scheda (nel seguito AeDES) si utilizzano le sole Sezioni: 3, attinente la definizione della tipologia costruttiva dell'opera, 4, relativa all'analisi e valutazione del danno, e 6, in merito al pericolo esterno indotto da altre costruzioni.

Infatti, benché la scheda **AeDES** sia stata redatta per la gestione dell'emergenza post-sismica, le sezioni di interesse possono essere opportunamente adattate ed utilizzate per il caso in esame.

Inoltre, unitamente alla scheda sopradetta, si utilizza *la scheda di 1º livello di rilevamento degli effetti franosi per edifici ordinari nell'emergenza post-evento*, versione adattata dalla scheda AeDES per l'emergenza post-eventi franosi. Di quest'ultima si utilizzano le sole Sezioni: 7, attinente <u>i segni sul terreno</u> circostante l'edificio, e 8, relativa alla possibile evidenza di moti rigidi della struttura.

In dettaglio, ogni edificio oggetto di sopralluogo sarà individuato in funzione della sua ubicazione e del numero che lo contraddistingue nella planimetria riportata in **Figura 4** (**Figura 3**).

Quindi, si individueranno primariamente:

- la tipologia della costruzione (sezione 3 scheda AeDES);
- l'entità dell'eventuale danno presente, mediante analisi dei quadri fessurativi (sezione 4 scheda AeDES)

che decreteranno lo stato di conservazione attuale della struttura e, quindi, l'eventuale appartenenza ad una determinata soglia.

² A. Bernardini (A cura di), *La vulnerabilità degli edifici: valutazione a scala nazionale della vulnerabilità sismica degli edifici ordinari*, CNR – Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti – Roma, 2000, 175 pp. + CD-ROM allegato

IDENTIFICAZIONE FABBRICATO					
Indirizzo:					
Numero pianta monitoraggio:					

Figura 3. Tabella di inquadramento dell'edificio oggetto di sopralluogo

Successivamente, per ogni edificio, si compileranno la **Sezione 6**, della scheda **AeDES**, le **Sezioni 7** ed **8**, della scheda derivata per gli eventi franosi, che andranno a completare il quadro complessivo, evidenziando eventuali criticità presenti (pericolo di crollo di un edificio su di un altro o evidenti moti rigidi della struttura).

Per gli edifici si prefigurano, dunque, quattro possibili scenari, caratterizzati da:

- 1. assenza di lesioni e buona tipologia costruttiva;
- 2. assenza di lesioni e scadente tipologia costruttiva;
- 3. presenza di lesioni e buona tipologia costruttiva;
- 4. presenza di lesioni e scadente tipologia costruttiva.

Nei casi 1. e 2. lo zero a partire dal quale riportare i β_w e i β_h ottenuti monitorando l'edificio coinciderà con l'origine degli assi cartesiani proposta in Figura 2; l'aver individuato la tipologia costruttiva, permetterà di evidenziare, comunque, gli edifici cui dedicare particolare attenzione durante il monitoraggio.

Nei casi 3. e **4.** sarà necessario individuare, in base al livello di soglia raggiunto e secondo la metodologia di seguito illustrata, la posizione iniziale della struttura sul grafico proposto in **Figura 2** ed evidenziare, inoltre, le strutture caratterizzate da una tipologia costruttiva scadente.

Nel seguito si descrivono dunque le procedure per:

- 1. la individuazione della tipologia costruttiva dell'edificio;
- 2. la definizione **dell'entità del danno presente allo stato attuale**, con particolare attenzione per gli edifici in muratura, tipologia costruttiva caratterizzante la quasi totalità delle abitazioni site nella frazione in oggetto;
- 3. la valutazione di eventuali pericoli esterni indotti da altre costruzioni;
- 4. la valutazione di segni presenti sul terreno circostante o moti rigidi della struttura.

Successivamente, per gli edifici caratterizzati già allo stato attuale dall'aver raggiunto una delle soglie, si descriverà la metodologia con cui individuare la posizione iniziale della struttura sulla curva relativa alla soglia raggiunta, posizione a partire dalla quale andranno riportati i β_w e i β_h monitorati.

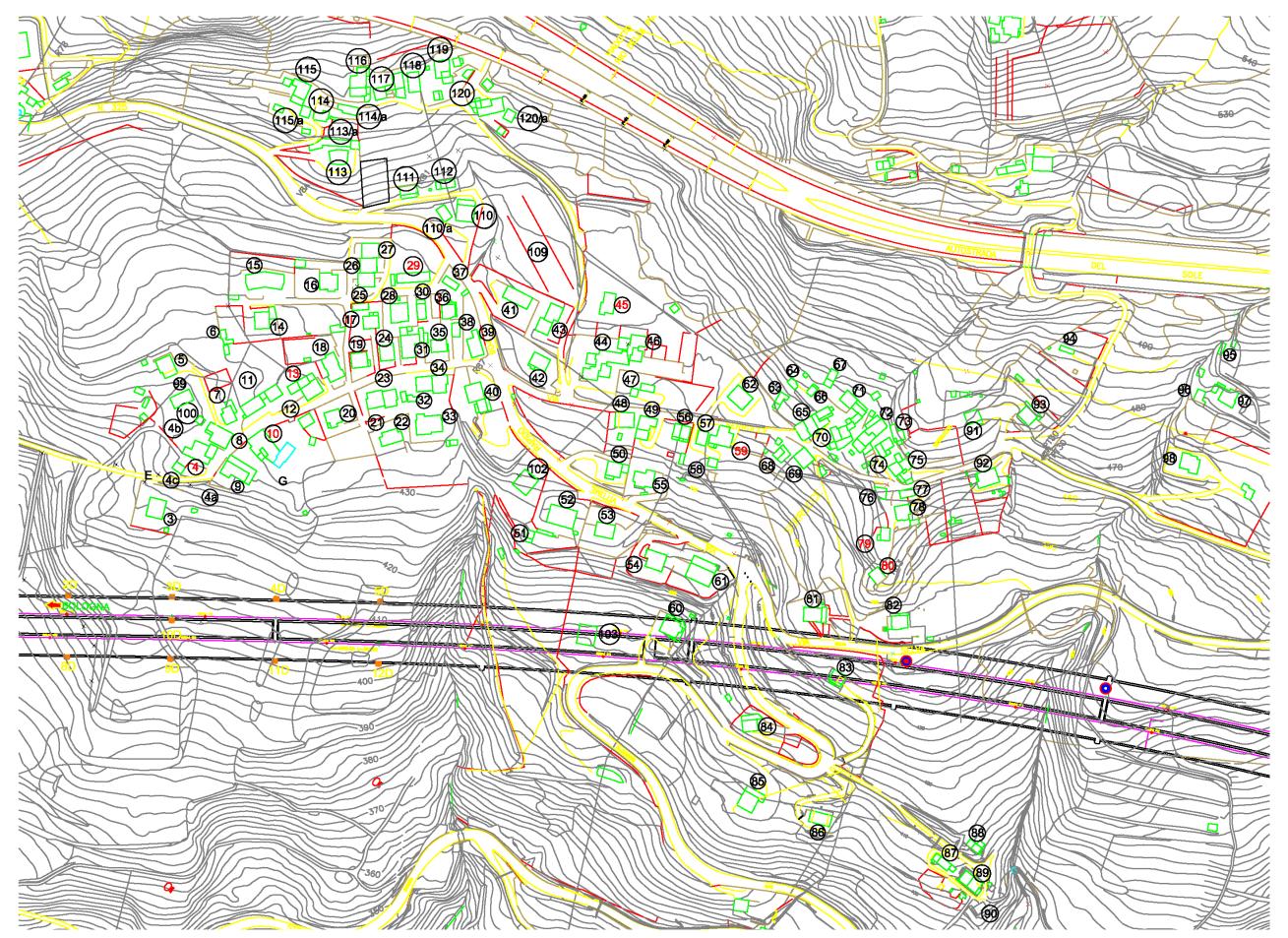


Figura 4. Planimetria abitato Santa Maria Maddalena di Ripoli

3.1 Definizione della tipologia costruttiva dell'edificio

3.1.1 Edifici in muratura

La Sezione 3 della scheda AeDES (v. Figura 5) è di tipo multi scelta con un massimo di 2 opzioni da riferire alle situazioni ritenute più significative dal punto di vista volumetrico. Quindi, per gli edifici in muratura, si possono segnalare due combinazioni di strutture orizzontali e verticali prevalenti, accoppiando in ogni caso le pareti di uno o più piani al loro solaio di copertura. Si osservi che non viene registrato nella scheda il numero di piani cui l'accoppiamento si riferisce; pertanto, è opportuno utilizzare la doppia scelta solo se entrambi gli accoppiamenti compaiono con estensione significativa e non vada pertanto registrato un secondo accoppiamento che riguardi una parte marginale dell'edificio.

<u>La muratura è distinta in due tipi,</u> in ragione della <u>qualità</u> (materiali, legante, realizzazione); per ognuno è possibile segnalare anche la <u>presenza di cordoli o catene,</u> se sono sufficientemente diffusi.

<u>I solai</u> sono distinti in <u>rigidi, semirigidi</u> e <u>deformabili</u>, nel loro piano medio. In dettaglio, vengono considerati rigidi i solai in c.a., semirigidi quelli in putrelle e tavelloni, deformabili quelli in putrelle e voltine o in legno; qualora sia stato realizzato un irrigidimento, questi ultimi solai potrebbero considerarsi rigidi o semirigidi, in base al livello di collegamento tra gli elementi.

Devono essere oggetto di rilievo anche:

- l'eventuale presenza di pilastri isolati, in c.a., muratura, acciaio o legno (colonna F);
- l'eventuale presenza di strutture portanti verticali miste muratura e calcestruzzo armato
 (più in generale muratura e strutture intelaiate) (colonna G);
- l'eventuale presenza di muratura armata o rinforzata, durante la costruzione originaria dell'edificio o in occasione di precedenti riparazioni o adeguamenti antisismici (colonna H).

Si noti che qualora non sia possibile l'accesso all'interno della struttura, <u>la tipologia costruttiva</u> <u>dell'opera potrà essere stabilita anche solo mediante ispezione dei paramenti esterni</u>.

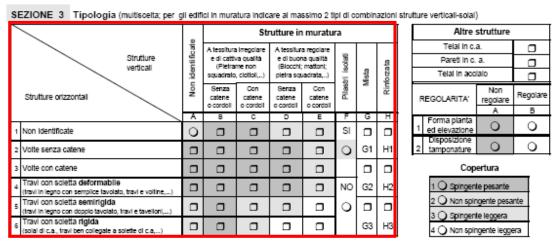


Figura 5. Sezione 3 della scheda AeDES – Definizione della tipologia costruttiva dell'opera – In rosso evidenziata la sezione attinente gli edifici in muratura

3.1.1.1 Abaco delle pareti verticali

La scheda, <u>tenendo conto del materiale utilizzato e della sua tessitura nel paramento, della qualità del legante e delle modalità costruttive</u>, prevede una distinzione della struttura in muratura in due classi:

1. Muratura di tipo I (a tessitura irregolare e di cattiva qualità):

Questo tipo di muratura, realizzato con inerti di pietra naturale, manifesta un comportamento sfavorevole caratterizzato da:

- elevata vulnerabilità per sollecitazioni fuori dal piano, con tendenza allo scompaginamento ed allo sfaldamento dell'apparecchio murario, anche per instabilità, sotto i carichi verticali, dei singoli paramenti mal collegati o non collegati; tale circostanza si verifica in genere anche in condizioni di vincolo ottimale agli orizzontamenti;
- scarsa resistenza per sollecitazioni nel piano, a causa sia della scarsa resistenza intrinseca dei materiali, ed in particolare della malta, sia per lo scarso attrito che può svilupparsi tra gli elementi lapidei, in relazione alla configurazione dell'apparecchio murario.

2. Muratura di tipo II (a tessitura regolare e di buona qualità):

Questo tipo di muratura, realizzato con inerti di pietra naturale o artificiale, manifesta un comportamento favorevole caratterizzato da:

- bassa vulnerabilità per sollecitazioni fuori dal piano, sempre che la parete sia correttamente vincolata superiormente ed inferiormente a solai rigidi o semirigidi;
- media o elevata resistenza per sollecitazioni nel piano della parete, grazie alla resistenza intrinseca dei materiali, in particolare della malta, e/o per l'attrito che può svilupparsi tra i blocchi o gli elementi lapidei, in relazione alla configurazione regolare dell'apparecchio murario.

Allo scopo di guidare il rilevatore nel riconoscimento e nella corretta assegnazione della tipologia costruttiva viene proposta in **Tabella 4** una classificazione più dettagliata della muratura.

Di essa viene fornita una documentazione grafica e fotografica organizzata attraverso abachi riepilogativi, nei quali, per ciascuna tipologia muraria, viene suggerita l'attribuzione al **TIPO I** o **TIPO II** previsti nella scheda.

In dettaglio, l'abaco propone una classificazione fondata sull'analisi del paramento esterno (I° livello di conoscenza), che <u>è facilmente riconoscibile dal rilevatore ad una prima analisi visiva della superficie esterna</u> o interna non intonacata. Su tali basi la muratura viene classificata in tre classi:

- muratura irregolare (codice A), costituita da elementi informi, che si possono presentare o
 come ciottoli di fiume, di piccole o medie dimensioni, levigati e con spigoli dalla forma
 decisamente arrotondata (provenienti dalle alluvioni o da letti di torrenti e fiumi) o come
 scapoli di cava, scaglie, etc., ovvero elementi di diversa pezzatura a spigoli vivi,
 generalmente in calcare o pietra lavica;
- 2. **muratura sbozzata (codice B),** costituita da elementi sommariamente lavorati, dal taglio non perfettamente squadrato, che si presentano in forma pseudo regolare o con orditura nastriforme di pietra detta a *soletti*;
- 3. **muratura regolare (codice C)**, realizzata con elementi dal taglio regolare perfettamente squadrato, quale viene consentito dal tufo e da talune pietre, nonché naturalmente dal laterizio.

In tutti i casi la tessitura può essere (**codice CR**) o non essere (**codice SC**) rinforzata con ricorsi di mattoni o pietre regolari con passo abbastanza costante (dello stesso ordine di grandezza dello spessore).

TIPO	TIPO DI ELEMENTI	CODICE TIPO	CODICE RICORSI	ASSEGNAZIONE	ESEMPI DI TESSITURA
	Pietra arrotondata o ciottoli di fiume di	A1	SR (no)	TIPO I	
	piccole o medie dimensioni		CR (si)	TIPO I	
A	Pietra grezza o pietrame: scapoli	A2	SR (no)	TIPO I	
	di cava, scaglie, pietre di pezzatura varia	AZ	CR (si) TIPO I / TIPO II		
	Elementi lastriformi ("pietra a soletti") Elementi pseudo regolari		SR (no)	TIPO I / TIPO II	
В		B1	CR (si)	TIPO I / TIPO II	
		rogolari		TIPO I / TIPO II	
	sommariamente lavorati	B2	CR (si)	TIPO I / TIPO II	

TIPO	TIPO DI ELEMENTI	CODICE TIPO	CODICE RICORSI	ASSEGNAZIONE	ESEMPI DI TESSITURA
	Pietra naturale squadrata (tufo, calcare, arenaria, ecc.)	C1	SR (no)	TIPO I / TIPO II	
С		C1	CR (si)	TIPO II	
	Pietra artificiale (mattoni)	C2	SR (no)	TIPO II	

Tabella 4. ABACO DELLE MURATURE basato sul paramento esterno

L'analisi visiva del paramento esterno da sola può, in alcuni casi (CODICE TIPO A2, B1, B2, C1) non essere sufficiente a distinguere una muratura di cattiva qualità (TIPO I) da una di buona qualità (TIPO II).

Al fine di operare tale classificazione è dunque necessario acquisire ulteriori informazioni, ottenibili sempre sui paramenti esterni, in termini di:

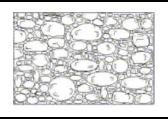
- qualità della malta; valutata in situ attraverso un test di scalfittura, al fine di distinguere malte di cattiva qualità (Mc) molto friabili, che si sgretolano tra le mani, da malte di buona qualità più resistenti (Mb).
- sezione muraria, distinta nei due casi di muratura con paramenti ben collegati (Pc) e paramenti scollegati o mal collegati (Ps).

Si riportano di seguito (**Tabella 5**) gli abachi attinenti le murature irregolari e regolari in funzione dei codici sopraproposti; in dettaglio, ogni categoria (**A1**, **A2**, **B1**, **B2**, **C1**, **C2**) è caratterizzata da una tabella ad albero che permette di definire, partendo dal **primo livello di conoscenza** (**riga 1**), **la tipologia della costruzione** (**TIPO I** o **TIPO II**) mediante la caratterizzazione della **qualità della malta** (**riga 2**) e della **sezione muraria** (**riga 3**).

A1: PIETRA ARROTONDATA

Descrizione: costituita prevalentemente da elementi con superficie liscia e forma arrotondata, o da ciottoli di fiume di piccoli e medie dimensioni; si presenta tanto con tessitura disordinata quanto ordinata

Senza ricorsi (S.R.) Attribuzione



1	I						
Mc	Мь						
I	I						
Ps Pc	Ps Pc						
I I	I I						





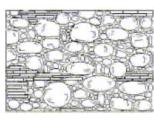
1	I						
Mc	Мь						
I	I						
Pa Pc	Ps Pc						
I I	1 1						

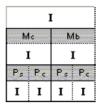
Attribuzione



Con ricorsi (C.R.)

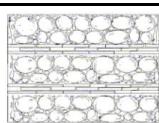
Attribuzione

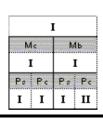




Attribuzione



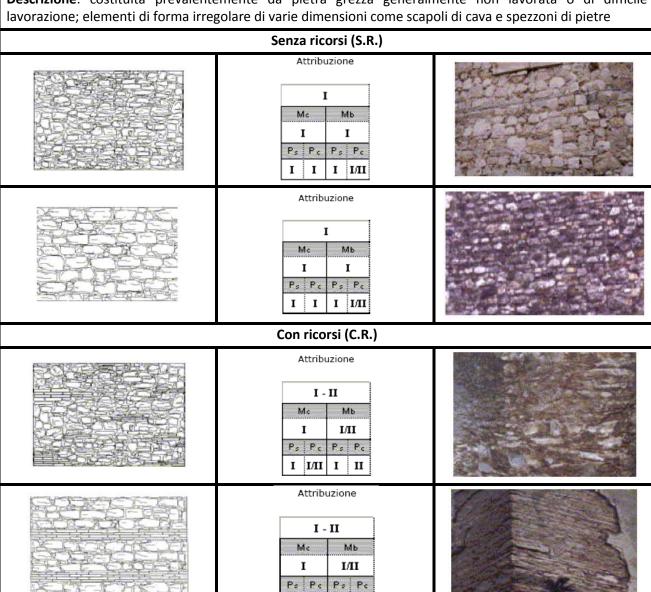






A2: PIETRA GREZZA

Descrizione: costituita prevalentemente da pietra grezza generalmente non lavorata o di difficile



I [I/II] I

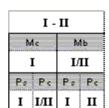
II

B1: PIETRA LASTRIFORME

Descrizione: costituita generalmente da elementi semilavorati, nastriformi ("pietra a soletti") ottenuti da rocce di scarsa potenza che tendono a sfaldarsi lungo il loro piano orizzontale. La forma quasi regolare degli elementi esclude quasi sempre la tessitura disordinata.

Senza ricorsi (S.R.) Attribuzione

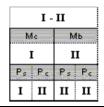






Con ricorsi (C.R.) Attribuzione





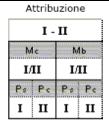


B2: PIETRA PSEUDO REGOLARE

Descrizione: Costituita da pietra semilavorata quasi regolare e di dimensioni maggiori rispetto alla precedente. La pseudo regolarità degli elementi esclude la tessitura disordinata

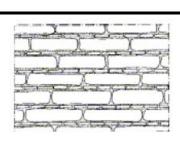
Senza ricorsi (S.R.)







Con ricorsi (C.R.)



Attribuzione							
I - II							
M	lc	N	1ь				
I/	II	I	I				
Ps	Рα	Рσ	Pτ				
I	II	I	II				

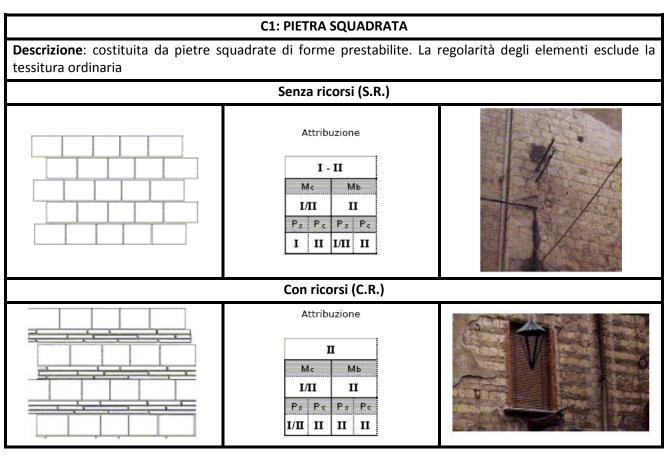




Tabella 5. Abachi attinenti la definizione delle murature regolari e non, con ricorsi e senza

Gli edifici classificati come TIPO I, in quanto più vulnerabili, dovranno essere oggetto di particolare attenzione durante il monitoraggio degli spostamenti.

Di seguito si riportano tabelle e abachi utili a completare ulteriormente, qualora sia data la possibilità di un sopralluogo interno, la descrizione dell'opera in relazione alle strutture orizzontali, le tamponature presenti e le coperture.

3.1.1.2 Abaco dei solai piani

Le strutture orizzontali non sono sempre identificabili; a tale scopo risultano utili elementi di guida al rilevatore, oltre all'intervista ai tecnici locali e/o al proprietario:

- l'ispezione in locali non intonacati, quali cantine, piani interrati, etc.;
- l'analisi delle caratteristiche strutturali degli sbalzi (balconi, aggetti, pensiline).

Solo in caso di forti incertezze, il tecnico rilevatore potrà utilizzare il campo "non identificate".

Nella scheda si distinguono fondamentalmente le strutture orizzontali piane da quelle a volta, e nell'ambito di ciascuna di queste classi principali, si opera un'ulteriore distinzione in relazione alle caratteristiche che possono avere riflessi importanti sul comportamento d'insieme dell'organismo strutturale.

Per quanto riguarda gli orizzontamenti voltati, la distinzione fondamentale è tra:

- volte senza catene: ossia strutture spingenti già sotto l'azione dei carichi verticali;
- volte con catene: ossia strutture la cui spinta viene eliminata o ridotta grazie alla presenza di catene ben ancorate, o viene contrastata da idonei *speroni*.

Per quanto riguarda le strutture piane (solai), la scheda distingue tre tipologie, in relazione alla loro deformabilità nel piano:

- Travi con soletta deformabile: la deformabilità e/o scarsa resistenza di questa tipologia fanno sì che, pur se ben collegate alla struttura verticale (condizione peraltro che non si riscontra quasi mai), non siano in grado di costituire vincolo alle pareti sollecitate fuori del piano né di ridistribuire le forze orizzontali tra le pareti sollecitate nel piano; può quindi accadere che questi orizzontamenti sollecitino le pareti fuori del piano, agevolandone il crollo.
- Travi con soletta semirigida: la rigidezza e la resistenza di questa tipologia fanno sì che, se ben collegata alla struttura verticale (condizione per lo più verificata in presenza di cordoli e/o code di rondine e apposite cuciture), siano in grado di costituire vincolo alle pareti sollecitate fuori dal piano e ridistribuire le forze orizzontali tra le pareti parallele alla direzione dell'azione. Si determina un corretto comportamento della scatola muraria, nella quale le pareti sollecitate fuori del piano sono ben vincolate ai solai, funzionando secondo uno schema favorevole a trave o piastra vincolata sui bordi, e le forze orizzontali vengono riportate a terra attraverso le pareti ad esse parallele.

Da un punto di vista operativo valgono le seguenti considerazioni.

Per solai deformabili si intendono solai in legno a semplice o doppia orditura (travi e travicelli) con tavolato ligneo semplice o elementi laterizi (mezzane), eventualmente finito con caldana in battuto di lapillo o materiali di risulta (*gretonato*), nonché solai in putrelle e voltine realizzate in mattoni, pietra o conglomerati. In entrambi i casi, se è stato realizzato un irrigidimento mediante tavolato doppio o, meglio ancora, soletta armata ben collegata alle travi, tali solai potrebbero intendersi come rigidi o semirigidi, in base al livello di collegamento tra gli elementi.

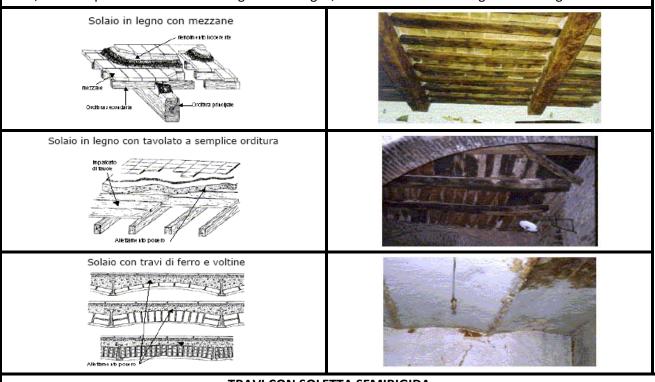
Per solai semirigidi si intendono solai in legno con doppio tavolato incrociato eventualmente finito con una soletta di ripartizione in cemento armato; solai in putrelle e tavelloni ad intradosso piano; solai in laterizi prefabbricati tipo SAP senza soletta superiore armata.

Per solai rigidi si intendono solai in cemento armato a soletta piena; solai in latero-cemento con elementi laterizi e travetti in opera o prefabbricati, o comunque solai dotati di soletta superiore di c.a. adeguatamente armata, connessa a tutte le murature e connessa fra campo e campo.

Allo scopo di guidare il rilevatore nel riconoscimento della tipologia orizzontale viene proposto in **Tabella 6** un abaco con una documentazione grafica ed iconografica delle tipologie previste nella scheda, in funzione della deformabilità dei solai nel piano orizzontale. Si precisa infine che se l'unico orizzontamento è la copertura (come nel caso di edifici ad un solo piano), la tipologia dell'orizzontamento va descritta, oltre che nella tabella *Copertura*, anche nella relativa riga della tabella *Strutture in muratura*.

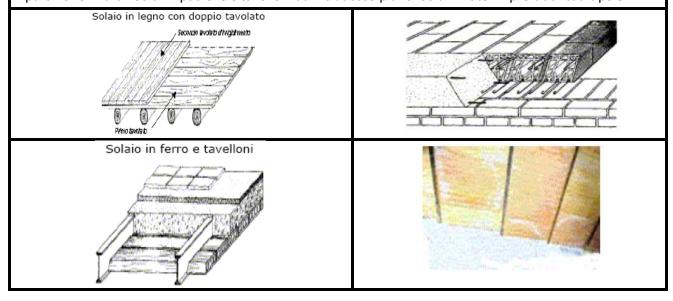
TRAVI CON SOLETTA DEFORMABILE

Descrizione: solai in legno a semplice o doppia orditura (travi o travicelli) con tavolato ligneo semplice o elementi laterizi (mezzane), eventualmente finito con caldana in battuto di lapillo o materiali di risulta (cretonato). Solai in putrelle e voltine realizzate in mattoni, pietra o conglomerati. In ambo i casi, se è stato realizzato un irrigidimento, mediante tavolato doppio o, meglio ancora, soletta armata ben collegata alle travi, tali solai potrebbero intendersi rigidi o semirigidi, in base al livello di collegamento tra gli elementi.



TRAVI CON SOLETTA SEMIRIGIDA

Descrizione: solai in legno con doppio tavolato incrociato eventualmente finito con una soletta di ripartizione in c. a.. Solai in putrelle e tavelloni ad intradosso piano. Solai in laterizi prefabbricati tipo SAP.



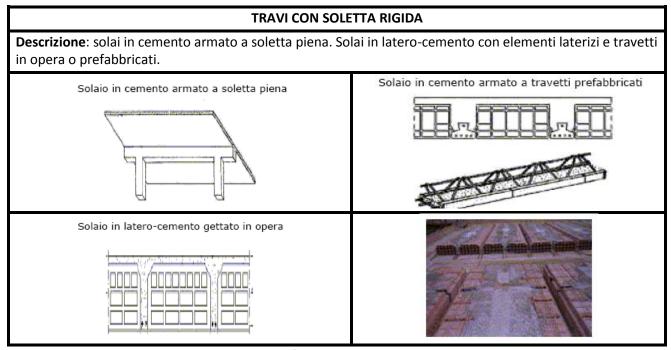


Tabella 6. Definizione della tipologia di travi e solai

3.1.1.3 Coperture

Le coperture influenzano in modo positivo o negativo il comportamento dell'edificio essenzialmente tramite due fattori: il peso e l'eventuale effetto spingente sulle murature perimetrali.

Per un edificio in muratura la condizione ideale è quella di una copertura, leggera, rigida e resistente e ben collegata alla struttura muraria, ossia una copertura che trasmette basse forze d'inerzia (leggerezza), costituendo un ottimo vincolo per le pareti sollecitate fuori del piano. Queste tre condizioni difficilmente sono realizzabili contemporaneamente. Nelle vecchie costruzioni, le coperture sono spesso spingenti, ossia applicano forze orizzontali ortogonali alle pareti su cui appoggiano, per effetto dei soli carichi verticali. Nella scheda si è ritenuto opportuno identificare come parametri fondamentali, il peso ed il carattere spingente o no della copertura.

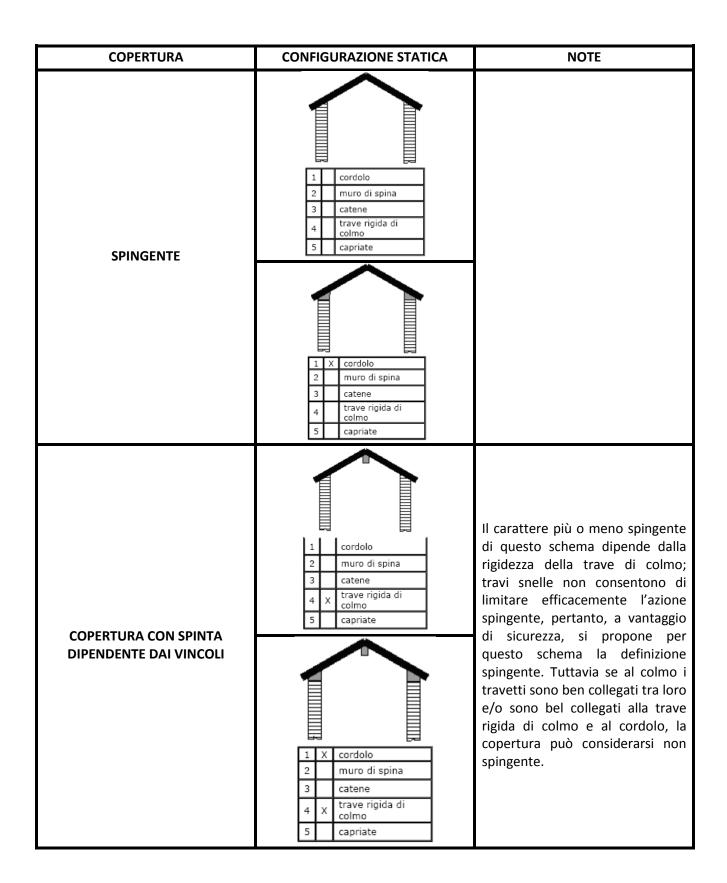
Da un punto di vista operativo valgono le seguenti considerazioni.

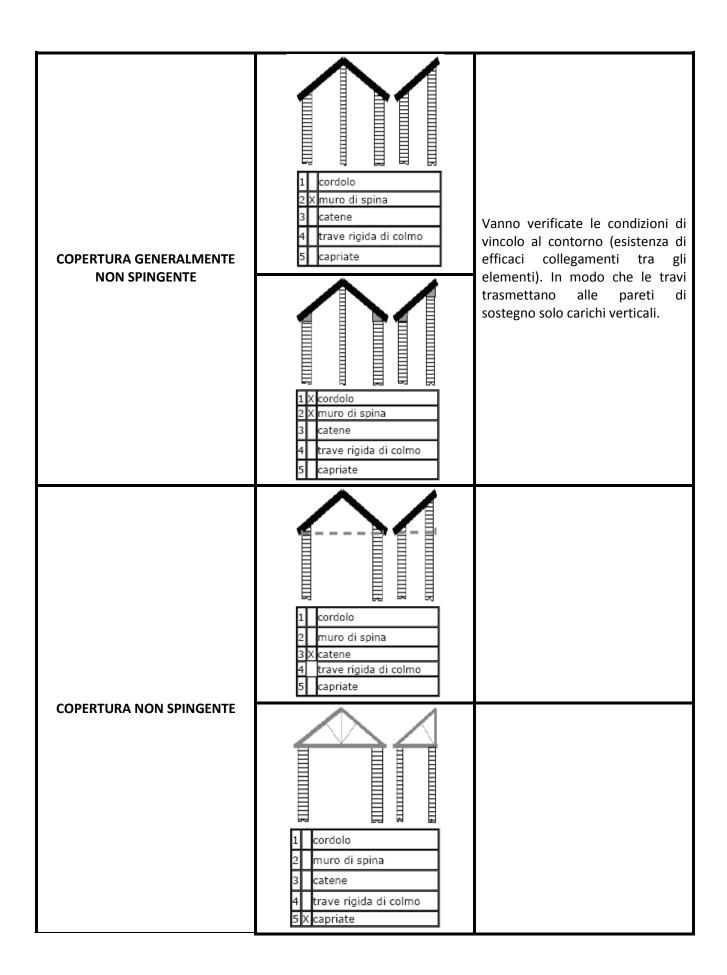
Riguardo al peso si intenderanno generalmente leggere coperture in acciaio o legno (salvo caso di lastre o tegole pesanti, ad esempio in pietra naturale), pesanti coperture in cemento armato.

Riguardo all'effetto spingente si considererà la presenza e/o l'efficacia dei seguenti elementi:

- 1. cordolo
- 2. muro di spina
- 3. catene
- 4. trave rigida di colmo
- 5. capriate a spinta eliminata su cui gravano travetti longitudinali

Possono dunque presentarsi i casi di seguito rappresentati. Si precisa che le valutazioni associate agli schemi riportati in **Tabella 7** hanno carattere indicativo e rappresentano la condizione più probabile soprattutto nei casi in cui non sia possibile indagare nel dettaglio sulle condizioni di vincolo tra gli elementi.





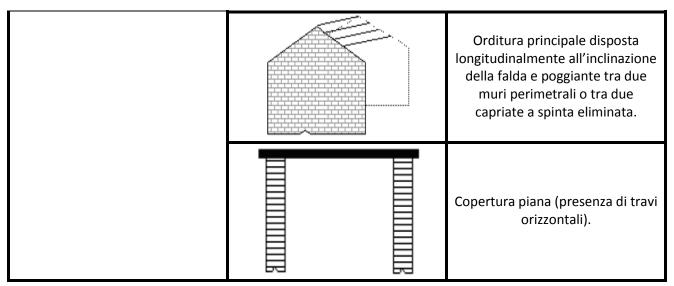


Tabella 7. Possibili casi di copertura

3.1.2 Edifici con struttura in c.a.

Per gli edifici caratterizzati da una tipologia strutturale differente dalla muratura, la **Sezione 3** della scheda **AeDES (v. Figura 6)** individua i seguenti casi:

- strutture a telaio in c.a.
- strutture a pareti portanti in c.a.
- strutture a telaio in acciaio

Nel caso degli edifici in esame, è molto probabile che l'eventuale diversa tipologia strutturale riscontrabile sia la <u>struttura a telaio in c.a</u>. In dettaglio, gli edifici si considerano con **strutture intelaiate di c.a.**, se <u>l'intera struttura portante fuori terra è in c.a</u>.

Strutture portanti verticali miste (muratura – telai) vanno indicate invece nell'apposita colonna **G** della scheda afferente alla **muratura**.

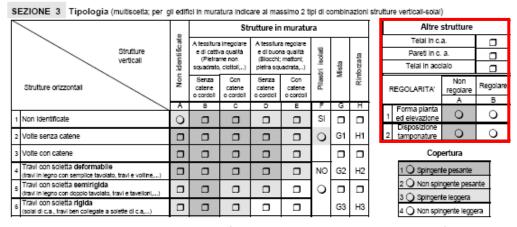


Figura 6. Sezione 3 della scheda AeDES – Definizione della tipologia costruttiva dell'opera – In rosso evidenziata la sezione attinente gli edifici in c.a.

Per tale tipologia non viene chiesto di specificare nulla in merito all'accoppiamento con le strutture orizzontali di impalcato, che sono da supporre rigide nel loro piano; eventuali irregolarità a riguardo andranno comunque opportunamente segnalate.

Aspetti importanti, invece, cui viene dato risalto <u>sono la forma in pianta ed in elevazione della struttura, nonché la disposizione delle tamponature</u>, tutte informazioni deducibili facilmente dall'esterno.

3.1.2.1 Forma in pianta ed elevazione

Sotto questa voce si dovrà complessivamente valutare la presenza di:

- irregolarità di forma in pianta, ovvero piante non dotate di due assi di simmetria ortogonale, ad esempio con forma a L, T, U E, P etc.;
- irregolarità di forma in elevazione, ovvero macroscopiche variazioni di superficie (±30%) al passare da un solaio all'altro, con conseguenti evidenti sporgenze o rientranze;
- disposizione eccentrica rispetto agli assi di simmetria della pianta di nucleo scala e/o blocco ascensore;
- irregolarità strutturali in pianta, ovvero mancanza di telai in entrambe le direzioni
 principali in pianta, telai non simmetrici o mal distribuiti, presenza di angoli rientranti (con
 proiezioni superiore al 20% della dimensione planimetrica della struttura in quella
 direzione), distribuzione disuniforme ed eccentrica del sovraccarico, etc.;
- irregolarità strutturali in elevazione, ovvero presenza di solette pesanti a fronte di pilastri
 esili, esistenza di piani con peso proprio o sovraccarico superiore al 50% rispetto a quella
 del piano superiore o inferiore, etc.

3.1.2.2 Disposizione tamponature

Sotto questa voce si dovrà complessivamente valutare la presenza di dissimmetrie generali nella disposizione delle tamponature e/o presenza di condizioni di vulnerabilità non strutturale, quali:

- tamponature disposte esternamente alla maglia strutturale;
- tamponature perimetrali forate in maniera dissimmetrica, es. molto aperte sul fronte strada e quasi completamente chiuse sugli altri lati;
- presenza di pilastri tozzi, dovuti alla presenza di tamponature che non riempiono la maglia strutturale, oppure a conformazioni strutturali irregolari come fondazioni a quote sfalsate, solai sfalsati, etc.

La non regolarità della struttura in pianta e/o in elevazione, nonché l'eventuale disposizione dissimmetrica delle tamponatura o tale da creare la presenza di pilastri tozzi, decreterà l'appartenenza della struttura alla **TIPOLOGIA I,** cui porre particolare attenzione durante il monitoraggio eseguito.

3.2 Valutazione dell'entità del danno delle strutture in muratura e in c.a.

La valutazione dell'entità del danno, così come di seguito descritta, si baserà su un sopralluogo speditivo, eseguito soprattutto all'esterno delle strutture.

In **Figura 7** è illustrata la tabella tipo da compilare; in dettaglio, i danni da riportare sono quelli cosiddetti *apparenti*, cioè quelli riscontrabili a vista sui componenti strutturali al momento del sopralluogo, siano essi preesistenti o collegabili al movimento gravitativo profondo del versante.

1	15		DANNO								
	Livello - estensione		D4 D5		Me	D2-D3 Medio grave		D' Leggero			
s	omponente trutturale Janno preesistente	> 2/3	1/3 - 2/3	\$1.5	> 2/3	113 - 213	¢.1/3	> 2/3	1/3 - 2/3	× 18	Nullo
	1	Α	В	С	D	E	F	G	Н	1	L
1	Strutture verlivali	0			0						0
2	Solai	0									0
3	Scale	0									0
	Copertura										0
5	Tamponature-tramezzi	П	П			П	П	П	П	п	0

Figura 7. Tabella attinente la valutazione del danno

<u>Le prime 4</u> righe sono riferite <u>agli elementi strutturali</u>; <u>la riga 5</u> è riferita ad <u>elementi non strutturali</u> di particolare rilevanza (tamponature e tramezzi) che possono modificare la resistenza e/o la risposta della struttura, in particolare di quelle intelaiate.

La descrizione si effettua semplicemente spuntando le caselle della tabella pertinenti al caso in esame con le seguenti avvertenze:

- ciascuna tabella corrisponde ad un preciso livello di danno e ad una certa estensione di tale danno;
- occorre esplicitamente prendere in considerazione tutta la lista di elementi considerati (righe 1 - 5); se il danno corrispondente non si riscontra, si spunta la casella *Nullo* (con il cerchietto) e non si compilano le altre celle nella riga (con il quadrato), se qualche danno è presente si spuntano le caselle corrispondenti; non è consentito lasciare in bianco nessuna riga della tabella di danno, a meno che non sia presente o non rilevabile il relativo componente;
- nelle righe da 1 a 5 si descrive il danno totale apparente al momento dell'ispezione, differenziato per ciascuna tipologia di elemento, ossia le modifiche visibili rispetto ad una condizione originaria ideale dell'edificio privo di danni (lesioni, fuori piombo, etc.);

La stima dell'estensione va effettuata separatamente per ogni riga e con riferimento all'intero edificio. Questo deve essere inteso nel senso che, per ogni componente elencata nelle righe, si deve:

- rilevare la presenza di ognuno dei tre livelli di danno: va precisato che se uno dei tre livelli di danno non si presenta per una data componente, non si spunterà nessuna delle tre caselle previste sulla relativa riga;
- stimare l'estensione da assegnare a ognuno dei tre livelli: si dovranno opportunamente combinare rapporti percentuali relativi al numero di piani danneggiati rispetto al numero di piani totali e, per ogni piano, i rapporti percentuali tra le parti o superfici danneggiate e il totale delle parti o superfici totali del piano.

Ad esempio, se in un edificio in muratura di 3 piani il livello di danno **D2-D3** riguarda il 60% delle pareti al piano terra, l'estensione per l'intero edificio sarà pari a 60 x 1/3 = 20 % e quindi <1/3 (riga 1, **colonna F**). Va precisato, comunque, che la misura dell'estensione non è il solo indice significativo della gravità del danno dal punto di vista strutturale. La somma delle estensioni danneggiate per ogni riga non potrà superare 1; non è pertanto corretta una codifica che attribuisca estensione > 2/3 sia a **D1** sia a **D2-D3**. Viceversa, quando la somma delle estensioni per la stessa riga è inferiore a 1 si intende che, in significative parti dell'edificio, la componente considerata non ha subito alcun danno (stato **D0**). Ad esempio, se in riga 1 l'estensione < 1/3 è attribuita sia a **D1** sia a **D2-D3**, e non si registrano danni di livello **D4-D5**, deve presumersi che almeno in 1/3 dell'estensione delle pareti dell'edificio non presenta alcun danno.

Nel caso degli orizzontamenti la stima può essere fatta considerando il rapporto tra tutti i campi di solaio (volte o solai piani) che presentano il livello di danno considerato ed il totale dei campi nell'edificio. Nel caso delle scale il riferimento può essere il totale delle rampe inclusi i pianerottoli.

Nel caso della copertura si può fare riferimento all'estensione della superficie danneggiata (riferita all'area coperta in pianta) o al numero di elementi portanti.

Per quanto attiene la definizione delle <u>categorie di danno</u>, al danno leggero D1 è associato un rischio strutturale basso (anche se non si può escludere un <u>danno non strutturale elevato</u> e quindi la necessità di provvedimenti cautelativi), mentre al danno D4-D5 è associato in ogni caso un rischio strutturale elevato. Il livello di danno intermedio D2-D3 comprende una varietà di situazioni che, in relazione al tipo e alla estensione, possono condurre a diversi giudizi di rischio strutturale.

Data la celerità richiesta per effettuare i sopralluoghi di tutti gli edifici dell'abitato e i ridotti tempi a disposizione per eseguire le valutazioni di vulnerabilità, si ritiene corretto individuare i soli casi di importanza prioritaria, rappresentati da tutti gli edifici che necessitino almeno di interventi di messa in sicurezza; come tali si classificano, dunque, tutte le strutture caratterizzate da DANNI LEGGERI (D1) e quindi dal raggiungimento della soglia di ALLERTA. Quindi, in prima istanza, non vengono individuati gli edifici che eventualmente, solo per via del loro stato di conservazione attuale, abbiano raggiunto la soglia di ATTENZIONE.

In sostanza, con riferimento alle soglie definite nel paragrafo **2.1**, si prefigurano quattro possibili scenari:

- Struttura caratterizzata da danni impercettibili afferenti solo alle finiture o assenza totale di danno: in tal caso, è possibile far coincidere l'origine degli assi (β_w, β_h) proposto in Figura
 2 con il punto cui è giunta la storia dei gradienti verticali ed orizzontali cui è già stato soggetto l'edificio, quando le attuali misurazioni hanno inizio.
- 2. Struttura caratterizzata da DANNI LEGGERI (D1): <u>la caratterizzazione dell'entità del danno</u> della struttura in tale classe, con riferimento alla Figura 2, comporta il raggiungimento del limite di ALLERTA.
- 3. Struttura caratterizzata da DANNI MEDIO-GRAVI (D2-D3): <u>la caratterizzazione dell'entità</u> del danno della struttura in tale classe, con riferimento alla Figura 2, comporta il raggiungimento del limite di ALLARME.
- 4. Struttura caratterizzata da DANNI GRAVISSIMI (D4-D5): <u>la caratterizzazione dell'entità del</u> danno della struttura in tale classe, con riferimento alla Figura 2, comporta il netto superamento del limite di ALLARME.

<u>La definizione della soglia di appartenenza sarà basata principalmente sulle strutture verticali</u> (prima riga della tabella riportata in **Figura 7**); qualora vi sia la possibilità di prendere visione anche dell'entità del danno attinente gli altri elementi strutturali elencati in **Figura 7**, essa andrà a completare o

aumentare, ma non diminuire, il livello di danno, e quindi la soglia raggiunta, che caratterizza le strutture verticali.

Inoltre, nel caso in cui l'edificio oggetto del sopralluogo sia caratterizzato da <u>danno localizzato</u> (DANNO MEDIO-GRAVE < 1/3 o DANNO LEGGERO < 1/3) l'operatore potrà proporre il raggiungimento della soglia di **ATTENZIONE**; pertanto si procederà a:

- implementare il modello ad elementi finiti;
- strumentare le lesioni strutturali per monitorarne l'andamento con particolare attenzione nei successivi 15gg alla data del sopralluogo.

Infine, nel caso in cui l'edificio oggetto del sopralluogo sia caratterizzato da <u>danno localizzato</u> (DANNO MEDIO-GRAVE < 1/3 o DANNO LEGGERO < 1/3), o da <u>danno esteso</u> (DANNO MEDIO-GRAVE > 2/3 o DANNO LEGGERO > 2/3), qualora si accerti il completo abbandono da parte del proprietario, si potrà semplicemente predisporre, nei casi ove possibile, opportuna recinzione in modo da salvaguardare l'incolumità pubblica in caso di crolli parziali o totali. In tal senso, si procederà unicamente a un monitoraggio delle lesioni attinenti gli elementi strutturali, senza implementare alcun modello di calcolo o progettare la messa in sicurezza.

La tipologia del danno è di seguito descritta in dettaglio:

- Il danno leggero (D1) è un danno che *non cambia in modo significativo la resistenza della struttura* e non pregiudica la sicurezza degli occupanti a causa di possibili cadute di elementi non strutturali. Per quanto attiene le <u>murature</u> si riscontrano: lesioni di ampiezza ≈ 1 mm, comunque distribuite nelle murature e negli orizzontamenti senza espulsione di materiale, distacchi limitati o lievi dislocazioni (≈ 1 mm) fra porzioni di strutture, ad esempio fra muri e solai o fra muri e scale o fra muri ortogonali. Fuori piombo limitati e non associati a fenomeni di distacco in elevazione, che quindi possono essere ritenuti preesistenti e non influenti sulla capacità delle strutture. Dissesti limitati alle coperture più deformabili (legno o acciaio), con conseguente caduta di qualche tegola ai bordi. Cadute di piccoli pezzi di intonaco o di stucco non legati alla muratura e degradati. Per quanto attiene le <u>strutture in c.a.</u> si riscontrano: lesioni lievi nelle travi (fino a 1 mm), lesioni capillari (< 0.5 mm) non verticali nelle colonne o nei setti; lesioni fino a 2 mm di distacco delle tamponature dalle strutture, lievi lesioni diagonali delle tamponature (<1 mm).
- il danno medio grave (D2-D3) è un danno che potrebbe anche cambiare in modo significativo la resistenza della struttura, senza che però venga avvicinato palesemente il limite del crollo parziale di elementi strutturali principali e possibili cadute di oggetti non strutturali. Per quanto attiene le murature si riscontrano: lesioni di maggiore gravità rispetto al D1, anche con espulsioni di materiale e con ampiezza di qualche mm (fino a circa 10 mm) o più ampie in prossimità delle aperture, sintomi di lesioni da schiacciamento, distacchi significativi fra solai e/o scale e pareti e fra pareti ortogonali, qualche crollo parziale nell'orditura secondaria di solai. Lesioni nelle volte di qualche mm e/o con sintomi di schiacciamento. Nelle coperture in legno o in acciaio con manto di tegole, sconnessioni nell'orditura secondaria e spostamenti apprezzabili (fino a circa 10 mm) degli appoggi delle travi principali, sconnessioni nell'orditura secondaria e caduta di una porzione rilevante del manto di tegole. Fuori piombo visibili ma comunque inferiori all'1% circa. Per quanto attiene le strutture in c.a. si riscontrano: lesioni da flessione nelle travi fino a 40 mm, lesioni nei pilastri e nei setti in c.a. fino a 20 mm, fuori piombo residui appena percettibili; nelle tamponature lesioni evidenti (> 2 mm) dovute a distacco dalla struttura, lesioni diagonali fino a qualche mm, evidenti schiacciamenti agli angoli a contatto con le strutture portanti, a volte con espulsioni localizzate di materiale.
- il danno gravissimo (D4-D5) è un danno che modifica in modo evidente la resistenza della struttura, portandola vicino al limite del crollo parziale o totale di elementi strutturali principali. Stato descritto da danni superiori ai precedenti, incluso il collasso.

Al fine di rendere più chiara la classificazione proposta si riporta di seguito una disamina dei vari livelli di danni particolareggiati per tutte le componenti principali sia degli edifici in muratura, sia degli edifici in c.a.

3.2.1 Classificazione del danno strutturale negli edifici in muratura

Le tipologie murarie precedentemente descritte sono molto diverse fra loro, sia per quanto riguarda i materiali costituenti (blocchi e malta) sia per il tipo di apparecchio. Di queste differenze occorre tenere conto nell'associare al danno apparente (p. es. tipologia di lesione ed ampiezza), il livello di rischio strutturale conseguente. Le indicazioni fornite nel seguito sono da intendersi come orientative e valide per le tipologie murarie nelle quali la capacità di dissipare energia è maggiormente legata a fenomeni attritivi che mantengono una certa stabilità anche a seguito di lesioni modeste: ad esempio le murature con blocchi pieni grossolanamente o ben squadrati con malte di calce o bastarde. Le murature in blocchi forati e con malte di ottima qualità possono, invece, vedere maggiormente ridotta la loro capacità residua a seguito di lesioni. Le murature caotiche con elementi naturali, si danneggiano in genere con maggiore facilità, spesso hanno consistenti gradi di danno preesistente, però per gradi modesti di danno non subiscono consistenti riduzioni di capacità viceversa possono manifestare comportamenti fragili con perdita improvvisa di geometria e quindi di resistenza e portanza dei carichi verticali, quando i dissesti si aggravano. Cautele ancora maggiori devono essere utilizzate nell'analizzare il danno a strutture che siano state in passato riparate con interventi pesanti, come le iniezioni o l'intonaco armato. In tali casi, e soprattutto per l'intonaco armato su murature di cattiva qualità, le lesioni che si riscontrano sulle superfici dei paramenti intonacati possono corrispondere ad un diffuso scompaginamento interno dell'apparecchio murario, con conseguente separazione della vecchia muratura dalla riparazione.

In particolare, con riferimento alla **Figura 8** si definiscono:

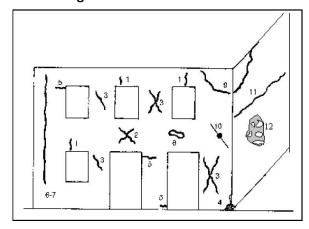


Figura 8. Schema di riferimento per le lesioni delle murature

3.2.1.1 Livello D0 - DANNO NULLO

Rientrano in questa categoria anche eventuali fessurazioni da ritiro nell'intonaco, i segni di piccoli dissesti avvenuti in passato, riparati e non riattivati.

3.2.1.2 Livello D1 - DANNO LEGGERO

Murature:

Ci si riferisce di seguito a lesioni che interessino la muratura e non solo l'intonaco. <u>Lesioni lievi per flessione in testa o al piede dei maschi murari (Figura 8 - tipo 5 \approx 1 mm) e in corrispondenza di angoli di aperture o sugli architravi di porte e finestre (Figura 8 - tipo 1 \approx 1 mm): il primo tipo può essere sintomo di</u>

un lieve e temporaneo superamento della resistenza a trazione della muratura nelle zone più sollecitate. L'innesco di queste lesioni è spesso agevolato dalle concentrazioni di tensione dovute agli spigoli delle aperture, che generalmente si scaricano attraverso una naturale ridistribuzione dell'andamento delle forze. Piccole lesioni negli architravi dovute anche alla formazione di archi di scarico e al successivo superamento della resistenza a trazione nella porzione di muro sottostante l'arco. Se la lesione parte dall'architrave, si estende su tutta la fascia di piano e trova corrispondenze ai piani superiori, essa è sintomo probabile di un diverso meccanismo, non più localizzato, che può preludere alla separazione di intere fasce verticali dell'edificio. Se l'apertura è limitata e non si notano segni di dissesto nel terreno si potrà ritenere che la capacità portante non sia significativamente alterata, specialmente se sono presenti elementi di collegamento e cucitura ai piani (cordoli e catene). Lesioni ad andamento diagonale nei maschi murari e nelle fasce di piano (Figura 8 - tipo 2 e tipo 3 ≈ 1 mm). Questo tipo di lesioni può indicare il superamento della resistenza a taglio nei pannelli murari, ma l'entità limitata del danno visibile può far ritenere che non siano significativamente variati i meccanismi di trasmissione delle forze per attrito e per ammorsamento dei blocchi, così che sia praticamente ancora disponibile la capacità portante originaria. Lesioni da schiacciamento (Figura 8 - tipo 4) di lieve entità (appena percettibili e in ogni caso < 1 mm). Si tratta di lesioni imputabili a schiacciamento locale della muratura con sgretolamento della malta e/o di elementi lapidei o laterizi, senza espulsione di materiale. Questo tipo di danneggiamento può indicare un superamento localizzato della resistenza a compressione della muratura, magari favorito da condizioni di maggior degrado e minor confinamento tipico degli angoli. Va valutato con estrema attenzione, se limitato a un sintomo lieve può essere annoverato in questa categoria, altrimenti è elemento per passare al livello di danno superiore. Ovviamente occorre attenzione per non confondere questa diagnosi con fenomeni che possono dare sintomi simili, come, ad esempio, le espulsioni di intonaco dovute all'effetto combinato di rigonfiamenti per umidità e a qualche lieve scuotimento (magari vibrazioni da traffico). In questi casi è opportuno tentare di eliminare localmente l'intonaco per esaminare la muratura. Lesioni di distacco delle pareti, in corrispondenza degli incroci (Figura 8 - tipo 6 - non passanti e Figura 8 - tipo 7 - passanti - di ampiezza circa 1 mm). Questo tipo di lesioni, specie quelle passanti, indica la perdita di connessione fra murature ortogonali, il che può portare progressivamente alla formazione di setti scollegati. A questi livelli di danno il fenomeno è generalmente all'inizio. Talvolta si tratta di una modesta riattivazione di uno stato preesistente. Si può quindi ritenere che lo schema statico iniziale non sia cambiato sostanzialmente e classificare il danno come leggero. Particolare attenzione deve essere posta alla presenza di vincoli efficaci a livello di solai e copertura. Quando questi sono assenti la sconnessione, se prosegue, può portare all'isolamento di pareti alte e snelle suscettibili di ribaltamento o di rottura per forze ortogonali. Questa situazione può essere opportunamente segnalata in nota. Ad esempio alcune lesioni (Figura 8 - tipo 8) sono generalmente attribuibili alla spinta localizzata di elementi come travi in legno, puntoni etc. Se il dissesto murario è appena percettibile si può ritenere che non sia stata alterata significativamente né la condizione di vincolo, né la capacità della muratura (che non deve presentare ovviamente fuori piombo riconducibili a questo fenomeno). Lesioni tipo 9 (Figura 8) nella parte sommitale delle costruzioni, soprattutto in assenza di idonei collegamenti (cordoli, catene, cerchiature, tiranti). Il meccanismo che si attiva è in genere quello di scorrimento di un cuneo di struttura muraria dovuto alle forze orizzontali e non contrastato da idonei ritegni. Il fenomeno può estendersi ai piani sottostanti in assenza di collegamenti efficaci alla quota dei solai. Se il fenomeno è molto localizzato e le lesioni sono modeste, si può ritenere non pericoloso; merita tuttavia in ogni caso di essere segnalato in nota anche a questo livello in modo che eventuali future ispezioni ne controllino l'evoluzione. Lievi danni alle catene (Figura 8 - tipo 10). L'allungamento delle catene o anche la deformazione permanente delle zone di ancoraggio (piastre, zeppe, muratura sottostante) è indice di un impegno eccessivo dell'elemento strutturale che ha portato alla plasticizzazione di alcune sue parti, il che rivela un'insufficienza rispetto all'azione da contrastare. Quando non ci sono vere e proprie rotture e la plasticizzazione è poco rilevante si può ritenere che la struttura, deformandosi, abbia trovato un assetto abbastanza stabile. Fuori piombo visibili; se stabilizzati e non riattivati dal movimento gravitativo profondo, potrebbero essere ritenuti non influenti sulla sicurezza perché facenti parte ormai di un consolidato equilibrio statico complessivo. Ovviamente quanto più l'entità del fuori piombo è sensibile tanto più occorre considerare il quadro complessivo dell'edificio e valutare se tale danno possa ritenersi effettivamente ininfluente, discernendo i casi di fuori piombo dovuti, per esempio, ad usura delle murature, da quelli che denunciano spanciamenti di tutto lo spessore di parete. In ogni caso l'importanza del fuori piombo dal punto di vista del rischio strutturale è condizionata dall'efficacia dei collegamenti agli impalcati. Lesioni orizzontali all'attacco fra muro e orizzontamenti di tipo 11 (Figura 8) con dislocazioni molto limitate (fino a circa 1 mm). Queste lesioni denunciano un inizio (a questo livello) di scorrimento fra il solaio e la muratura sottostante.

Solai:

Lesioni di piccola entità parallele all'orditura dovute a flessione differenziale fra i travetti; questo è un fenomeno fisiologico che si verifica sotto carichi verticali e che è dovuto sia alla flessibilità dei solai (soprattutto in acciaio), sia alla presenza di una discontinuità fra travetti e laterizio che tende a lesionare l'intonaco sottostante. Tale fenomeno non costituisce una modifica della capacità resistente della struttura. Può anche accadere, più raramente, che un solaio si lesioni in questo modo a causa della presenza di forze di trazione ortogonali alle nervature e generate dall'azione di collegamento che il solaio esercita fra due muri. In questo caso le lesioni possono indicare una modifica dello schema iniziale, ma dovrebbero essere rilevabili anche all'estradosso (salvo che non ci siano pavimenti elastici, come quelli in gomma o in legno). In ogni caso valori limitati come quelli qui considerati indicano solo un inizio di attivazione e possono essere eventualmente segnalati in nota per un eventuale approfondimento da parte del progettista. A volte l'eccessiva flessibilità (p.e. nei solai di legno o in acciaio) può causare anche la comparsa nell'intonaco d'intradosso di piccole lesioni ortogonali all'asse delle nervature. Sostanziale assenza di spostamenti delle travi portanti in corrispondenza degli appoggi.

Volte ed archi:

In molti tipi di volte e negli archi in muratura le piccole lesioni possono essere fisiologiche, specialmente nelle volte a padiglione o a vela di piccolo spessore. La presenza di catene, speroni o di murature massicce tende a stabilizzare ma non ad eliminare totalmente tali effetti. Quando le lesioni sono visibili in chiave o alle reni esse sono generalmente attribuibili al superamento dell'eccentricità limite per la quale la sezione è interamente compressa. Valori modesti dell'apertura, da valutare in rapporto allo spessore, possono indicare che l'eccentricità non è molto forte e la struttura ha ritrovato un assetto statico soddisfacente. E' opportuno, nel giudizio di rischio, tenere anche conto della lunghezza delle lesioni in rapporto alle dimensioni dell'elemento e del numero e posizione delle stesse.

Scale:

Per scale a sbalzo con gradini in pietra, legno o acciaio: <u>lesioni fino ad 1 mm sulla muratura in corrispondenza dell'incastro</u>. Per scale in muratura voltata: <u>lesioni fino ad 1 mm comunque diffuse</u>.

Coperture:

Le coperture di legno o acciaio sono generalmente più deformabili di quelle in c.a. Se il manto superiore è in tegole, esso può facilmente sconnettersi a causa delle vibrazioni verticali, con conseguenti scivolamenti delle tegole interne e cadute di quelle di bordo nei tetti a falde. Se questi fenomeni sono limitati e la struttura è sostanzialmente intatta il danno è limitato alla funzionalità della copertura, ma può avere significato per la sicurezza degli spazi sottostanti. Occorre segnalare i provvedimenti di pronto intervento di rimozione degli elementi pericolanti o di transennamento se questi ultimi costituiscono pericolo per il pubblico.

3.2.1.3 Livello D2-D3 - DANNO MEDIO-GRAVE

Murature:

Lesioni per flessione in testa o al piede dei maschi murari e sugli architravi di porte e finestre (Figura 8 - tipo 1 e tipo 5) aperte fino a circa 15 mm; esse possono indicare una forte sconnessione permanente dei maschi e delle fasce murarie. In questo caso, principalmente con riferimento a lesioni di tipo 5 (Figura 8), se l'estensione del fenomeno è rilevante, sarà ragionevole presumere che il fabbricato potrebbe raggiungere il livello di danno superiore. Per il tipo 1 (Figura 8), invece, se si riterrà che il fenomeno è ancora locale e risolvibile con il puntellamento dell'apertura, si potrà propendere per un rischio strutturale basso con provvedimenti anche in funzione dell'estensione del fenomeno. Se, invece, si riterrà che molte delle fasce di piano non siano più in grado di vincolare i maschi, e quindi lo schema statico sia stato alterato in modo significativo, si propenderà per un rischio strutturale alto. In tal caso, probabilmente, si osserveranno anche lesioni al piede di tipo 5 (Figura 8) nei setti più snelli. Lesioni ad andamento diagonale (per taglio) nei maschi murari e nelle fasce di piano (Figura 8 - tipo 2 e tipo 3 > 2 mm e fino a circa 10 mm), generalmente spiegabili con l'attivazione di un meccanismo di resistenza a taglio che ha prodotto dislocazioni visibili. Se l'entità delle dislocazioni è modesta e l'estensione del danneggiamento è limitata si potrà propendere verso un rischio strutturale basso, mentre si propenderà per un rischio alto nel caso opposto. A volte lesioni di questo tipo rivelano l'attivazione di un meccanismo complesso comprendente anche deformazioni fuori piano del pannello murario. In tali casi sono presenti visibili spanciamenti, che generalmente indicano una situazione di rischio per possibili futuri crolli parziali. Lesioni tipo 4 (Figura 8) di lieve/media entità che possono indicare fenomeni di schiacciamento evidenti. Il comportamento delle murature rispetto a questo meccanismo di danno è in genere abbastanza fragile, in particolar modo per la muratura di mattoni pieni e ancor più per quella in elementi forati, quindi questo tipo di danno va valutato con estrema attenzione. La gravità dipende dall'estensione, indice di una più o meno compromessa capacità portante verticale, dalla tipologia muraria e dalla geometria. Se esistono le condizioni per una forte concentrazione di tensioni verticali (ad esempio per la presenza di aperture che riducono la sezione resistente) ed in edifici di altezza non trascurabile e con cattivo stato di conservazione delle murature, il rischio strutturale può ritenersi elevato. Lesioni di distacco delle pareti, in corrispondenza degli incroci, dell'ordine di 20 mm se passanti (Figura 8 - tipo 7) o leggermente più ampie se non passanti (Figura 8 - tipo 6). Il meccanismo di danno caratterizzato dalla perdita di connessione fra murature ortogonali è stato chiaramente attivato e lo schema statico della costruzione ha sicuramente subito un'alterazione rispetto alla situazione originaria. La valutazione del rischio strutturale connesso a tale situazione merita una profonda attenzione. Nel caso in cui l'ampiezza delle lesioni è limitata e se si può fare affidamento su vincoli efficaci a livello dei solai e della copertura che possono contrastare fenomeni di ribaltamento o di rottura per forze ortogonali, il rischio strutturale potrà considerarsi basso o basso con provvedimenti. Nel caso opposto si propenderà per un giudizio di rischio strutturale alto. Questa situazione richiede comunque provvedimenti di pronto intervento, almeno provvisionali, nei casi in cui è pregiudicata la pubblica incolumità. Lesioni tipo 8 (Figura 8) da considerarsi medio - gravi se si ritiene che vi possa essere un'alterazione delle condizioni di vincolo dell'elemento che ha provocato la spinta localizzata, oppure che vi possa essere una riduzione della capacità portante della muratura, associata a fuori piombo ricollegabili a questo fenomeno. Lesioni tipo 9 (Figura 8) che a questi livelli di danno hanno un'entità tale da determinare una chiara identificazione del cuneo di struttura muraria che tende a distaccarsi. Se sono evidenti dislocazioni che denotano uno scorrimento del cuneo il rischio strutturale è da considerarsi alto. Se le dislocazioni sono appena percettibili il rischio strutturale può essere considerato basso con provvedimenti di puntellazione o contenimento, la cui realizzazione è da considerarsi indispensabile per un completo riutilizzo dell'immobile. Isolati episodi di rottura di catene o sfilamento degli ancoraggi (Figura 8 - tipo 10) che interessino porzioni limitate di struttura con associati modesti fuori piombo. Se la rottura è dovuta all'evento in corso, è evidentemente intervenuta una modifica significativa dell'assetto statico che può far propendere per un giudizio di rischio strutturale alto. La gravità del danno è comunque da ricollegarsi non all'elemento catena ma alle conseguenze della sua rottura sulla struttura da essa vincolata. Evidenze di fuori piombo, dovuti all'evento e non preesistenti, sono generalmente accompagnate da un quadro fessurativo sulle murature del tipo 6 o tipo 7 (Figura 8), con possibili distacchi muro-solaio. Il rischio strutturale è generalmente alto. Il fuori piombo deve comunque essere contenuto (<1%) e devono essere predisposti provvedimenti di pronto intervento. Quando il fuori piombo denuncia uno spanciamento della muratura occorre porre attenzione alla tipologia della stessa: se la tessitura è a doppio paramento oppure a sacco, si possono essere innescate significative separazioni fra i due paramenti, che possono essere anche indice di un imminente collasso parziale. In tali casi il danno è sicuramente grave e diventa visibile con dissesti di tipo 12 (Figura 8). Lesioni di tipo 11 (Figura 8) con dislocazioni di modesta entità $(1 \div 5 \text{ mm})$. Queste lesioni denunciano un fenomeno più o meno grave di scorrimento fra il solaio e la muratura sottostante. Spesso tale danno è localizzato a livello del sottotetto. In tali casi, se lo scorrimento è superiore a qualche mm (20 mm) ed è attribuibile all'incremento dell'azione spingente della copertura, può determinarsi una condizione di rischio elevato per associazione di un elemento di vulnerabilità (copertura spingente) con la modificazione prodotta dallo scorrimento.

Solai:

Presenza di distacchi ben definiti fra solaio e strutture portanti, connessi in genere ai meccanismi fuori piano delle murature; a questi distacchi si accompagnano spesso sfilamenti delle travi dell'ordine del centimetro. L'appoggio del solaio sulle murature perimetrale non risulta in generale compromesso. Sono possibili dissesti rilevanti nei pavimenti e nell'orditura secondaria, se presente, (solai in legno o acciaio) fino ad arrivare a qualche crollo nell'orditura secondaria o terziaria (solai in legno). Se il solaio è sostanzialmente integro, pur presentando gli sfilamenti delle travi sopraindicati, il rischio strutturale è associato allo stato delle strutture verticali. Viceversa, se il solaio presenta propri dissesti, il rischio strutturale può considerarsi alto, o basso con provvedimenti, indipendentemente dal livello di danno sulle murature. In questo caso il rischio potrebbe riguardare soltanto porzioni limitate dell'edificio.

Volte ed archi:

Lesioni di notevole apertura e profondità sia in chiave sia alle reni, specie se accompagnate da dislocazioni significative rispetto allo spessore, le quali possono indicare che il rischio strutturale dell'elemento è alto. In tali casi, infatti, è probabile che il disturbo dell'assetto statico connesso al danno produca forti concentrazioni di tensione legate alla riduzione della zona di sezione reagente. Occorre comunque valutare l'importanza della volta nell'equilibrio globale della struttura: volte di piccolo spessore, generalmente di controsoffitto, possano dare un modesto contributo alla struttura nel suo complesso, pur potendo costituire fonte di rischio per gli occupanti. Orizzontamenti voltati più importanti possono interagire decisamente con le strutture verticali; in tali casi i danni sulla volta costituiscono un elemento di criticità maggiore e quindi possono rappresentare una fonte di rischio per l'intero immobile. Possono presentarsi, a questo livello, distacchi ben definiti rispetto ai muri, connessi in genere ai meccanismi fuori piano e favoriti dall'azione spingente delle volte stesse.

Scale:

Lesioni di notevole apertura e profondità sia in chiave sia alle reni, specie se accompagnate da dislocazioni significative rispetto allo spessore, che possono indicare che il rischio strutturale dell'elemento

è alto. In tali casi, infatti, è probabile che il disturbo dell'assetto statico connesso al danno produca forti concentrazioni di tensione legate alla riduzione della zona di sezione reagente. Occorre comunque valutare l'importanza della volta nell'equilibrio globale della struttura: volte di piccolo spessore, generalmente di controsoffitto, possono dare un modesto contributo alla struttura nel suo complesso, pur potendo costituire fonte di rischio per gli occupanti. Orizzontamenti voltati più importanti possono interagire decisamente con le strutture verticali; in tali casi i danni sulla volta costituiscono un elemento di criticità maggiore e quindi possono rappresentare una fonte di rischio per l'intero immobile. Possono presentarsi, a questo livello, distacchi ben definiti rispetto ai muri, connessi in genere ai meccanismi fuori piano e favoriti dall'azione spingente delle volte stesse.

Coperture:

Valgono le considerazioni generali sul loro comportamento fatte per il livello di danno D1. Al livello D2-D3 corrispondono sconnessioni all'orditura secondaria e spostamenti apprezzabili degli appoggi delle travi (in legno o in acciaio), sconnessioni dell'orditura secondaria con fenomeni localizzati di crollo e/o cadute di tegole in misura rilevante rispetto al totale (per esempio dell'ordine del 20%). Il giudizio sul rischio strutturale sarà in generale alto se si sono verificati crolli più importanti mentre potrà anche essere basso con provvedimenti se si sono verificate solo cadute di tegole e dissesti localizzati. Nel caso di tetti in c.a. dotati di cordoli e caldane non si riscontreranno i fenomeni sopra indicati, potranno però presentarsi casi di scorrimento fra copertura e muratura, a seconda della rilevanza del fenomeno e delle possibili conseguenze sull'azione di collegamento delle pareti ci si orienterà per un giudizio di rischio strutturale basso con provvedimenti oppure alto (v. anche lesioni Figura 8 - tipo 11 nelle murature).

Nei casi, a volte riscontrati, di tetti realizzati con travetti in c.a. o c.a.p. ma senza caldana, il giudizio dovrà tenere conto soprattutto della presenza di cordoli efficaci e della presenza di configurazioni spingenti. Cordoli discontinui e comunque non in grado di chiudere le spinte possono condurre a visibili scorrimenti rispetto ai muri, con conseguente rischio strutturale elevato. Cordoli continui in assenza di spinte (sempre senza caldana) possono evitare rotture globali ma non sono generalmente in grado di contrastare rotture locali dei laterizi con conseguenti rischi localizzati.

3.2.1.4 Livello D4-D5 - DANNO GRAVISSIMO E/O CROLLO

Danni ai singoli elementi resistenti maggiori di quelli del livello precedente (**D2-D3**), con espulsione di materiale strutturale in quantità rilevante e/o crolli localizzati di muri portanti, di cantonali e di spigoli murari. Si presentano ribaltamenti di facciata (**Figura 8 - tipo 7**), lesioni diagonali, un'eclatante separazione fra solaio e pareti, una pericolosa dislocazione (**Figura 8 - tipo 11**), gravi fuori piombo connessi a dissesti del suolo. Rientrano in questo livello <u>i crolli parziali di solai, tetti e/o volte</u>, nonché <u>rotture del tessuto murario</u> (**Figura 8 - tipo 12**). **Possibile collasso totale dell'edificio.**

3.2.2 Classificazione del danno strutturale negli edifici in c.a.

3.2.2.1 Livello D0 - DANNO NULLO

Lesione negli elementi strutturali nei limiti di norma (entro 0.2 – 0.4 mm)

3.2.2.2 Livello D1- DANNO LEGGERO

Travi e pilastri

Lesioni nelle travi ortogonali all'asse e dell'ordine di 1 mm, di poco superiori ai limiti di norma. Ovviamente lesioni esposte per lungo tempo ad ambienti aggressivi possono facilitare la corrosione e quindi diminuire la capacità portante, per cui il fenomeno va segnalato se si ha ragione di ritenere che si

ricade in questa fattispecie. A parità di danno strutturale (livello di sicurezza), le lesioni trasversali all'asse nei pilastri, rispetto alle corrispondenti lesioni nelle travi, sono generalmente più modeste per la presenza dello sforzo normale che tende a richiuderle. Si considereranno lievi, quindi, quelle che sono inferiori ad 1 mm. Sono da considerare con attenzione, invece, le lesioni verticali, anche di ampiezza inferiore ad 1 mm: qualora si possa ritenere che esse indichino fenomeni iniziali di schiacciamento il livello di danno dovrebbe essere considerato almeno **D2**; quando, invece, esse possono essere attribuite ad altre cause, ad esempio aumenti di volume delle barre di armatura longitudinali dovuti alla formazione di ossido con conseguente inizio dell'espulsione del copriferro, il livello di danno potrà essere considerato **D1**. A questo livello di danno sono da escludersi lesioni nei nodi di ampiezza superiore a qualche decimo di mm. Sono anche da escludersi percettibili fuori piombo.

Solai intermedi e di copertura

Per le <u>lesioni</u> nei solai vale quanto detto nel caso di edifici in muratura. Quelle <u>parallele ai travetti</u> possono verificarsi per effetti di <u>flessione differenziale e possono anche causare piccoli sfondellamenti di laterizi messi in opera già lesionati.</u> Se le lesioni non si ripercuotono all'estradosso del solaio e quindi non c'è da temere una sconnessione dello stesso tale da pregiudicare la sua funzione di diaframma, allora lo schema statico originale della struttura si può ritenere non variato in maniera significativa. Occorre considerare con attenzione eventuali lesioni trasversali in corrispondenza dell'attacco dei travetti alle travi a spessore. Se si è innescata una lesione in tal punto e si riscontra l'impronta del travetto, è possibile che la continuità fra struttura principale e secondaria sia venuta meno, almeno in parte, e sia quindi opportuno predisporre delle puntellature provvisionali. <u>Modeste lesioni trasversali all'orditura (1 mm), comunque, potrebbero essere più evidenti in solai flessibili o di grande luce</u>. Tali lesioni non costituiscono in generale fonte di rischio a meno che la struttura non sia strutturalmente insufficiente a sopportare gli stessi carichi verticali. <u>Per le coperture, indipendentemente dal danno strutturale, possono verificarsi degli episodi di cadute di tegole dal bordo</u>.

Tamponature

Le lesioni nelle tamponature a questo livello di danno sono costituite essenzialmente da lievi distacchi della muratura dalle strutture (≈ 2 mm), compatibili con spostamenti del tutto ammissibili, in genere, per strutture in c.a. Eventuali lesioni diagonali, che rivelano la collaborazione delle tamponature alla resistenza della struttura, sono modeste (≈ 1 mm). Occorre prestare attenzione alla possibilità che alcuni pannelli di tamponatura abbiano manifestato la tendenza a ribaltare fuori dal loro piano, uscendo dalla maglia di telaio in cui sono inserite. Questa eventualità si manifesta con una certa facilità nel caso di rivestimenti a cortina che passano davanti alle strutture portanti e non sono ad esse ancorate. In tali casi il danno può indicare un rischio non strutturale anche elevato. Pertanto, in generale, l'osservazione di questo livello di danno nelle tamponature (in assenza di un più grave danno alle strutture) potrà condurre ad un giudizio di rischio strutturale basso o "basso con provvedimenti". Potrà invece condurre ad un giudizio di rischio non strutturale, anche elevato, nel caso particolare di cortina completamente scollegata. E' necessario, in tale ultimo caso, segnalare i provvedimenti di pronto intervento appropriati che consentano di garantire la sicurezza degli spazi sottostanti.

Scale

Le strutture di collegamento verticale svolgono molto spesso una funzione di controventamento e l'esame del quadro dei danni che le interessa costituisce, analogamente alle tamponature, un indicatore di quanto la struttura nel suo complesso è stata impegnata durante eventi passati. A questo livello, i danni sono molto modesti e comparabili a quelli presenti sulle travi e sui pilastri, per cui si potrà in generale presumere che l'impegno non abbia significativamente diminuito la capacità strutturale.

3.2.2.3 Livello D2-D3-DANNO MEDIO-GRAVE Travi e pilastri

Nelle situazioni meno gravi (D2) le lesioni si presentano tipologicamente simili a quelle descritte nel livello D1, con ampiezze di poco maggiori; valgono quindi considerazioni simili sui meccanismi e sulla sicurezza. Nei casi più gravi (D3), la forte ampiezza delle lesioni fa ritenere che si sia verificata una estesa plasticizzazione delle armature, che potrebbe aver portato ad esaurire in buona parte le risorse di duttilità locali delle sezioni interessate, provocando anche fenomeni di scorrimento acciaio/calcestruzzo ed eventuali limitati sbandamenti delle barre. In queste situazioni la protezione rispetto al collasso è legata alla ridondanza strutturale ed alla qualità dei materiali, elementi che possono essere qualitativamente accertati per la determinazione del livello di rischio strutturale. Danni a pilastri tozzi sono classificabili come D3 in presenza di staffatura efficace, D4 se la staffatura fosse carente. Le conseguenze sulla sicurezza dell'edificio dipendono anche dalla possibilità che altri pilastri o muri siano in grado di sopportare le sollecitazioni agenti. Occorre anche porre attenzione alla possibilità che lesioni molto ampie abbiano eliminato alcuni meccanismi di trasmissione del taglio (ingranamento, effetto spinotto) e quindi abbiano ridotto significativamente la capacità delle travi di trasferire carico ai pilastri. In via generale, uno stato fessurativo generalizzato caratterizzato da lesioni nelle travi ortogonali all'asse, anche dell'ordine di qualche millimetro, e da assenza di lesioni nei pilastri parallele all'asse, può indicare l'attivazione di un meccanismo dissipativo che può offrire ancora margini di sicurezza rispetto a future sollecitazioni cicliche. Occorre però accertare che non siano intervenute altre importanti modificazioni, per esempio gravi ed estesi danni alle tamponature, che potrebbero far ritenere sensibilmente ridotto il contributo di queste ultime, sia in termini di resistenza che di capacità dissipativa. Nei casi più favorevoli (danno diffuso, tamponature non espulse, struttura regolare) si potrebbe anche propendere per un giudizio di rischio strutturale basso con provvedimenti (per esempio locali puntellamenti delle travi per assicurare la capacità di trasferimento delle forze di taglio). Particolare attenzione dovrà porsi alle lesioni riconducibili agli schiacciamenti del calcestruzzo con conseguente espulsione del copriferro ed inizio di instabilizzazione delle barre. Questo tipo di danno riduce notevolmente la capacità della sezione di sopportare ulteriori cicli di sollecitazione e può indurre a propendere per un giudizio di rischio strutturale elevato qualora non siano presenti ridondanze ed il fenomeno risulti esteso: ad esempio quando interessa molte sezioni di testa dei pilastri di un piano, fino a determinare una condizione di labilità. Lesioni diagonali nei nodi di ampiezza superiore a qualche decimo di mm fino a circa 2 mm, in assenza di idonea armatura (situazione frequentissima negli edifici progettati prima del 1996) possono indicare una significativa perdita di rigidezza e resistenza del nodo, con conseguente diminuzione della capacità di trasmettere gli sforzi tipici del sistema intelaiato. A questo livello di danno possono manifestarsi percettibili fuori piombo, anche di entità tale da non causare un significativo aggravio di sollecitazione nelle strutture per effetti del secondo ordine: per esempio spostamenti di interpiano pari ad una frazione trascurabile delle dimensioni della sezione delle colonne quando queste ultime non sono eccessivamente snelle. Tali fenomeni, anche se di modesta entità, possono indicare un danneggiamento permanente della struttura.

Solai intermedi e di copertura

Generalmente i solai degli edifici in c.a. si danneggiano con gli stessi meccanismi descritti per il livello di danno inferiore. Particolare attenzione va posta ai fenomeni di eventuale distacco fra i solai e le travi (a spessore) o fra solai e travi ad essi parallele, che indicherebbero, se estese, una modifica significativa dello schema statico. A questo livello di danno le lesioni di questo tipo sono generalmente dell'ordine di 2 -4 mm. Attenzione deve essere anche posta alle coperture di edifici in c.a. realizzate con sistemi che non danno garanzia di continuità strutturale con il telaio o sono addirittura spingenti. Rientrano in queste categorie, ad esempio, i tetti a falde realizzati su muretti o quelli a travetti realizzati non all'atto

della costruzione e quindi collegati ad essa in modo incerto. In questi casi l'esame del danno dovrà essere accurato per identificare dissesti in elementi chiamati a svolgere una funzione impropria (p. es. muretti in forati che sopportano i travetti del tetto) ed il relativo danno va riportato nella riga relativa al danno strutturale della copertura. E' opportuno, inoltre, segnalare in nota casi di questo tipo.

Tamponature

Le lesioni nelle tamponature a questo livello di danno sono costituite essenzialmente da significativi distacchi dalle strutture (2 - 5 mm), da rotture diagonali o scorrimenti di alcuni mm, da schiacciamenti visibili agli angoli delle tamponature. Sono possibili espulsioni di materiale ed anche limitati crolli parziali. Tutte queste tipologie indicano un significativo impegno dell'elemento tamponatura, che a causa del danneggiamento, non potrà più offrire lo stesso contributo. Se l'estensione del fenomeno è rilevante e le tamponature sono efficaci e ben disposte, la perdita di resistenza potrebbe essere significativa e quindi il danno alle tamponature potrà contribuire ad un giudizio di rischio strutturale elevato (se anche la struttura principale presenta danni). Se, invece, le tamponature danneggiate sono poche e disposte in modo da aggravare la risposta strutturale, il loro danneggiamento potrebbe non essere significativo per la sicurezza della struttura e si potrà propendere per un giudizio di rischio strutturale più favorevole. In entrambi i casi si dovrà tenere conto del rischio prodotto dalla tamponatura come elemento non strutturale. Le lesioni che rivelano l'attivazione di ribaltamento delle tamponature a questo livello sono ancora più evidenti che nel livello D1 e condurranno, generalmente, a giudizi di rischio non strutturale elevato.

Scale

Le strutture di collegamento verticale presentano dei danni che possono evidenziare la funzione di controventamento svolta per la struttura intelaiata. Occorre prestare particolare attenzione alle zone di collegamento delle strutture rampanti con la struttura intelaiata, ad esempio in corrispondenza di travi a ginocchio collegate a metà altezza di un pilastro. In tali zone, infatti, l'intersezione determina elementi 'tozzi' che hanno un comportamento meno duttile. E' necessario verificare anche se i danneggiamenti presenti a questo livello possono condurre ad una perdita della funzionalità propria di collegamento verticale, nel qual caso si può propendere per un giudizio di rischio strutturale alto o basso con provvedimenti indipendentemente dal livello di danneggiamento delle altre parti della struttura.

3.2.2.4 Livello D4-D5-DANNO GRAVISSIMO E/O CROLLO

Situazioni più gravi di quelle descritte per il livello precedente D2-D3: lesioni > 5 mm nelle travi e di 3 mm nelle colonne e nei setti, con forti espulsioni di copriferro che interessano anche il nucleo, forti sbandamenti delle armature dei pilastri, fuori piombo superiori all'1 - 2 % dell'interpiano, distacchi ampi ed estesi fra solai o coperture e strutture portanti principali, crolli di interi pannelli di tamponatura, crolli parziali nelle strutture principali fino ad arrivare alla distruzione totale dell'opera. Nella maggioranza dei casi il rischio strutturale connesso a tale livello di danno è alto, a meno che il danneggiamento non sia confinato in una zona molto ristretta e particolare della struttura.

3.3 Pericolo esterno indotto da altre costruzioni

Un altro fattore di rischio importante è connesso al pericolo derivante dalle influenze esterne all'edificio oggetto del sopralluogo e che possono derivare, principalmente, da situazioni di instabilità di edifici vicini (pericolo di crolli o di caduta di oggetti) o anche da condizioni di insicurezza del sistema delle reti di distribuzione. Nella tabella riportata in **Figura 9** si fa riferimento a queste due situazioni per le quali si

può rilevare, con modalità multiscelta, se la condizione di pericolo che ne consegue interessa: direttamente l'edificio, le vie di accesso ad esso dall'esterno o le vie di comunicazione interne ad esso, come può accadere nei casi di edifici di una certa articolazione e complessità. Anche in questo caso sono rilevabili gli eventuali provvedimenti di pronto intervento già presenti; molto frequenti, nell'ambito del costruito dei centri storici, sono i casi nei quali le condizioni di rischio indotto sono determinate da pericolo sulle vie di accesso ed è quindi molto importante avere le giuste informazioni riguardanti gli edifici interessati.

Altrettanto importante inoltre riportare in mappa tali situazioni, per poter gestire al meglio le eventuali priorità.

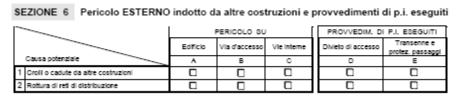


Figura 9. Tabella per la segnalazione di pericolo esterno indotto da altre costruzioni

3.4 Segni sul terreno circostante l'edificio

La tabella riportata in **Figura 10** è di tipo multiscelta.

In dettaglio, di seguito vengono elencate e descritte le opzioni presenti sulla scheda:

- fenditure, fratture: apertura di fratture o fessure beanti nel terreno;
- crolli localizzati: cadute di piccole porzioni di materiale, anche litoide, localizatae nelle immediate vicinanze dell'edificio;
- rigonfiamenti: variazioni del profilo del terreno che assume una forma convessa;
- cedimenti: cedimenti del terreno che assume una forma concava;
- lesioni dei manufatti: formazioni di crepe e/o fratture su manufatti (muri di recinzione, pavimentazioni, ecc.) esterni all'edificio oggetto del censimento danno e di pertinenza del medesimo;
- inclinazione pali o alberi: presenza di alberi o strutture inclinate rispetto alla verticale;
- variazione sorgenti: improvvisa comparsa o scomparsa di sorgenti o venute d'acqua; sensibile variazione della portata alle sorgenti;
- variazioni livello acqua pozzi: sensibile variazione del livello della superficie piezometrica nei pozzi.

SEZIONE 7 Segni sul terreno circostante l'edificio							
∘ Fenditure	o Crolli	o Rigonfiamenti	0	o Lesioni	o Inclinazioni	o Variazioni	o Variazioni
fratture	localizzati	_	Cedimenti	manufatti	pali o alberi	sorgenti	livello pozzi

Figura 10. Tabella per la segnalazione di pericoli derivanti da segni visibili sul terreno circostante l'edificio

3.5 Sintesi degli effetti

Il rilevatore esprimerà in questa sezione un giudizio sull'eventuale impatto globale dell'evento sull'edificio; in dettaglio (**Figura 11**) si riporta l'eventuale evidenza di movimenti rigidi dell'edificio, di tipo traslatorio, o rotatorio e se vi sia evidenza di scorrimenti del terreno che interessino le fondazioni.

Moti rigidi e fondazioni

EMBENIZA DI TRASI AZIONE		SI
EVIDENZA DI TRASLAZIONE		NO
EVIDENZA DI ROTAZIONE		SI
EVIDENZA DI ROTAZIONE	0	NO
EVIDENZA DI INTERESSAMENTO		SI
DELLE FONDAZIONI		NO

Figura 11. Tabella per la segnalazione di evidenti moti rigidi della struttura

3.6 Procedura per la definizione dello stato attuale della struttura sulle curve delle soglie di ALLERTA ed ALLARME

In base a quanto definito nei paragrafi **3.1** e **3.2** è possibile valutare, in funzione di quanto rilevato, <u>lo stato di conservazione degli edifici in esame</u> e, dunque, l'eventuale raggiungimento, già ad oggi, della soglia di **ALLERTA** o di **ALLARME**.

Per individuare la posizione iniziale della struttura sulla curva relativa alla soglia raggiunta, <u>si</u> valuteranno le linee di tendenze dedotte a partire dai β_w e dai β_h fino ad oggi monitorati.

In dettaglio, per il generico edificio, e per ogni possibile coppia di punti i,j monitorati, si procederà nel seguente modo:

- 1. costruzione, nel grafico illustrato in **Figura 2** e con inizio nello zero, dell'andamento dei gradienti dei cedimenti verticali e orizzontali differenziali (β_w , β_h) monitorati fino ad oggi;
- 2. costruzione della linea di tendenza degli andamenti di cui al punto 1;
- 3. definizione del punto di intersezione tra la linea di tendenza di cui al punto 2. e la relativa curva individuante la soglia su cui ricade l'edificio.

Mediante tale procedura, per ciascuna parete del generico edificio, sarà immediato individuare il punto di origine a partire dal quale costruire gli andamenti delle coppie (β_w , β_h).

A titolo di esempio, si riporta il caso dell'edificio individuato con il numero 3 nell'ambito del monitoraggio condotto (v. edificio evidenziato in rosso in **Figura 12**). Tale struttura è oggi monitorata su tre punti, definiti E-1, E-2 ed E-3, in base al nome della stazione totale E che ogni giorno, per quattro volte, esegue il rilievo topografico.

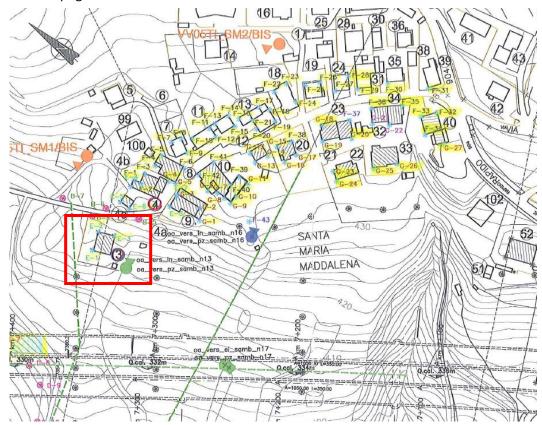
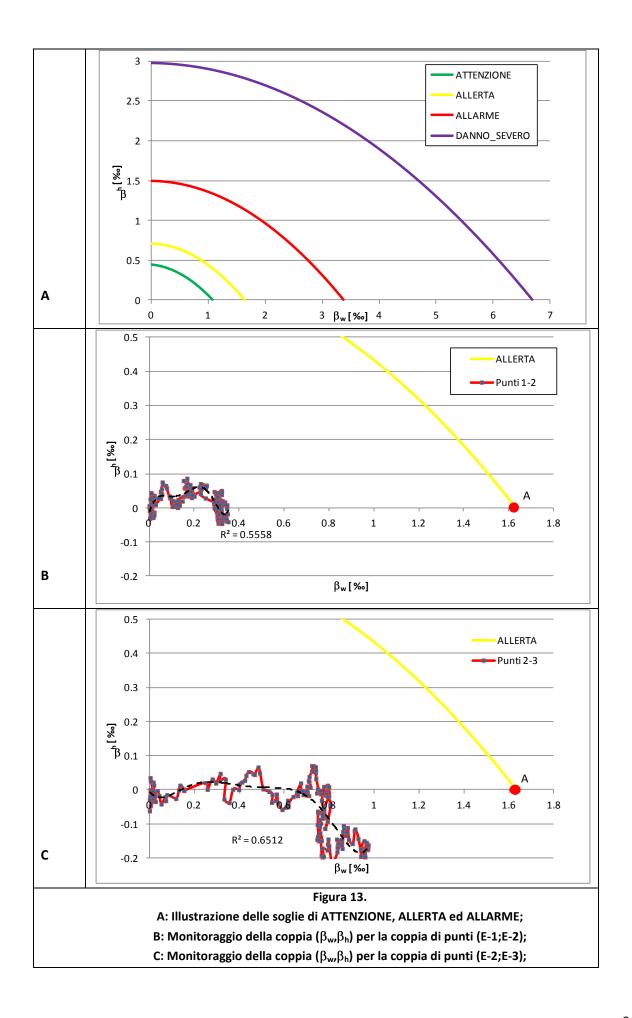


Figura 12. Rete di monitoraggio dell'abitato di Santa Maria Maddalena di Ripoli – In rosso edificio n.3

Supponendo che, a valle del sopralluogo, si sia deciso che la struttura, già ad oggi, abbia raggiunto la soglia di **ALLERTA**, si illustrano in **Figura 13** gli andamenti dei punti β_w e β_h per ciascuna parete dell'edificio (**punto 1**).



A partire dal monitoraggio eseguito, per ogni coppia di punti, si costruisce la linea di regressione e, quindi, di tendenza futura associata (linea nera tratteggiata in **Figura 13**) (**punto 2**).

Si individua algebricamente e graficamente il punto di intersezione tra la linea di tendenza e la curva di soglia di **ALLERTA** (punto A, Figura 13 B) (passo 3).

Si potrebbero verificare, come il caso in esame, situazioni per cui si registri un andamento dei β_h o pressoché nulli o comunque contenuti nell'ordine dell'errore dello strumento (**Figura 13 B**), o tendenzialmente negativi (**Figura 13 C**) In tali casi, procedendo in maniera cautelativa, il punto A è definito quale punto della curva di soglia per cui β_h è pari a 0 (**Figura 13 B, C**).

3.7 Riepilogo scheda di sopralluogo

Si riporta di seguito la scheda tipo da compilare per ogni edificio.

IDENTIFICAZIONE FABBRICATO											
Indirizzo:											
Numero pianta monitoragg	gio:										
SEZIONE 3: TIPOLOGIA COSTRUTTIVA											
				Strutture in muratura							
	Strutture verticali Strutture orizzontali		cate		irregolare		ura regolare			\Box	
_			Non identificate	(Pletrar	ra qualità me non	(Blocc	iona qualità hi; mattoni;	isolati		25	
			Ď	squadrato, Senza	clottoll,) Can	pietra s Senza	(quadrafa,)	Plastri	Mista	Rinfozata	
Strutture orizzontali			ž	catene o cordoli	catene o cordoll	catene o cordo	catene	Pia		æ	
			Α	В	C	D	E	F	G	Н	
1 Non identificate			0	0			0	SI			
2 Volte senza catene								0	G1	H1	
3 Volte con catene							0				
4 Travi con soletta deformabile			0				0	NO	G2	H2	
(travi in legno con semplice tavolato, tr Travi con soletta semirigida			0				0	0			
(travi in legno con doppio tavolato, trav Travi con soletta rigida	i e tavelio	oni,)						9	_		
(solai di c.a., travi ben collegate a solei	te dic.a,)							G3	H3	
SEZIONE 4: RILIEVO DEL DA	NNO										
<u> </u>				DANNO (1)							
Livello - estensione	Livello - D4-D6				D2-D3		D1		I		
		aviceir S	I m I				Leggero			O III N	
Componente	8		2	(2)	22	465		- 5	2	2	
strutturale -		1000		53	4	2		1.3			
Strutturale - Danno preesistente	A	9	v	Α	1/3	v	v 5		ď		
Danno preesistente		_ m 1/3 -			E 18	v F	A Q		· 	L O	
Danno preesistente 1 Strutture verticali	^	1/3	C	, D	m 1/3 -	F 🗆	о н , ф	1 1	· 	\circ	
Danno preesistente 1 Strutture verticali 2 Solal	^	9	v	A D	m 1/3	F D	0 C) () () (0	
Danno preesistente 1 Strutture verticali 2 Solal 3 Scale	^	1/3	C	, D	m 1/3 -	F	о н , ф) () () (· 	\circ	
Danno preesistente 1 Strutture verticali 2 Solai 3 Scale 4 Copertura	^	1/3	C	, D	m 1/3	F	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0] [] [] [] [·	0000	
Danno preesistente 1 Strutture verticali 2 Solai 3 Scale 4 Copertura 5 Tamponature-tramezzi	·	0 0 0	0000	-	0 0 0 m 1/3 -	-	0 0 0] [] [] [] [0	
Danno preesistente 1 Strutture verticali 2 Solai 3 Scale 4 Copertura	·	0 0 0	° 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		E COST	F D D D D D D D D D D D D D D D D D D D	NI G H		*	00000	
Danno preesistente 1 Strutture verticali 2 Solai 3 Scale 4 Copertura 5 Tamponature-tramezzi	·	0 0 0	C C C	-	E COST	F O O O O O O O O O O O O O O O O O O O	0 0 0] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] []	I. ESE	O O O O	
Danno preesistente 1 Strutture verticali 2 Solal 3 Scale 4 Copertura 5 Tamponature-tramezzi SEZIONE 6: PERICOLO ESTE	·	B D D D D D D D D D D D D D D D D D D D	C C C	D D D D D D D D D D D D D D D D D D D	E COST	F O O O O O O O O O O O O O O O O O O O	G H C D D D D D D D D D D D D] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] []	I. ESE Transerotez, p	O O O O O O O O O O O O O O O O O O O	
Danno preesistente 1 Strutture verticali 2 Solal 3 Scale 4 Copertura 5 Tamponature-tramezzi SEZIONE 6: PERICOLO ESTE Causa potenziale 1 Croil o cadute da altre costruzioni	·	B D D D D D D D D D D D D D D D D D D D	C C C	DOA ALTR	E COST	F O O O O O O O O O O O O O O O O O O O	G H C D D D D D D D D D D D D] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] []	II. E088	O O O O O O O O O O O O O O O O O O O	
Danno preesistente 1 Strutture verticali 2 Solal 3 Scale 4 Copertura 5 Tamponature-tramezzi SEZIONE 6: PERICOLO ESTE Causa potenziale 1 Croil o cadute da atire costruzioni 2 Rottura di reti di distribuzione	A D D D D RNO I	B D D D D D D D D D D D D D D D D D D D	C C C C C C C C C C C C C C C C C C C	DOA ALTR	E COST	F	G H C D D D D D D D D D D D D] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] []	I. ESE Transerotez, p	O O O O O O O O O O O O O O O O O O O	
Danno preesistente 1 Strutture verticali 2 Solal 3 Scale 4 Copertura 5 Tamponature-tramezzi SEZIONE 6: PERICOLO ESTE Causa potenziale 1 Croil o cadute da atire costruzioni 2 Rottura di reti di distribuzione SEZIONE 7: SEGNI SUL TERE	A D D D D RNO I	B B C CIRCO	C C C C C C C C C C C C C C C C C C C	DOA ALTR	E COST	F	G H G H CONI PROVVEDIM D C] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] [] []	II. EDBE	O O O O O O O O O O O O O O O O O O O	

SEZ	SEZIONE 8: SINTESI DEGLI EFFETTI									
		Moti rig	ıidi e fondazioni							
	EVIDENZA DI TRASLAZIONE			SI						
					NO					
	EVIDENZA DI ROTAZIONE EVIDENZA DI INTERESSAMENTO DELLE FONDAZIONI				SI NO					
					SI					
					NO					
RAP	PORTO FI	NALE ED E	VENTUALI NOT	E:						
		CONSER	/AZIONE ATT	UALE						
	ATO 0	EDTA			_					
_	GLIA DI A									
30	GLIA DI A	ALLARME								
- 1	ll'accuratezza Ila visita	1 O Solo dall'es 2 O Parziale 3 O Completa (eguito per:	a O Sopr d O Prop	alluogo rifiutat rietario non tro	o (SR) b O Ru wato (NT) e O Alt	idere (RU) (ro (AL)	Demolito (DM)	1
Su	l danno, sui į	provvediment	ti di pronto interve	nto, l'agi	ibilità o a	altro				
Arg	gomento		Annotazion	i			Foto d'Insieme d	ell'edificio		splia 🔍
		<u> </u>								
		 								
	II compilatore (ir				atello)			F	irma	

4 Conclusioni

Oggetto del presente documento è <u>la valutazione dello stato di conservazione attuale</u> e della <u>evoluzione dello stesso</u> per gli edifici di Santa Maria Maddalena di Ripoli interessati da un **movimento gravitativo di versante profondo (DPGV)**; le valutazioni dette sono state compiute anche attraverso <u>l'individuazione delle soglie</u> di:

- 1. ATTENZIONE,
- 2. ALLERTA,
- 3. ALLARME,

da adottare nel monitoraggio degli spostamenti verticali \mathbf{w} e orizzontali \mathbf{h} cui sono soggetti gli stessi edifici.

In dettaglio, di seguito sono descritti gli adempimenti associati alle soglie sopradette:

- SOGLIA DI ATTENZIONE

Il raggiungimento di tale soglia segnala la possibilità che sull'edificio si manifestino lievi danni, sostanzialmente limitati agli intonaci e alle finiture.

Si prescrive di effettuare al più presto:

- Visita di controllo per la verifica dello stato fessurativo;
- 2. Eventuale incremento della strumentazione di monitoraggio già presente;
- 3. Analisi strutturale dell'edificio mediante modello di calcolo.

SOGLIA DI ALLERTA

Il raggiungimento di tale soglia segnala la possibilità che sull'edificio si manifestino danni, non più limitati agli intonaci e alle finiture, ma che possono interessare, pur se in forma lieve, gli elementi strutturali.

Si prescrive di effettuare immediatamente:

- Messa in sicurezza dell'edificio;
- 2. Installazione di fessurimetri (o strumenti analoghi) per valutare l'entità delle lesioni degli elementi strutturali.

Non appena superata la soglia di **ALLERTA**, precedentemente descritta, e prima di raggiungere la successiva soglia di **ALLARME**, si dovrà valutare l'opportunità di delocalizzare gli abitanti dell'edificio; la delocalizzazione, peraltro, non potrà essere legata in automatico a semplici valori di spostamento ma andrà decisa caso per caso, tenendo anche conto dello stato di conservazione dell'edificio e della qualità dei materiali impiegati oltre, ovviamente, che dello stato di sollecitazione delle strutture.

- SOGLIA DI ALLARME

Il raggiungimento di tale soglia segnala la possibilità che si manifestino, oltre che su intonaci, finiture, elementi strutturali, anche sugli impianti, danni comunque tali da impedire la piena fruibilità dell'edificio.

Si prescrive di effettuare, con cadenza temporale settimanale,:

- 1. Lettura dei fessurimetri;
- 2. Valutazione delle correlazioni esistenti tra ampiezza delle fessure e spostamenti verticali **w** e orizzontali **h**;
 - 3. Valutazioni in merito alla necessità di sospendere, solo temporaneamente, i lavori di scavo.

I valori delle soglie sopraindicate sono stati così definiti:

SOGLIE DI ATTENZIONE, DI ALLERTA E DI ALLARME SEGNALATE DAL MONITORAGGIO DEI CEDIMENTI

Edifici caratterizzati sostanzialmente da gradiente dello spostamento verticale differenziale:

SOGLIA DI ATTENZIONE	$\beta_{\rm w}$ = 1,00
SOGLIA DI ALLERTA	$\beta_{\rm w}$ = 1,50
SOGLIA DI ALLARME	$\beta_{\rm w}$ = 3,35

Edifici caratterizzati sostanzialmente da gradiente dello spostamento orizzontale differenziale:

SOGLIA DI ATTENZIONE	β_h = 0,45
SOGLIA DI ALLERTA	β_h = 0,70
SOGLIA DI ALLARME	β_{h} = 1,50

Edifici caratterizzati da gradienti dello spostamento verticale e orizzontale differenziale:

SOGLIA DI ATTENZIONE	Superamento frontiera verde (danno molto lieve)			
SOGLIA DI ALLERTA	Superamento frontiera gialla (danno lieve)			
SOGLIA DI ALLARME	Superamento frontiera rossa (danno moderato)			

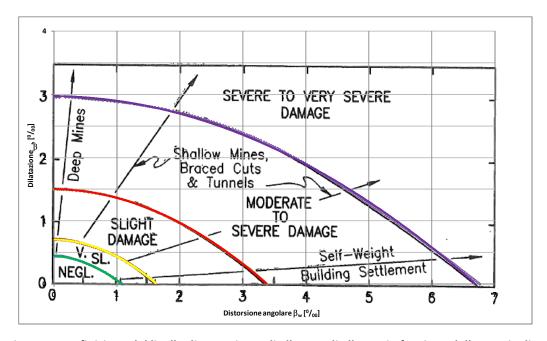


Figura 14. Definizione del livello di attenzione, di allerta e di allarme in funzione della coppia di parametri $\beta_{w}\beta_h$

Il raggiungimento della **SOGLIA DI ALLERTA, con la conseguente messa in sicurezza dell'edificio,** dovrebbe bloccare qualunque ulteriore evoluzione del quadro fessurativo in senso peggiorativo. Le soglie fornite successivamente in merito allo stato fessurativo hanno dunque un valore puramente indicativo e di ulteriore cautela, sostanzialmente finalizzata a valutare l'efficacia della messa in sicurezza.

SOGLIE DI ATTENZIONE E ALLERTA SEGNALATE DAL MONITORAGGIO DELLE LESIONI

Typology of Damage	Class of Damage	Cracks width
Aesthetic	Very Slight (SOGLIA DI ATTENZIONE)	< 1 mm
Structural	Slight (SOGLIA DI ALLERTA)	1 - 5 mm
Functional	Moderate (SOGLIA DI ALLARME)	5 - 15 mm

Le soglie di **ATTENZIONE**, **ALLERTA** ed **ALLARME**, così come definite, afferiscono a edifici di nuova costruzione o il cui stato di conservazione attuale sia mediamente buono e, comunque, sia caratterizzato dall'assenza di lesioni sia agli elementi non strutturali che alle strutture, cosicché si possa assumere che gli spostamenti verticali **w** e orizzontali **h siano misurati a partire dalla condizione di assenza di spostamenti** (condizione di zero).

Per quanto attiene invece gli edifici di Santa Maria Maddalena di Ripoli, data la loro tipologia costruttiva nonché il loro mediocre stato di conservazione, non si può pensare che le misure degli spostamenti verticali **w** e orizzontali **h** partano dalla condizione di **assenza di spostamenti**, così prescindendo dall'analisi dello stato attuale delle strutture e della qualità dei materiali impiegati oltre che, ovviamente, dall'analisi dello stato di sollecitazione esistente e dagli eventuali quadri fessurativi presenti.

E' necessario pertanto <u>individuare lo stato attuale di ogni struttura in esame</u> evidenziando le eventuali situazioni critiche determinatesi prima dell'inizio delle misurazioni di w, h e tali da aver prodotto il superamento allo stato della soglia o di **ATTENZIONE** o di **ALLERTA** o di **ALLARME**.

Per individuare un metodo oggettivo di analisi con cui valutare lo stato di conservazione degli edifici, basato sostanzialmente su un sopralluogo speditivo e sull'analisi dei testimoniali di stato, si può utilizzare *la scheda di 1º livello di rilevamento del Danno, pronto intervento e Agibilità per edifici ordinari nell'Emergenza post-Sismica*, prodotta a cura del servizio sismico nazionale della protezione civile³; di tale scheda (nel seguito AeDES) si utilizzano le sole Sezioni: 3, attinente la definizione della tipologia costruttiva dell'opera, e 4, relativa all'analisi e valutazione del danno.

In dettaglio, per ogni edificio si individueranno:

- tipologia della costruzione;
- entità dell'eventuale danno presente, mediante analisi dei quadri fessurativi.

Per gli edifici si prefigurano quattro possibili scenari, caratterizzati da:

- 1. assenza di lesioni e buona tipologia costruttiva;
- 2. assenza di lesioni e scadente tipologia costruttiva;

³ A. Bernardini (A cura di), *La vulnerabilità degli edifici: valutazione a scala nazionale della vulnerabilità sismica degli edifici ordinari*, CNR – Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti – Roma, 2000, 175 pp. + CD-ROM allegato

- 3. presenza di lesioni e buona tipologia costruttiva;
- 4. presenza di lesioni e scadente tipologia costruttiva.

Nei casi 1. e 2. lo zero a partire dal quale riportare i β_w e i β_h ottenuti monitorando l'edificio coinciderà con l'origine degli assi cartesiani proposta in Figura 14; l'aver individuato la tipologia costruttiva, permetterà di evidenziare, comunque, gli edifici cui dedicare particolare attenzione durante il monitoraggio.

Nei casi 3. e 4. sarà necessario individuare, in base al livello di soglia raggiunto e secondo la metodologia di seguito illustrata, la posizione iniziale della struttura sul grafico proposto in **Figura 14** ed evidenziare, inoltre, le strutture caratterizzate da una tipologia costruttiva scadente.

Data la celerità richiesta per effettuare i sopralluoghi di tutti gli edifici dell'abitato e i ridotti tempi a disposizione per eseguire le valutazioni di vulnerabilità, si ritiene corretto <u>individuare i soli casi di importanza prioritaria</u>, rappresentati da tutti gli edifici che necessitino almeno di interventi di messa in <u>sicurezza</u>; come tali si classificano, dunque, tutte le strutture caratterizzate da **DANNI LEGGERI (D1)** e quindi dal raggiungimento della soglia di **ALLERTA.** Quindi, in prima istanza, non vengono individuati gli edifici che eventualmente, <u>solo per via del loro stato di conservazione attuale</u>, abbiano raggiunto la soglia di **ATTENZIONE**.