

3.3.5 - Indicazioni tecniche per gli interventi di miglioramento sismico nelle chiese a navata unica

A.Lemme, S.Podestà

La conoscenza del corpo di fabbrica e del suo comportamento sismico è un aspetto prioritario nell'elaborazione di un progetto di restauro che si deve basare sull'individuazione dei meccanismi di collasso più pericolosi, in funzione della vulnerabilità tipologica e specifica del manufatto. E' importante ricordare come l'approccio per meccanismi di danno, correlati ai diversi macroelementi, determini un'implicita assunzione legata al comportamento per blocchi rigidi della struttura. Tale aspetto, in un'ottica preventiva, deve essere valutato caso per caso; la scadente qualità muraria di alcune costruzioni non permette in tutti i casi di poter far affidamento su un comportamento monolitico dell'apparato murario, soprattutto in quelle situazioni in cui le murature sono costituite da due paramenti accostati, senza un reale ammorsamento trasversale. In tali casi, un'azione sismica che colpisca, per esempio, la parete fuori dal piano, determinerebbe un'espulsione del paramento più esterno per valori di accelerazione sismica inferiore rispetto a quelli che possono essere sopportati dalla parete in funzione della sua geometria.

La problematica iniziale da affrontare deve essere finalizzata, pertanto, inizialmente ad un'eliminazione di quelle vulnerabilità specifiche che possono essere presenti, correlate alla tecnologia muraria della costruzione o alla presenza di preesistenti stati fessurativi. La normativa italiana vigente (D.M. 16/01/96 - Circolare n 65 AA.GG. del 10/04/1997) fornisce indicazioni sulle modalità d'intervento su edifici esistenti (Allegato 3) e in particolare le già citate Istruzioni per la redazione di progetti di miglioramento sismico di edifici monumentali del 29/10/96 rappresentano un utile strumento, elencando metodologie da utilizzare e finalità da conseguire in interventi su edifici vincolati ai sensi della 1089/39. Tuttavia appare opportuno ricordare come gli interventi possibili per ciascuna patologia di danno o forma di vulnerabilità sono molteplici con caratteristiche diverse in termini di efficacia, invasività, reversibilità, durabilità e costi.

La scelta della soluzione rappresenta, pertanto, il compito primario del progetto e deve essere predisposta solo dopo un attento esame dello specifico caso particolare. Nell'analisi che seguono vengono illustrate alcune possibili tecniche d'intervento in relazione ai più probabili meccanismi di danno valutati per le chiese del Matese a navata unica. Le schede elaborate per ogni macroelemento forniscono una descrizione dei meccanismi di collasso, del possibile danno atteso in funzione di tre livelli di gravità (lieve, medio e grave) e una proposta di interventi di miglioramento sismico che possono essere messi in opera per conseguire una riduzione della vulnerabilità sismica. Le indicazioni che se ne possono trarre sono, pertanto, unicamente esemplificative di una metodologia applicabile, al caso oggetto d'analisi, in cui il giudizio sulla qualità muraria e il possibile degrado è stato computato come se non fossero necessari consolidamenti diffusi della muratura. Per tali interventi è stato possibile effettuare un'analisi dei costi basandosi sui dati disponibili dal rilievo effettuato con la scheda GNDT.

Tutto ciò consente di valutare, con inevitabili margini di errore, i costi della riparazione post-terremoto, ovvero gli interventi di miglioramento sismico da programmare sul territorio e fornire delle possibili linee guida per la elaborazione di un codice di pratica degli interventi di miglioramento sismico per i beni monumentali per il caso specifico delle chiese.

In figura 3.3.5.1 sono indicate le principali tipologie di vulnerabilità rilevate per campione di chiese del Matese, correlandole ai meccanismi di danno previsti. La prevalenza è connessa ai meccanismi di ribaltamento (47%), in particolare la facciata ha evidenziato una particolare vulnerabilità, ma anche l'abside o altri corpi della fabbrica (transetto, cappelle) mostrano la mancanza di presidi antisismici idonei a contrastare un'azione fuori del piano; per quanto riguarda gli altri macroelementi, essi hanno mostrato una vulnerabilità minore (circa 15%) e sono relativi al timpano della facciata (connesso ad un'azione di ribaltamento) per la presenza in copertura di strutture in cemento armato, alle volte o agli archi, alla risposta trasversale e al taglio nelle pareti (10%).

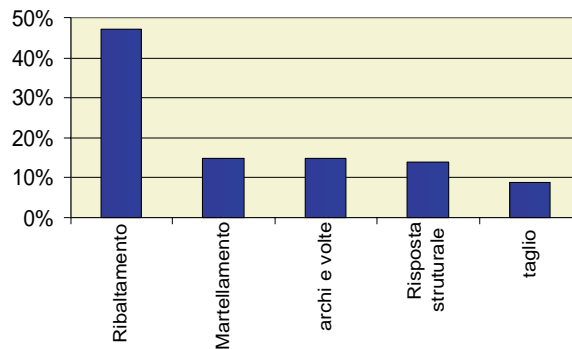

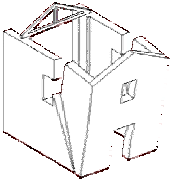


Fig. 3.3.5.1 - Tipologia di vulnerabilità



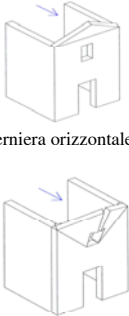
RIBALTAMENTO DELLA FACCIATA	
Meccanismi di collasso e vulnerabilità	<p>Meccanismi di collasso:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ribaltamento globale della facciata con formazione di cerniera al piede nell'ipotesi di buon ammassamento tra la facciata e le pareti laterali. <p>Indicatori di vulnerabilità:</p> <ul style="list-style-type: none"> - assenza di catene longitudinali - scarsa resistenza a flessione delle murature; - assenza di collegamento della parte alta della facciata alla copertura e alle pareti laterali per mancanza di cordolo o controventi di falda; - ammassamento scadente tra la facciata e le pareti laterali.
Danno atteso	<p>Danno atteso lieve: sono visibili lesioni in alto nei muri di navata, dove questi si collegano alla facciata, o in corrispondenza di aperture prossime al cantonale; le lesioni possono essere visibili all'interno e/o all'esterno e non giungono fino alla base della muratura.</p> <p>Danno atteso medio: il distacco della facciata dai muri di navata è indicato da lesioni passanti che giungono fino alla base della muratura e sono localizzate nell'angolo o in corrispondenza di vicine aperture.</p> <p>Danno atteso grave: il quadro fessurativo si presenta analogo al caso di <i>danno medio</i>, con l'aggravamento dovuto ad un vistoso quadro deformativo. La facciata presenta un fuori piombo evidente e le lesioni sono quindi passanti e di ampiezza macroscopica.</p>
Interventi di miglioramento sismico	<ul style="list-style-type: none"> - collegamento della facciata alle pareti laterali tramite due catene, una per lato, ancorate in facciata, correnti all'interno in adiacenza al muro (la catena può essere nascosta da una eventuale cornice) e fissata in corrispondenza di una parasta; - collegamenti delle travi di colmo o di terzere al timpano mediante piastre metalliche opportunamente sagomate; - parziale irrigidimento dell'impalcato con un tavolato incrociato; - risarcitura delle lesioni presenti;


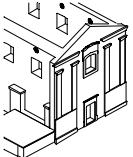



S. Maria del Parco
Boiano


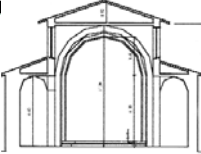
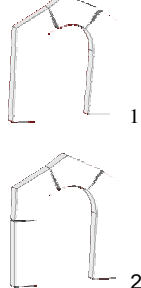



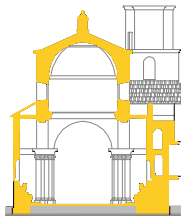
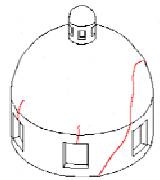
Ribaltamento globale della facciata


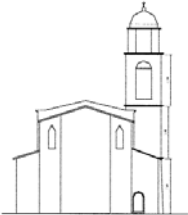
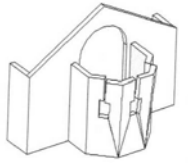
MECCANISMI NELLA SOMMITA' DELLA FACCIATA		
Meccanismi di collasso e vulnerabilità	<p>Meccanismi di collasso:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ribaltamento del timpano - formazione di una cerniera cilindrica orizzontale i prossimità della base del timpano - formazione di una cerniera orizzontale in corrispondenza del colmo: consiste nel ribaltamento della porzione di facciata al di sopra della quota a cui è posizionata la trave di colmo; si considerano le differenti posizioni che il colmo della copertura può assumere: in corrispondenza del timpano o al di sotto di questo, in corrispondenza dell'oggetto. - formazione di cerniere inclinate: in presenza di aperture in prossimità del timpano, è favorito rispetto a un ribaltamento attorno a una cerniera cilindrica, un cinematismo che prevede una lesione verticale a partire dal vertice del timpano fino all'apertura e la contemporanea formazione di due cerniere inclinate. <p>Indicatori di vulnerabilità:</p> <ul style="list-style-type: none"> - presenza di grandi aperture (rosone o altro) - assenza di collegamenti puntuali e di controventi di falda con la copertura (travi-catene) - assenza di cordoli metallici reticolari piani e in c.a. - presenza di cordoli in c.a. metallici alle strutture di copertura. 	 <p>SS. Annunziata Agnone</p>  <p>S. Maria del Parco Boiano</p>  <p>cerniera orizzontale : cerniere inclinate</p>
Danno atteso	<p>Danno atteso lieve: all'interno sono visibili lesioni sulla facciata, localizzate intorno agli appoggi delle travi della copertura, ed il timpano presenta un distacco dalle volte. Nel caso di indebolimento dovuto alle aperture, sono visibili lesioni capillari nella parte alta della facciata, anch'esse in genere visibili all'interno.</p> <p>Danno atteso medio: sono visibili lesioni sulla sommità della facciata con evidente formazione di cerniere. Possibili accenni di espulsione di tratti di muratura con parziale fuoriuscita della trave dall'alloggiamento ed evidente distacco del timpano dalle volte dell'aula.</p> <p>Danno atteso grave: aggravamento del quadro deformativo corrispondente al <i>danno medio</i>: le linee di cerniera risultano evidenti, con inizio di ribaltamento di porzioni della facciata. Possibile caduta di materiale dal timpano.</p>	
Interventi	<ul style="list-style-type: none"> - collegamenti delle travi di colmo o di terzere al timpano mediante piastre metalliche opportunamente sagomate; - irrigidimento nel piano dell'impalcato di falda mediante chiodatura di tavole ; - posa in opera di un elemento reticolare in acciaio sul coronamento del timpano, solidarizzato alla muratura consolidata con iniezioni di malta collegato con tiranti. 	



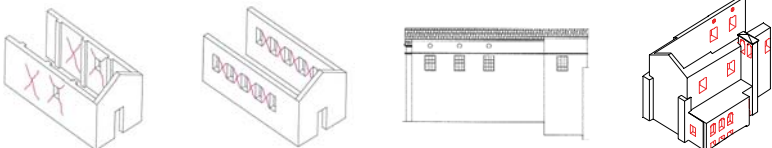
MECCANISMI NEL PIANO DELLA FACCIATA		
Meccanismi di collasso e vulnerabilità	<p>Meccanismo di collasso con lesione centrale Si considera la scomposizione della facciata in due porzioni attraverso la formazione di una lesione verticale al centro, dove si localizza una zona di debolezza, mentre i pannelli ai lati del portale si lesionano con andamento diagonale.</p> <p>Meccanismo di collasso con lesione trasversale su tutta la facciata Si considera un meccanismo di rottura a taglio che interessa globalmente la parete di facciata sulla quale si delinea una lesione con andamento sostanzialmente diagonale. La lesione, deviata dalla presenza delle aperture che costituiscono un indebolimento, può seguire percorsi diversi.</p> <p>Indicatori di vulnerabilità :</p> <ul style="list-style-type: none"> - presenza di grandi aperture (anche tamponate) - presenza di copertura spingente - assenza di architravi rigidi - assenza di catene in controfacciata 	  <p>S. Pietro Celestino Isernia</p>  <p>lesione centrale lesione trasversale</p>
Danno atteso	<p>Danno atteso lieve: sono possibili lesioni di diversa natura: incrociate a 45° sub-verticali in vicinanza dei cantonali (ribaltamento delle pareti di navata), ad andamento verticale nell'asse della facciata (in presenza di molte aperture).</p> <p>Danno atteso medio: il quadro fessurativo si presenta analogo al caso di <i>danno lieve</i>, con una maggiore evidenza delle lesioni che risultano passanti ed indicano un inizio di disarticolazione della muratura in corpi rigidi distinti.</p> <p>Danno atteso grave: il quadro fessurativo si presenta analogo al caso del <i>danno lieve</i>, con un aggravamento vistoso tale da inficiare la stabilità della facciata.</p>	
Interventi	<ul style="list-style-type: none"> - realizzazione di un cordolo di sommità (piano o metallico); - parziale irrigidimento dell'impalcato di falda; - eventuale telaio metallico in aderenza al timpano di collegamento tra questi e il resto della chiesa o in malte fibrorinforzate delle aperture, sullo strombo interno - tirante a 2/3 della controfacciata interna; - inserimento di una o più catene trasversali, aderenti alla muratura all'interno, e lasciate libere di scorrere per eventuali successivi ritensionamenti posizionate nelle zone al di sopra della porta e del rosone e nei pannelli laterali - iniezioni con miscela di malta cementizia e cuciture armate in asse alla parete con contrastare i meccanismi nel piano. 	




RISPOSTA TRASVERSALE DELL'AULA O DEL TRANSETTO	
Meccanismi di collasso e vulnerabilità	<p>Nel caso di struttura con capriata e volta si possono verificare tre meccanismi di ribaltamento: di uno o entrambi i piedritti, oppure di ribaltamento della parte superiore delle pareti laterali. I due primi meccanismi si verificano nel caso di <i>assenza di collegamento della capriata</i>.</p> <p>Meccanismo di ribaltamento di entrambi i piedritti: le cerniere si individuano alla base dei piedritti e in posizione intermedie più o meno vicine alla chiave dell'arco.</p> <p>Meccanismo di ribaltamento di un piedritto : le cerniere si individuano alla base del piedritto sottovento, in zona circostante l'imposta dell'arco e in posizione intermedie più o meno vicine alla chiave dello stesso.</p> <p>Meccanismo di ribaltamento superiore: questa vulnerabilità è stata osservata in molti casi nei quali le pareti sono state sopraelevate, per sostituire con capriate l'originale copertura di terzi direttamente appoggiati sugli arconi.</p> <p>Indicatori di vulnerabilità:</p> <ul style="list-style-type: none"> - presenza di pareti laterali snelle - assenza di paraste o contrafforti esterni - assenza di corpi annessi adiacenti - assenza di catene trasversali
Danno atteso	<p>Danno atteso lieve: sono appena accennate lesioni che interessano sia gli arconi che le volte, in prosecuzione delle prime; tali lesioni sono in chiave nel caso di archi a tutto sesto, o leggermente spostate, per archi a sesto acuto</p> <p>Danno atteso medio: sono presenti lesioni che interessano sia gli arconi che le volte, in prosecuzione delle prime; tali lesioni sono in chiave nel caso di archi a tutto sesto, o leggermente spostate, per archi a sesto acuto. Le lesioni sono ben evidenti.</p> <p>Danno atteso grave: rispetto al caso di <i>danno medio</i> l'aggravamento si evidenzia nell'apertura di cerniere, anche alla base dei piedritti, nell'appariscente perdita di forma dell'arco e della volta e nei fuori piombo delle pareti della navata..</p>
Interventi	<ul style="list-style-type: none"> - irrigidimento delle falde con soluzioni che non aumentino i pesi della copertura (controventi a croce di S. Andrea, tavolato ligneo incrociato) e solo dopo aver verificato le ripercussioni sulla facciata e sull'arco trionfale; - inserimento di contrafforti esterni.; - inserimento o ritensionamento di una catena per contrastare i meccanismi di ribaltamento di uno o di entrambi i piedritti; - realizzazione di paraste interne o di rin fianchi all'arco, in modo da diminuire l'altezza libera delle porzioni di muro che possono ribaltare nel caso il meccanismo risultato più probabile sia quello del ribaltamento superiore delle volte.
	 <p>Si.Pietro Celestino Isernia</p>  <p>S.Maria del Parco - Boiano</p> <p>1</p> <p>2 3</p>
VOLTE DELLA NAVATA CENTRALE DEL PRESPITERIO E DELL ABSIDE	
Meccanismi di collasso e vulnerabilità	<p>Meccanismi di collasso:</p> <p>Per le volte in pietra a botte lunettata il quadro fessurativo evidenzia una cerniera cilindrica longitudinale spesso accompagnata da due cerniere cilindriche alle reni per allontanamento delle imposte (collasso di primo modo) e il distacco della volta dagli archi trionfali per scorrimento relativo per differente rigidezza tra pareti verticali, volta e archi trionfali. Per volte consolidate con un involucro di c.a. e rete elettrosaldata all'estradosso, la maggiore rigidezza comporta lo spostamento degli sforzi di compressione dalla parte in pietra a quella in calcestruzzo riducendo la compressione nei mattoni e alterando il corretto funzionamento della volta con possibilità di distacco di porzioni di volta in caso di vibrazioni indotte da carichi dinamici (sisma, traffico).</p> <p>Indicatori di vulnerabilità:</p> <ul style="list-style-type: none"> - presenza di carichi concentrati trasmessi dalla copertura; - presenza di lunette di dimensioni considerevoli; - volte ribassate, volte snelle e aumento del peso originaria
Danno atteso	<p>Danno atteso lieve: sono visibili lesioni all'intradosso delle volte di non grave entità, diversamente localizzate in relazione alle modalità di funzionamento di ciascuna tipologia di volta.</p> <p>Danno atteso medio: sono visibili lesioni simili a quelle descritte per il <i>danno lieve</i> ma di ampiezza maggiore ed interessanti superfici più estese di volta.</p> <p>Danno atteso grave: oltre ad un vistoso e diffuso quadro fessurativo, diversificato in relazione alla tipologia, le volte presentano evidente perdita di forma e sono possibili crolli parziali delle stesse.</p>
Interventi	<ul style="list-style-type: none"> - risarcitura lesioni all'intradosso e consolidamento all'estradosso con colatura di malta fluida.; - riprese di intonaco; - rin fianchi con conglomerato alleggerito in modo che possa fornire un effetto cerchiante; - applicazione di bende in fibre di carbonio in corrispondenza delle lesioni più significative; - cerchiaggio dell'aula in corrispondenza dell'imposta delle volte con un profilo o di un cordolo piano reticolare in acciaio ancorato sulla sommità della pareti perimetrali.
	 <p>S.Pietro Celestino Isernia</p>  <p>S. Francesco - Agnone</p>
	 <p>S.Francesco Agnone S.Pietro Celestino Isernia</p>



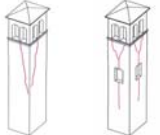
ARCHI TRIONFALI DELL'AULA		
Meccanismi di collasso e vulnerabilità	<p>Meccanismi di collasso</p> <ul style="list-style-type: none"> - ribaltamento dei piedritti - ribaltamento di un piedritto <p>Indicatori di vulnerabilità</p> <ul style="list-style-type: none"> - assenza di buon ammorsamento tra l'arco e i muri della navata - assenza di contrafforti efficaci - assenza di catene 	 <p>S. Maria del Parco Boiano</p>
Danno atteso	<p>Danno atteso lieve: sono visibili lievi lesioni localizzate in chiave all'arco, nel caso di archi a tutto sesto, o leggermente spostate, per archi a sesto acuto.</p> <p>Danno atteso medio: sono evidenti lesioni in chiave all'arco, nel caso di archi a tutto sesto, o leggermente spostate, per archi a sesto acuto; inoltre si nota una sconnessione della ghiera dalla muratura soprastante e lesioni nei <i>contrafforti</i> laterali.</p> <p>Danno atteso grave: rispetto al caso di <i>danno medio</i> l'aggravamento si evidenzia nella apertura di cerniere, anche alla base dei piedritti, nella vistosa perdita di forma dell'arco e nella eventuale presenza di conci o porzioni di muratura smosse..</p>	 <p>S. Maria del Parco Boiano</p>
Interventi	<ul style="list-style-type: none"> - messa in opera di una catena con un determinato tiro o nel ritensionamento della catena preesistente che al massimo annulli la spinta statica dell'arco. Per l'inserimento della catena è opportuno non iniettare i fori per consentire successivi ritensionamenti; - iniezioni di malta nelle zone fessurate per ripristinare la continuità muraria; le parti fessurate saranno soggette a risarcitura e ripresa d'intonaco; - in caso di crolli parziali, è prevista la ricostruzione di porzioni di arco o il riposizionamento di conci smossi. 	 <p>1</p> <p>2</p>

CUPOLA — TAMBURO/TIBURIO		
Meccanismi di collasso e vulnerabilità	<p>Indicatori di vulnerabilità:</p> <ul style="list-style-type: none"> - presenza di grandi aperture nel tamburo - tamburo molto alto - assenza di cerchiatura esterna - assenza di contrafforti esterni 	 <p>S. Francesco Agnone</p>
Danno atteso	<p>Danno atteso lieve: sono visibili lesioni ad andamento parabolico con possibile distacco di intonaco interno; lesioni capillari nel tamburo negli archi o architravi delle aperture o negli elementi murari tra le aperture.</p> <p>Danno atteso medio: aggravamento dello stato fessurativo descritto per il <i>danno lieve</i>, con lesioni che interessano anche la cornice e scendono fino alle aperture del tamburo o gli arconi di sostegno. Distacchi di frammenti di muratura dalla lanterna.</p> <p>Danno atteso grave: lesioni ad andamento parabolico con evidenza di un meccanismo di ribaltamento durante la scossa. Lesioni nel tamburo, con spanciamento verso l'esterno dei piedritti. Evidenti fenomeni di ribaltamento degli elementi della lanterna.</p>	 <p>S. Francesco Agnone</p>
Interventi	<ul style="list-style-type: none"> - cerchiatura della cupola tramite il posizionamento di barre e giunzioni; - consolidamento della lanterna con iniezioni di malta adesiva alla base, dove si sono verificati distacchi; - risarcitura delle lesioni e ripresa d'intonaco; - applicazione di bende in fibre di carbonio all'intradosso secondo i meridiani e in corrispondenza delle lesioni da ribaltamento; - consolidamento della lanterna con iniezioni di malta adesiva e collegamento alla cupola con piastre e piatti metallici; - risarcitura delle lesioni e riprese d'intonaco. 	

RIBALTAMENTO DELL'ABSIDE (O DEL PRESBITERIO)		
Meccanismi di collasso e vulnerabilità	<p>Meccanismi di collasso: Per l'abside a pianta rettangolare i possibili meccanismi di collasso ed i relativi modelli meccanici sono analoghi a quelli della facciata; la scelta di quelli da esaminare tiene conto della qualità dell'ammorsamento nei cantonali, della posizione delle aperture e della presenza di collegamenti, spesso costituite da cerchiate. Come per la facciata, la porzione di muratura che, nel caso di buon ammorsamento, viene considerata solidale con la parete che ribalta, è delimitata da un piano inclinato di 30° rispetto alla verticale, purché questo non intersechi l'arco trionfale (in questo caso l'angolo viene opportunamente ridotto).</p> <p>Indicatori di vulnerabilità :</p> <ul style="list-style-type: none"> - assenza di cerchiatura; - assenza di catene longitudinali; - assenza di cordoli e/o cerchiatura; - copertura spingente; - presenza di aperture nelle pareti 	 <p>S. Maria del Parco Boiano</p>
Danno atteso	<p>Danno atteso lieve: sono visibili lesioni nella sommità della muratura absidale, prevalentemente all'interno, in diverse posizioni a seconda della forma della pianta e delle aperture: nell'ammorsamento con il resto della fabbrica, inizio di distacco della parete terminale, lesioni verticali che dalla sommità della muratura giungono fino alle aperture.</p> <p>Danno atteso medio: i danni consistono in un'amplificazione della situazione descritta per il <i>danno lieve</i>, con lesioni evidenti anche all'esterno. Nel caso di finestrate, le lesioni continuano anche al di sotto di queste. Per abside circolare, le lesioni possono assumere andamento arcuato ed inclinato.</p> <p>Danno atteso grave: il quadro fessurativo è tale da fare temere un collasso dell'abside, essendo presenti evidenti fuoripiombo di pareti o addirittura parti crollate o disarticolate.</p>	 <p>S. Maria del Parco Boiano</p>
Interventi	<ul style="list-style-type: none"> - oltre alla posa in opera in sommità all'abside di una cerchiatura metallica o di un incatenamento, si rendono necessarie iniezioni di malta nelle zone interessate dai distacchi per ripristinare la continuità tra le diverse parti murarie; - risarcitura delle lesioni e riprese dell'intonaco. 	

MECCANISMI DI TAGLIO NELLE PARETI		
Meccanismi di collasso e vulnerabilità	<p>Meccanismi di collasso: I meccanismi di taglio nelle pareti, sono frequenti negli edifici danneggiati degli eventi sismici, e si manifestano nei maschi murari tra le aperture e nelle zone di minore resistenza dove sono presenti riduzioni di sezione per la presenza di cappelle. Le lesioni hanno in genere la classica forma ad X e risultano essere influenzate dalle caratteristiche della muratura .</p> <p>Indicatori di vulnerabilità:</p> <ul style="list-style-type: none"> - muratura di buona qualità - assenza di indebolimento per la presenza di aperture (preesistenti e tamponate) 	 <p>S. Antonio Abate Agnone</p>
Danno atteso	<p>Danno atteso lieve: le lesioni hanno in genere un andamento inclinato (a 45°) e si presentano singole o incrociate, generalmente capillari e diffuse solo a livello d'intonaco.</p> <p>Danno atteso medio: il quadro fessurativo è analoga a quella descritta per il <i>danno lieve</i>, ma con lesioni che interessano la muratura per l'intero suo spessore. Le lesioni attraversano in genere le aperture, che costituiscono un elemento di debolezza, e partono dagli spigoli di queste.</p> <p>Danno atteso grave: il quadro fessurativo è analogo a quello del <i>danno medio</i>, ma si presenta più diffuso o con lesioni di ampiezza macroscopica; è evidente lo scorrimento tra le diverse porzioni di muratura individuate dalle lesioni e la espulsione o il crollo di porzioni di muratura</p>	 <p>S. Pietro Celestino Isernia</p>
Interventi	<ul style="list-style-type: none"> - risarcitura delle lesioni evidenti ; - stilatura sistematica dei giunti, per fornire compattezza al paramento; - iniezioni di malta per migliorare le caratteristiche dell'apparato murario. 	 <p>S. Pietro Celestino Isernia</p>

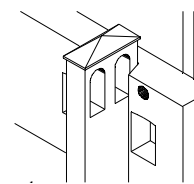
MECCANISMI NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA		
Meccanismi di collasso e vulnerabilità	<p>Meccanismi di collasso:</p> <ul style="list-style-type: none"> - spinte localizzate dovute agli elementi strutturali del tetto (capriate, travi); - azioni di martellamento in presenza di cordoli rigidi di grosse dimensioni e solette in calcestruzzo; - spostamento fuori piano delle pareti laterali dovuto a spinte localizzate del tetto; - spostamento fuori del piano della parete laterale dovuto alla spinta esercitata da una volta sull'intera lunghezza dell'aula oppure e ad una spinta localizzata dovuta ad un arco. <p>Indicatori di vulnerabilità: Muratura di qualità scadente – assenza di collegamento tra le strutture di copertura e la muratura strutture di copertura di peso elevato . Muratura di spessore limitato - Presenza di aperture nelle pareti (preesistenti e tamponate)</p>	 <p>S. Pietro Celestino Isernia</p>
Danno atteso	<p>Danno atteso lieve: lesioni sulla sommità delle pareti di navata in corrispondenza dell'appoggio delle travi di copertura o delle capriate, con distacchi dell'intonaco.</p> <p>Danno atteso medio: Possibili accenni di espulsione locale di muratura, con parziale fuoriuscita della trave dall'alloggiamento. Piccoli segni di ribaltamento, indicati da lesioni in corrispondenza di aperture. Lesioni sui bordi delle pareti laterali ad andamento obliquo o orizzontale.</p> <p>Danno atteso grave: Sono visibili lesioni sulla sommità delle pareti di navate in corrispondenza dell'appoggio della copertura, con sfilamento delle travi. Evidenti segni di espulsione di tratti di muratura con visibili fenomeni deformativi fuori dal piano della muratura, più frequenti nel caso di indebolimento per la presenza di ampie aperture.</p>	 <p>S. Maria del Parco Boiano</p>
Interventi	<ul style="list-style-type: none"> - collegamento delle capriate o dei puntoni di falda alla muratura con piastre alla muratura tramite piastre metalliche; - posa in opera di un elemento reticolare piano in acciaio, solidarizzato alla muratura previo consolidamento con iniezioni di malta; - controventamento della falda con tavolato incrociato; <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>	 <p>S. Pietro Celestino Isernia</p>

TORRE CAMPANARIA		
Meccanismi di collasso e vulnerabilità	<p>Meccanismi di collasso:</p> <p>I meccanismi di collasso dipendono dalla tipologia della torre definite in base alle aperture presenti lungo i lati e al rapporto con altri corpi della fabbrica (uno o più lati a contatto). Principali meccanismi che possono essere presenti anche contemporaneamente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - rotazione verso l'esterno della parte superiore della torre posta al di sopra della quota di stacco dalla chiesa; - rotazione verso l'esterno di una o più angolate ; - traslazione della parte superiore seguita da rotazione; <p>Indicatori di vulnerabilità: Torre molto snella - Mancanza di ammortamento tra le murature della torre - Muratura degradata e/o di scadente qualità - Assenza di catene - Altezza elevata al di sopra della chiesa (stacco dalla copertura)</p>	 <p>S. Antonio Abate Agnone</p>
Danno atteso	<p>Danno atteso lieve Sono visibili lesioni ad andamento verticale o sub-verticale che partono al di sotto della cella campanaria. In presenza di contatto (o di possibile martellamento) con la chiesa sono visibili piccoli segni di fessurazione.</p> <p>Danno atteso medio :Lesioni ad andamento verticale o sub-verticale partono al di sotto della cella campanaria e deviano verso uno spigolo. In presenza di contatto (o di possibile martellamento) con la chiesa sono visibili lesioni orizzontali o leggermente inclinate che indicano un istantaneo ribaltamento del campanile.</p> <p>Danno atteso grave :Il quadro fessurativo è analogo a quello descritto per il <i>danno medio</i>, risultando però evidenti deformazioni permanenti (fuori-piombo) o l'inizio di espulsione di uno spigolo del campanile. In campanili tozzi sono visibili lesioni inclinate a croce, tipiche di una risposta a taglio.</p>	 <p>S. Maria del Parco Boiano</p>
Interventi	<ul style="list-style-type: none"> - inserimento di catene interne adiacenti alla muratura, poste al di sotto della cella campanaria. - risarcitura delle lesioni presenti e riprese dell'intonaco; - realizzazione di una struttura metallica reticolare all'interno della torre a fine la funzione di collegamento delle pareti. 	 <p>meccanismi di collasso per formazione di angolate e di lesione centrale verticale</p>

CELLA CAMPANARIA	
Meccanismi di collasso e vulnerabilità	<p>Meccanismi di collasso: Nel caso della cella campanaria il meccanismo è condizionato dalla tipologia delle celle e dalle caratteristiche della muratura. I meccanismi più probabili prevedono una traslazione o rototraslazione dei ritri con rottura per taglio del traverso superiore, più frequenti nel caso di copertura pesante, o di ribaltamento dei piedritti conseguente a spostamento verso l'esterno delle pareti della torre.</p> <p>Indicatori di vulnerabilità: Piedritti molto snelli - Assenza di catene o cerchiatura - Copertura pesante Copertura spingente - Altezza elevata al di sopra della chiesa (stacco dalla copertura)</p>
Danno atteso	<p>Danno atteso lieve: Sono visibili lesioni che interessano in chiave gli archi delle aperture della cella campanaria.</p> <p>Danno atteso medio: Sono presenti evidenti lesioni negli archi delle aperture della cella campanaria (in chiave e all'imposta sui piedritti); possono verificarsi anche rotazioni alla base dei piedritti della cella o lesioni inclinate nella muratura al di sotto di questi.</p> <p>Danno atteso grave: Le lesioni negli archi della cella campanaria (in chiave e all'imposta sui piedritti) sono macroscopiche, con possibilità di conci smossi o caduti. Possono verificarsi anche rotazioni alla base dei piedritti della cella o lesioni inclinate al di sotto di questi, indicanti l'espulsione locale del piedritto stesso.</p>
Interventi	<ul style="list-style-type: none"> - inserimento di catene interne adiacenti alla muratura, poste al di sotto della cella campanaria; - risarcitura delle lesioni presenti e riprese dell'intonaco; - consolidamento della muratura tramite iniezioni di malta.



S. Maria del Parco Boiano



S. Pietro Celestino - Isernia



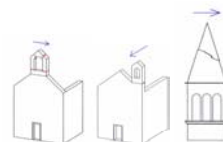
AGGETTI (VELA, GUGLIE, PINNACOLI, STATUE)	
Meccanismi di collasso e vulnerabilità	<p>Meccanismi di collasso: I meccanismi più probabili nel caso degli aggetti: ribaltamenti fuori del piano e ribaltamenti nel piano</p> <p>Indicatori di vulnerabilità:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elevata snellezza dell'aggetto - Assenza di contrafforti; - Assenza di collegamenti alla fabbrica; - Muratura di qualità scadente; - Presenza di fuori piombo
Danno atteso	<p>Danno lieve: alla base dell'aggetto, ad andamento orizzontale o leggermente inclinato, che siano sintomo di un avvenuto accenno di ribaltamento.</p> <p>Danno medio: lesioni alla base dell'aggetto, ad andamento orizzontale o leggermente inclinato, indice di un avvenuto istantaneo ribaltamento, di cui permangono ancora segni sotto l'aspetto deformativo.</p> <p>Danno grave: Oltre al quadro fessurativo descritto per il danno medio, sono presenti crolli parziali di muratura o dislocazioni murarie dovute ad evidenti scorrimenti orizzontali dell'aggetto.</p>
Interventi	<ul style="list-style-type: none"> - scarnitura e stuccatura delle lesioni presenti con malta adesiva; - realizzazione di perforazioni armate per la solidarizzazione dell'aggetto con la muratura;



Vele
Centro storico di Agnone



Chiesa del Purgatorio Boiano



Note al Paragrafo 3.3.5

(1) Doglioni, Moretti, Petri, *Le chiese e il terremoto*, 1976 - Edizioni LINT, Trieste