

3. Notizie storiche

3.1 Cona

Cona è un comune situato nella città metropolitana di Venezia, nella pianura veneta meridionale. Il territorio è caratterizzato da un paesaggio tipicamente agricolo, con un'economia storicamente legata alla bonifica e alla coltivazione delle terre.

Le sue origini risalgono all'epoca romana, come testimoniano alcuni reperti archeologici rinvenuti nella zona, ma è nel Medioevo che il paese assume un ruolo più definito, grazie alla presenza di insediamenti monastici e alla gestione delle acque da parte della Serenissima Repubblica di Venezia.

Durante il dominio veneziano, il territorio di Cona fu soggetto a interventi di regolazione idraulica per favorire lo sviluppo agricolo e la viabilità. Oggi il comune è un centro di modeste dimensioni, ma conserva una forte identità legata alla tradizione rurale e alla sua storia religiosa.

3.2 Chiesa della Beata Vergine Maria Immacolata

La Chiesa della Beata Vergine Maria Immacolata è il principale edificio di culto di Cona ed è un punto di riferimento storico e architettonico per la comunità. Le origini dell'attuale fabbricato sono molto recenti, troviamo testimonianza in alcuni scritti da fonti ecclesiastiche sia stata eretta e demolita svariate volte, con stili e volumetrie differenti di volta in volta, l'attuale configurazione è dovuta agli ultimi interventi di restauro e ampliamento del 1909.

Lo stile architettonico è sobrio, con richiami alla tradizione veneta e influenze neoclassiche. L'interno conserva opere d'arte sacra di pregio, tra cui affreschi e pale d'altare di artisti locali. La chiesa ha sempre svolto un ruolo centrale nella vita religiosa e sociale del paese, fungendo da punto di aggregazione per la comunità.

3.3 Campanile della Chiesa della Beata Vergine Maria Immacolata

Il campanile della Chiesa della Beata Vergine Maria Immacolata è un elemento architettonico di notevole importanza, sia dal punto di vista storico che strutturale.

La prima costruzione risale al XV secolo, rappresenta un tipico esempio di torre campanaria veneta, con una struttura in laterizio e una configurazione slanciata. Il campanile ha subito nel tempo diversi interventi di manutenzione e restauro, dovuti sia all'usura dei materiali sia a eventi sismici e atmosferici che ne hanno compromesso la stabilità. L'intervento di consolidamento e restauro conservativo attuale mira a preservare l'integrità strutturale del manufatto, garantendo la sicurezza e la conservazione del suo valore storico

Si riporta qui di seguito alcune notizie storiche tratte dal libro La Diocesi di Padova nel 192, tipografia Antoniana Padova.

Il 1° settembre 906, il vescovo di Verona Adalardo donò a Ingelfredo «propietatem illam in Cona que fruit Everardo nepoto meo ». E' la prima volta che Cona compare in un atto pubblico. Otto anni dopo, nel 914, Ingelfredo donò alle Benedettine di S. Zaccaria di Venezia «curte que nominatur Cona cum cappella que est edificata ad honorem sancte Marie ».

Nelle successive conferme della proprietà, a cominciare da quella dell' imperatore Corrado II, il 21 maggio 1027, la comunità religiosa di Cona è detta « ecclesia S. Marie».

Questa fu probabilmente la primitiva pieve di Cona, una delle sedici della diocesi di Padova, che il 14 marzo 1077 ottennero, a Verona, la protezione imperiale.

Vent'anni dopo, il 3 novembre 1097, Cono da Calaone donò una «massaricia» ch'egli possedeva a Cona al monastero di S. Michele di Candiana; al quale altre terre furono donate in seguito ed altre esso riscattò dalle acque.

Un documento del 18 agosto 1204 parla di terre “vecchie” e di terre “nuove”.Anche i monaci di S. Michele eressero in Cona - se già non esisteva una chiesa. Il 6 luglio 1188, papa Clemente III confermò ai monaci stessi «omnia que habetis in Cona cum ipsa ecclesia». Questa diventò la nuova pieve, dedicata al martire S. Antonino.

La decima papale del 1297 elenca di fatto « Plebes S. Anto-nini de Cona », retta dall'arciprete Antonio, coadiuvato dai chie-rici Ponzio e Alberto degli Enselmini. Da questa chiesa dipendeva l'oratorio, ora scomparso, di S. Egidio di Desman. I monaci di S. Michele di Candiana, come si è detto, avevano il diritto di eleggere l'arciprete di Cona.

Dalla relazione sulla visita pastorale del 1449 si apprende che da quarant'anni la chiesa di Cona era distrutta e che i monaci, che pur ne godevano il beneficio, non si curavano di rifarla.

Nel 1462, il Papa Pio II, trasferì il monastero di Candiana, con i suoi beni, ai Canonici regolari Agostiniani di S. Salvatore di Venezia, ricostruirono la chiesa.

Come l'edificio fu rifatto lo si apprende dalla relazione sulla visita pastorale del vescovo Pietro Baroni, del 9 ottobre 1488.

Il tempio era lungo poco meno di 14 metri e largo 8,50. Ave-va ad oriente due cappelle: nella maggiore, a mezzogiorno, era l'altare; nella più piccola, a settentrione, il campanile. Non ave-va né soffitto, né pavimento.

L'arciprete, eletto dagli Agostiniani di Candiana, non risiedeva a Cona; neanche dopo che i parrocchiani gli ebbero costruita la casa parrocchiale.

I canonici, in forza del diritto di patronato, elessero l'arciprete fino a quando, il 31 luglio 1785, Venezia soppresse il monastero di Candiana.

L'acquistarono, con tutti i suoi beni, compresi quelli di Cona, gli Albrizzi di Venezia, come si è riferito.

Questi rinunciarono al patronato il 16 agosto 1810.

La chiesa di Cona fu ancora restaurata e ampliata nel 1909.

Il 10 novembre dello stesso anno, con decreto vescovile, il vecchio titolare S. Antonino martire fu sostituito con la B.V. Immacolata, che si festeggia l'8 dicembre.

A Cona, ogni anno, si celebra però anche la ricorrenza di S. Antonino, con fiera e festeggiamenti.

Il campanile della frazione conense, che la relazione sulla visita pastorale del 1578 diceva rifatto da poco, fu restaurato nel 1934.

4. Descrizione generale del campanile

Come anticipato il campanile di Cona è risalente al 1578 circa, ma fu restaurato nel 1934, successivamente a tale data non è documentato nessun altro intervento.

Si presenta come una struttura imponente realizzata interamente in mattoni pieni in laterizio, tipica della tradizione edilizia della Pianura Padana, con pianta quadrata, di dimensioni massime di sedime a terra pari a ml 4,80 x 4,80; alzandoci dal basamento troviamo una leggera rastrematura, per circa 2.15 ml, che porta la pianta del campanile ad assumere, lungo la canna, dimensione pari a ml 4,30 x 4,30 circa, comprensiva delle lesene che sporgono dal filo della muratura di 15 cm, lo sviluppo della canna rimane costante oltre alla cella campanaria fino alla base della cuspide sommitale.

Per l'accesso al campanile è presente al piano terra del fronte est un'apertura con portoncino in legno. Una volta all'interno la sezione in pianta rimane regolare fino alla cella campanaria, con dimensioni pari a ml 2,60 x 2,60.

Sebbene segnata dal tempo, la muratura evidenzia una struttura robusta e funzionale, arricchita dall'alternanza di lesene negli angoli ed al centro della facciata che conferiscono snellezza estetica all'imponenza del manufatto. La lesena centrale della facciata principale risulta "tagliata o meglio interrotta" nel momento in cui è stato inserito l'orologio oggi ancora perfettamente funzionante.

La cella campanaria è compresa tra due cornicioni, uno superiore e uno inferiore alla cella stessa, sono sporgenti e aggettanti massimo di 30/35 cm dalla muratura e sono composti da pezzi speciali di laterizio sagomato arricchiti da dentelli e mensoloni con copertine in malta cementizia in molte parti distaccata ed in pericolo di caduta. Lo stato di conservazione risulta pessimo, sono rilevabili fessurazioni, mancanze murarie, stuccature con impasti cementizi, elementi mancanti e altri in fase di distacco e la stilatura dei giunti risulta alquanto degradata e profonda. Su tutta la superficie orizzontale dei cornicioni sono presenti patine biologiche, muschi e licheni con crescita anche di piante superiori.



Superiormente alla cella campanaria troviamo la cuspide con base ottagonale e poi la cuspide vera e propria di forma conica e composta da laterizi sagomati a incastro che culmina con un inserto in pietra con una croce ed un segnamento rappresentante il Leone della Serenissima.

La base della cuspide si presenta parzialmente intonacata con intonaco cementizio, sono visibili alcune fessurazioni in corrispondenza dei paletti dei tiranti metallici, il paramento murario risulta in alcuni punti decoeso ed eroso.

La dimensione massima in altezza, misurata dal piano campagna alla cima della cuspide è di circa 29,50 ml. La cuspide risulta impostata ad una quota di 23,50 ml mentre i cornicioni della cella campanaria sono impostati rispettivamente a quote di 18,30 m e 21,90 ml da terra.

Il campanile presenta due tipi di aperture: le bifore sulla cella campanaria, presenti in coppia per ogni lato del campanile con arco a tutto sesto; sul prospetto sud sono presenti tre piccole aperture di circa 15 x 80 cm. Tutte le aperture sono schermate da reti antipicchio in ferro che presentano ossidazione e deformazioni a causa della perdita del trattamento superficiale e dell'azione degli agenti atmosferici.

Le reti antipicchio sulle bifore della cella campanaria sono diverse a coppie di lati opposte: quelle sui prospetti nord e sud sono piane e seguono il profilo della muratura, sui lati est e ovest, invece, presentano uno spanciamento nella parte inferiore, questo probabilmente dovuto alla conformazione e al movimento delle precedenti campane installate sul campanile, che presumibilmente uscivano col moto oscillatorio dal perimetro della cella campanaria, attraverso le aperture della stessa.

Lungo il fronte ovest è presente un orologio analogico, con quadrante e lancette in metallo, posizionato in data non certa e comunque in tarda età rispetto all'origine del campanile, sia per via della natura stessa dei materiali e del meccanismo, sia per il fatto che non era previsto il suo posizionamento dalla morfologia stessa delle facciate; infatti, per permettere il posizionamento del quadrante, circolare di diametro circa 2.00 metri, è stata interrotta la lesena centrale lungo il fronte.

L'interno è attualmente suddiviso in 4 piani, identificati da solai lignei costituiti da una singola orditura in travi lignee di dimensioni variabili (cm 14÷18x16÷22)



fortemente degradate, è presente un tavolato ligneo, anch'esso fortemente degradato e marcescente in molteplici punti.

Tra i vari piani è possibile spostarsi attraverso piccoli fori sui solai accessibili da scalette lignee a pioli.

Dall'ultimo impalcato è possibile accedere alla cella campanaria tramite un'ulteriore botola, tuttavia, le campane e il loro supporto impediscono il muoversi liberamente all'interno della cella.

L'incastellatura in acciaio regge 5 campane suddivise in 3 ordini, composta da profili HEA 120 e IPE 100, saturando tutto lo spazio interno della cella; tutto il telaio appoggia su ammortizzatori in forte stato di degrado e tutta la struttura necessita di una profonda manutenzione generale, possibile solo attraverso lo smontaggio ed il successivo rimontaggio dell'intero telaio e delle campane.

All'interno della cella le murature sono fortemente degradate, sia a causa della mancata manutenzione nel corso del tempo sia per le manomissioni alle strutture murarie avvenute nel corso del tempo per smontare e rimontare le campane o per la tipologia delle precedenti campane e del loro movimento oscillatorio; da quanto visivamente rilevato è presumibile che le murature siano state ridotte presso i pilastri di separazione delle bifore, in particolare lungo i fronti est e ovest proprio per permettere il movimento delle campane, interventi che riducendo la sezione dei pilastri causano una grave instabilità generale alla cella campanaria.



Sono presenti n. 4 tirantature, con andamento est/ovest visibili in prospetto nelle n. 2 grandi piastre di collegamento della lunghezza di 6 ml circa. Per maggiori dettagli si rimanda alla tavola 4 con individuazione della posizione. Questi elementi di consolidamento segni di ossidazione e deformazione, tipici di sistemi esposti agli agenti atmosferici aggressivi.

Per quanto riguarda i materiali in generale si nota che sopra la struttura dominante in laterizio, vi è una complessa stratificazione di residui di intonaci, sicuramente applicati nel corso del tempo, tracce di lacerti di intonaco a base di calce, presumibilmente costituente un sottofondo originario o dei primi secoli di vita del campanile, sono rilevabili solo in talune parti della superficie e in taluni punti risulta sovrapposto da intonaci di interventi successivi in malta cementizia.

Gli scarsi lacerti di intonaco originario, unitamente alla presenza di fessurazioni e distacchi, testimoniano il degrado degli strati originari e gli interventi di ripristino effettuati con malte cementizie incongrue, che ne alterano la coerenza estetica e tecnica.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati grafici di progetto

5. Documentazione fotografica



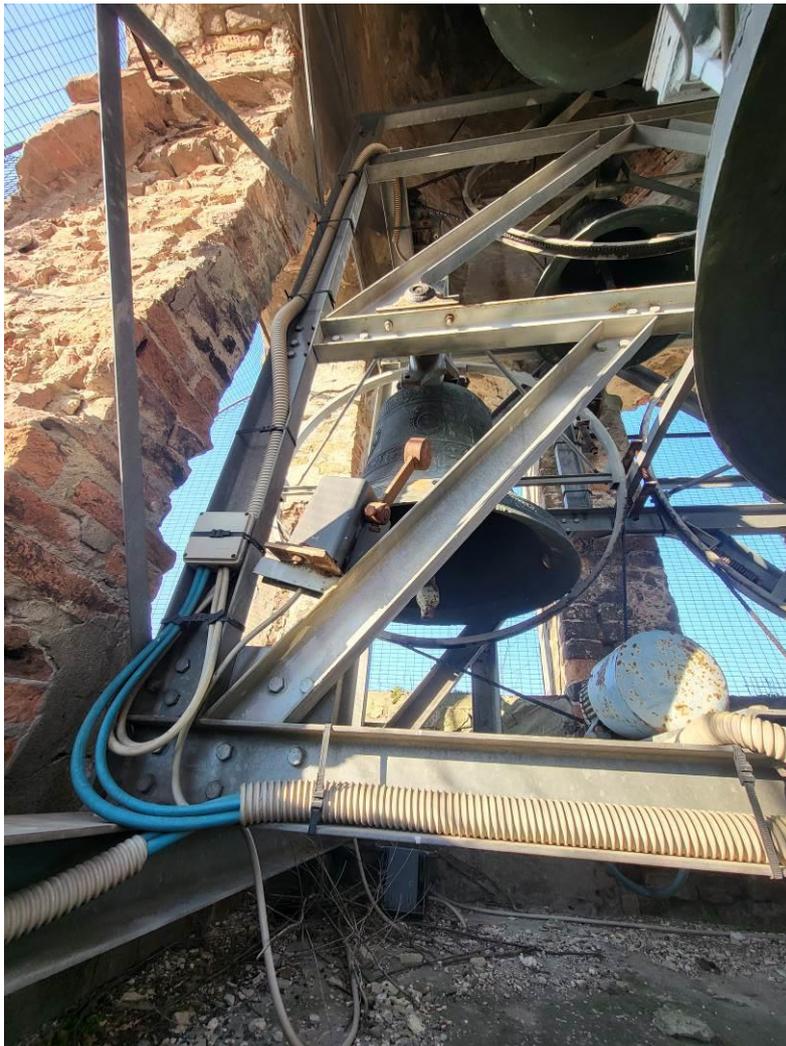
Vista all'intradosso del primo impalcato



Vista all'intradosso degli impalcati secondo e terzo in travi lignee e tavolato



Vista all'intradosso dell'impalcato della cella campanaria



incastellatura delle campane



Vista interna a quota terzo impalcato con i tiranti posti sulla parete, il meccanismo dell'orologio e il quadro che controlla le campane



Particolare del meccanismo dell'orologio



Vista all'intradosso del secondo impalcato con travi e rompitratta inserito in un secondo momento

6. Stato di conservazione

In generale l'intero complesso architettonico mostra i segni del naturale degrado dei materiali dovuto agli agenti atmosferici e all'età considerevole del manufatto, inoltre gli interventi eseguiti in passato hanno causato notevoli danni mediante l'utilizzo di metodologie scorrette che si sono dimostrate non adeguate ed incompatibili con i materiali originali, aggravando e compromettendo ulteriormente lo stato di degrado dell'intero manufatto.

Dall'analisi in sito, si sono rilevate le seguenti patologie di degrado: depositi superficiali incoerenti (particellato atmosferico), depositi superficiali compatti ed aderenti (croste nere), alterazioni cromatiche per percolazione, efflorescenze, lacune di materiale (sia nel cotto che negli elementi lapidei), fessurazioni, attacchi di biodeteriogeni con sviluppo di licheni, mischi ed alghe verdi, colature di ossido di ferro, sviluppo di vegetazione superiore soprattutto negli aggetti.

L'intero manufatto ha elementi in fase di distacco e di caduta con conseguente pericolo per l'incolumità pubblica.

6.1 Paramento murario in laterizio e lacerti di intonaco:

In generale il laterizio di cotto risulta superficialmente molto decoeso e disgregato con visibili scagliature e distacchi di materiale, anche di notevoli dimensioni, su buona parte della superficie.

Alla base del campanile sono state rinvenute scaglie e porzioni di materiale, si deve quindi evidenziare la pericolosità di questi distacchi non prevedibili dall'intera superficie esterna del campanile.

Le stilature dei giunti originali del paramento murario sono eseguite con malte a base di calce, dalla ricognizione e dalle indagini risultano decoese e disgregate, in molte zone sono state sostituite ed integrate con impasti a base cementizia, in queste aree l'utilizzo di impasti non compatibili hanno creato stress meccanici sui materiali di contatto.



Vista del paramento murario della cella campanaria con evidenti segni di degrado

Sul paramento murario della cella campanaria e della lanterna vi sono vaste zone dove la stilatura dei giunti risulta essere molto profonda e quasi mancante; su tutti i prospetti sono visibili attacchi di biodeteriogeni con sviluppo di muschi, licheni ed alghe verdi.

Nelle porzioni in aggetto si sono sviluppate in maniera consistente colonizzazioni di vegetazione superiore ed infestante, che con il loro apparato radicale hanno compromesso in maniera preoccupante buona parte degli elementi decorativi soprattutto quelli più alti della cella campanaria e della cuspide.



Fessurazione su muratura in corrispondenza dell'angolo sud-est

Dalla lettura dello stato di degrado è stato possibile individuare tutta una serie di fessurazioni verticali soprattutto in corrispondenza delle lesene d'angolo e dei pilastrini delle bifore della cella campanaria, in tale zona con disallineamento dei giunti di allettamento.

La cuspide in laterizio di cotto risulta particolarmente degradata con presenza di fessurazioni verticali e diagonali, talune dovute all'ossidazione dei paletti dei tiranti inferro presenti, inoltre la stilatura dei giunti risulta particolarmente erosa e profonda.

Depositi superficiali non coerenti (particellato atmosferico, terriccio ecc.) coprono totalmente la superficie.

Sono visibili tracce di lacerti di intonaco a base di calce, presumibilmente costituente un sottofondo originario o dei primi secoli di vita del campanile, sono rilevabili solo in talune parti della superficie e in taluni punti risulta sottoposto a strati di intonaco di interventi successivi in malta cementizia, anche in questo caso l'utilizzo di impasti non compatibili hanno creato stress meccanici al supporto e problematiche di Sali. Si tratta di lacerti molto sottili configurabili molto probabilmente come residui di intonaco a seguito di rimozione.



Prospetto est- particolare paramento con lacerti di intonaco

6.2 Paramento murario interno e solai lignei

Internamente il paramento murario risulta anch'esso a vista, nel corso del tempo vi sono state gravi infiltrazioni d'acqua dalla cella campanaria con conseguente marcescenza dei solai intermedi, infatti nel corso del tempo sono state inserite delle travature rompitratta per rinforzare i solai, i tavolati sono in pessime condizioni.

Come già descritto, sono visibili all'interno della cella campanaria una serie di fessurazioni sui pilastrini delle bifore e in corrispondenza del cornicione sovrastante, inoltre porzioni murarie dei pilastrini sono mancanti.



Particolare intradosso solaio ligneo

6.3 Struttura di supporto alle campane

Il castello delle campane è di tipo metallico, non si ha memoria della sua installazione, risulta non particolarmente ossidato, è appoggiato a quattro piedini in materiale lapideo con interposto un cuscinetto antivibrazione, tale cuscinetto risulta non perfettamente installato e quindi attualmente il castello trasferisce alla struttura muraria del campanile una parte delle vibrazioni.

7. Campagna diagnostica e indagini

La progettazione è stata preceduta da una campagna d'indagine e diagnostica strutturale finalizzata alla conoscenza delle strutture edilizie dal punto di vista metrico, stratigrafico, strutturale e della conservazione.

L'intervento di analisi ha consentito il recupero delle informazioni necessarie alla realizzazione di un progetto di restauro conservativo e di consolidamento, mirato ed adeguato allo stato di conservazione e di degrado di ogni elemento costitutivo.

Le indagini strutturali hanno messo in evidenza il buon stato di conservazione delle strutture portanti ed il grave rischio e pericolo di distacco di alcuni elementi esterni.

7.1 Il Rilievo

Nell'ambito della definizione e redazione del progetto si è proceduto al rilievo geometrico delle strutture, alla verifica dei singoli elementi strutturali ed architettonici al fine di avere un quadro completo dello stato di fatto del manufatto architettonico.



Il rilievo geometrico è stato eseguito mediante tecnologia laser scanner e topografia tradizionale, tale rilievo ha permesso l'ottenimento di dati di elevato valore tecnologico, e di rappresentare l'edificio attraverso la restituzione di un modello tridimensionale a punti georiferiti fino ad arrivare alla rappresentazione in pianta, sezione e prospetto in formato vettoriale.

Attraverso tali dati è stato possibile ricostruire ed analizzare in maniera dettagliata le geometrie dell'intero corpo di fabbrica.

E' stato eseguito successivamente il rilievo fotogrammetrico vero e proprio delle facciate utilizzando un drone DJI Air 2 S del peso di 570 gr. su cui è stato montato un gimball, che consente la rotazione di una fotocamera da 20 megapixel, controllata a distanza. Il volo è stato eseguito da personale autorizzato dall'Ente Nazionale Aviazione Civile a svolgere operazioni critiche in scenari urbani (pilota Geom. Laura Tasca ENAC, rif. ITA-RP-000045341acp).

Le immagini acquisite da drone sono state importate all'interno del Software di fotogrammetria digitale contemporaneamente alle coordinate plano-altimetriche dei punti fotografici di appoggio rilevati mediante stazione totale. Il programma ha generato una nuvola di punti poligonale texturizzata attraverso la quale è stato possibile ricavarne le ortofoto prive di errori e dotata di valore metrico.

7.2 Indagini con martinetti piatti

E' stata eseguita una prova con martinetti piatti doppi sul paramento murario del campanile al piano terra, i principali risultati sono stati:

Tensione di plasticizzazione di 16,2 daN/cm²

Tensione di rottura di 30,4 daN/cm²

Modulo di elasticità 29.700 daN/cm²

Che confermano i valori forniti dalla tabella C8.5.I, circolare 21 gennaio 2019 per le murature in mattoni pieni.

Tabella C8.5.I -Valori di riferimento dei parametri meccanici della muratura, da usarsi nei criteri di resistenza di seguito specificati (comportamento a tempi brevi), e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura. I valori si riferiscono a: f = resistenza media a compressione, τ_0 = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), f_{v0} = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale, w = peso specifico medio.

Tipologia di muratura	f	τ_0	f_{v0}	E	G	w
	(N/mm ²) min-max	(kN/m ³)				
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	-	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	-	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	-	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,4-2,2	0,028-0,042	-	900-1260	300-420	13 + 16(**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.) (**)	2,0-3,2	0,04-0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei squadrati	5,8-8,2	0,09-0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15



Indagini con martinetti piatti

7.3 Indagini endoscopiche

Sono state eseguite n.9 indagini endoscopiche per la verifica della stratigrafia delle murature del campanile; sui 4 lati salendo lungo l'altezza del campanile, per la verifica della stratigrafia delle murature, sinteticamente dalle indagini risulta che la muratura, tranne per un paio di situazioni locali, risulta compatta per tutto lo spessore indagato.



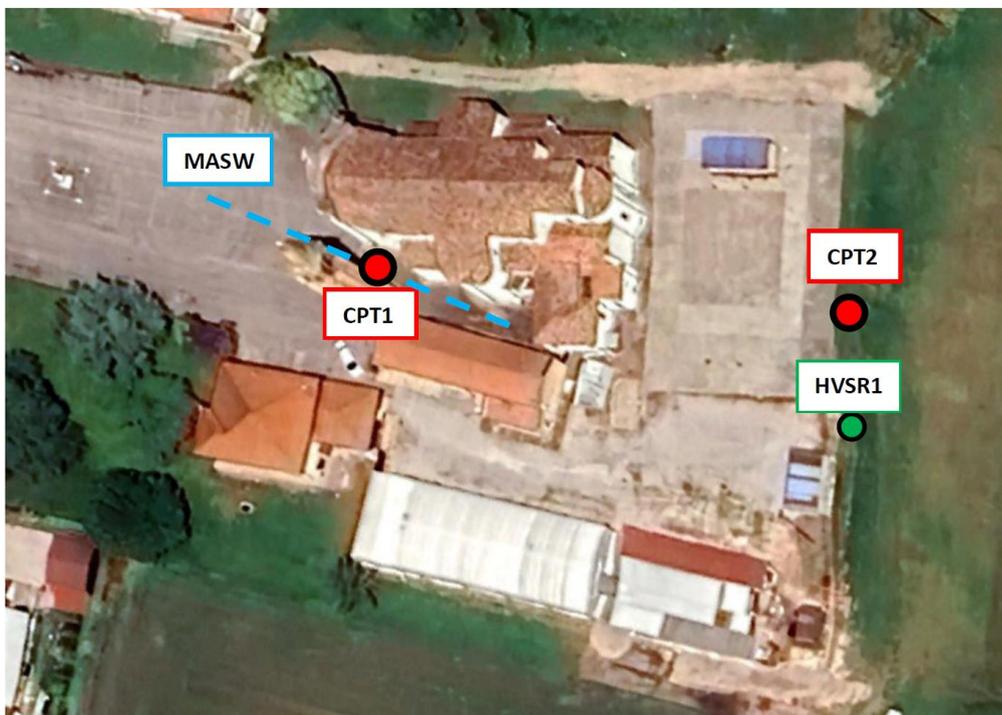
Estratto indagini endoscopiche

7.4 Indagini geotecniche e sismiche

Sono state eseguite n.2 prove penetrometriche statiche (CPT) con penetrometro avente capacità di spinta minima di 20 t, con misura della resistenza di punta q_c e di attrito laterale f_s ogni 20 cm.

Misura dei microtremori (Tromino) e indagine sismica tipo MASW.

A conclusione è stata redatta la Relazione geologica ai sensi del D.M. 17.01.2018 comprensiva dell'analisi di risposta sismica locale di III° livello.



Individuazione

Nei primi 15 m indagati si è rilevata la presenza di un primo strato di argille medie dello spessore di circa 1,2 m e un successivo strato di sabbie e limi fino alla profondità di 9,4 m. Successivamente si è rilevata una stratigrafia composta da un'alternanza di strati di argille limose e sabbiose con strati di sabbia e limi addensati dello spessore di circa 1,5-2 m.

Strato n°	Profondità (m)	Stratigrafia	Angolo d'attrito (ϕ') [°]	Coesione non drenata (Cu) [kPa]	Modulo di Young (E) [kPa]	Modulo edometrico (M) [kPa]
1	0,0 – 1,2	Argilla inorganica media	-	76	-	5834
2	1,2 – 9,4	Sabbia e limi	32	-	20669	-
3	9,4 – 11,4	Argille e terreni misti	-	91	-	5647
4	11,4 – 12,2	Sabbia densa o cementata	33	-	26079	-
5	12,2 – 15,0	Argille sabbiose e limose	-	101	-	5775

Tabella 2 – Modello geologico con parametri geotecnici medi

Le prove sismiche hanno permesso di valutare la velocità delle onde S per il sito in esame definendo una velocità media corrispondente alla Categoria di Suolo C con categoria topografica T1.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Tabella 7 – Categorie di sottosuolo Categorie di sottosuolo. Tratta da Tab 3.2.II delle NTC 2018

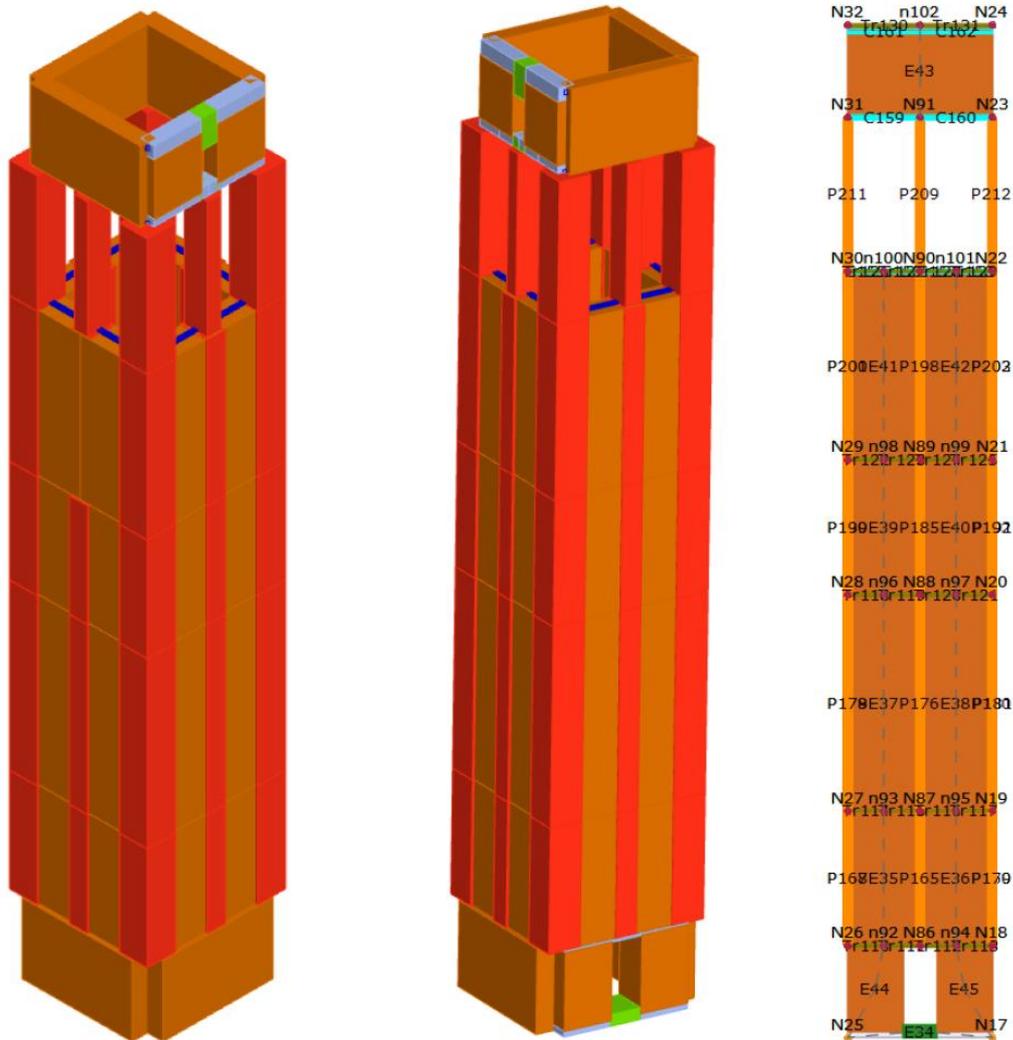
8. RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE E VULNERABILITA' SISMICA

Sulla scorta delle indagini eseguite, considerata la tipologia strutturale del fabbricato, e visto il quadro fessurativo rilevato in sito, è stata eseguita una verifica sismica globale utilizzando un software specialistico, “costruendo” il modello tridimensionale sulla base delle geometrie rilevate e inserendo i materiali individuati in sede di indagini strumentali con carichi individuati nella situazione attuale di fatto.

Si è proceduto con un'analisi statica al fine di verificare il comportamento globale; le verifiche richieste si concretizzano nel confronto fra il valore del carico verticale agente ed il carico verticale resistente. Questa valutazione viene effettuata prendendo in esame i valori di snellezza ed eccentricità [Norme Tecniche 2018 §4.5.6].

Per la verifica sismica globale si è deciso di procedere con l'esecuzione di una analisi statica non lineare; le verifiche richieste si concretizzano nel confronto tra la curva di capacità per le diverse condizioni previste e la domanda di spostamento prevista dalla normativa.

Per completezza delle verifiche si è passati anche ad un'analisi di possibili meccanismi locali. Nell'analisi si è trascurata la presenza delle fessurazioni o danneggiamenti locali che dovranno necessariamente essere oggetto di intervento di ripristino e consolidamento locale.



Estratto dalla modellazione dell'edificio

Una volta costruita un mesh rappresentativa delle caratteristiche di resistenza e rigidità del fabbricato si è proceduto con le verifiche, prima statiche e successivamente sismiche sia di stato di fatto sia post interventi di progetto.

Per quanto riguarda le verifiche per gli stati limite considerati data dimensioni delle sezioni murarie le verifiche statiche risultano pienamente soddisfatte; anche la dove ci sono episodi con verifiche non soddisfatte in linea generale nella sua globalità di può affermare che il fabbricato risponde bene all'azione sismica. Le verifiche effettuate post intervento anche se permangono alcune verifiche non soddisfatte il coefficiente di vulnerabilità migliora nettamente. L'indice di vulnerabilità sismica del fabbricato nel suo stato di fatto è pari a 0,61 ottenuto per lo stato limite di salvaguardia della vita e di collasso nel rapporto tra i tempi di ritorno.

Per maggiori dettagli si rimanda alle relazioni specialistiche a firma dell'Ing. Stefano Paludetto.

9. DESCRIZIONE GENERALE INTERVENTO DI PROGETTO

9.1 Premessa

Nella redazione del progetto per il restauro conservativo e consolidamento in oggetto si è perseguito, in coerenza con l'impostazione generale del progetto, l'obiettivo di una rigorosa conservazione delle parti antiche della struttura, elaborando un intervento che, a partire dall'accurata e minuziosa analisi del manufatto, ne individuasse ed analizzasse le patologie in atto, che hanno degradato strutture e superfici, riconoscendone le cause ed individuandone gli effetti.

Un'ulteriore considerazione, che ha, inoltre, costituito elemento importante di indirizzo per parte del progetto, è quella legata ai problemi di pericolo per la pubblica incolumità, che alcune delle situazioni di tipicità legate alla tipologia di degrado che aggredisce realizzazioni di questo tipo, comportava.

La condizione attuale delle strutture è di avanzato degrado, con eclatanti fenomeni di disgregazione e di sfaldamento delle superfici esterne.

Il degrado si manifesta, principalmente, nel decoesione delle porzioni sommitali, che comporta una progressiva erosione delle parti esterne, con collasso e caduta di materiale.

Tale fenomeno è causato principalmente dal continuo dilavamento ad opera delle acque meteoriche e dall'azione disgregante dei cicli di gelo/disgelo. In tali processi disgregativi si inserisce, inoltre, il biodeterioramento, che, con azioni sia macroscopiche di tipo meccanico (per le radici), che attraverso la creazione di particolari condizioni ambientali localizzate (il mantenimento di elevati gradi di umidità), esalta i processi degenerativi in una esponenziale progressione ciclica del deterioramento.

9.2 Obiettivi progettuali

L'intervento consentirà il recupero delle superfici e delle strutture secondo i canoni e le regole della conservazione e del restauro di strutture storico monumentali vincolate, in accordo con verifiche e pareri precedentemente forniti dalla competente Soprintendenza e con le indicazioni e prescrizioni che verranno impartite dalla stessa nel corso dei lavori.

L'intervento ha come obiettivo:

- la messa in sicurezza di tutti gli elementi in fase di distacco e di crollo, eliminando tutti i rischi di pericolo per l'incolumità pubblica;
- la rimozione di tutti gli elementi ed i materiali incompatibili utilizzati nei vecchi interventi che sono cause di degrado;
- il restauro conservativo di tutti gli elementi costituenti il campanile al fine di riportare alla luce le cromie originarie nel rispetto delle patine naturali del tempo;
- riduzione del rischio sismico attraverso il miglioramento del collegamento delle murature con i solai in modo da ridurre la brusca riduzione di rigidità che avviene nel passaggio dalla struttura scatolare della torre al castello campanario su pilastri
- adeguamento impiantistico della torre campanaria.

10. DESCRIZIONE INTERVENTI PREVISTI

10.1 Restauro del paramento murario in laterizio esterno

Il progetto per la conservazione del paramento murario prevede le seguenti fasi operative:

- a) Consolidamento delle parti in fase di distacco ed in pericolo di caduta mediante fissaggio con iniezioni di resina epossidica bicomponente e perni in acciaio del diametro adeguato;

- b) Disinfezione da colonie di microrganismi autotrofi o/e eterotrofi mediante applicazione di biocida e successiva rimozione meccanica compresa la disinfestazione mediante applicazione di biocida specifico per la vegetazione superiore e successiva rimozione manuale della stessa; (biocida da utilizzare Benzalconio Cloruro al 2% dato a spruzzo);
- c) Rimozione dei depositi superficiali coerenti ed incoerenti mediante lavaggio a bassa pressione e spazzole morbide di tutta la superficie in laterizio;
- d) Consolidamento tessiturale del laterizio mediante applicazione a pennello/spruzzo di prodotto consolidante a base di silicato di etile;
- e) Consolidamento delle strutture murarie mediante realizzazione di microtiranti/stilature armate e mediante realizzazione di iniezioni localizzate di impasti a base di calce naturale;
- f) Rimozione delle stuccature eseguite negli interventi precedenti a base cementizia;
- g) Stilatura dei giunti con impasti a base di calce naturale e inerti della stessa granulometria e colorazione dell'originale;
- h) Stesura di protettivo a base di polisilossani non filmogeno su tutta la superficie.

10.2 Restauro degli intonaci esterni

Il progetto per la conservazione degli intonaci prevede le seguenti fasi operative:

- a) Disinfezione da colonie di microrganismi autotrofi o/e eterotrofi mediante applicazione di biocida e successiva rimozione meccanica compresa la disinfestazione mediante applicazione di biocida specifico per la vegetazione superiore e successiva rimozione manuale della stessa; (biocida da utilizzare Benzalconio Cloruro al 2% dato a spruzzo);
- b) Rimozione dei depositi superficiali coerenti ed incoerenti mediante lavaggio a bassa pressione e spazzole morbide;
- c) Stuccatura dei bordi con impasti a base di calce e inerti simili all'esistente per granulometria e colorazione;
- d) Rimozione meccanica degli eventuali residui di intonaco cementizio;
- e) Consolidamento delle aree distaccate e sollevate con microiniezioni a base di calce;
- f) Consolidamento tessiturale mediante applicazione a pennello di estere di silicio;
- g) Velatura delle stuccature con colori a base di calce per dare unità di lettura all'opera; applicazione finale di protettivo non filmogeno.

10.3 Interventi di restauro del paramento murario all'interno della cella campanaria

Il progetto per la conservazione del paramento murario interno prevede le seguenti fasi operative:

- a) Consolidamento delle parti in fase di distacco ed in pericolo di caduta mediante fissaggio con iniezioni di resina epossidica bicomponente e perni in acciaio del diametro adeguato;
- b) Disinfezione da colonie di microrganismi autotrofi o/e eterotrofi mediante applicazione di biocida e successiva rimozione meccanica compresa la disinfestazione mediante applicazione di biocida specifico per la vegetazione superiore e successiva rimozione manuale della stessa; (biocida da utilizzare Benzalconio Cloruro al 2% dato a spruzzo);
- c) Rimozione dei depositi superficiali coerenti ed incoerenti mediante lavaggio a bassa pressione e spazzole morbide di tutta la superficie in laterizio;
- d) Consolidamento tessiturale del laterizio mediante applicazione a pennello/spruzzo di prodotto consolidante a base di silicato di etile;
- e) Consolidamento delle strutture murarie mediante realizzazione di microtiranti/stilature armate e mediante realizzazione di iniezioni localizzate di impasti a base di calce naturale;

- f) Rimozione delle stuccature e delle stilature eseguite negli interventi precedenti a base cementizia;
- g) Stilatura dei giunti con impasti a base di calce naturale e inerti della stessa granulometria e colorazione dell'originale;
- h) Stesura di protettivo a base di polisilossani non filmogeno su tutta la superficie.

All'interno della canna si procederà solamente con interventi minimi e localizzati con le stesse metodologie precedenti.

10.4 Restauro delle opere in ferro

Pulitura aeroabrasiva a pressione controllata per la rimozione profonda della ruggine, sgrassaggio e trattamento con inibitore di corrosione e successiva applicazione di una vernice idonea e resistente all'esterno, tipo piombaggine.

10.5 Rimozione meccanica di stuccature su muratura in laterizio

Rimozione meccanica di stuccature che per composizione o morfologia risultino non più compatibili al paramento murario nel suo insieme, compresa la rimozione delle stuccature disgregate e decoese. Si provvederà all'eliminazione degli inserti con scalpellatura manuale eseguita con la massima attenzione per la conservazione della muratura in laterizio, evitando vibrazioni eccessive o azioni che possano compromettere la stabilità del supporto originario.

10.6 Rimozione elementi in acciaio

Rimozione di elementi in acciaio quali perni, staffe, grappe, tiranti, capochiavi, piastre e bulloni, che risultino possibile causa di degrado o non siano più utili, mediante attrezzature manuali (chiavi, scalpelli, seghetti) o meccaniche leggere (smerigliatrici, trapani, cesoie) a seconda del tipo di fissaggio e del grado di deterioramento degli elementi. L'intervento sarà eseguito con particolare attenzione alla stabilità della muratura e delle strutture collegate, prevedendo, ove necessario, un adeguato sostegno provvisorio per garantire la sicurezza del manufatto e degli operatori.

10.7 Recupero dei solai in travature lignee e tavolato ligneo interni

Intervento di recupero dei solai interni costituiti da travature lignee e tavolato, eseguito con tecniche mirate per preservare la stabilità delle strutture adiacenti e ridurre al minimo l'impatto sulle murature portanti. L'operazione prevede la rimozione selettiva degli elementi lignei, partendo dal tavolato superiore per poi procedere con il disassemblaggio controllato delle travi principali e secondarie, mediante attrezzature manuali (leve, seghe, scalpelli) o meccaniche leggere (seghetti alternativi, motoseghe), a seconda dello stato di conservazione e del sistema di connessione con le strutture murarie.

Particolare attenzione sarà posta alla protezione degli spazi sottostanti mediante l'uso di opere provvisorie per garantire la sicurezza degli operatori e la salvaguardia di eventuali elementi architettonici di pregio. I materiali rimossi saranno selezionati per distinguere quelli recuperabili da quelli non più riutilizzabili.

Sarà realizzato un novo tavolato ligneo dello spessore di 3 cm in modo da conferire stabilità e sicurezza al nuovo piano di calpestio.

10.8 Ripristino copertine in malta di cornici, cornicioni e marcapiani

Intervento di recupero e ripristino delle copertine in malta di cornici, cornicioni, marcapiani e capitelli mediante stesura a più strati di impasto a base di calce naturale e inerti di sabbia, la stesura dovrà prevedere uno spessore maggiore in adiacenza delle murature e più sottile verso l'esterno. Le nuove copertine avranno caratteristiche dimensionali e materiche compatibili con le preesistenze e assicureranno una corretta protezione dagli agenti atmosferici.

Le fasi operative comprendono: la preparazione del supporto mediante pulizia e verifica della planarità della superficie di appoggio, con eventuale realizzazione di un sottofondo idoneo per garantire l'adesione dell'impasto; la stesura a più strati di impasto a base di calce naturale e inerti di sabbia, con le necessarie pendenze; l'eventuale trattamento protettivo con prodotti idrorepellenti o consolidanti, per migliorare la resistenza agli agenti atmosferici.

10.9 Recupero e restauro di cornici, cornicioni e marcapiani in laterizio

Intervento di recupero e restauro di cornici, cornicioni, marcapiani e capitelli in laterizio, eseguito mediante la rimozione selettiva degli elementi non recuperabili e la loro sostituzione con nuovi elementi conformi per forma, dimensione, materiale e lavorazione. L'operazione sarà eseguita in abbinamento a tecniche di scuci e cuci, garantendo il rispetto della tessitura muraria originale e la corretta integrazione strutturale.

L'intervento prevede: la rimozione controllata degli elementi deteriorati, con attrezzature manuali o meccaniche leggere per evitare danni ai laterizi adiacenti; la preparazione del supporto con pulitura e consolidamento della muratura di appoggio; l'installazione dei nuovi elementi in laterizio, fissati con malte compatibili a base di calce idraulica naturale o materiali idonei a garantire l'adesione e la durabilità dell'intervento; la finitura dei giunti e delle superfici per assicurare un'integrazione estetica armoniosa con il paramento esistente.

10.10 Consolidamento della muratura mediante Scuci Cuci

Consolidamenti localizzati di muratura con la tecnica dello scuci -cuci, nelle zone limitate di muratura dove si sono manifestate lesioni importanti e/o dove è necessario ripristinare la sezione muraria originale. L'intervento consiste nella progressiva realizzazione di nuova muratura realizzata con mattoni di recupero di dimensioni e colore simili a quelli originari (i mattoni saranno sottoposti alla preventiva accettazione da parte della D.L.) in buono stato di conservazione e perfettamente ripuliti dalle malte di allettamento, di dimensioni, colorazione ed aspetto generale simili a quelli originali in opera, e conci , ove possibile di recupero, che non abbiano subito negli utilizzi precedenti contatto con malte cementizie e previa loro pulitura, ovvero con elementi lapidei di nuova fornitura simili per tipologia litica, dimensione, lavorazione, colorazione ed aspetto generale a quelli originali, previa accettazione e secondo le indicazioni e le direttive impartite di volta in volta dalla D.L.. L'operazione va eseguita per piccoli cantieri, concordando con la D.L. le zone d'intervento e la progressione delle stesse. Dovrà inoltre essere sottoposta a preventiva approvazione della D.L. sia la scelta dei mattoni e dei conci originali da reimpiegare, sia la scelta dei conci nuovi, sia il tipo di malta, che dovrà essere di tipo strutturale. Durante l'intervento si dovrà avere cura che i conci da non asportare restino integri, lasciando libere le ammorsature per il successivo inserimento dei nuovi conci, che dovranno sempre essere perfettamente ammorsati. E' fatto divieto di utilizzare materiali aggiuntivi, per raggiungere i livelli dei corsi esistenti, che dovranno essere rispettati utilizzando mattoni, conci e giunti di malta il più possibile simili a quelli esistenti. Durante le operazioni si dovrà avere cura di ripristinare il più possibile l'efficienza statica della muratura a tale scopo, oltre a tutti gli accorgimenti descritti, potrà essere necessario ricorrere a presidi, anche attivi, locali, quali perni spezzoni, cunei, eventualmente lasciati a perdere. Durante la ricostruzione dovranno essere inseriti boccagli e/o tubicini per successive colate e/o iniezioni di malta o boiacche, realizzate con i materiali precedentemente citati, e seguendo le

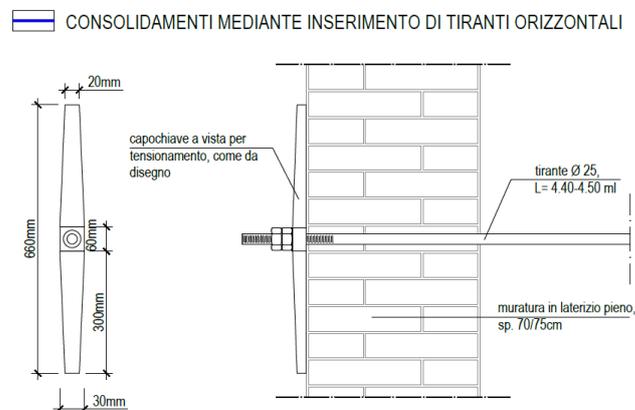
disposizioni della D.L. per assicurare il perfetto riempimento di ogni cavità vuota fra le parti nuove e le parti esistenti di muratura. Realizzazione ad opera di tecnici con comprovata specializzazione. Sono compresi e compensati nel prezzo la fornitura di materiali ed ogni lavorazione richiesta, comprese le colate e le iniezioni locali, per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

10.11 Consolidamento e rinforzo della muratura mediante stilatura armata dei giunti

Rinforzo della muratura mediante stilatura armata dei giunti con barre in acciaio per il miglioramento delle caratteristiche meccaniche della muratura in caso di fessurazioni e/o fratturazioni verticali e/o inclinate. Si prevede: la scarnitura dei giunti di malta con mezzo meccanico, per una profondità di circa 5-6 cm (l'operazione deve avvenire lentamente, adottando tutte le cautele atte ad evitare danneggiamenti della muratura); l'inserimento di barre in acciaio inox ad aderenza migliorata (adeguatamente sagomate) del diametro di 5-6 mm annegati con malta di calce e l'inghisaggio delle estremità all'interno della muratura. Compresa la sigillatura e stilatura finale che dovrà essere eseguita con malta di caratteristiche e colore adeguati, realizzata in leggero sottosquadro e con lavorazione inclinata sul mattone inferiore in modo da non far ristagnare l'acqua.

10.12 Nuovi tiranti e catene

Posa in opera di nuovi tiranti in acciaio inox AISI 304 e/o 316, lisci o ad aderenza migliorata, comprensivi di piastre di ancoraggio alle murature, bulloni e manicotti di giunzione e di serraggio come da indicazioni fornite dal progetto esecutivo e dalla D.L. L'eventuale formazione di sedi di accoglimento delle piastre, con demolizioni locali di muratura e successiva sua ricostruzione con la tecnica dello scuci-cuci.



Estratto tav. 7 – consolidamento mediante tiranti

In generale l'intervento di restauro conservativo e consolidamento statico prevede l'utilizzo di materiali e metodologie compatibili che garantiscano la valorizzazione della struttura e non ne mortifichino il valore edilizio.

Tutti i materiali incompatibili inseriti nel complesso nel corso delle sue trasformazioni verranno eliminati e sostituiti con altri elementi dotati di adeguata compatibilità.

I materiali usati saranno dotati di ampia compatibilità con strutture antiche e di assoluta reversibilità.

11. Elenco elaborati