

ALLEGATO C

Modello per la valutazione della vulnerabilità sismica delle chiese

La metodologia considera 28 meccanismi di danno, elencati nel seguito, associati ai diversi macroelementi che possono essere presenti in una chiesa. Attraverso un opportuno modello, descritto al punto 5.4.3, è possibile valutare un indice di vulnerabilità (5.14) e quindi l'indice di sicurezza sismica della chiesa.

In primo luogo è necessario verificare se alcuni macroelementi non sono presenti, ovvero quali meccanismi non si potrebbero verificare nella chiesa a seguito di un sisma, ed a questi assegnare $\rho_k=0$; agli altri dovrebbe essere attribuito il valore $\rho_k=1$, ad eccezione dei meccanismi 4 e 15 ($\rho_k=0.5$) e di alcuni meccanismi (10, 11, 12, 18, 20, 22, 23, 24, 25, 26), nei quali si dovrà scegliere un valore $0.5 < \rho_k < 1$, in relazione all'importanza dell'elemento nel contesto della costruzione.

Per ogni meccanismo vengono suggeriti i possibili elementi di presidio antisismico e gli indicatori di vulnerabilità; a queste liste possono essere aggiunti altri elementi che dovessero emergere, a seguito di una specifica conoscenza della costruzione, come significativi per la valutazione del comportamento sismico della chiesa. A ciascun presidio o indicatore di vulnerabilità rilevato deve essere attribuito, rispettivamente, un grado di efficacia o di gravità, con un punteggio da 1 a 3. Attraverso la tabella 5.1 è possibile ricavare i valori di v_{ki} e v_{kp} da utilizzare in (5.14) per il calcolo dell'indice di vulnerabilità.

1 – RIBALTAMENTO DELLA FACCIATA

Distacco della facciata dalle pareti o evidenti fuori piombo

Presidi antisismici

Presenza di catene longitudinali

Presenza di efficaci elementi di contrasto (contrafforti, corpi addossati, altri edifici)

Ammorsamento di buona qualità tra la facciata ed i muri della navata

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di elementi spingenti (puntoni di copertura, volte, archi)

Presenza di grandi aperture nelle pareti laterali in vicinanza del cantonale

2 - MECCANISMI NELLA SOMMITÀ DELLA FACCIATA

Ribaltamento del timpano, con lesione orizzontale o a V – Disgregazione della muratura o scorrimento del cordolo – Rotazione delle capriate

Presidi antisismici

Presenza di collegamenti puntuali con gli elementi della copertura

Presenza di controventi di falda

Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, altro)

Indicatori di vulnerabilità

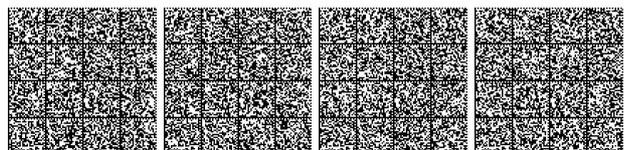
Presenza di grandi aperture (rosone)

Presenza di una sommità a vela di grande dimensione e peso

Cordoli rigidi, trave di colmo in c.a., copertura pesante in c.a.

3 - MECCANISMI NEL PIANO DELLA FACCIATA

Lesioni inclinate (taglio) – Lesioni verticali o arcuate (rotazione) – Altre fessurazioni o spanciamanti



Presidi antisismici

Presenza di una catena in controfacciata
 Contrasto laterale fornito da corpi addossati; chiesa inserita in aggregato

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di aperture di grandi dimensioni o in numero elevato (anche se tamponate)
 Elevata snellezza (rapporto altezza/larghezza)

4 - PROTIRO - NARTECE

Lesioni negli archi o nella trabeazione per rotazione delle colonne – Distacco dalla facciata – Martellamento

Presidi antisismici

Presenza di catene
 Presenza di colonne/pilastrini di adeguata dimensione

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di elementi spingenti (archi, volte)

5 - RISPOSTA TRASVERSALE DELL'AULA

Lesioni negli arconi (con eventuale prosecuzione nella volta) – Rotazioni delle pareti laterali – Lesioni a taglio nelle volte – Fuori piombo e schiacciamento nelle colonne

Presidi antisismici

Presenza di paraste o contrafforti esterni
 Presenza di corpi annessi adiacenti
 Presenza di catene trasversali

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di pareti con elevata snellezza
 Presenza di volte e archi

6 - MECCANISMI DI TAGLIO NELLE PARETI LATERALI (RISPOSTA LONGITUDINALE)

Lesioni inclinate (singole o incrociate) – Lesioni in corrispondenza di discontinuità nella muratura

Presidi antisismici

Muratura uniforme (unica fase costruttiva) e di buona qualità
 Presenza di buoni architravi nelle aperture
 Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, altro)

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di grandi aperture o di ampie zone con muratura di limitato spessore
 Cordoli in c.a. molto rigidi, copertura pesante in c.a.

7 - RISPOSTA LONGITUDINALE DEL COLONNATO NELLE CHIESE A PIÙ NAVATE

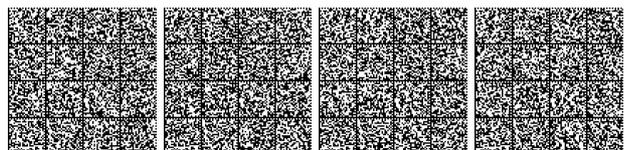
Lesioni negli archi o negli architravi longitudinali – Schiacciamento e/o lesioni alla base dei pilastrini – Lesioni a taglio nelle volte delle navate laterali

Presidi antisismici

Presenza di catene longitudinali
 Presenza di contrafforti in facciata

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di volte pesanti nella navata centrale
 Copertura pesante in c.a., cappe armate di significativo spessore nelle volte



8 - VOLTE DELLA NAVATA CENTRALE

Lesioni nelle volte dell'aula centrale – Sconnessioni delle volte dagli arconi

Presidi antisismici

Presenza di catene in posizione efficace

Presenza di rinfianchi o frenelli

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di carichi concentrati trasmessi dalla copertura

Volte in foglio, specialmente se su campate di grande luce

Presenza di lunette o interruzioni ed irregolarità nel profilo delle volte

9 - VOLTE DELLE NAVATE LATERALI

Lesioni nelle volte o sconconnessioni dagli arconi o dalle pareti laterali

Presidi antisismici

Presenza di catene in posizione efficace

Presenza di rinfianchi o frenelli

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di carichi concentrati trasmessi dalla copertura

Volte in foglio, specialmente se su campate di grande luce

Presenza di lunette o interruzioni ed irregolarità nel profilo delle volte

10 - RIBALTAMENTO DELLE PARETI DI ESTREMITÀ DEL TRANSETTO

Distacco della parete frontale dalle pareti laterali – Ribaltamento o disgregazioni del timpano in sommità

Presidi antisismici

Presenza di catene longitudinali

Presenza di efficaci elementi di contrasto (contrafforti, corpi addossati, altri edifici)

Buon collegamento con la copertura (travi-catena, controventi)

Ammorsamento di buona qualità tra la parete frontale ed i muri laterali

Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, altro)

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di cordoli rigidi, travi di colmo in c.a., copertura pesante

Presenza di grandi aperture nella parete frontale (rosone) e/o in quelle laterali

Presenza di una sommità a vela di grande dimensione

11 - MECCANISMI DI TAGLIO NELLE PARETI DEL TRANSETTO

Lesioni inclinate (singole o incrociate) – Lesioni attraverso discontinuità

Presidi antisismici

Muratura uniforme (unica fase costruttiva) e di buona qualità

Presenza di buoni architravi nelle aperture

Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, altro)

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di cordoli rigidi, copertura pesante

Presenza di grandi aperture o di ampie zone con muratura di limitato spessore

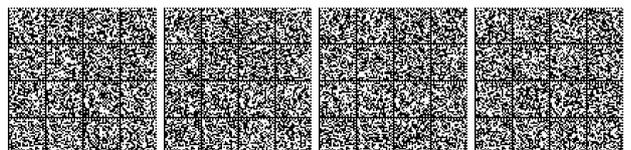
12 - VOLTE DEL TRANSETTO

Lesioni nelle volte o sconconnessioni dagli arconi e dalle pareti laterali

Presidi antisismici

Presenza di catene in posizione efficace

Presenza di rinfianchi o frenelli



Indicatori di vulnerabilità

Presenza di carichi concentrati trasmessi dalla copertura
 Volte in foglio, specialmente se su campate di grande luce
 Presenza di lunette o interruzioni ed irregolarità nel profilo delle volte

13 - ARCHI TRIONFALI

Lesioni nell'arco – Scorrimento di conci – Schiacciamento o lesioni orizzontali alla base dei piedritti

Presidi antisismici

Pareti di contrasto efficaci (basso rapporto luce/larghezza aula, transetto, altri corpi di fabbrica)
 Presenza di una catena in posizione efficace
 Conci di buona fattura e/o adeguato spessore dell'arco

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di copertura pesante in c.a.
 Presenza di cupola o tiburio

14 - CUPOLA - TAMBURO/TIBURIO

Lesioni nella cupola (ad arco) con eventuale prosecuzione nel tamburo

Presidi antisismici

Presenza di una cerchiatura esterna, anche a più livelli
 Presenza nel tamburo di contrafforti esterni o paraste
 Cupola direttamente impostata sugli archi trionfali (assenza del tamburo)

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di grandi aperture nel tamburo
 Presenza di carichi concentrati trasmessi dalla copertura

15 - LANTERNA

Lesioni nel cupolino della lanterna – Rotazioni o scorrimenti dei piedritti

Presidi antisismici

Presenza di catene o di una cerchiatura esterna
 Presenza di paraste o contrafforti
 Dimensioni contenute rispetto a quelle della cupola

Indicatori di vulnerabilità

Lanterna di elevata snellezza, con grandi aperture e piccoli pilastri

16 - RIBALTAMENTO DELL'ABSIDE

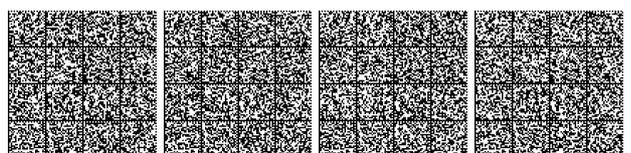
Lesioni verticali o arcuate nelle pareti dell'abside – Lesioni verticali negli absidi poligonali – Lesione ad U negli absidi semicirculari

Presidi antisismici

Presenza di cerchiatura (semicircolare e poligonale) o catene (rettangolare)
 Presenza di efficaci elementi di contrasto (contrafforti, corpi addossati)
 Presenza di copertura controventata, non spingente

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di un forte indebolimento per la presenza di aperture (anche tamponate) nelle pareti
 Presenza di volte spingenti
 Cordoli rigidi, copertura pesante, puntoni di falda in c.a



17 - MECCANISMI DI TAGLIO NEL PRESBITERIO O NELL'ABSIDE

Lesioni inclinate (singole o incrociate) – Lesioni in corrispondenza di discontinuità murarie

Presidi antisismici

Muratura uniforme (unica fase costruttiva) e di buona qualità

Presenza di buoni architravi nelle aperture

Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, altro)

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di cordoli rigidi, copertura pesante

Presenza di grandi aperture o di ampie zone con muratura di limitato spessore

18 - VOLTE DEL PRESBITERIO O DELL'ABSIDE

Lesioni nelle volte o sconnessioni dagli arconi o dalle pareti laterali

Presidi antisismici

Presenza di catene in posizione efficace

Presenza di rinfianchi o frenelli

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di carichi concentrati trasmessi dalla copertura

Volte in foglio, specialmente se su campate di grande luce

Presenza di lunette o interruzioni ed irregolarità nel profilo delle volte

19 - MECCANISMI NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA - PARETI LATERALI DELL'AULA

Lesioni vicine alle teste delle travi lignee, scorrimento delle stesse – Sconnessioni tra cordoli e muratura – Movimenti significativi del manto di copertura

Presidi antisismici

Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, altro)

Presenza di collegamenti delle travi alla muratura

Presenza di controventi di falda (tavolato incrociato o tiranti metallici)

Presenza di buone connessioni tra gli elementi di orditura della copertura

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di copertura staticamente spingente

Presenza di cordoli rigidi, copertura pesante

20 - MECCANISMI NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA – TRANSETTO

Lesioni vicine alle teste delle travi lignee, scorrimento delle stesse – Sconnessioni tra i cordoli e muratura – Movimenti significativi del manto di copertura

Presidi antisismici

Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, altro)

Presenza di collegamenti delle travi alla muratura

Presenza di controventi di falda (tavolato incrociato o tiranti metallici)

Presenza di buone connessioni tra gli elementi di orditura della copertura

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di copertura staticamente spingente

Presenza di cordoli rigidi, copertura pesante

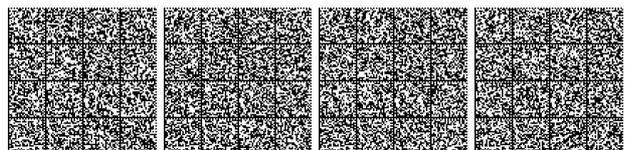
21 - MECCANISMI NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA – ABSIDE E PRESBITERIO

Lesioni vicine alle teste delle travi lignee, scorrimento delle stesse – Sconnessioni tra i cordoli e muratura – Movimenti significativi del manto di copertura

Presidi antisismici

Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, altro)

Presenza di collegamenti delle travi alla muratura



Presenza di controventi di falda (tavolato incrociato o tiranti metallici)
 Presenza di buone connessioni tra gli elementi di orditura della copertura

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di copertura staticamente spingente
 Presenza di cordoli rigidi, copertura pesante

22 - RIBALTAMENTO DELLE CAPPELLE

Distacco della parete frontale dalle pareti laterali

Presidi antisismici

Presenza di efficaci elementi di contrasto (contrafforti, edifici addossati)
 Presenza di cerchiatura o incatenamento
 Ammorsamento di buona qualità tra la parete frontale ed i muri laterali

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di forte indebolimento per la presenza di aperture nelle pareti

23 - MECCANISMI DI TAGLIO NELLE PARETI DELLE CAPPELLE

Lesioni inclinate (singole o incrociate) – Lesioni in corrispondenza di discontinuità murarie

Presidi antisismici

Muratura uniforme (unica fase costruttiva) e di buona qualità
 Presenza di buoni architravi nelle aperture
 Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, altro)

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di cordoli rigidi, copertura pesante
 Presenza di grandi aperture (anche tamponate), muratura di limitato spessore

24 - VOLTE DELLE CAPPELLE

Lesioni nelle volte o sconnessioni dalle pareti laterali

Presidi antisismici

Presenza di catene in posizione efficace
 Presenza di rinfianchi o frenelli

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di carichi concentrati trasmessi dalla copertura
 Volte in foglio, specialmente se molto ribassate
 Presenza di lunette o interruzioni ed irregolarità nel profilo delle volte

25 - INTERAZIONI IN PROSSIMITÀ DI IRREGOLARITÀ PLANO-ALTIMETRICHE

Movimento in corrispondenza di discontinuità costruttive - Lesioni nella muratura per martellamento

Presidi antisismici

Presenza di un'adeguata connessione tra le murature di fasi diverse
 Presenza di catene di collegamento

Indicatori di vulnerabilità

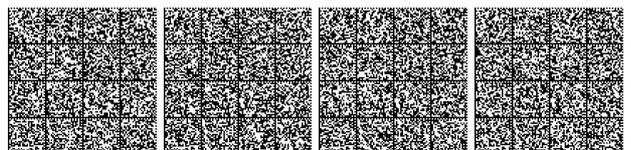
Presenza di un'elevata differenza di rigidità tra i due corpi
 Possibilità di azioni concentrate trasmesse dall'elemento di collegamento

26 - AGGETTI (VELA, GUGLIE, PINNACOLI, STATUE)

Evidenza di rotazioni permanenti o scorrimento – Lesioni

Presidi antisismici

Presenza di perni di collegamento con la muratura o elementi di ritegno
 Elementi di limitata importanza e dimensione
 Muratura monolitica (a conci quadrati o comunque di buona qualità)



Indicatori di vulnerabilità

Elementi di elevata snellezza

Appoggio in falso sulle murature sottostanti in falso

Posizione asimmetrica rispetto all'elemento sottostante (specie se l'oggetto ha notevole massa)

27- TORRE CAMPANARIA

Lesioni vicino allo stacco dal corpo della chiesa – Lesioni a taglio o scorrimento – Lesioni verticali o arcuate (espulsione di uno o più angoli)

Presidi antisismici

Muratura uniforme (unica fase costruttiva) e di buona qualità

Presenza di catene ai diversi ordini

Presenza di adeguata distanza dalle pareti della chiesa (se adiacente)

Presenza buon collegamento con le pareti della chiesa (se inglobata)

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di aperture significative su più livelli

Vincolo asimmetrico sulle murature alla base (torre inglobata)

Appoggio irregolare a terra della torre (presenza di archi su alcuni lati, pareti a sbalzo)

28 - CELLA CAMPANARIA

Lesioni negli archi – Rotazioni o scorrimenti dei piedritti

Presidi antisismici

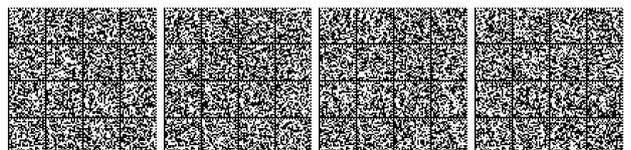
Presenza di piedritti tozzi e/o archi di luce ridotta

Presenza di catene o cerchiature

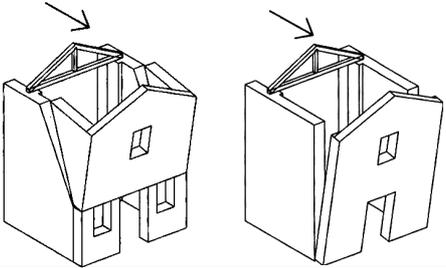
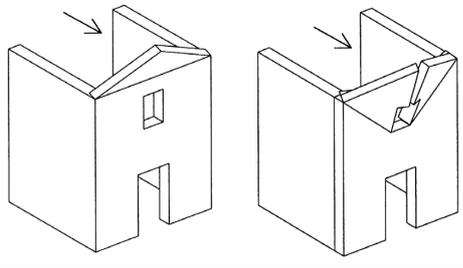
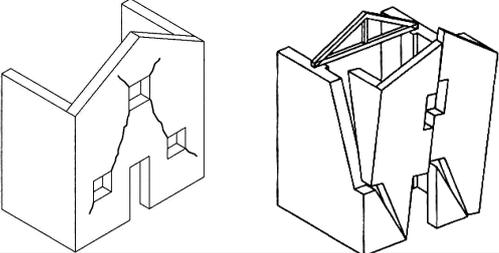
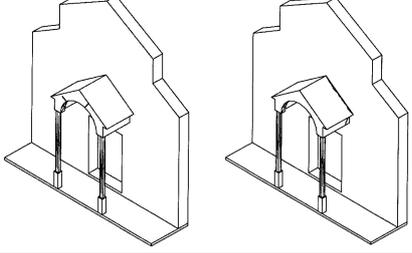
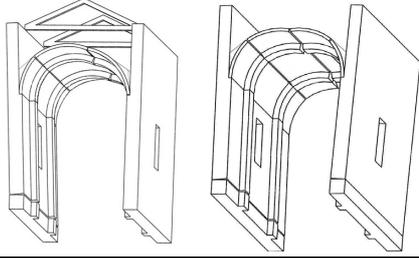
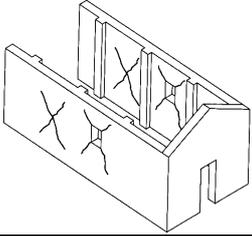
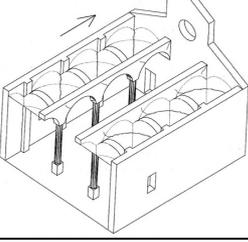
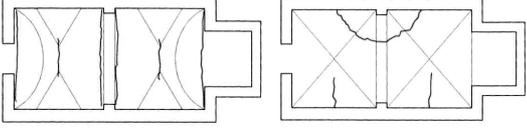
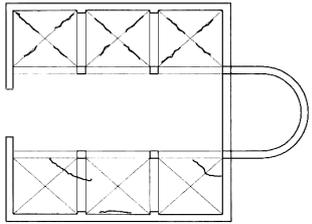
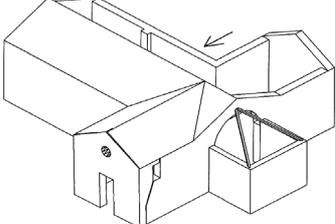
Indicatori di vulnerabilità

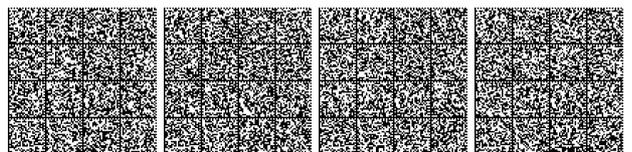
Presenza di copertura pesante o di altre masse significative

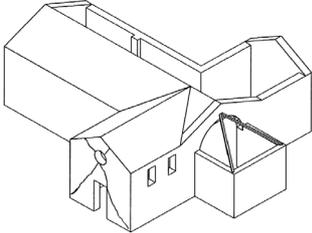
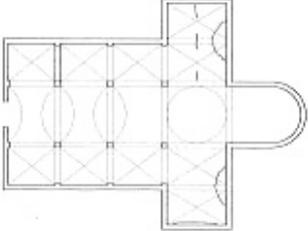
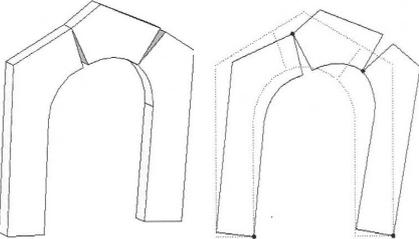
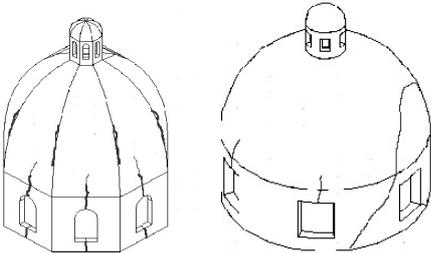
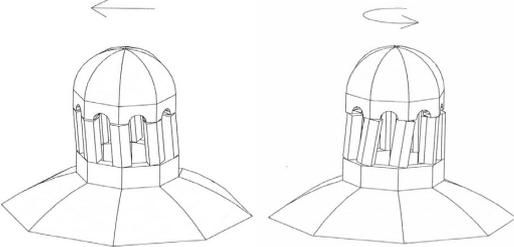
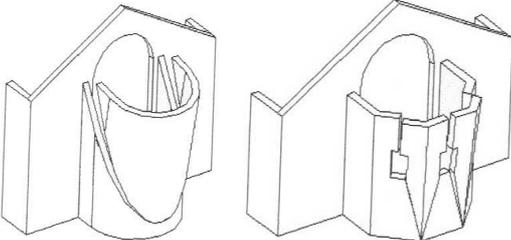
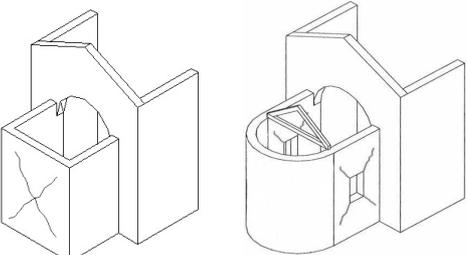
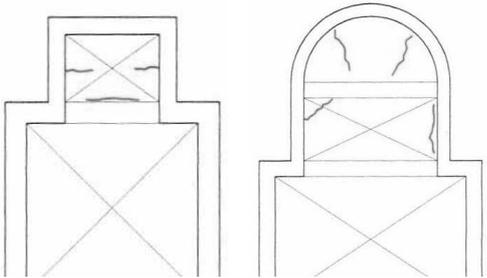
Presenza di copertura spingente

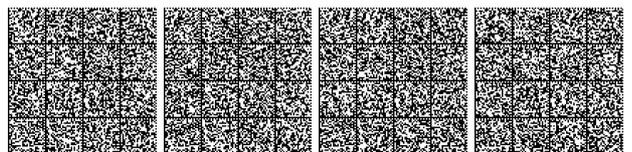


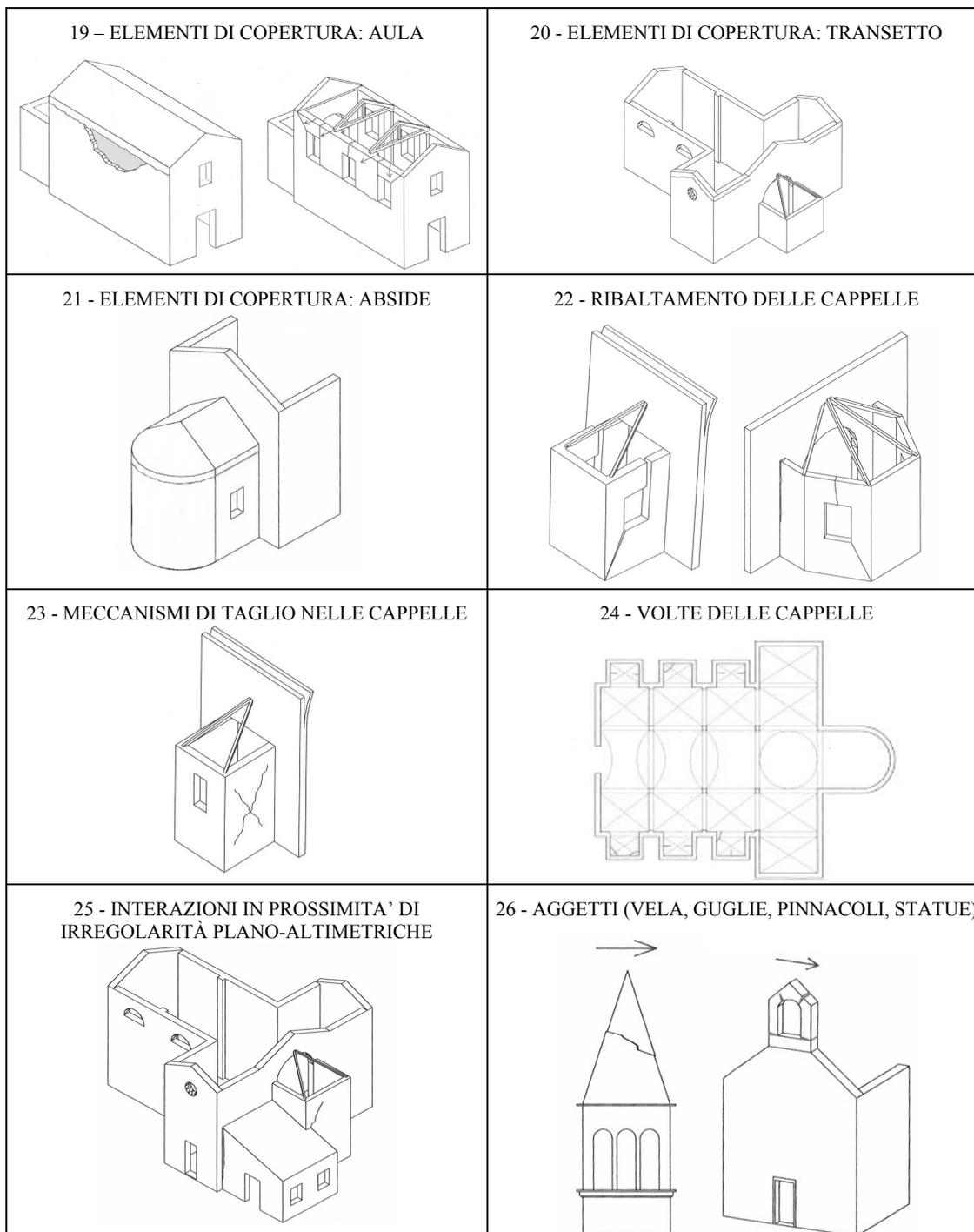
ABACO DEI MECCANISMI DI COLLASSO DELLE CHIESE

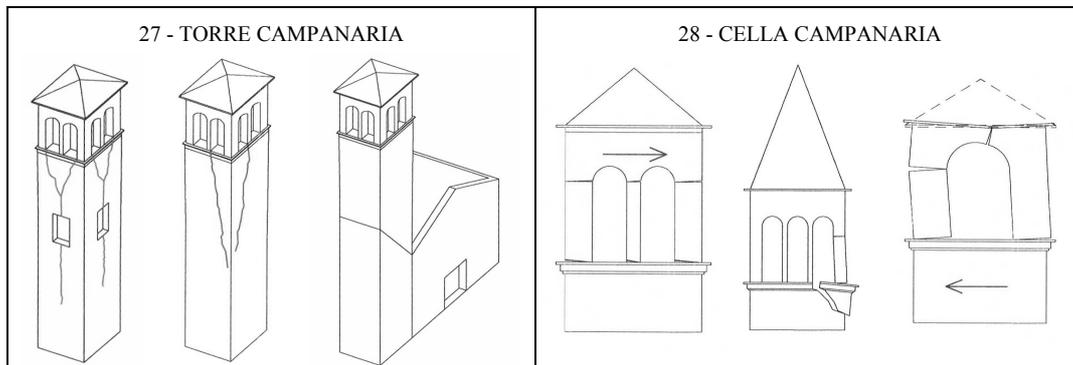
<p>1. RIBALTAMENTO DELLA FACCIATA</p> 	<p>2. MECCANISMI NELLA SOMMITÀ DELLA FACCIATA</p> 
<p>3. MECCANISMI NEL PIANO DELLA FACCIATA</p> 	<p>4 - PROTIRO - NARTECE</p> 
<p>5 - RISPOSTA TRASVERSALE DELL'AULA</p> 	<p>6 - MECCANISMI DI TAGLIO NELLE PARETI LATERALI (RISPOSTA LONGITUDINALE)</p> 
<p>7 - RISPOSTA LONGITUDINALE DEL COLONNATO</p> 	<p>8 - VOLTE DELLA NAVATA CENTRALE</p>  <p>VOLTA A BOTTE LUNETTATA VOLTA A CROCIERA</p>
<p>9 - VOLTE DELLE NAVATE LATERALI</p>  <p>VOLTE A PADIGLIONE</p> <p>VOLTE A CROCIERA</p>	<p>10 - RIBALTAMENTO DELLE PARETI DI ESTREMITÀ DEL TRANSETTO</p> 



<p>11 - MECCANISMI DI TAGLIO NELLE PARETI DEL TRANSETTO</p> 	<p>12 - VOLTE DEL TRANSETTO</p> 
<p>13 - ARCHI TRIONFALI</p> 	<p>14 - CUPOLA - TAMBURO / TIBURIO</p> 
<p>15 - LANTERNA</p> 	<p>16 - RIBALTAMENTO DELL'ABSIDE</p> 
<p>17 - MECCANISMI DI TAGLIO NEL PRESBITERIO O NELL'ABSIDE</p> 	<p>18 - VOLTE DEL PRESBITERIO O DELL'ABSIDE</p> 







11A02374

ALFONSO ANDRIANI, *redattore*
DELIA CHIARA, *vice redattore*

(WI-GU-2011-SON-040) Roma, 2011 - Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato S.p.A. - S.

