



Rapporti

ISTISAN

13/22



**Aspetti igienico-sanitari, tecnici e normativi
nell'edilizia cimiteriale: valutazione preliminare
del calcestruzzo aerato autoclavato
in sostituzione dei materiali previsti
dal DPR 285/1990**



ISSN 1123-3117

A. Santarsiero

www.iss.it

ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ

**Aspetti igienico-sanitari, tecnici e normativi
nell'edilizia cimiteriale: valutazione preliminare
del calcestruzzo aerato autoclavato
in sostituzione dei materiali previsti dal DPR 285/1990**

Anna Santarsiero

Dipartimento di Ambiente e Connessa Prevenzione Primaria

ISSN 1123-3117

**Rapporti ISTISAN
13/22**

Istituto Superiore di Sanità

Aspetti igienico-sanitari, tecnici e normativi nell'edilizia cimiteriale: valutazione preliminare del calcestruzzo aerato autoclavato in sostituzione dei materiali previsti dal DPR 285/1990.

Anna Santarsiero

2013, 37 p. Rapporti ISTISAN 13/22

L'edilizia cimiteriale, oltre a rispondere alla "normativa tecnica per le costruzioni" deve rispondere a specifici requisiti funzionali al fine di contenere qualsiasi inconveniente igienico-sanitario derivante dalla decomposizione in corso delle salme tumulate. In questo lavoro viene effettuata una disamina dell'evoluzione nel tempo dei materiali e delle norme costruttive dei manufatti cimiteriali con una particolare attenzione alla parete di chiusura verticale dei loculi. Vengono riportate le principali problematiche che possono porsi nella progettazione di una sostituzione di un materiale contemplato dal DPR 285/1990 con uno equivalente, per mezzo dell'analisi di un caso di studio: sostituzione del mattone pieno, esplicitamente menzionato dall'art. 76 del DPR 285/1990, con "calcestruzzo aerato autoclavato" (CAA) per le pareti di chiusura dei loculi nella fase di tumulazione. La parete di chiusura del loculo è la parte più critica del loculo per gli inconvenienti igienico-sanitari che possono ingenerarsi (possibili fuoriuscite di reflui liquidi e gassosi del processo di decomposizione in corso, durante il normale periodo di tumulazione della salma; intrusioni/accessi indebiti a feretri tumulati) e di estetica per l'aspetto formale verso l'ambiente esterno (lo spazio architettonico esterno).

Parole chiave: Igiene; Cimitero; Materiali da costruzione; Calcestruzzo aerato autoclavato; Laterizio; Loculo

Istituto Superiore di Sanità

Hygiene, legislative and technical issues for cemetery constructions: preliminary evaluation of autoclaved aerated concrete as for the replacing of the materials envisaged by DPR 285/1990.

Anna Santarsiero

2013, 37 p. Rapporti ISTISAN 13/22 (in Italian)

Materials for burials construction have to meet requirements foreseen by the "construction works regulations" and requirements for avoiding any hygiene problems as well. In this paper an overview of cemetery buildings evolution and legislation, in terms of construction characteristics and materials used during the years is reported. An analysis of the substitution of the "clay masonry units", as foreseen by the Italian Decree 285/1990 to wall up the burial grave, with an "autoclaved aerated concrete (AAC)" one is made and preliminary results are reported. The burial grave must be hermetically sealed by means of a wall, as it is the critical part of the entire grave from the hygiene, safety and aesthetic point of view for: possible leakage of gases and sewage from the occurring decomposition of the corpse; possible illegal access to the burial; aesthetic features as to environment of the cemetery (outsider architectural space).

Key words: Hygiene; Cemetery; Construction materials; Autoclaved aerated concrete; Clay; Burial grave

Per informazioni su questo documento scrivere a: anna.santarsiero@iss.it

Il rapporto è accessibile online dal sito di questo Istituto: www.iss.it.

Citare questo documento come segue:

Santarsiero A. *Aspetti igienico-sanitari, tecnici e normativi nell'edilizia cimiteriale: valutazione preliminare del calcestruzzo aerato autoclavato in sostituzione dei materiali previsti dal DPR 285/1990*. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2013. (Rapporti ISTISAN 13/22).

Presidente dell'Istituto Superiore di Sanità e Direttore responsabile: *Fabrizio Oleari*

Registro della Stampa - Tribunale di Roma n. 131/88 del 1° marzo 1988 (serie: *Rapporti e congressi ISTISAN*)

Redazione: *Paola De Castro e Sandra Salinetti*

La responsabilità dei dati scientifici e tecnici è dei singoli autori.



INDICE

Introduzione	1
Inquadramento dell'insediamento cimiteriale	3
Materiali da costruzione e marcatura CE	5
Direttiva europea 89/106/CEE.....	5
Marcatura CE.....	6
Regolamento (UE) n. 305/2011	7
Edilizia cimiteriale	10
Norme costruttive	10
Dimensionamento e resistenza strutturale dei loculi.....	12
Elementi per la muratura della parete verticale di chiusura del loculo	15
Normativa sui mattoni (laterizi).....	15
Parete verticale di chiusura realizzata con “mattoni pieni ad una testa”	17
Parete verticale di chiusura realizzata con “materiali diversi”	19
Esigenze funzionali della parete verticale di chiusura dei loculi	22
Impermeabilità ai liquidi e ai gas	22
Facilità di demolizione/rifacimento	23
Chiusura dall'ambiente esterno.....	24
Caso studio: analisi di sostituibilità del mattone pieno con un prodotto in calcestruzzo aerato autoclavato	26
Materiali.....	28
Metodi sperimentali	29
Risultati e discussione.....	32
Conclusioni	34
Bibliografia	36

INTRODUZIONE

L'edilizia cimiteriale è regolamentata da tutte le norme concernenti le "opere di certa rilevanza" e dal DPR 285/1990 (Italia, 1990). Questo decreto ribadisce che le costruzioni cimiteriali, siano esse realizzate in opera oppure con manufatti prefabbricati, debbono rispondere ai requisiti richiesti per la resistenza delle strutture edilizie, con particolare riferimento alle disposizioni vigenti per la realizzazione delle costruzioni in materia antisismica; inoltre, stabilisce che le pareti dei loculi debbono rispondere a requisiti di impermeabilità ai liquidi e ai gas ed essere in grado di mantenere nel tempo tali proprietà.

Il DPR 285/1990 pone una particolare attenzione alle caratteristiche tecnico-costruttive della chiusura del tumulo (loculo), infatti stabilisce che la chiusura del tumulo deve essere realizzata con muratura di mattoni pieni a una testa, intonacata nella parte esterna. Il decreto consente altresì la chiusura con elemento in pietra naturale o con lastra di cemento armato vibrato o "altro materiale" avente le stesse caratteristiche di stabilità, purché dimensionato in modo da assicurare la dovuta resistenza meccanica e sigillato in modo da rendere la chiusura stessa a tenuta ermetica.

Riguardo all'impiego di "altro materiale", il DPR 285/1990 e la circolare del Ministero della Sanità n. 24 del 24/06/1993 (Italia, 1993) in un'ottica di apertura verso altri materiali e considerando l'evolversi del mercato dei materiali da costruzione, delle tecniche e delle tecnologie applicabili e/o trasferibili al settore della polizia mortuaria, consentono la possibilità di utilizzare "materiali diversi" da quelli esplicitamente contemplati.

Per i materiali, dispositivi e accessori dei cofani funebri, il DPR 285/1990 prevede una formale e sostanziale valutazione/esame dei nuovi materiali proposti dal mercato e/o dai diretti interessati. Infatti, l'art. 31 del DPR 285/1990 prevede che il Ministro della Sanità, anche su richiesta degli interessati, sentito il Consiglio superiore di sanità, possa autorizzare, per i trasporti di salma da Comune a Comune l'uso per le casse di materiali diversi da quelli previsti dall'art. 30, prescrivendo le caratteristiche che essi devono possedere al fine di assicurare la resistenza meccanica e l'impermeabilità del feretro. La circolare n. 24 del 24 giugno 1993 interpretativa del DPR 285/1990, al punto 9.5 chiarisce ulteriormente che il Ministro della sanità con le procedure di cui all'art. 31, in relazione all'evolversi del mercato, può consentire per la costruzione delle casse e dei relativi accessori interni ed esterni l'uso di materiali diversi da quelli oggi indicati, prescrivendone le caratteristiche.

In definitiva, l'autorizzazione all'uso di altro materiale/manufatto è rilasciabile sia in forma singola (per brevetto, soluzione tecnica presentata da ditte interessate) sia in forma generale con l'indicazione dei nuovi materiali ammessi.

Analoga procedura è prevista per i manufatti diversi da quelli all'art. 75, e per i dispositivi contemplati all'art. 77 del DPR 285/1990.

Per i materiali da costruzione nell'ambito dell'edilizia cimiteriale non è prevista una procedura di valutazione da parte del Ministero della Salute.

In questo studio viene effettuata una disamina delle problematiche tecniche che si pongono nella progettazione di una sostituzione di "un materiale da costruzione" contemplato dal DPR 285/1990 con uno equivalente, alla luce degli aspetti igienico-sanitari che si correlano ai manufatti di edilizia cimiteriali (loculi, colombari), e degli aspetti tecnici e normativi che si correlano ai "materiali da costruzione" e alle costruzioni.

In questa parte dello studio in particolare, viene esaminata la parete verticale di chiusura del loculo.

La parete di chiusura del loculo è la parte più critica del loculo stesso in quanto soggetta a manipolazione (demolizione/rifacimento) a causa della frequenza con cui vengono effettuate le operazioni di tumulazione/estumulazione ordinarie, straordinarie e quelle che derivano dall'applicazione della circolare 31 luglio 1998, n. 10 (Italia, 1998). Pertanto un sistema di chiusura più agevole e immediato di quello basato sui mattoni, sarebbe interessante sia per il minore impatto che comporterebbe la realizzazione della parete in presenza dei congiunti del defunto, sia per agevolare l'attività degli addetti ai lavori durante la realizzazione della parete stessa, con minore tempo e maggiore maneggevolezza del materiale.

Inoltre la parete di chiusura è anche la parte più critica del loculo per gli inconvenienti igienico-sanitari che possono ingenerarsi, quali:

- possibili fuoriuscite di reflui liquidi e gassosi del processo di decomposizione in corso, durante il normale periodo di tumulazione della salma;
- intrusioni/accessi indebiti a feretri tumulati;
- scarsa estetica per l'aspetto formale verso l'ambiente esterno (ovvero lo spazio architettonico esterno).

Il mercato offre molte soluzioni in termini di componenti edili prodotti industrialmente (semicomponenti, pannelli, prefabbricati, ecc.) e materiali alternativi applicabili alle costruzioni. Si tratta di soluzioni che coinvolgono un gran numero di piccoli elementi, di impiego versatile, facilmente lavorabili e adattabili in cantiere, ma prodotti industrialmente, in diverse versioni e da molte aziende.

Di fronte a tale varietà di prodotti, la scelta del prodotto più idoneo e di pari funzionalità e prestazione dei materiali esplicitamente contemplati dal DPR 285/1990 richiede un attento studio dello specifico profilo prestazionale sia del materiale tradizionale che del nuovo materiale. Si tratta di identificare le diverse soluzioni di impiego, verificandole, confrontandole e giustificandole sotto molteplici punti di vista, tra loro complementari.

In questo lavoro si riportano alcune considerazioni sulla reale possibilità di sostituzione del "mattoncino pieno" esplicitamente menzionato dall'art. 76 del DPR 285/1990 con "altro materiale" per le pareti di chiusura dei loculi nella fase di tumulazione.

Per dare almeno inizio ad una fase di analisi della sostituibilità di una "tipica parete in mattoncino pieno" con una in "calcestruzzo aerato autoclavato" (CAA), si è acquisito un pannello di CAA per una preliminare valutazione di un suo impiego; di questo studio vengono riportati i preliminari risultati.

Come noto i CAA rientrano tra i materiali leggeri, pertanto potrebbe essere interessante dal punto di vista pratico l'impiego di lastre/pannelli di uno o più pezzi per facilitare l'attività di chi li posa in opera, con minore tempo e maggiore maneggevolezza del materiale, nelle operazioni di tumulazione/estumulazione.

INQUADRAMENTO DELL'INSEDIAMENTO CIMITERIALE

I cimiteri rientrano nell'ambito della polizia mortuaria, la materia che raggruppa l'insieme di funzioni di controllo e vigilanza "dell'igiene pubblica" per tutte quelle attività connesse al decesso e al deceduto.

Come noto, la preoccupazione per i cimiteri per l'igiene pubblica ha origine in pieno Illuminismo, quando si allontanarono dal centro urbano cimiteri e ospedali per timore dei contagi.

Il decreto napoleonico del 12 giugno 1804 (il cosiddetto editto di Saint Cloud), esteso all'Italia il 15 settembre 1806, sancisce la definitiva separazione dei cimiteri dalle chiese, con un'ubicazione lontana dalla città. Il primo vero e organico Regolamento di Polizia è il Decreto Regio n. 42 del 10 gennaio 1891, sostituito l'anno successivo dal Decreto Regio n. 448 del 25 luglio 1892.

Nel 1934 viene approvato il Testo Unico delle Leggi sanitarie n. 1265 del 27 luglio (Italia, 1934), il quale contiene il titolo VI riguardante la Polizia Mortuaria (tuttora in vigore sebbene l'art. 338 sia stato aggiornato). Nel 1942 viene emanato un nuovo regolamento di Polizia Mortuaria: il Decreto Regio n. 1880 del 21 dicembre che rimane in vigore sino al DPR n. 803 del 21 ottobre 1975 (Italia, 1975). Quest'ultimo, abolendo la perpetuità delle concessioni e stabilendone la durata massima in 99 anni, esclude la possibilità della trasmissibilità delle stesse concessioni e di fatto modifica notevolmente la gestione dei posti-salma che si basa sul *turn over* dei posti per inumazione/tumulazione.

Infine, il DPR 285/1990 disciplina le denunce di morte e gli accertamenti dei decessi, norma il periodo di osservazione dei cadaveri e gli obitori, stabilisce le specifiche tecniche e i requisiti necessari per i manufatti e i dispositivi per il trasporto dei cadaveri, disciplina il riscontro diagnostico e il rilascio di cadaveri a scopo di studio, disciplina le autopsie e i trattamenti per la conservazione dei cadaveri e dà disposizioni generali su materiali, funzionamento, costruzione, pianificazione territoriale dei cimiteri. Seguono poi norme tecniche sulle diverse forme di sepolture e norme anche sulla cremazione. Non ultime seguono disposizioni sulle sepolture private, sulla soppressione dei cimiteri e sui reparti speciali.

Gli insediamenti cimiteriali e le relative gestioni seguono in definitiva quanto dettato dal DPR 285/1990 ai seguenti capi:

- Capo IX Disposizioni generali sul servizio dei cimiteri (articoli 49-53)
- Capo X Costruzione dei cimiteri. Piani cimiteriali. Disposizioni tecniche generali (articoli 54-63)
- Capo XI Camera mortuaria (articoli 64-65)
- Capo XII Sala per autopsie (articolo 66)
- Capo XIII Ossario comune (articolo 67)
- Capo XIV Inumazione (articoli 68-75)
- Capo XV Tumulazione (articoli 76-77)
- Capo XVI Cremazione (articoli 78-81)
- Capo XVII Esumazione ed estumulazione (articoli 82-89)
- Capo XVIII Sepolture private nei cimiteri (articoli 90-95)
- Capo XIX Soppressione dei cimiteri (articoli 96-99)
- Capo XX Reparti speciali entro i cimiteri (articolo 100)
- Capo XXI Sepolcri privati fuori dai cimiteri (articoli 101-105)
- Capo XXII Disposizioni finali e transitorie (articoli 106-108).

A corredo del DPR 285/1990, il Ministero della Sanità ha emesso due circolari interpretative: la n. 24 del 24 giugno 1993 e la n. 10 del 31 luglio 1998.

In particolare, il Capo X del DPR 285/1990 tratta la costruzione dei cimiteri, i piani cimiteriali e le disposizioni tecniche generali.

Dagli articoli del Capo X si deduce che gli elementi alla base della scelta dell'area da adibire a cimitero sono, dal punto di vista igienico-sanitario:

- l'ubicazione, l'orografia, l'estensione dell'area;
- la natura fisico-chimica del terreno, la profondità e la direzione della falda idrica;
- la distanza (fascia di rispetto) dal centro abitato.

Gli elementi alla base della redazione dei piani cimiteriali sono:

- la ricettività della struttura esistente, distinguendo i posti per sepolture secondo il sistema di inumazione e di tumulazione, in rapporto anche alla durata delle concessioni;
- l'andamento delle inumazioni mediamente eseguite nell'ultimo decennio, aumentate del 50% con particolare attenzione al calcolo dell'incidenza delle aree destinate alla reinumazione di salme non completamente mineralizzate provenienti da esumazioni ordinarie o estumulazioni nonché di eventi straordinari (quali epidemie, ecc.);
- l'evoluzione attesa della domanda per ciascuna tipologia di sepoltura (tumulazione, inumazione), di pratica funebre e i relativi fabbisogni.

Gli articoli 90 e 94 del CAPO XVIII regolamentano le concessioni di aree a privati ed enti per l'edificazione all'interno dell'insediamento cimiteriale, demandando l'approvazione dei singoli progetti al Sindaco previo parere della commissione edilizia e del coordinatore sanitario.

Gli elementi che determinano poi la reale gestibilità dei posti-salma sono:

- le caratteristiche climatiche del Comune cui appartiene il cimitero in base alle quali viene fissata la durata della concessione dei posti-salma (loculo, fossa di inumazione);
- le caratteristiche microclimatiche del cimitero derivanti dal costruito, che determinano la durata effettiva della decomposizione della salma a "resti ossei".

Infine, i cimiteri rientrano anche nella categoria dei beni che formano il demanio pubblico (dello specifico Comune di appartenenza), ai sensi dell'art. 824 del codice civile (Beni delle province e dei comuni soggetti al regime dei beni demaniali - I beni della specie di quelli indicati dal secondo comma dell'articolo 822, se appartengono alle province o ai comuni, sono soggetti al regime del demanio pubblico. Allo stesso regime sono soggetti i cimiteri e i mercati comunali).

MATERIALI DA COSTRUZIONE E MARCATURA CE

La definizione di materiale da costruzione è data al comma 2 dell'art. 1 della Direttiva 89/106/CEE (Europa, 1989), così come segue:

Per «materiale da costruzione» s'intende qualsiasi prodotto fabbricato al fine di essere permanentemente incorporato in opere di costruzione, le quali comprendono gli edifici e le opere d'ingegneria civile.

I «materiali da costruzione» sono denominati «prodotti»; le opere di costruzione, le quali comprendono gli edifici e le opere d'ingegneria civile sono denominate «opere».

La medesima definizione è riportata nel DPR n. 246 del 21 aprile 1993 (Italia, 1993), che è il regolamento di attuazione della Direttiva 89/106/CEE in Italia.

Per semplificare e chiarire il quadro giuridico applicabile ai prodotti da costruzione, è sopraggiunto successivamente il Regolamento (UE) n. 305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011 (Europa, 2011) che abroga la direttiva 89/106/CEE.

Direttiva europea 89/106/CEE

La Direttiva 89/106/CEE, del Consiglio del 21 dicembre 1988, relativa al ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli Stati membri concernenti i prodotti da costruzione, mira a garantire la libera circolazione dell'insieme dei prodotti da costruzione nell'Unione Europea. Ciò tramite un linguaggio tecnico comune, costituito da norme armonizzate e omologazioni tecniche europee, che i produttori possono utilizzare per descrivere le prestazioni dei prodotti da essi commercializzati.

Gli Stati membri prendono le misure necessarie per far sì che i prodotti da costruzione destinati ad essere impiegati in opere possano essere immessi sul mercato solo se idonei all'impiego previsto, se hanno cioè caratteristiche tali che le opere in cui devono essere inglobati, montati, applicati o installati possano, se adeguatamente progettate e costruite, soddisfare i "requisiti essenziali" di cui all'allegato I della Direttiva, se e nella misura in cui tali opere siano soggette a regolamentazioni che prevedano tali requisiti. Questi requisiti possono essere applicabili tutti, alcuni o soltanto uno; essi devono essere soddisfatti per una durata di esercizio economicamente ragionevole. I requisiti essenziali applicabili alle opere e suscettibili di influenzare le caratteristiche tecniche di un prodotto sono sei:

1. Resistenza meccanica e stabilità.

L'opera deve essere concepita e costruita in modo che le azioni cui può essere sottoposta durante la costruzione e l'utilizzazione non provochino:

- a) il crollo dell'intera opera o di una sua parte;
- b) deformazioni di importanza inammissibile;
- c) danni ad altre parti dell'opera o alle attrezzature principali o accessorie in seguito a una deformazione di primaria importanza degli elementi portanti;
- d) danni accidentali sproporzionati alla causa che li ha provocati.

2. Sicurezza in caso di incendio.

L'opera deve essere concepita e costruita in modo che, in caso di incendio:

- la capacità portante dell'edificio possa essere garantita per un periodo di tempo determinato;

- la produzione e la propagazione del fuoco e del fumo all'interno delle opere siano limitate;
- la propagazione del fuoco ad opere vicine sia limitata;
- gli occupanti possano lasciare l'opera o essere soccorsi altrimenti;
- sia presa in considerazione la sicurezza delle squadre di soccorso.

3. Igiene, salute e ambiente.

L'opera deve essere concepita e costruita in modo da non compromettere l'igiene o la salute degli occupanti o dei vicini e in particolare in modo da non provocare:

- sviluppo di gas tossici;
- presenza nell'aria di particelle o di gas pericolosi;
- inquinamento o tossicità dell'acqua o del suolo;
- difetti nell'eliminazione delle acque di scarico, dei fumi e dei rifiuti solidi o liquidi;
- formazione di umidità su parti o pareti dell'opera.

4. Sicurezza nell'impiego.

L'opera deve essere concepita e costruita in modo che la sua utilizzazione non comporti rischi di incidenti inammissibili, quali scivolate, cadute, collisioni, bruciature, folgorazioni, ferimenti a seguito di esplosioni.

5. Protezione contro il rumore.

L'opera deve essere concepita e costruita in modo che il rumore cui sono sottoposti gli occupanti e le persone situate in prossimità si mantenga a livelli che non nuocciano alla loro salute e tali da consentire soddisfacenti condizioni di sonno, di riposo e di lavoro.

6. Risparmio energetico e ritenzione di calore.

L'opera e i relativi impianti di riscaldamento, raffreddamento e aerazione devono essere concepiti e costruiti in modo che il consumo di energia durante l'utilizzazione dell'opera sia moderato, tenuto conto delle condizioni climatiche del luogo, senza che ciò pregiudichi il benessere termico degli occupanti.

Gli altri quattro allegati della Direttiva riportano informazioni dettagliate in merito alle procedure da seguire per:

- il benessere tecnico europeo;
- l'attestato di conformità alle specifiche tecniche: metodi di controllo della conformità, sistemi di attestazione, organismi competenti, marchio, certificato e dichiarazione CE di conformità;
- il riconoscimento degli organismi di ispezione e di certificazione e laboratori di prove.

Il Regolamento (UE) n. 305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011 (Europa, 2011) abroga la Direttiva 89/106/CEE.

Marcatura CE

La Direttiva 89/106/CEE dispone che i produttori di materiali da costruzione, per poter commercializzare i loro prodotti in Europa, devono apporvi la marcatura CE, rispettando le relative norme armonizzate di prodotto. Il marchio CE attesta la conformità del prodotto stesso alle direttive europee. La Direttiva 89/106/CEE prevede 6 "sistemi di attestazione della conformità" (SAC).

I SAC, cioè i criteri di controllo della conformità, che variano a seconda del prodotto e della relativa norma armonizzata di riferimento, sono i seguenti.

- Sistema 1+: questo sistema prevede la Certificazione di Conformità rilasciata da un organismo notificato che esegue una valutazione della conformità del tipo di prodotto alla norma armonizzata di riferimento e anche una sorveglianza continua del controllo della produzione in fabbrica (FPC - Factory Production Control), anche con prelievi di campioni periodici sia dalla fabbrica che dal mercato.
- Sistema 1: questo sistema prevede la Certificazione di Conformità rilasciata da un organismo notificato che esegue una valutazione della conformità del tipo di prodotto alla norma armonizzata di riferimento e anche una sorveglianza continua del controllo della produzione in fabbrica (FPC);
- Sistema 2+: questo sistema prevede la Dichiarazione di Conformità rilasciata dal produttore, sulla base di prove iniziali di tipo (ITT - Initial Type Testing) effettuate sotto la propria responsabilità, e l'intervento di un organismo notificato che effettua la sorveglianza continua del controllo di produzione in fabbrica.
- Sistema 2: questo sistema prevede la Dichiarazione di Conformità, rilasciata dal produttore, sulla base di prove iniziali di tipo (ITT) effettuate sotto la propria responsabilità, e l'intervento di un organismo notificato che effettua un'ispezione iniziale della fabbrica e del controllo di produzione (FPC).
- Sistema 3: questo sistema prevede la Dichiarazione di Conformità rilasciata dal produttore, sulla base di prove iniziali di tipo (ITT) effettuate da un laboratorio notificato, e da un controllo di produzione in fabbrica (FPC) condotto sotto la propria responsabilità.
- Sistema 4: questo sistema prevede la Dichiarazione di Conformità rilasciate dal produttore, sulla base di prove iniziali di tipo (ITT), e un controllo di produzione in fabbrica (FPC) condotti sotto la propria responsabilità.

La marcatura CE è la dimostrazione oggettiva che i prodotti godono della presunzione di conformità alla direttiva dei prodotti e che quindi possono circolare ed essere impiegati nella Comunità Europea nel settore delle costruzioni. Ad esempio, la norma "UNI EN 771-1 Elementi per muratura in laterizio" (nella versione definitiva pubblicata dall'UNI nel 2011) disciplina l'apposizione della marcatura CE per i prodotti per muratura in laterizio.

Con il Regolamento (UE) 305/2011 i Sistemi di Attestazione della Conformità vengono sostituiti dai "Sistemi di valutazione e verifica della costanza della prestazione", e i nuovi sistemi sono 5 (1+, 1, 2+, 3 e 4).

Regolamento (UE) n. 305/2011

Il Regolamento (UE) n. 305/2011 del Parlamento europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011, partendo dai principi della Direttiva 89/106, introduce novità, chiarimenti, semplificazioni e obblighi per i vari operatori economici (fabbricanti, mandatari, distributori, importatori) che operano nel mercato dei prodotti da costruzione.

Il Regolamento (UE) n. 305/2011 adotta le seguenti definizioni:

- «prodotto da costruzione»
qualsiasi prodotto o kit fabbricato e immesso sul mercato per essere incorporato in modo permanente in opere di costruzione o in parti di esse e la cui prestazione incide sulla prestazione delle opere di costruzione rispetto ai "requisiti di base" delle opere stesse;
- «kit»

un prodotto da costruzione immesso sul mercato da un singolo fabbricante come insieme di almeno due componenti distinti che devono essere assemblati per essere installati nelle opere di costruzione;

- «opere di costruzione»
gli edifici e le opere di ingegneria civile;
- «caratteristiche essenziali»
le caratteristiche del prodotto da costruzione che si riferiscono ai requisiti di base delle opere di costruzione;
- «prestazione di un prodotto da costruzione»
la prestazione in relazione alle caratteristiche essenziali pertinenti, espressa in termini di livello, classe o mediante descrizione;
- «livello»
il risultato della valutazione della prestazione di un prodotto da costruzione in relazione alle sue caratteristiche essenziali, espresso come valore numerico;
- «classe»
gamma di livelli di prestazione di un prodotto da costruzione delimitata da un valore minimo e da un valore massimo;
- «livello di soglia»
livello minimo o massimo di prestazione di una caratteristica essenziale di un prodotto da costruzione;
- «prodotto-tipo»
l'insieme di livelli o classi di prestazione rappresentativi di un prodotto da costruzione, in relazione alle sue caratteristiche essenziali, fabbricato utilizzando una data combinazione di materie prime o di altri elementi in uno specifico processo di produzione;

da cui emerge che i “requisiti essenziali” non sono più riferiti alle “opere” bensì ai prodotti.

Per le opere si parla di “requisiti di base” che sono definiti nell'allegato I del Regolamento stesso. Rispetto alla Direttiva 89/106/CEE, viene introdotto, un nuovo requisito di base: “l'uso sostenibile delle risorse naturali”. In base a tale requisito, le opere di costruzione devono essere concepite, realizzate e demolite in modo che l'uso delle risorse naturali sia sostenibile, in modo da essere garantito:

il riutilizzo o la riciclabilità delle opere di costruzione, dei loro materiali e delle loro parti dopo la demolizione;
la durabilità delle opere di costruzione; l'uso, nelle opere di costruzione, di materie prime e secondarie ecologicamente compatibili.

In definitiva, le opere di costruzione, nel complesso e nelle loro singole parti, devono essere adatte all'uso cui sono destinate, tenendo conto in particolare della salute e della sicurezza delle persone interessate durante l'intero ciclo di vita delle opere. Pertanto, fatta salva l'ordinaria manutenzione delle opere di costruzione, i “requisiti di base” devono essere soddisfatti per una durata di servizio economicamente adeguata.

Inoltre il Regolamento (UE) n. 305/2011 inserisce, tra le specifiche tecniche cui i prodotti devono essere conformi, la “Valutazione europea”, e quindi viene eliminato il “Benestare tecnico europeo”.

La “Dichiarazione di Conformità” viene sostituita dalla “Dichiarazione di Prestazione” (DoP, *Declaration of Performance*), che deve essere redatta dal fabbricante, sotto la sua responsabilità e secondo uno schema tipologico, all’atto dell’immissione del prodotto sul mercato. Nei casi in cui non c’è la DoP il prodotto non può essere Marcato CE. Deroghe alla redazione della DoP sono concesse nei seguenti casi:

- il prodotto da costruzione sia fabbricato in un unico esemplare o su specifica del committente in un processo non in serie a seguito di una specifica ordinazione e installato in una singola ed identificata opera di costruzione da parte di un fabbricante che è responsabile della sicurezza dell’incorporazione del prodotto da costruzione nelle opere di costruzione, conformemente alle normative nazionali applicabili e sotto la responsabilità dei soggetti incaricati della sicurezza dell’esecuzione delle opere di costruzione designati ai sensi delle normative nazionali applicabili;
- il prodotto da costruzione sia fabbricato in cantiere per essere incorporato nelle rispettive opere di costruzione conformemente alle norme nazionali applicabili e sotto la responsabilità dei soggetti incaricati della sicurezza dell’esecuzione delle opere di costruzione designati ai sensi delle normative nazionali applicabili; oppure
- il prodotto da costruzione sia fabbricato con metodi tradizionali o con metodi atti alla conservazione del patrimonio e mediante un procedimento non industriale per l’appropriato restauro di opere di costruzione formalmente protette come parte di un patrimonio tutelato o in ragione del loro particolare valore architettonico o storico, nel rispetto delle normative nazionali applicabili.

Con il Regolamento (UE) n. 305/2011 vengono istituiti gli organismi di valutazione tecnica a livello nazionale (TAB, *Technical Assessment Bodies*) e la “organizzazione dei TAB” a livello europeo. L’organizzazione dei TAB deve preparare i “documenti di valutazione europei”; ove non esistano norme armonizzate il produttore deve far riferimento a questi “documenti” per ottenere da parte di un TAB la “Valutazione europea” (ex “Benestare tecnico europeo”).

I “Sistemi di Attestazione della Conformità” sono sostituiti dai “Sistemi di valutazione e verifica della costanza della prestazione”, tali nuovi sistemi sono 5 (Sistema 1+, Sistema 1, Sistema 2+, Sistema 3 e Sistema 4).

EDILIZIA CIMITERIALE

La peculiarità dell'ambiente cimiteriale comporta l'adozione di misure di sicurezza e igiene non solo per gli addetti ai lavori ma anche per i visitatori. Pertanto, le costruzioni e i manufatti cimiteriali debbono rispondere ai requisiti richiesti per la resistenza delle strutture edilizie, ed alle disposizioni per la realizzazione delle costruzioni secondo la classificazione sismica nel territorio nazionale.

Oggi, il testo normativo che raccoglie in forma unitaria le norme che disciplinano la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni al fine di garantire, per stabiliti livelli sicurezza, la pubblica incolumità è rappresentato dalle "Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC 2008, DM 14/01/2008) (Italia, 2008), che stabiliscono che per quanto non espressamente specificato nella stessa norma si può far riferimento a normative di comprovata validità, come ad esempio gli Eurocodici con gli annessi parametri nazionali (Italia, 2013).

Norme costruttive

Il DPR 285/1990 al capo X dà disposizioni generali per la costruzione e pianificazione territoriale dei cimiteri e all'art. 76 stabilisce i requisiti necessari e le specifiche tecniche per i loculi. Questo art. 76 si compone dei seguenti commi:

1. Nella tumulazione ogni feretro deve essere posto in loculo o tumulo o nicchia separati.
2. I loculi possono essere a più piani sovrapposti.
3. Ogni loculo deve avere uno spazio esterno libero per il diretto accesso al feretro.
4. La struttura del loculo e del manufatto, sia che venga costruita interamente in opera o che sia costituita da elementi prefabbricati, deve rispondere ai requisiti richiesti per la resistenza delle strutture edilizie, con particolare riferimento alle disposizioni per la realizzazione delle costruzioni in zone sismiche.
5. Le solette orizzontali devono essere dimensionate per un sovraccarico di almeno 250 chilogrammi/metro quadrato.
6. Le pareti dei loculi, sia verticali che orizzontali, devono avere caratteristiche di impermeabilità ai liquidi e ai gas ed essere in grado di mantenere nel tempo tali proprietà.
7. I piani di appoggio dei feretri devono essere inclinati verso l'interno in modo da evitare l'eventuale fuoriuscita di liquido.
8. La chiusura del tumulo deve essere realizzata con muratura di mattoni pieni a una testa, intonacata nella parte esterna.
9. È consentita, altresì la chiusura con elemento in pietra naturale o con lastra di cemento armato vibrato o altro materiale avente le stesse caratteristiche di stabilità, di spessori atti ad assicurare la dovuta resistenza meccanica e sigillati in modo da rendere la chiusura stessa a tenuta ermetica.

Si fa notare che normativa antisismica, esplicitamente richiamata al comma 4, è attualmente il DM 14 gennaio 2008 (Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni).

Invece, per comprendere la normativa tecnica antisismica applicata nel tempo alle costruzioni previste dal DPR 285/1990 è necessario rifarsi all'evoluzione temporale della classificazione sismica in Italia.

A tal riguardo, a cominciare dagli inizi del '900 si riportano di seguito alcuni provvedimenti:

- Regio Decreto 18 aprile 1909 n. 193 (Italia, 1909), emanato a seguito dei terremoti distruttivi di Reggio Calabria e Messina del 28 dicembre 1908, introduce il concetto di “scelta dei siti edificabili” applicabile solo ai territori già colpiti da eventi sismici.
- Testo Unico del 19 agosto 1917 n. 1399, introduce il concetto di area sismica, però solo “dopo il verificarsi di un terremoto”, una certa area veniva definita sismica.
- Regio Decreto 431/1927 (Italia, 1927), distingue le località in due categorie in relazione al loro grado di sismicità.
- Regio Decreto 640/1935 (Italia, 1935), emana norme tecniche per l'edilizia con speciali prescrizioni per le località colpite dai terremoti.
- Legge 1684/1962 (Italia, 1962), introduce nuove norme tecniche in relazione alla valutazione delle azioni sismiche.
- Legge 64 del 1974 (Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche) (Italia, 1974), stabilisce le modalità di classificazione sismica del territorio nazionale e di redazione delle norme tecniche.
- Decreto 3 marzo 1975 (Italia, 1975), costituisce la prima normativa sismica in forza dell'art.3 della legge 64/74.

Tra 1981 e il 1984 vengono emanati vari decreti, basati sulla proposta di riclassificazione del territorio nazionale in 3 categorie sismiche predisposta dal CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche, Progetto Finalizzato Geodinamica). Il 45% del territorio nazionale risulta classificato ed è obbligatorio il rispetto di specifiche norme per le costruzioni.

Dal 1998 sono stati emanati altri provvedimenti:

- DM n. 112 del 31 marzo 1998 (Italia, 1998), conferisce alle regioni il compito di individuare le zone sismiche, formare ed aggiornare gli elenchi di Comuni nelle medesime zone.
- DPR 380/2001 (Testo Unico per l'edilizia) (Italia, 2001), attribuisce al Ministro per le infrastrutture ed i trasporti la responsabilità di definire i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche.
- Legge 401/2001 (Italia, 2001), stabilisce che il Dipartimento della protezione civile “svolge compiti relativi alla formulazione degli indirizzi e criteri generali di cui all'art. 93 comma 1 lettera g del DM 112/1998.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3274/2003 (Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica) (Italia, 2003), classifica l'intero territorio nazionale come sismico e lo suddivide in 4 zone (zona 1, zona 2, zona 3 e zona 4), caratterizzate da pericolosità sismica decrescente. Le prime tre zone di tale classificazione corrispondono, dal punto di vista degli adempimenti previsti dalla Legge 64/1974, alle zone di sismicità alta, media e bassa, mentre per la zona 4, di nuova introduzione, viene data facoltà alle regioni di imporre l'obbligo della progettazione antisismica. In ogni zona è, infatti, prevista l'applicazione della progettazione sismica con livelli differenziati di severità, salvo, come anzidetto, nella zona 4.

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3519/2006 (Criteri generali da utilizzare per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone) (Italia, 2006), recepisce l'aggiornamento dello studio di pericolosità effettuato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) nel 2004. Mantiene le quattro classi dando la possibilità di suddividere ciascuna zona in sottozone.
- DM 14/01/2008, introduce il principio dell'attribuzione diretta dell'azione sismica a partire dai dati di sito (con riferimento ai risultati degli studi adottati con ordinanza 3519/2006). Si fa esplicito riferimento alla necessità di valutare la risposta sismica locale.

Pertanto per i casi di costruzioni esistenti non conformi alla normativa antisismica vigente, il riferimento normativo è il Cap. 8 delle Norme Tecniche per le Costruzioni, approvate con il DM 14 gennaio 2008, che detta le misure da adottare quando si intervenga con opere edilizie su costruzioni non conformi alla normativa vigente.

Inoltre, è da considerare anche l'art. 29, comma 4, del DL.vo n. 42 del 22 gennaio 2004 (Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della Legge 6 luglio 2002, n. 137) (Italia, 2004) che prevede per gli immobili con vincolo storico ed architettonico, situati in aree a rischio sismico, che il restauro comprenda l'intervento di miglioramento strutturale.

Dimensionamento e resistenza strutturale dei loculi

Proprio in base a quanto precedentemente evidenziato, datando una determinata costruzione o loculo, è possibile risalire alla normativa applicata al momento della sua progettazione e costruzione. È interessante in proposito osservare per i loculi la differenza tra le norme costruttive riportate all'art. 76 del DPR 803/1975, e quelle all'art. 76 del DPR 285/1990.

L'art. 76 del DPR 803/1975 riporta i seguenti commi:

1. Nella tumulazione è vietato sovrapporre un feretro all'altro.
2. Nei colombari destinati alla tumulazione, ogni feretro deve essere posto in loculo (o tumulo o nicchia) separato, scavato in roccia compatta e costruito con buona opera muraria, intonacato all'interno con cemento.
3. i loculi possono essere a più piani sovrapposti. Ogni loculo deve avere uno spazio esterno libero per il diretto accesso al feretro.
4. Lo spessore delle pareti dei loculi deve essere di almeno 40 cm tranne che non si impieghino lastre di pietra naturale e compatta, unite con malta di cemento oppure costruzioni in cemento armato. In questi ultimi casi tanto le solette che i tramezzi debbono avere lo spessore non inferiore a cm 10 e debbono essere adottati i sistemi necessari per rendere la struttura impermeabile a liquidi e a gas.
5. È permessa la costruzione dei colombari con loculi prefabbricati, ma dette celle dovranno essere realizzate in un unico getto di cemento armato di spessore non inferiore a cm 5.
6. Il piano dei loculi deve essere inclinato verso l'interno ad evitare l'eventuale uscita di liquidi.
7. La chiusura del tumulo deve essere realizzata con mattoni pieni o pietra naturale di spessore non inferiore a cm 15 sempre intonacati nella parte esterna.

8. È permessa anche la chiusura con elemento di cemento armato vibrato di spessore non inferiore a cm 3, sigillato con cemento ad espansione in modo da rendere la chiusura a tenuta ermetica.

Il criterio seguito nell'art. 76 del DPR 803/1975 è basato sulla fissazione dei minimi di spessore delle pareti dei tumuli (*vedasi* il punto 4), in particolare lo spessore delle pareti dei loculi è di almeno 40 cm tranne che non si impieghino lastre di pietra naturale e compatta, unite con malta di cemento oppure costruzioni in cemento armato. In questi ultimi casi tanto le solette che i tramezzi hanno lo spessore non inferiore a cm 10 e debbono essere adottati i sistemi necessari per rendere la struttura impermeabile a liquidi e a gas.

Inoltre, i loculi prefabbricati hanno le seguenti specifiche tecniche:

- Le celle (o loculi) devono essere realizzate in un unico getto di cemento armato di spessore non inferiore a 5 cm;
- il getto deve essere vibrato e deve risultare impermeabile ai liquidi e ai gas;
- l'unione fra gli elementi scatolari delle celle o loculi deve essere costituita da una armatura verticale e orizzontale annegata in un getto di calcestruzzo non inferiore a 5 cm.

Il DPR 285/1990 non fornisce dettagli tecnici sui prefabbricati, confidando probabilmente nella esperienza dei comuni, in materia di edilizia industriale e di gestione cimiteriale.

Il DPR 285/1990 enuncia solo le norme costruttive cui far riferimento e i requisiti richiesti. Infatti, viene stabilito che la struttura del loculo e del manufatto, sia che venga costruita interamente in opera o che sia costituita da elementi prefabbricati, deve rispondere ai requisiti richiesti per la resistenza delle strutture edilizie, con particolare riferimento alle disposizioni per il rischio sismico. Inoltre, viene stabilito che le solette orizzontali dei loculi devono essere dimensionate per un sovraccarico di almeno 250 kg/m² con verifica di rischio sismico, indipendentemente se la struttura sia da realizzarsi in opera o con elementi prefabbricati.

Inoltre, la circolare del Ministero della Sanità n. 24 del 24/06/1993 esplicativa del DPR 285/1990, al punto 13.1 asserisce che c'è “libertà nella scelta dei materiali da impiegare”. Di fatto, l'art. 76 del DPR 285/1990 e i punti 13.1 e 13.2 della circolare del Ministero della Sanità n. 24 del 24/06/1993 regolamentano i materiali e relativi manufatti dell'edilizia cimiteriale, con una ottica di apertura verso l'evolversi del mercato dei materiali, delle tecniche e tecnologie applicabili e/o trasferibili al settore di edilizia cimiteriale.

In definitiva, lo spessore delle pareti del loculo varia col materiale utilizzato e ovviamente sulla base del calcolo strutturale e della tecnica costruttiva adottata (prefabbricato o non).

Riguardo alle dimensioni dei loculi, la Circolare del Ministero della Sanità n. 24 del 24/06/1993 al punto 13.2 evidenzia che per le nuove costruzioni è preferibile che, per la tumulazione di feretri, siano garantite misure di ingombro libero interno non inferiori ad un parallelepipedo di lunghezza m 2,25, di larghezza m 0,75 e di altezza m 0,70 (Figura 1).

A detto ingombro va aggiunto, a seconda di tumulazione laterale o frontale, lo spessore corrispondente alla parete di chiusura di cui all'art. 76 commi 8 e 9.

Per la tumulazione (dei resti ossei) in ossarietto individuale, la misura di ingombro libero interno non dovrà essere inferiore ad un parallelepipedo col lato più lungo di m 0,70, di larghezza m 0,30 e di altezza m 0,30.

Per le nicchie cinerarie individuali dette misure non potranno essere inferiori rispettivamente a m 0,30, m 0,30 e m 0,50.

Nel caso della tumulazione di resti e ceneri non è necessaria la chiusura del tumulo con i requisiti di cui ai commi 8 e 9 dell'art. 76, bensì la usuale collocazione di piastra in marmo o altro materiale resistente all'azione degli agenti atmosferici.

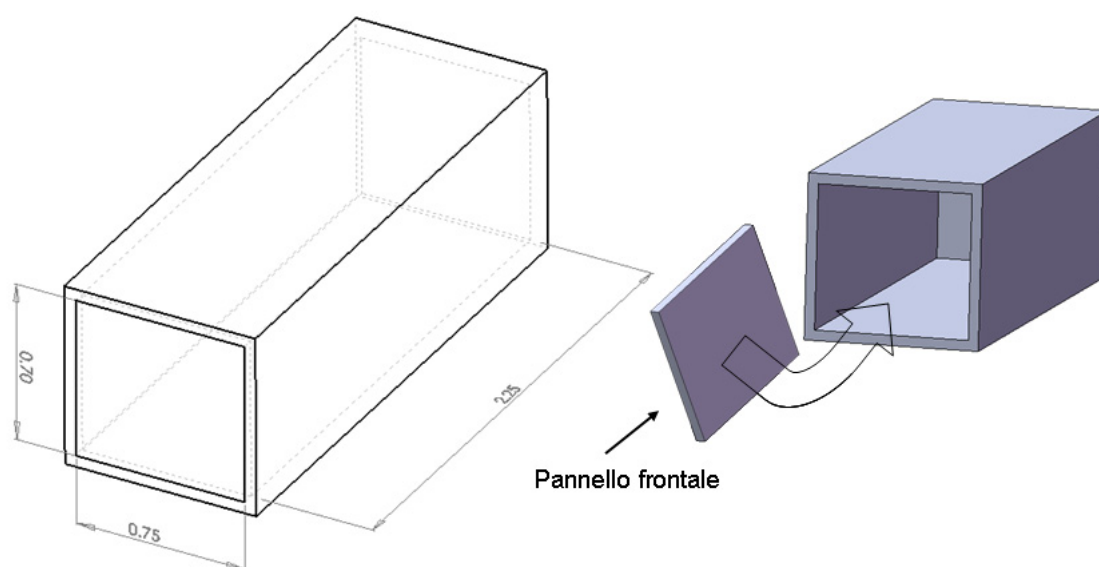


Figura 1. Forma e minime dimensioni interne del loculo con apertura frontale (dimensioni in m)

ELEMENTI PER LA MURATURA DELLA PARETE VERTICALE DI CHIUSURA DEL LOCULO

In base al comma 8 dell'art. 76 del DPR 285/1990 la parete deve essere realizzata con mattoni pieni ad una testa. A partire da questa dizione, è dunque evidente che si possono avere per la parete stessa diversi spessori a seconda del tipo di mattone usato. Al fine di individuare le proprietà e le dimensioni (in termini di spessore) della parete di chiusura realizzata con mattoni pieni ad una testa è opportuno fare una breve panoramica sull'evoluzione temporale della normativa sui mattoni.

Normativa sui mattoni (laterizi)

Da un'analisi di storia della tecnologia delle costruzioni risulta che le misure del mattone, dall'epoca romana ad oggi, hanno subito variazioni piuttosto limitate. Possibili diversità sono riscontrabili solo confrontando le diverse zone d'Italia e comunque la larghezza del mattone (testa) non è mai stata superiore a cm 14. Infatti, nella pratica d'uso, il mattone va murato utilizzando una sola mano e la mano dell'uomo può agevolmente afferrarlo e posarlo in posizione corretta proprio fino a tale limite geometrico (per il medesimo motivo di manovrabilità il peso del mattone non deve essere superiore ai 3 kg). Inoltre, pur variando le dimensioni del mattone da zona a zona e da regione a regione, si è sempre riscontrato un rapporto tendenzialmente multiplo fra la larghezza (testa), lo spessore e la lunghezza dell'elemento.

La norma UNI 1606 del 1941 (mattone pieno nazionale) fissa univocamente le dimensioni dei mattoni pieni in $5,5 \times 12 \times 25 \text{ cm}^3$ (Figura 2a). In definitiva, con il termine "mattone" si indica un elemento a forma di parallelepipedo di larghezza circa il doppio dello spessore e di lunghezza circa il doppio della larghezza. Questo mattone unificato italiano ha lati nel rapporto 1:2:4 e assicura una modularità completa, consentendo una varietà di concatenamenti (Figura 2b).

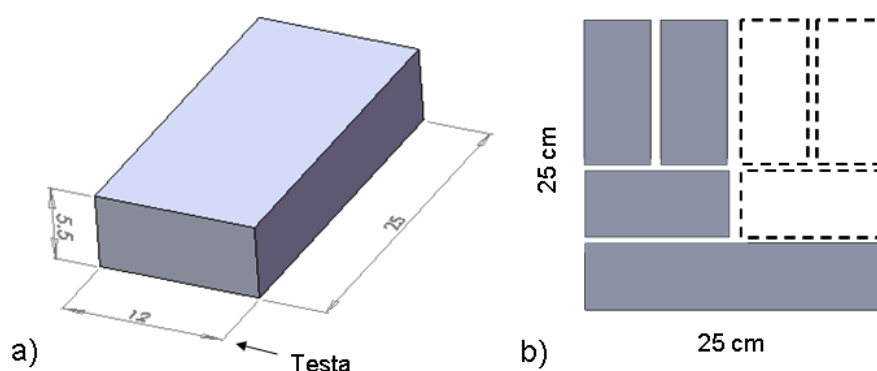


Figura 2. Mattone pieno nazionale (a) e la varietà di suoi concatenamenti (b)

Nel 1965 viene emanata la norma UNI 5628 (Italia, 1965), la quale sostituisce la precedente ma mantiene la distinzione fra mattoni comuni e mattoni da paramento: ai mattoni di tipo unificato ($5,5 \times 12 \times 25 \text{ cm}^2$) si affiancano due nuovi formati ($6 \times 11 \times 22,5 \text{ cm}^3$ e $6 \times 13,5 \times 27,5 \text{ cm}^3$) e, inoltre, si introduce un nuovo tipo a tre fori circolari (praticati, questi ultimi, nel senso parallelo allo spessore) ciascuno con area non superiore al 3% della superficie lorda della faccia del mattone stesso.

Con la norma UNI 8942 del 1986 ("Prodotti di laterizio per murature") vengono definiti "pieni" anche i mattoni con foratura fino al 15%, presentando questi analoghe caratteristiche di resistenza rispetto a quelli pieni.

L'identificazione viene dunque proposta ancora seguendo un criterio fisico-dimensionale (presenza ridotta di cavità) ma si motiva con considerazioni prestazionali (stessa resistenza secondo test eseguiti a norma).

Questa scelta apre inevitabilmente una discussione su come si possa intendere in futuro l'impiego di nuovi materiali edili a sostituzione di quelli tradizionali, ovvero se si debba fare riferimento alle sole prestazioni oppure si debba rimanere nel limite di specifici aspetti geometrici. In tal modo, ad esempio, viene automatico pensare che anche mattoni con forature oltre il 15% si possano considerare alla stregua di quelli pieni se determinate innovazioni tecnologiche permettessero di realizzarvi prestazioni equivalenti.

Il risultato è che con la norma UNI 8942 del 1986, oltre ai mattoni pieni, viene ammessa un'ampia varietà di mattoni semipieni che si sono affermati nella formazione di murature, siano esse portanti o di semplice tamponamento.

Nel tempo tali mattoni hanno subito un progressivo affinamento morfologico che ha riguardato la distribuzione e la forma dei fori, la loro distanza dai bordi, lo spessore dei setti ecc. In particolare, secondo la stessa norma, si considerano semipieni i mattoni aventi una percentuale di foratura compresa fra il 15 e il 45% dell'area lorda della superficie del mattone perpendicolare alla direzione dei fori; questi ultimi sono, in genere, praticati con asse normale alla faccia maggiore del mattone (fascia o piatto) con dimensioni, forme e distribuzione variabili.

In aggiunta, la norma UNI 8942 del 1986 ("Prodotti di laterizio per murature") considera non soltanto i mattoni ma la generalità dei prodotti per murature di diverso tipo (portanti, di tamponamento, di rivestimento, di tramezzatura, ecc.) e materiale (laterizio normale o alleggerito in pasta). La norma è strutturata in tre parti distinte: "terminologia e sistemi di classificazione" (UNI 8942/prima parte); "limiti di accettazione" (UNI 8942/seconda parte), "metodi di prova" (UNI 8942/terza parte).

Nella parte terminologica, un primo criterio individua le diverse famiglie di tipi morfologici fra cui:

- mattoni (prodotti di laterizio con volume minore o uguale a 5500 cm^3);
- blocchi (prodotti di laterizio con volume maggiore di 5500 cm^3);
- mattoni e blocchi da rivestimento (prodotti con le caratteristiche volumetriche già specificate ma tali da poter essere posti a vista);
- pezzi complementari speciali o di arredo (prodotti di laterizio impiegati per la realizzazione di particolari costruttivi nelle murature o nell'arredo urbano).

Un secondo criterio di classificazione dei prodotti di laterizio per muratura è operato dalla norma in base alla percentuale di foratura ("si definisce percentuale di foratura Φ il rapporto $100 F/A$, dove A è l'area della superficie dell'elemento ortogonale alla direzione dei fori e delimitata dal suo perimetro, F è la somma delle aree dei fori, passanti e non passanti, compresi nell'area A):

- mattoni pieni ($\Phi < 15\%$);
- mattoni e blocchi semipieni ($15\% < \Phi < 55\%$);
- mattoni e blocchi forati ($\Phi > 55\%$).

Successivamente, la norma UNI EN 771-1 emessa nel 2003 ed emendata nel 2005, costituisce il documento tecnico riconosciuto a livello europeo che specifica le caratteristiche e i requisiti prestazionali degli elementi per muratura in laterizio per le costruzioni e recepisce quanto prescritto dalla direttiva europea 89/106/CEE (Europa, 1989) in materia di marcatura CE per i prodotti da costruzione.

La UNI EN 771-1 classifica tutti gli elementi per muratura di laterizio in due categorie:

1. Elementi HD (*high density*)

- elementi da impiegare in murature protette dalla penetrazione dell'acqua (ad esempio, murature intonacate, interne, ecc.), con massa volumica a secco apparente o lorda $>1000 \text{ kg/m}^3$;
- elementi da impiegare in murature non protette dalla penetrazione dell'acqua (ad esempio, murature con faccia a vista);

2. Elementi LD (*low density*)

- elementi da impiegare in murature protette dalla penetrazione dell'acqua, con massa volumica a secco apparente o lorda $\leq 1000 \text{ kg/m}^3$.

Il produttore, per garantire la conformità del proprio prodotto alla UNI EN 771-1, deve dichiarare:

- la destinazione d'uso del prodotto;
- le caratteristiche tecniche del prodotto attraverso la precisazione dei valori di determinate proprietà, in funzione della sua destinazione d'uso.

Tali valori identificano il prodotto in rapporto alle sue caratteristiche dimensionali, geometriche e prestazionali.

Nel giugno 2011 è entrata in vigore la seconda revisione della UNI EN 771-1:2011 (Italia, 2011).

Parete verticale di chiusura realizzata con “mattoni pieni ad una testa”

Il comma 8 dell'art 76 del DPR 285/1990 parla di mattoni pieni a una testa e di chiusura intonacata nella parte esterna. In realtà, il termine usato “mattone pieno” non è del tutto tecnicamente appropriato, essendo il mattone in sé uno dei vari materiali ceramici classificabili più propriamente con il nome di “laterizi”. Evidentemente la menzione fatta nel comma 8 attinge al vasto bacino di conoscenze tecniche della pratica delle costruzioni ma forse una maggiore attenzione agli aspetti normati sarebbe stata maggiormente chiarificatrice.

Se si prende in considerazione il mattone pieno (ai sensi del DPR 285 del 1990), esso avrà dimensioni $5,5 \times 12 \times 25 \text{ cm}^3$ e pertanto la muratura avrà uno spessore di 12 cm al netto di intonaco (Figura 3).

Lo sfalsamento dei giunti verticali si realizza ricorrendo a mattoni interi suddivisi in sottomultipli prodotti appositamente oppure ottenuti per spacco (o segatura) direttamente in cantiere: il trequarti, il mezzo o due quarti, il quarto o bernardino, il mezzo-lungo o tozzetto (Figura 4).

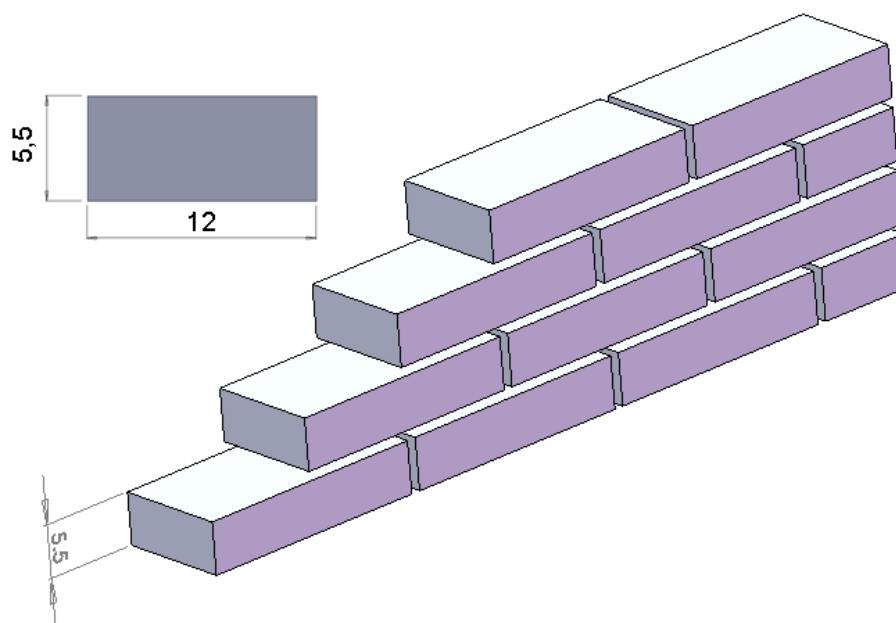


Figura 3. Disposizione dei mattoni in una muratura a mattoni pieni ad una testa

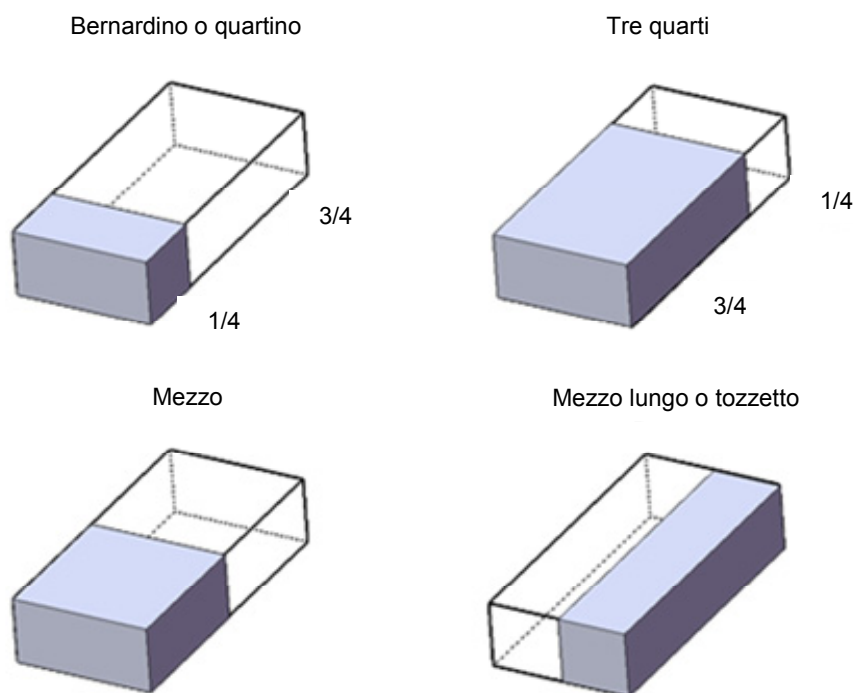


Figura 4. Sottomultipli del mattone di formato base

Se si prende in considerazione il mattone semi-pieno (Figura 5), esso avrà dimensioni pari a $5,5 \times 12 \times 25 \text{ cm}^3$ e pertanto la muratura avrà uno spessore di 12 cm al netto di intonaco; se invece si prende il mattone forato lo spessore è 8 cm. Il mattone forato infatti interessante per la sua leggerezza è impiegato in strutture non portanti che hanno funzione di divisorio, di tamponamento, ecc.

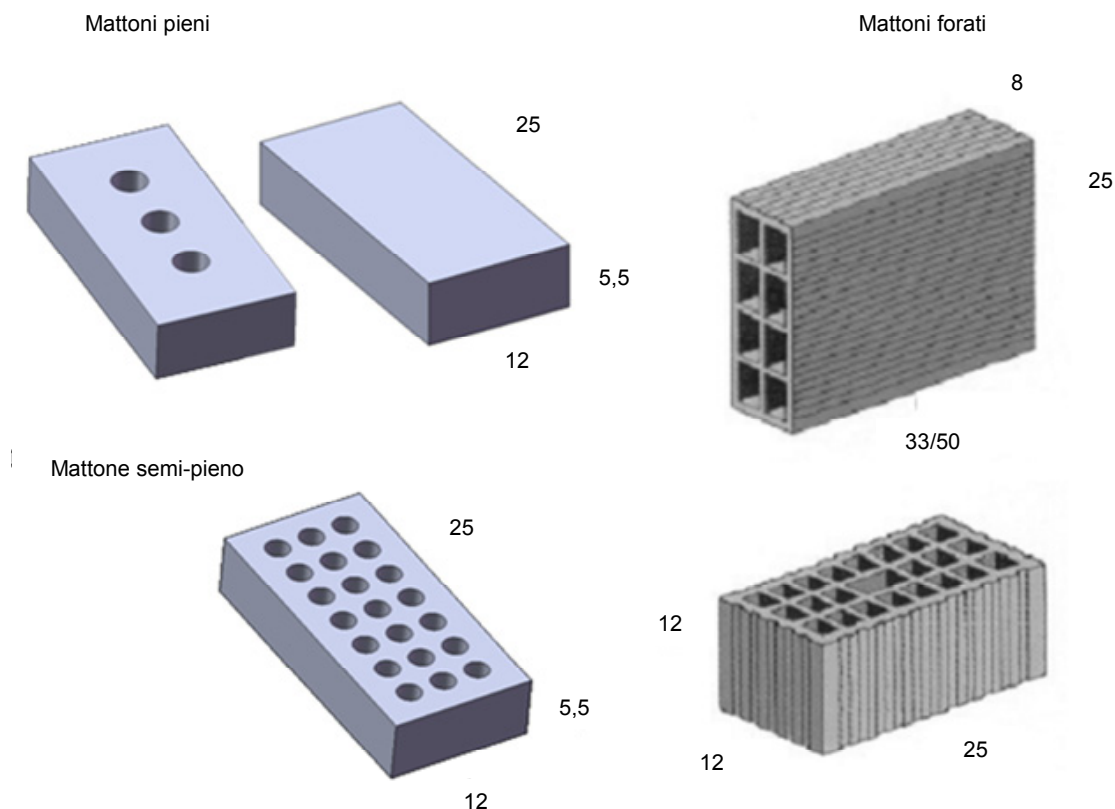


Figura 5. Laterizi pieni, semi-pieni e forati

Parete verticale di chiusura realizzata con “materiali diversi”

Applicando i concetti precedentemente esposti al caso dei loculi, emerge la necessità di individuare/stabilire il tipo di parete di chiusura dal punto di vista della resistenza e delle caratteristiche dimensionali. Infatti, in base ai commi 8 e 9 del DPR 285/1990, emerge la difficoltà a realizzare pareti di chiusura con pari caratteristiche dimensionali e di resistenza pur nella differenza dei materiali impiegabili. Evidentemente la scelta di un materiale diverso dal mattone pieno porterebbe ad un nuovo dimensionamento della chiusura, il quale però andrebbe

accuratamente progettato. Infatti, in base ai materiali citati al comma 9 dell'art. 76 del DPR 285/1990, in generale si possono avere:

- murature in pietra naturale da taglio,
- murature in cemento armato vibrato,

od “altro materiale” per il quale si potrà probabilmente intendere per esempio:

- muri di laterizi (mattoni semi-pieni e forati),
- muri di calcestruzzo armato,
- muri di elementi vari prefabbricati,

e comunque tutti quei materiali per muratura previsti dal DM 14 gennaio 2008.

Ulteriore difficoltà si incontra se si analizza la generalità dei materiali indicati come alternativi e di seguito specificati:

– *Pietra naturale*

La norma UNI 8458 del 1983 classifica le rocce impiegate in edilizia in marmo, granito, travertino e pietra. Con il termine marmo si fa riferimento ad ogni roccia cristallina, compatta e lucidabile, in genere costituita da minerali con durezza Mohs tra 3 e 4 (tipo calcite, dolomite e serpentino). Il granito è invece una roccia fanero-cristallina, anch'essa compatta e lucidabile ma costituita da minerali più duri (durezza Mohs di 6-7, tipo quarzo e feldspati). Il travertino è una roccia calcarea sedimentaria con tipica struttura vacuolare, in alcuni casi lucidabile. Infine, con il termine “pietra” si identificano genericamente tutti gli altri materiali direttamente estraibili da cave, di norma non lucidabili e dalla svariata composizione mineralogica. Le pietre da costruzione o ornamentali si possono classificare in due importanti categorie: le rocce tenere e/o poco compatte (rocce sedimentarie clastiche come areniti, calcareniti, oppure vulcanoclastiche come tufi, peperini); le rocce dure e/o compatte (le pietre a spacco naturale come quarziti, micascisti, gneiss, ardesie, oppure rocce magmatiche effusive come basalti, trachiti). Ritornando al DPR 285/1990, se dunque si vuol fare riferimento ad una classe di “pietre naturali” si dovranno molto probabilmente inserire in tale classe sia i marmi, che i graniti, i travertini e naturalmente le pietre, tenere e dure.

– *Lastra di cemento armato vibrato*

Il cemento armato vibrato, o più propriamente il calcestruzzo armato vibrato, è il tipico materiale da costruzione delle strutture civili. Esso è costituito da calcestruzzo (una miscela di cemento, acqua, sabbia e aggregati, cioè elementi lapidei, come la ghiaia) e barre di acciaio (armatura) annegate al suo interno. Il termine “vibrato” si riferisce al fatto che il calcestruzzo va opportunamente vibrato onde evitare la formazione all'interno del manufatto di cavità e macrodifetti come i nidi di ghiaia. In assenza della vibrazione, la matrice cementizia potrebbe divenire più permeabile agli agenti aggressivi esterni, abbassando notevolmente il grado di durabilità del calcestruzzo stesso oltre a creare, dal punto di vista meccanico, pericolose discontinuità nel materiale.

– *Altro materiale*

Con tale terminologia si identifica qualunque altro materiale non estraibile da cave e differente dal cemento armato. Gli stessi mattoni, diversi da quelli pieni menzionati al comma 8 del DPR 285/1990, come ad esempio i mattoni semipieni o i forati, possono essere classificati come “altro materiale”. Se consideriamo i normali mattoni da costruzione, al di là della classe di appartenenza, si possono registrare valori di resistenza alla compressione variabili tra i 10 e i 45 MPa per quelli pieni e semipieni, e tra 1,5 ed 8 MPa per quelli forati. Le due classi di materiali sono dunque molto distanti tra loro e si dovrebbe argomentare che, allo stato delle cose, i mattoni forati non potrebbero

comunque sostituire quelli pieni. D'altronde, sulla base dei ragionamenti finora fatti, non sarebbe impossibile pensare l'impiego di mattoni forati in luogo di quelli pieni, con conseguente aumento dello spessore della parete della chiusura. Sicuramente questa è una soluzione poco perspicace in termini realizzativi ma è interessante discutere sulla possibilità che essa sia realizzabile. Se, in pratica, una muratura in mattoni forati o semipieni avesse prestazioni comparabili con una muratura in mattoni pieni ad una testa, questa potrebbe essere ammessa e sarebbe identificata come "altro materiale". Molto più probabilmente, potrebbe accadere che futuri nuovi materiali o, più semplicemente, applicazioni speciali, possano condurre a mattoni forati con prestazioni analoghe ai pieni. Anche in tal caso si starebbe trattando di "altro materiale" pur nella contiguità progettuale e costruttiva dei materiali tradizionalmente utilizzati.

ESIGENZE FUNZIONALI DELLA PARETE VERTICALE DI CHIUSURA DEI LOCULI

Impermeabilità ai liquidi e ai gas

Dai requisiti citati all'art.76 emerge chiaramente la preoccupazione per i rischi igienico-sanitari che i loculi comportano. Infatti, più volte viene posto l'accento sul "requisito di impermeabilità ai liquidi e ai gas nel tempo delle pareti dei loculi, sia verticali che orizzontali".

Di fatto, i manufatti (loculi) possono essere assimilati a deposito provvisorio e/o definitivo del feretro che

- non deve essere di facile accesso sia dal punto di vista igienico-sanitario che della sicurezza;
- all'interno del quale si svolge il processo di decomposizione del cadavere, da cui deve essere impedita qualsiasi fuoriuscita di reflui liquidi e gassosi derivanti dal processo di decomposizione della salma ivi deposta.

La complessità dell'andamento del processo di decomposizione della salma nel tempo, dipendendo esso da molti fattori quali:

- *fattori intrinseci*
età, dimensione corporea e peso, causa del decesso, ecc.;
- *fattori estrinseci*
 - climatici del cimitero (temperatura, umidità, ventilazione dell'ambiente, ubicazione/esposizione dal punto di vista orografico),
 - microclimatici derivanti dal costruito e dal singolo loculo,
 - caratteristici del feretro (materiali di cui è costituito, impermeabilità, ecc.),

non consente di stabilire nella pratica, per le funzioni di cui sopra al punto 2, quale debba essere il livello di tenuta dei loculi ai liquidi e ai gas. Infatti, i valori di pressione e i quantitativi di liquidi derivanti dal processo di decomposizione in corso dipendono dalle condizioni microclimatiche che si instaurano all'interno del feretro e del loculo stesso e dai fattori tipici di ciascuna salma.

L'effetto potenzialmente dannoso è la formazione di cricche o fessurazioni, le quali possono consentire la fuoriuscita dei reflui sia liquidi che gassosi del processo di decomposizione della salma e quindi impattare il loculo/parete.

In rari casi, la sovrappressione che si genera all'interno del feretro può essere tale da produrre esplosioni anche di rilevante entità con ripercussione sul loculo e in particolare la parete verticale di chiusura. Quest'ultima, in particolare, risulta essere anche la parte più critica del loculo stesso per gli inconvenienti igienico-sanitari che possono ingenerarsi, quali:

- possibili fuoriuscite di reflui liquidi e gassosi del processo di decomposizione in corso, durante il normale periodo di tumulazione della salma;
- scarsa estetica per l'aspetto formale verso l'ambiente esterno (ovvero lo spazio architettonico esterno).

Facilità di demolizione/rifacimento

La parete di chiusura del loculo è la parte più manipolata del loculo in termini di demolizione/rifacimento a causa della frequenza delle operazioni di tumulazione/estumulazione.

Come noto, la scelta dell'area da adibire a cimitero ha grande importanza, in quanto eventuali sue deficienze o carenze pesano irrimediabilmente sul processo di decomposizione delle salme (Santarsiero, 2003).

Altrettanto importante è la scelta delle caratteristiche del costruito, dei materiali e delle strutture che lo compongono e di come il costruito si distribuisce in termini di spazi. La contiguità dei manufatti, differenziabili in base alla funzione, alla posizione nell'area cimiteriale, all'altezza e distanza tra i manufatti (edifici dei crematori, delle sale mortuarie, colombari dei loculi, ecc.) e alla metodologia ed epoca di costruzione, determina, all'interno di un agglomerato cimiteriale, la presenza di varie zone, ciascuna di esse con una diversa situazione microclimatica e quindi una diversa capacità di modificare il *turn-over* dei posti-salma fissato dal Comune in sede di redazione del Piano Cimiteriale.

In ogni caso, il fissato *turn-over* dei posti-salma, per essere soddisfatto, richiede che all'interno del loculo, o fossa d'inumazione, ci siano condizioni microclimatiche che consentano la completa decomposizione della salma in resti ossei.

In Italia, per motivi geologici, idrogeologici, climatici e orografici, c'è una carenza di aree idonee da adibire a cimiteri. Ciò ha comportato:

- insufficienza delle esistenti aree cimiteriali;
- offerta di posti-salma insufficiente in relazione alla domanda;
- alta incidenza di salme inconsunte (sia quelle esumate che quelle estumulate).

La carenza di posti sepoltura dovuta alla difficoltà di rimuovere le salme parzialmente scheletrizzate allo scadere del diritto di concessione del posto-salma, ha richiesto un provvedimento normativo che è rappresentato dalla Circolare del Ministero della Sanità n. 10 del 31 luglio 1998. Infatti, i quesiti circa il trattamento dei resti mortali, che si rinvenivano in occasione di esumazioni ordinarie ed estumulazioni, e la consistenza rilevante del fenomeno hanno fatto sì che venisse emanata la citata circolare. Con tale circolare si è ritenuto di fornire indirizzi operativi nelle more di una organica revisione del DPR 285/1990.

La Circolare del Ministero della Sanità n. 10 del 31 luglio 1998, introduce le seguenti possibilità di trattamento della salma inconsunta:

- re-inumazione (per un periodo massimo di 5-10 anni);
- ri-tumulazione (di durata pari al tempo di rinnovo della concessione per il loculo, minimo 20 anni);
- cremazione.

La re-inumazione e/o ri-tumulazione sono trattamenti che hanno una durata limitata, al termine della quale, se non c'è interesse da parte dei congiunti a rinnovare la concessione del posto-salma, indipendentemente dall'esito della decomposizione, i resti mortali sono avviati alla cremazione (Santarsiero, 2005).

In realtà, l'applicazione della Circolare del Ministero della Sanità n. 10 del 31 luglio 1998 comporta, nel caso di tumulazione, una maggiore frequenza di demolizione/rifacimento della parete di chiusura del loculo a causa della frequenza con cui vengono effettuate le operazioni di tumulazione/estumulazione.

Ciò premesso, la chiusura/apertura del loculo avviene nella fase di tumulazione, di estumulazione/ri-tumulazione. La tumulazione consiste nell'inserimento di un feretro (doppia cassa di legno e zinco) in un loculo singolo. La fase di tumulazione comprende: l'apertura del loculo, l'inserimento del feretro e la chiusura del loculo.

L'apertura del loculo viene effettuata rimuovendo la parete di chiusura (che chiude l'accesso all'interno del loculo). La tumulazione viene completata con la chiusura dell'accesso al loculo che consiste nell'applicazione e sigillatura di una lastra di cemento precompresso vibrato o muratura in mattoni od altro e nella sovrapposizione della lastra in marmo.

L'estumulazione consiste nell'estrazione del feretro dal loculo. Questa attività nella forma ordinaria viene effettuata dopo 20-30 anni dalla tumulazione; nella forma straordinaria (per motivi giudiziari o trasferimento ad altra sepoltura) può essere effettuata in qualunque momento. Inoltre, secondo quanto previsto dalla circolare del Ministero della Salute 31 luglio 1998 n. 10, l'estumulazione può essere effettuata prima di venti anni dalla tumulazione.

La fase di estumulazione comprende: apertura del loculo, estrazione del feretro e successivamente chiusura del loculo o ri-tumulazione. L'apertura del loculo viene effettuata rimuovendo la lastra di marmo e successivamente demolendo la parete in muratura.

Sia l'estumulazione straordinaria che quella prevista dalla circolare 31 luglio 1998 n. 10 avvengono con le stesse modalità di quella ordinaria.

La ri-tumulazione consiste nel re-inserimento del feretro e quindi nella chiusura del loculo.

Data la frequenza delle operazioni di estumulazione/ritumulazione, un sistema di chiusura più agevole e immediato di quello basato sui mattoni, sarebbe interessante sia per ridurre l'impatto che comporta la realizzazione della parete in presenza dei congiunti del defunto, sia per agevolare l'attività degli addetti ai lavori durante la realizzazione della parete stessa, con minore tempo e maggiore maneggevolezza del materiale.

Chiusura dall'ambiente esterno

La parete di chiusura è anche la parte più critica del loculo stesso per:

- le intrusioni/accessi indebiti a feretri tumulati;
- l'estetica/aspetto formale verso l'ambiente esterno (ovvero lo spazio architettonico esterno).

In ogni caso la parete (muratura) avrà funzione di separazione dell'interno del loculo dall'ambiente esterno e di chiusura ermetica del loculo. Pertanto, in una visione generale, anche in analogia alle pareti verticali/orizzontali di chiusura d'ambito, per le pareti di chiusura dei loculi si possono individuare le seguenti esigenze funzionali di:

- *sicurezza* per la statica, per la resistenza al fuoco, per la resistenza all'intrusione;
- *igiene* per la condensa e per l'emissione di gas e liquidi verso l'ambiente esterno;
- *estetica* per l'aspetto formale verso l'ambiente esterno (lo spazio architettonico esterno);
- *durabilità*, per tutta la vita utile della parete, mantenendo nel tempo i previsti livelli prestazionali in termini di tenuta all'acqua e all'aria.

In definitiva le pareti di chiusura dei loculi devono avere i seguenti requisiti:

- *Stabilità/sicurezza strutturale*

La parete non deve subire danni (cedimenti, rotture, crolli totali o parziali, distacchi di parti, ecc.) tali da mettere in pericolo l'incolumità del personale del cimitero e dei visitatori; la parete deve possedere la capacità di resistere alle sollecitazioni indotte dal peso proprio, dall'azione del vento, dalle azioni sismiche e dai carichi di esercizio in genere, senza perdere la sua funzionalità in un periodo di tempo minimo di 20-30 anni (durata del periodo di tumulazione/concessione).

- *Resistenza e durabilità agli urti*
La parete deve possedere la capacità di resistere alle sollecitazioni indotte dagli urti accidentali, provenienti occasionalmente dall'esterno od eventuali pressioni interne; inoltre la parete deve possedere l'attitudine a mantenere adeguati livelli prestazionali sotto gli effetti degli urti accidentali e, in particolare, non devono verificarsi riduzioni dei livelli prestazionali relativamente alla tenuta all'acqua e all'aria.
- *Resistenza al fuoco*
In linea generale la parete deve impedire la propagazione dell'incendio, la produzione e la propagazione del fuoco e del fumo all'interno delle opere o ad opere vicine deve essere limitata;
- *Contenimento della tossicità dei fumi*
La parete deve essere caratterizzata da una limitata produzione, sotto l'effetto dell'incendio, di fumi.
- *Sicurezza alle intrusioni*
La parete deve possedere un adeguato livello di resistenza nei riguardi dei tentativi di intrusione dall'esterno; in particolare, devono essere caratterizzati da adeguata resistenza meccanica gli elementi di fissaggio, i giunti, ecc.
- *Impermeabilità all'aria*
La parete deve possedere una adeguata impermeabilità all'aria senza, però, compromettere la resistenza termica;
- *Tenuta all'acqua*
La parete deve possedere un'adeguata tenuta alla penetrazione dell'acqua piovana.
- *Durabilità sotto l'effetto della temperatura, dell'irraggiamento solare, dell'acqua piovana, del gelo e del disgelo*
La parete deve possedere l'attitudine a mantenere adeguati livelli prestazionali anche se sottoposta alle sollecitazioni indotte da variazioni termiche, dall'irraggiamento solare, dall'acqua piovana, da cicli di gelo e disgelo e da qualunque altra sollecitazione ambientale.
- *Durabilità sotto l'effetto delle nebbie, delle atmosfere industriali, dei venti di sabbia e polvere*
La parete deve possedere l'attitudine a mantenere adeguati livelli prestazionali anche se sottoposta alle azioni di corrosione indotte dalle nebbie saline e industriali e all'usura determinata dai venti contenenti sabbia e polvere; in particolare non devono verificarsi riduzioni dei livelli prestazionali relativamente alla tenuta all'acqua e all'aria.

CASO STUDIO: ANALISI DI SOSTITUIBILITÀ DEL MATTONE PIENO CON UN PRODOTTO IN CALCESTRUZZO AERATO AUTOCLAVATO

I commi 8 e 9 dell'art. 76 del DPR 285/1990 evidenziano una particolare attenzione alla parete di chiusura del loculo.

Il comma 8 dell'art. 76 fornisce le specifiche tecniche di una tipologia di parete:

- parete in *mattoni pieni a una testa, intonacata nella parte esterna*.

Il comma 9 dell'art. 76 elenca le seguenti possibili tipologie di parete utilizzabili:

- parete *con elemento in pietra naturale*;
- parete *con lastra di cemento armato vibrato*;
- parete di “*altro materiale*” avente le stesse caratteristiche di stabilità, di spessori atti ad assicurare la dovuta resistenza meccanica e sigillati in modo da rendere la chiusura stessa a tenuta ermetica.

Questa ultima definizione nasce nell'ottica di apertura verso l'evoluzione del mercato dei materiali e delle relative tecniche e tecnologie.

Dal punto di vista tecnico la possibilità di ricorrere ad un “altro materiale” comporta che sia impiegato un dimensionamento tale da assicurare la dovuta resistenza meccanica e sia sigillato in modo da rendere la chiusura stessa a tenuta ermetica.

Per quanto appare corretto che non si precluda l'impiego di nuovi materiali, vista la velocità con cui oggi sono sviluppati e inseriti nel mercato dell'edilizia, la sostituzione di un materiale tradizionale con uno equivalente è un problema complesso da affrontare, soprattutto perché nei casi specifici è particolarmente difficile identificare tutte quelle condizioni di esercizio che possano essere critiche per la corretta risposta del materiale stesso.

La sostituzione di un materiale con uno equivalente è un problema complesso da affrontare soprattutto in quei casi in cui ad essere sostituito è un materiale riconosciuto “tradizionalmente” valido. Infatti, in tal caso, è particolarmente difficile identificare tutte quelle condizioni di esercizio che possano essere critiche per la corretta risposta del nuovo materiale e il confronto tra materiale tradizionale e materiale innovativo non è semplice. Molto spesso, per tale confronto, si può far riferimento alle cosiddette proprietà nominali dei materiali (densità, moduli elastici, carichi di rottura, ecc.) ma questo approccio premierebbe soltanto sostituti sovradimensionanti rispetto al materiale tradizionale, escludendo quindi una vasta famiglia di possibili candidati alla stessa sostituzione. Più corretto sarebbe identificare le vere esigenze all'esercizio e testare i nuovi materiali e quelli tradizionali in maniera che si confrontino su quelle funzioni che davvero servono nella loro vita utile. Se dunque è evidente che confrontare densità, moduli elastici, carichi di rottura non sia una strategia corretta per guidare la sostituzione dei materiali tradizionali, resta il problema di individuare/effettuare test, analisi e simulazioni che siano in grado di mostrare la buona sovrapposibilità prestazionale dei candidati alla sostituzione con i prodotti tradizionali.

Un ulteriore concetto da esporre è che non è possibile confrontare intere famiglie di materiali ma solo singoli prodotti a meno che non si desideri questionare su proprietà generiche. Se il problema è una sostituzione di singole funzioni, i soggetti interessati devono essere ben specificati. Ad esempio, con il nome di CAA si intende un'ampia gamma di materiali con proprietà anche sensibilmente variabili in dipendenza di diverse caratteristiche fisiche e dimensionali. Non è infatti credibile che un qualunque laterizio tradizionale sia sostituibile con un qualunque CAA pur nelle diverse condizioni di impiego. Far riferimento ad un generico

CAA può essere rischioso, basti pensare che la distribuzione e morfologia delle porosità può fortemente inficiare le prestazioni di tale prodotto.

Entrando nel merito della sostituibilità del materiale tradizionale, si può stabilire, per l'applicazione in esame, che gli aspetti più critici da trattare sono:

- la resistenza meccanica;
- la permeabilità ai liquidi e gas;
- la durabilità;
- la sensibilità a carichi occasionali.

Trattando l'aspetto strutturale è subito evidente la difficoltà di definire parametri di raffronto anche alla luce dell'alto numero di materiali tradizionali esistenti. In ogni caso, come prima semplificazione, un confronto tra i diversi materiali tradizionali lo si può fare considerando la resistenza a compressione, dato tipicamente impiegato nella qualificazione dei materiali da costruzione.

Secondo stime approssimative, un buon mattone pieno deve avere un carico di rottura intorno ai 250 kg/cm² ma questo valore può variare entro limiti molto ampi. D'altronde questo dato fornisce proprio la qualità del mattone che si sta impiegando. Per i mattoni imbevuti d'acqua il carico di rottura a compressione risulta inferiore; tuttavia esso non deve ragionevolmente scendere oltre il 75% del valore a secco.

Non meno semplice appare l'analisi dei prodotti CAA. Prodotti commerciali della famiglia dei materiali CAA sono Gasbeton, Ytong, Siporex, Durox, Celcon, Thermalite, Calcespan, Aircrete. La natura commerciale di ciascun prodotto CAA rende difficile acquisire dati certi sulla sua qualificazione a meno di riferirsi a quelli dello stesso produttore che potrebbe non essere interessato a diffonderne le possibili criticità di uso.

Per esempio per il Siporex i dati che il produttore fornisce sul suo sito (www.lccsiporex.com; ultima consultazione 8/10/2013) sono i seguenti:

- resistenza a compressione = 3,5 MPa (35 kg/cm²);
- resistenza a trazione = 0,6 MPa (6 kg/cm²);
- modulo di elasticità = 1600 MPa (16000 kg/cm²);
- resistenza a taglio = 0,2 MPa (2 kg/cm²).

La differenza della resistenza a compressione tra Siporex e mattone ordinario (fissando il valore a 250 kg/cm²) è significativa ma questa si attenua molto se si considera la diversa densità, che è circa un quarto.

Altri CAA possono avere prestazioni maggiori, dipendenti dalla densità (Tabella 1) ma restano comunque sempre al di sotto dei mattoni ordinari vista la grande porosità (fino all'80%) (Narayanan *et al.*, 2000). In termini specifici il confronto è sicuramente meno critico ma risente appunto del problema della valutazione dell'effetto dell'acqua.

Tabella 1. Proprietà del calcestruzzo aerato autoclavato (CAA)

Densità (kg/m ³)	Compressione MPa (kg/cm ²)	Modulo di elasticità kN/mm ² (kg/cm ²)	Conduttività termica (W/m°C)
400	1.3-2.8 (13-28)	0.18-1.17 (1800-11700)	0.07-0.11
500	2.0-4.4 (20-44)	1.24-1.84 (12400-18400)	0.08-0.13
600	2.8-6.3 (28-63)	1.76-2.64 (17600-26400)	0.11-0.17
700	3.9-8.5 (39-85)	2.42-3.58 (24200-35800)	0.13-0.21

In merito alla permeabilità, il produttore si limita ad affermare che Siporex, come altri materiali per l'edilizia, deve essere protetto dal contatto diretto con l'acqua ma che per applicazioni all'esterno basta utilizzare dei semplici rivestimenti decorativi. Il problema della permeabilità per i CAA è molto importante (Narayanan *et al.*, 2000), considerando che la presenza di acqua è riconosciuta come un elemento inficiante di tutte le prestazioni del Siporex (dall'elevato isolato termico e acustico alle prestazioni meccaniche).

Dati di letteratura sulla permeabilità all'acqua di CAA sono di difficile reperimento, essendo invece presenti dati per i mattoni ordinari o dati di permeabilità al vapore dei CAA.

In ogni caso, è bene ricordare che il produttore del Siporex afferma che l'umidità interna del materiale passa da un 40% in peso iniziale (all'atto della deposizione) fino ad un minimo del 2% in opera dopo circa un anno.

Ulteriori considerazioni sono da fare riguardo al comportamento a carichi accidentali e alla durabilità, la quale non è direttamente affrontata da alcuna fonte ma sembrerebbe non essere un aspetto critico per i materiali CAA.

Il Siporex è molto ben lavorabile proprio perché abbastanza friabile, la quale caratteristica si traduce in un cattivo comportamento a taglio o a carichi fuori specifica (ad esempio un corpo contundente localizzato). Confronti di questo tipo con i materiali ordinari non possono prescindere da una sperimentazione sul campo.

In termini generali Siporex può essere un buon candidato alla sostituzione di mattoni ordinari, visto anche l'impiego che ad oggi si fa in luogo degli stessi. Per piccole costruzioni può essere un materiale alternativo anche per carichi importanti (qualcuno ipotizza la costruzione di piccole strutture in assenza di cemento armato) ma per l'applicazione in esame (DPR 285/1990) si deve ben esaminare la problematica della permeabilità all'acqua e all'aria. Inoltre si deve valutare se le enormi prestazioni funzionali, soprattutto l'isolamento termico, sono un elemento positivo o negativo per la funzione del tumulo/loculo.

Materiali

I CAA rientrano tra i materiali leggeri, pertanto potrebbe risultare interessante dal punto di vista pratico l'impiego di lastre/pannelli di uno o due pezzi per effettuare con minor tempo e maggiore maneggevolezza del materiale l'operazione di chiusura dei loculi nella fase di tumulazione ed estumulazione del feretro.

Per dare almeno inizio ad una fase di analisi della sostituibilità di una tipica parete in laterizio con una in CAA, si è acquisito un pannello di CAA per una preliminare valutazione di un suo impiego.

Per tale pannello di CAA, i dati relativi all'azienda produttrice, al nome del prodotto e alle dimensioni del pannello sono i seguenti:

- Pannello: GASBETON (RDB) - Evolution 500 -Azienda certificata UNI EN ISO 9001;
- Dimensioni pannello: 60x25x5 cm³.

I pannelli di questo materiale vengono comunemente impiegati per la realizzazione di rivestimenti, tramezzature e muri portanti.

In seguito all'acquisto di questo particolare pannello è stata eseguita un'analisi bibliografica per quel che concerne l'azienda produttrice e i dati da essa pubblicati (www.gasbeton.it; ultima consultazione 9/10/2013) per tale prodotto. Possibili applicazioni riportate dal produttore sono:

- *Rivestimento (spessore 5/8 cm)*
Rivestimento di pilastri e corree in cemento armato eseguito in blocchi di CAA "Gasbeton Evolution 500", lisci o maschiati (solo per spessore 8 cm), densità nominale

500 kg/m³, marcatura CE in categoria I, spessore 5/8 cm, legati con “Collante Gasbeton”, steso con apposita cazzuola dentata in senso orizzontale e verticale, da intonacare con finitura a piacere su intonaco premiscelato di sottofondo “Multicem” normale o microfibrato AKPC (massa volumica 1300 kg/m³ e Categoria CS I) dato nello spessore minimo 10 mm se interno e 15 mm se esterno, avente le seguenti caratteristiche:

- resistenza termica: $RT = 0.36/0.56 \text{ mqK/W}$;
- resistenza al fuoco: EI 60/120.

– *Tramezzo (spessore 10/12/15/20 cm)*

Tramezzo eseguito in blocchi di calcestruzzo aerato autoclavato “Gasbeton Evolution 500” lisci (o maschiati), densità nominale 500 kg/m³, marcatura CE in categoria I, spessore 10/12/15/20 cm, legati con “Collante Gasbeton”, steso con apposita cazzuola dentata in senso orizzontale e verticale, da intonacare con finitura a piacere su intonaco premiscelato di sottofondo “Multicem” normale o microfibrato AKPC (massa volumica 1300 kg/m³ e Categoria CS I) dato nello spessore normale o microfibrato (massa volumica 1300 kg/m³ e Categoria CS I) dato nello spessore minimo 10 mm se interno e 15 mm se esterno, avente le seguenti caratteristiche:

- resistenza al fuoco: EI 180
- abbattimento acustico: $R_w = 40/41/43/48 \text{ dB}$

– *Muro portante (Zona 4) (spessore 24/30/35/40 cm)*

Muro portante eseguito in blocchi di calcestruzzo aerato autoclavato “Gasbeton Evolution 500”, lisci o maschiati, densità nominale 500 kg/m³, marcatura CE in categoria I, spessore 24/30/35/40 cm, legati con “Collante Gasbeton”, steso con apposita cazzuola dentata in senso orizzontale e verticale, da intonacare con finitura a piacere su intonaco premiscelato di sottofondo “Multicem” normale o microfibrato (massa volumica 1300 kg/m³ e categoria CS I) dato nello spessore minimo 10 mm all’interno e 15 mm all’esterno, avente le seguenti caratteristiche:

- abbattimento acustico: $R_w = 49/50/51/52 \text{ dB}$;
- trasmittanza termica: $U = 0,55/0,45/0,39/0,34 \text{ W/mqK}$.

Metodi sperimentali

Dalle immagini acquisite del pannello (Figure 6-9) è evidente una struttura interna con porosità a celle chiuse e un aspetto diverso tra superfici laterali e frontali, probabilmente per questioni inerenti la produzione o la messa in opera.

Dalla scheda tecnica del materiale si estrae una densità di 500 kg/m³ e la menzione a svariati impieghi tecnici compresi rivestimenti, tramezzature e muri portanti.

In prima analisi è stato ricavato dal pannello un campione di dimensioni 50x25x10 mm³ in modo da verificare la correttezza del peso specifico. Sperimentalmente si è osservato un valore (400 kg/m³) leggermente inferiore ai dati nominali e quindi particolarmente inferiore a quello dei comuni laterizi forati che hanno valori di densità uguali o maggiori di 700 kg/m³ (con percentuale di foratura sotto il 50%).

Al fine di determinare la resistenza meccanica del pannello è stata eseguita una prova di flessione. La scelta dello schema di flessione nasce dal fatto che solitamente i laterizi vengono caratterizzati attraverso la resistenza a compressione il quale dato è quindi abbastanza facilmente recuperabile dalle schede tecniche.



Figura 6. Immagine del pannello intero con le relative dimensioni

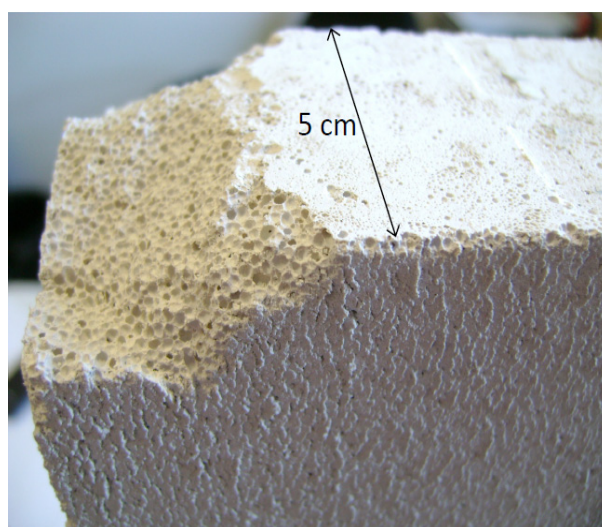


Figura 7. Immagine dello spessore del pannello



Figura 8. Immagine della struttura interna del pannello



Figura 9. Particolare delle celle chiuse dell'interno del pannello

Nell'uso in parete però diventa importante anche il valore di resistenza flessionale il quale fa comprendere con che resistenza la parete stessa si possa opporre a insoliti carichi frontali. Infatti la resistenza a compressione garantisce soltanto dall'evenienza di collassi per l'eccesso del peso della parete.

Questa scelta è già indicativa di cosa si intenda per analisi della sostituibilità dei prodotti laddove le schede tecniche possano essere prese a riferimento ma, in primo luogo, verificate e, successivamente, integrate con quegli aspetti non direttamente menzionati. Solitamente, per i laterizi, la determinazione della resistenza a flessione viene eseguita attraverso una prova su listelli lunghi almeno 12 cm. Tale prova, di esecuzione semplice e rapida, è comunque correlabile alla resistenza a compressione.

Al fine di determinare, quindi, il comportamento a flessione del pannello, da esso è stato ricavato un campione di dimensioni $120 \times 50,1 \times 10 \text{ mm}^3$ e si è applicato uno schema di flessione a doppio appoggio con luce tra gli appoggi di 80 mm, abbassamento fino a rottura e velocità di carico di 1 mm/min.

Risultati e discussione

Si riporta a seguire l'andamento della curva carico-spostamento e, dopo normalizzazione, tensione-deformazione (Figure 10 e 11).

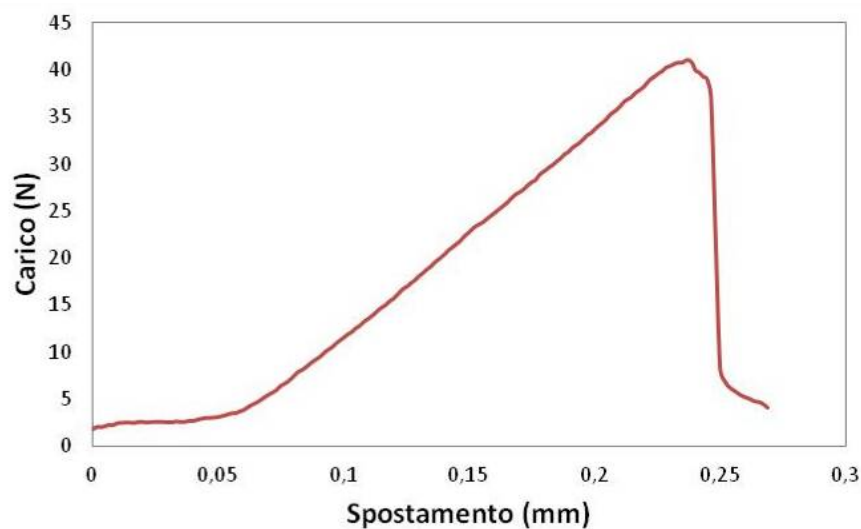


Figura 10. Andamento della curva carico-spostamento per la prova di flessione sul pannello

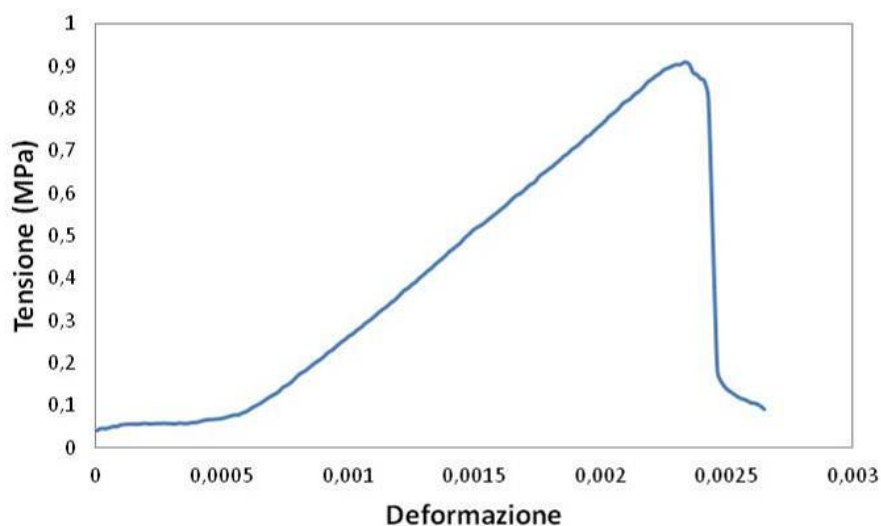


Figura 11. Andamento della curva tensione-deformazione per la prova di flessione sul pannello

La tensione di rottura è inferiore a 1 MPa e avviene ad una deformazione inferiore a 0,3%. Il tratto iniziale della curva è quasi orizzontale poiché il campione sotto carico si assesta sugli appoggi. Come atteso, ne emerge un comportamento decisamente fragile, come i laterizi forati ordinari, anche se il carico di rottura è particolarmente basso. Il modulo elastico è pure particolarmente basso (505 MPa) anche se la sua misura può essere inficiata da un piccolo collasso delle celle sotto carico.

CONCLUSIONI

In definitiva questa singola esperienza è sufficiente a mostrare quanto sia complesso esprimersi sulla sostituibilità di un laterizio ordinario senza aver ancora affrontato altri aspetti essenziali come l'impermeabilità, il comportamento termico, la sicurezza d'uso, la durabilità. Essendo il materiale da sostituire generalmente sovradimensionato per gli aspetti strutturali, si deve entrare nel merito di tale sovradimensionamento, estrarre le reali esigenze prestazionali per la singola applicazione e confrontarle con risultati di test come questo descritto.

Ne risulta uno studio complesso e multi-disciplinare che non può essere ridotto ad analisi di massima anche se proprio tali analisi di massima potrebbero avere in passato affermato l'utilizzo dei materiali tradizionali.

Al presente, i materiali tradizionali hanno una storia di impiego che non ne mettono in dubbio l'efficienza.

I manufatti cimiteriali in generale e la parete verticale di chiusura del loculo possono essere realizzati mediante differenti e sempre più numerosi materiali. Tuttavia, ciò comporta una serie di scelte responsabili che il progettista deve attuare per rispondere all'articolato quadro di prestazioni che, con il contributo degli aggiornamenti normativi sia nel settore delle costruzioni che dei materiali da costruzione, è sempre più complesso e integrato. In particolare, alla luce del nuovo Regolamento (UE) n. 305/2011, l'utilizzazione di un nuovo materiale richiede che l'installatore, il progettista e il direttore lavori, sappiano consapevolmente fare uso della dichiarazione della prestazione del prodotto agli usi previsti, per valutare l'idoneità del prodotto per l'impiego in questione.

Di fronte ad una varietà di prodotti, la scelta del prodotto più idoneo e di pari funzionalità e prestazione dei materiali esplicitamente contemplati dal DPR 285/1990 richiede un attento studio dello specifico profilo prestazionale sia del materiale tradizionale che del nuovo materiale; si tratta di identificare le diverse soluzioni di impiego, verificandole, confrontandole e giustificandole sotto molteplici punti di vista, tra loro complementari.

Probabilmente, l'impiego di alcuni materiali richiederebbe una adeguata formazione del personale tecnico coinvolto senza voler entrare nel dettaglio della difficoltà di stimare comportamenti a lungo termine su materiali troppo giovani.

Riguardo alla sostituibilità del materiale tradizionale, si può stabilire, per l'applicazione in esame, che gli aspetti più critici da trattare sono la resistenza meccanica, la permeabilità ai liquidi e gas, la sensibilità a carichi occasionali e la durabilità.

Riguardo alla durabilità, una questione a parte andrebbe aperta per il discorso relativo alla presenza di eventuale manutenzione. Quando si fissano dei limiti temporali per la presenza di una prestazione funzionale, soprattutto quando questi limiti sono molto ampi (anche diverse decine di anni), si dovrebbero fissare anche le modalità di verifica della sussistenza di detta prestazione oltre che una eventuale strategia manutentiva che possa permettere il raggiungimento dello stesso limite. D'altronde già adesso sono attive pratiche di ispezione e manutenzione nelle strutture cimiteriali ma queste dipendono da un'esperienza maturata nel tempo su materiali tradizionali.

I materiali innovativi, nel settore dell'edilizia, si contraddistinguono per aspetti quali la leggerezza, la semplicità di messa in opera o la reperibilità sul mercato, molto raramente per la propria durabilità. Introdurre un'innovazione di materiali in un sistema abituato al contatto con materiali tradizionali potrebbe risultare in un collasso delle attuali strategie manutentive.

In base ai commi 8 e 9 del DPR 285/1990 emerge la difficoltà a realizzare pareti di chiusura con pari caratteristiche dimensionali e di resistenza pur nella differenza dei materiali

impiegabili. Evidentemente la scelta di “un materiale diverso” dal “mattoncino pieno” porterebbe ad un nuovo dimensionamento della chiusura, il quale però andrebbe accuratamente progettato.

Infatti, il termine “mattoncino pieno” usato al comma 8 dell’art 76 del DPR 285/1990 non è del tutto tecnicamente appropriato, essendo il mattoncino in sé uno dei vari materiali ceramici classificabili più propriamente con il nome di “laterizi”. Evidentemente la menzione fatta nel comma 8 del DPR 285/1990 attinge al vasto bacino di conoscenze tecniche della pratica delle costruzioni, tuttavia, una maggiore puntualizzazione con riferimento agli aspetti normati sarebbe maggiormente chiarificatrice.

Analogamente il termine “altro materiale”, menzionato nel comma 9 dell’art.76 del DPR 285/1990, richiederebbe una maggiore puntualizzazione, in quanto con tale terminologia si identifica qualunque altro materiale non estraibile da cave e differente dal cemento armato.

Gli stessi mattoni, diversi da quelli pieni menzionati al comma 8 del DPR 285/1990, come ad esempio i mattoni semipieni o i forati, possono essere classificati come “altro materiale”. Per i normali mattoni da costruzione, si possono registrare valori di resistenza alla compressione variabili tra i 10 e i 45 MPa per quelli pieni e semipieni, e tra 1.5 ed 8 MPa per quelli forati. Le due classi di materiali sono dunque molto distanti tra loro e si dovrebbe argomentare che, allo stato delle cose, i mattoni forati non potrebbero comunque sostituire quelli pieni.

D'altronde, sulla base dei ragionamenti finora fatti, non sarebbe impossibile pensare l'impiego di mattoni forati in luogo di quelli pieni, pena l'aumento dello spessore della parete della chiusura. Sicuramente questa è una soluzione poco pratica in termini realizzativi ma è interessante discutere sulla possibilità che essa sia realizzabile.

Se, in pratica, una muratura in mattoni forati o semipieni avesse prestazioni comparabili con una muratura in mattoni pieni ad una testa, questa potrebbe essere ammessa e sarebbe identificata come “altro materiale”.

Molto più probabilmente, potrebbe accadere che futuri nuovi materiali o, più semplicemente, applicazioni speciali, possano condurre a mattoni forati con prestazioni analoghe ai pieni. Anche in tal caso si starebbe trattando di “altro materiale” pur nella contiguità progettuale e costruttiva dei materiali tradizionalmente utilizzati.

BIBLIOGRAFIA

- Italia. Circolare del Ministero della Sanità 24 giugno 1993, n. 24. Regolamento di Polizia Mortuaria, approvato con decreto del Presidente della Repubblica 10 settembre 1990, n. 285: circolare esplicativa. *Gazzetta Ufficiale - Serie Generale* n. 158 dell'8 luglio 1993.
- Italia. Circolare del Ministero della Sanità 31 luglio 1998, n. 10. Regolamento di Polizia Mortuaria, approvato con Decreto del Presidente della Repubblica 10 settembre 1990, n. 285: circolare esplicativa. *Gazzetta Ufficiale - Serie Generale* n. 192 del 19 agosto 1998.
- Italia. Decreto del Presidente della Repubblica 21 ottobre 1975, n. 803 Regolamento di polizia mortuaria. *Gazzetta Ufficiale - Supplemento Ordinario* n. 22 del 26 gennaio 1976.
- Italia. Decreto del Presidente della Repubblica 10 settembre 1990, n. 285. Approvazione del Regolamento di Polizia Mortuaria. *Gazzetta Ufficiale - Supplemento Ordinario* n. 239 del 12 ottobre 1990.
- Italia. Decreto del Presidente della Repubblica del 21 aprile 1993 n. 246 "Regolamento di attuazione della Direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione". *Gazzetta Ufficiale* n. 170 del 22 luglio 1993.
- Italia. Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380. Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia. (Testo A). *Gazzetta Ufficiale* n. 245 - *Supplemento Ordinario* n. 239 del 20 ottobre 2001 (Rettifica *Gazzetta Ufficiale* n. 47 del 25 febbraio 2002).
- Italia. Decreto Legislativo 31 marzo 1998, n. 112. Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed agli enti locali, in attuazione del capo I della L. 15 marzo 1997, n. 59. *Gazzetta Ufficiale* n. 92 *Supplemento Ordinario* del 21 aprile 1998
- Italia. Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42. Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137. *Gazzetta Ufficiale - Supplemento Ordinario* n. 28 del 24 febbraio 2004.
- Italia. Decreto Ministeriale 3 marzo 1975. Approvazione delle norme tecniche per le costruzioni in zonesismiche. *Gazzetta Ufficiale - Supplemento Ordinario* n. 93 dell'8 aprile 1975.
- Italia. Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008. Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni. *Gazzetta Ufficiale* n. 29 del 4 febbraio 2008.
- Italia. Decreto Ministeriale 31 luglio 2012. Approvazione delle Appendici nazionali recanti i parametri tecnici per l'applicazione degli Eurocodici. *Gazzetta Ufficiale - Supplemento Ordinario* n. 21 del 27 marzo 2013.
- Italia. Legge 25 novembre 1962, n. 1684 Provvedimenti per l'edilizia, con particolari prescrizioni per le zone sismiche. *Gazzetta Ufficiale - Supplemento Ordinario* n. 326 del 22 dicembre 1962.
- Italia. Legge 2 febbraio 1974, n. 64. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche. *Gazzetta Ufficiale* n. 76 del 21 marzo 1974.
- Italia. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003. Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. *Gazzetta Ufficiale- Supplemento Ordinario* n. 72 del 8 maggio 2003.
- Italia. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28 aprile 2006. Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone. *Gazzetta Ufficiale* n. 108 dell'11 maggio 2006.

- Italia. Regio Decreto 18 aprile 1909 n. 193, portante norme tecniche ed igieniche obbligatorie per le riparazioni ricostruzioni e nuove costruzioni degli edifici pubblici e privati nei luoghi colpiti dal terremoto del 28 dicembre 1908 e da altri precedenti elencati nel R.D. 15 aprile 1909 e ne designa i Comuni. *Gazzetta Ufficiale* n. 95 del 22 aprile 1909.
- Italia. Regio Decreto 13 marzo 1927, n. 431. *Gazzetta Ufficiale* n. 82 dell'8 maggio 1927.
- Italia. Regio Decreto Legge 25 marzo 1935, n. 640. Nuovo testo delle norme tecniche di edilizia con speciali prescrizioni per le località colpite dai Terremoti. *Gazzetta Ufficiale* n. 120 del 22 maggio 1935.
- Italia. Testo Unico delle leggi sanitarie n. 1265 del 27 luglio 1934. *Gazzetta Ufficiale* n. 130 del 4 agosto 1934.
- Malagutti M. Le costruzioni cimiteriali e la normativa antisismica “tra costruzioni nuove e gestione dell'esistente”. *I Servizi Funerari - Rivista trimestrale tecnico-giuridica per gli operatori del settore funebre e cimiteriale* 2013;1:18-21.
- Narayanan N, Ramamurthy K. Structure and properties of aerated concrete: a review. *Cement & Concrete Composites* 2000; 22(5):321-9.
- Santarsiero A. Problematiche cimiteriali: ruolo ed attività dell'Istituto Superiore di Sanità. *Not Ist Super Sanità* 2003; 16(3):12-15.
- Santarsiero A. Potenzialità dell'impianto di cremazione nell'ambito di una programmazione territoriale e relative problematiche igienico-sanitarie. *Annali di Igiene, Medicina Preventiva e di Comunità* 2005;17(5): 463-75.
- Santarsiero A, Cutilli D, Cappiello G, Minelli L. Environmental and legislative aspects concerning existing cemeteries and new cemeteries planning. *Microchem J* 2000; 67: 141-5.
- UNI 1606. *Mattone pieno nazionale*. Milano: Ente Nazionale per l'Unificazione dell'Industria; 1941.
- UNI 7959. *Edilizia. Pareti perimetrali verticali Analisi dei requisiti*. Milano: Ente Nazionale Italiano di Unificazione; 1988.
- UNI 8942. *Prodotti di laterizio per murature*. Milano: Ente Nazionale Italiano di Unificazione; 1986.
- UNI 8979. *Edilizia. Pareti perimetrali verticali. Analisi degli strati funzionali*. Milano: Ente Nazionale Italiano di Unificazione; 1987.
- UNI EN 771-1. *Specifica per elementi per muratura – parte 1: elementi per muratura di laterizio*. Milano: Ente Nazionale Italiano di Unificazione; 2011.
- Unione Europea. Consiglio della Comunità Europea. Direttiva 89/106/CEE del Consiglio del 21 dicembre 1988 relativa al ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli Stati Membri concernenti i prodotti da costruzione. *Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee* L 040/12 del 11 febbraio 1989.
- Unione Europea. Regolamento (UE) n. 305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio. *Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea* L 88/5 del 4 aprile 2011.

*Stampato da Ugo Quintily SpA
Viale Enrico Ortolani 149/151, 00125 Roma*

Roma, ottobre-dicembre 2013 (n. 4) 6° Suppl.