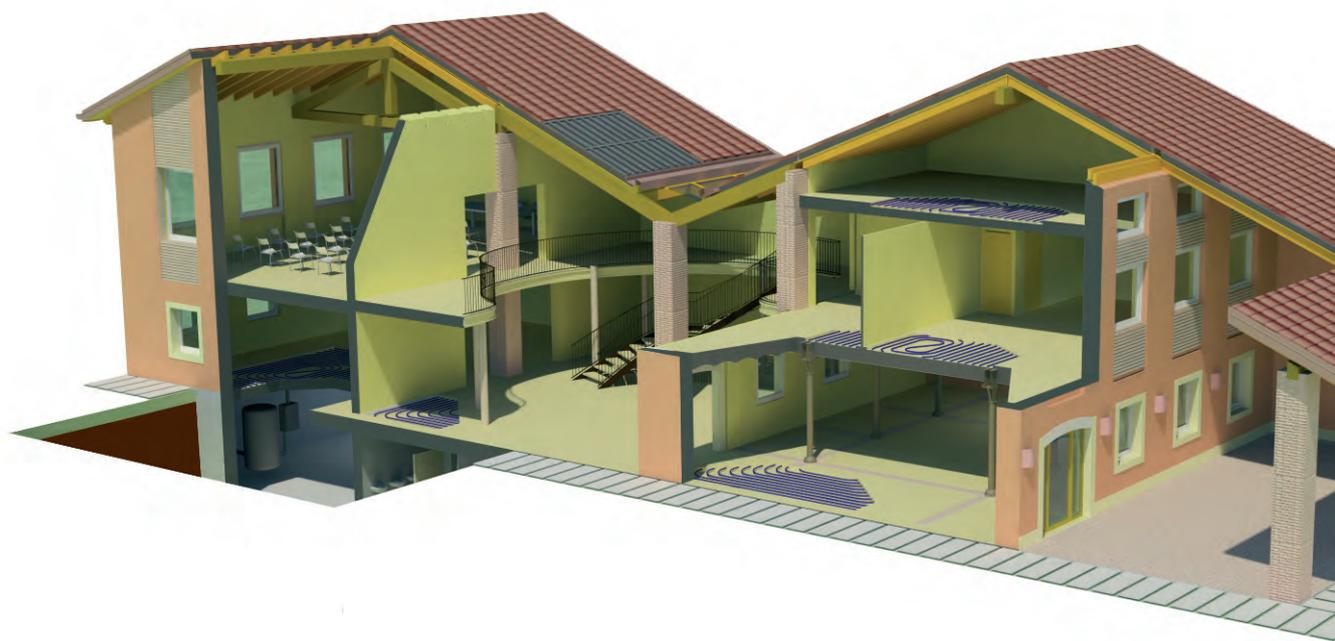


MANUALE TECNICO

L'impiego di laterizi **POROTON**[®] per edifici ad elevate prestazioni





Indice

Premessa	3
CAPITOLO 1 - IL LATERIZIO POROTON®, TIPOLOGIE ED IMPIEGHI	5
Introduzione: il laterizio alleggerito in pasta POROTON®	5
Le tipologie di laterizio POROTON®	6
La muratura portante POROTON® Serie P800	7
La muratura armata POROTON® Serie P800 MA	8
La muratura POROTON® Serie P700	9
La muratura POROTON® Serie P600	10
Le tramezze POROTON®	11
La muratura POROTON® PLAN (Rettificata)	12
La muratura POROTON® Setti Sottili	13
La muratura POROTON® con Isolante Integrato	14
CAPITOLO 2 - LA MARCATURA CE DEGLI ELEMENTI IN LATERIZIO POROTON®	15
Introduzione	15
Nozioni di base sulla marcatura CE degli elementi in laterizio POROTON®	16
I parametri da dichiarare	16
I documenti della marcatura CE	17
Il cartiglio della marcatura CE	17
Dichiarazione di conformità	18
CAPITOLO 3 - IL COMPORTAMENTO STRUTTURALE DELLA MURATURA IN LATERIZIO POROTON®	19
Inquadramento generale	19
Classificazione delle tipologie di blocco e di malta	20
Regole dimensionali e particolari costruttivi per carichi non sismici	22
Regole dimensionali e particolari costruttivi per zone a bassa sismicità	23
Regole dimensionali e particolari costruttivi per progettazione sismica	23
Edificio semplice sottoposto a carichi non sismici: regole e verifica	24
Edificio semplice sottoposto a carichi sismici (zona 2 e 3): regole e verifica	24
La muratura armata	25
Chiave di lettura dei certificati di resistenza meccanica della muratura	27
CAPITOLO 4 - IL COMPORTAMENTO TERMICO DELLE MURATURE IN LATERIZIO POROTON®	30
Introduzione	30
Chiave di lettura per le relazioni di calcolo termico emesse dal CPI	30
Comportamento termico in regime variabile	33
Comportamento igrometrico della muratura	34
La problematica della formazione di condensa interstiziale	34
La problematica della formazione di condensa superficiale	36
Prescrizioni normative	36
Sottosistemi POROTON®: caratteristiche e prestazioni	38
Introduzione	38
Muratura portante monostrato in laterizio POROTON® con cappotto (Sottosistema PMC)	39
Muratura portante pluristrato in laterizio POROTON® (Sottosistema PP)	40
Soluzione 1: Muratura perimetrale con rifodera esterna	40
Soluzione 2: Muratura perimetrale con rifodera interna	41
Muratura di tamponamento monostrato in laterizio POROTON® con cappotto (Sottosistema TMC)	42
Muratura di tamponamento pluristrato in laterizio POROTON® (Sottosistema TP)	43
Soluzione 1: Muratura perimetrale con rifodera esterna	43
Soluzione 2: Muratura perimetrale in doppia tramezza	44
Soluzione 3: Muratura perimetrale con rifodera interna	44

MANUALE TECNICO POROTON® ISOPROJECT

Indice

Muratura ad elevate prestazioni termiche in laterizio POROTON® (Sottosistema ET)	45
Soluzione 1: Muratura perimetrale in POROTON® PLAN (Rettificata)	45
Soluzione 2: Muratura perimetrale in POROTON® Setti Sottili e malta termica	46
Soluzione 3: Muratura perimetrale in POROTON® Setti Sottili, malta termica e termointonaco	46
Soluzione 4a: Muratura perimetrale in POROTON® con Isolante Integrato	47
Soluzione 4b: Muratura perimetrale in POROTON® con Isolante Integrato	47
CAPITOLO 5 - IL COMPORTAMENTO ACUSTICO DELLE MURATURE IN LATERIZIO POROTON®	49
Introduzione	49
Le metodologie di determinazione delle proprietà acustiche	50
Chiave di lettura di un certificato acustico	50
Chiave di lettura di una stima redatta secondo la legge della massa	51
Prestazioni dei sottosistemi POROTON®	52
Sottosistemi POROTON® monostrato	52
Sottosistemi POROTON® pluristrato	53
CAPITOLO 6 - IL CORRETTO UTILIZZO DEL LATERIZIO POROTON®: SUGGERIMENTI PER L'USO	54
Introduzione	54
Valutazione energetica del ponte termico	55
Problemi di condensazione superficiale dei ponti termici	56
Semplici regole per la posa in opera del laterizio POROTON®	57
Semplici regole per la posa in opera del sistema POROTON® PLAN (Rettificato)	57
La muratura portante monostrato POROTON® con cappotto (Sottosistema PMC)	60
I dettagli costruttivi del sottosistema PMC	60
Le prestazioni del sottosistema PMC	61
La muratura portante pluristrato POROTON® (Sottosistema PP)	62
I dettagli costruttivi del sottosistema PP	62
Le prestazioni del sottosistema PP	63
La muratura di tamponamento monostrato POROTON® con cappotto (Sottosistema TMC)	64
I dettagli costruttivi del sottosistema TMC	64
Le prestazioni del sottosistema TMC	65
La muratura di tamponamento pluristrato POROTON® (Sottosistema TP)	66
I dettagli costruttivi del sottosistema TP	66
Le prestazioni del sottosistema TP	67
La muratura ad elevate prestazioni termiche POROTON® (Sottosistema ET)	68
I dettagli costruttivi del sottosistema in muratura POROTON® Setti Sottili con termointonaco	68
Le prestazioni del sottosistema in muratura POROTON® Setti Sottili con termointonaco	69
I dettagli costruttivi e le prestazioni del sottosistema in muratura POROTON® PLAN	70
APPENDICI	
A - REALIZZAZIONI	72
B - QUADRO NORMATIVO VIGENTE	74
Quadro normativo in ambito strutturale	74
Quadro normativo in ambito termico	75
Quadro normativo in ambito acustico	75
B - GLOSSARIO	76
Ambito strutturale	76
Ambito termico	77
Ambito acustico	79

Premessa

Il mercato dell'edilizia sta attraversando da alcuni anni un periodo piuttosto dinamico ed è sottoposto a forti pressioni emotive ed economiche soprattutto da parte dei clienti finali.

La situazione economica molto incerta, determinata anche dalla crescita del costo dell'energia, spinge i committenti ed acquirenti degli immobili a porre particolare attenzione alle caratteristiche prestazionali energetiche delle offerte immobiliari. Si assiste quindi ad un processo evolutivo della capacità del cliente finale a discernere, all'interno delle diverse proposte che il mercato dell'edilizia è in grado di offrire, la soluzione più adatta alle proprie esigenze e capacità economiche.

La sensibilità però non è solamente rivolta all'aspetto energetico, ma anche a quello acustico e della sicurezza strutturale e, più in generale, al comfort abitativo. Di conseguenza anche i tecnici del settore (ingegneri, architetti e geometri) sentono la necessità di aggiornarsi per poter dare al proprio cliente un servizio completo e di alto profilo professionale.

Sulla base di questi presupposti, nasce il presente manuale tecnico, sintesi degli aspetti principali affrontati nel progetto "ISOPROJECT - Case di Valore in Laterizio", finanziato e sostenuto dal Consorzio POROTON® Italia, con lo scopo di fornire indicazioni utili per il corretto utilizzo di un materiale, il laterizio, "vecchio" di nascita, ma "nuovo" nella sua evoluzione tecnica e tecnologica. Il laterizio, infatti, racchiude da sempre molteplici peculiarità e vantaggi quali: la salubrità, la durata nel tempo, la compatibilità ambientale, la sicurezza e buon comportamento strutturale, potenzialità di isolamento termico ed acustico ed altro ancora, aspetti che lo rendono più che mai attuale.

Il Consorzio POROTON® Italia con il progetto di ricerca "ISOPROJECT - Case di Valore in Laterizio" intende proporre e promuovere un "approccio integrato" per l'adozione del laterizio al fine di realizzare sistemi costruttivi completi in grado di "integrare" tutte le funzioni e prestazioni che le normative vigenti richiedono. Si tratta oggi di una condizione imprescindibile al fine di ottenere, come risultato finale del processo costruttivo, edifici realmente efficienti e confortevoli da abitare in tutte le condizioni, senza tuttavia dimenticare l'aspetto economico della soluzione.

Si vuole evidenziare che, la muratura in laterizio è solo uno dei componenti dell'involucro della costruzione, che, insieme alla cura dei dettagli costruttivi, permette di contenere e bilanciare gli scambi termoigrometrici tra ambiente interno ed esterno. D'altro canto, il raggiungimento di prestazioni energetiche ottimali dell'edificio nel suo complesso in fase di utilizzo, dipende dalle caratteristiche dell'involucro ed è subordinato allo studio ed inserimento di una altrettanto importante componente impiantistica.

Edifici realizzati in muratura portante di laterizio (ordinaria od armata) o con pareti di tamponamento "massive" consentono di sfruttare la semplicità costruttiva del metodo e l'elevata prestazione termica ed acustica del materiale,

garantendo comfort abitativi di alto livello. La massa del sistema infatti, oltre ad accrescere le prestazioni acustiche, offre contemporaneamente notevoli vantaggi per il risparmio energetico grazie alle elevate doti di attenuazione e sfasamento che permettono di ridurre l'impiego di impianti di condizionamento nel periodo estivo e di ottimizzare il funzionamento di quelli di riscaldamento nel periodo invernale. Si tratta di aspetti fondamentali (anche se talvolta trascurati) essendo ormai noto che il fabbisogno energetico complessivo per il raffrescamento è, in molte zone climatiche dell'Italia, superiore a quello per il riscaldamento nel periodo invernale.

Partendo quindi da una illustrazione tecnica dei diversi prodotti POROTON® per muratura, catalogati per tipologia e campo di impiego (Capitolo 1 e Capitolo 2), il manuale vuole guidare il tecnico ad un loro corretto utilizzo nel rispetto delle normative vigenti, guidandolo nella scelta della soluzione di parete più idonea in relazione agli obiettivi prestazionali prefissati.

Il comportamento strutturale, termico ed acustico della muratura in laterizio POROTON® viene trattato nello specifico (Capitolo 3, Capitolo 4 e Capitolo 5), illustrando le prestazioni del prodotto contestualizzato all'interno dell'edificio, ovvero inserendolo come elemento costituente un sottosistema di prestazione definita.

Vengono in tal senso illustrati differenti sistemi costruttivi studiati ed applicati nel corso del progetto, dalla muratura monostrato con rivestimento a cappotto, al tamponamento pluristrato con intercapedine isolata, fino a sistemi di muratura realizzati con innovativi prodotti POROTON® ad elevate prestazioni termiche, eventualmente completati con intonaco termoisolante.

Nei sottosistemi murari infatti, l'abbinamento delle soluzioni POROTON® con altri materiali isolanti consente di ottimizzare ed adattare il pacchetto costruttivo alle esigenze climatiche della zona nella quale l'edificio è progettato e collocato, a parità di prestazione strutturale ed acustica.

Per ogni sistema costruttivo vengono illustrati ed analizzati i principali dettagli che lo caratterizzano (Capitolo 6), per consentire al professionista un confronto tra i sistemi di muratura proposti, anche sulla base del tipo di dettaglio costruttivo che viene richiesto in fase esecutiva, evitando errori d'impiego o posa che potrebbero compromettere il raggiungimento delle prestazioni attese.

Il progetto POROTON® - "ISOPROJECT - Case di Valore in Laterizio" pone quindi particolare importanza anche al dettaglio ed alla verifica puntuale, sia progettuale che esecutiva, della prestazione globale della struttura edilizia. Costruire "bene", infatti, non vuol dire utilizzare materiali costosi o sovradimensionare le prestazioni termiche delle chiusure opache, ma sfruttare sapientemente le capacità intrinseche dei singoli materiali adottandoli laddove strettamente necessari e nella misura necessaria.

In conclusione, si auspica che la consultazione attenta di questo manuale tecnico consenta al progettista di eseguire correttamente un edificio in laterizio POROTON®, performante sotto tutti gli aspetti, ma vantaggioso dal punto di vista economico e confortevole per chi lo abiterà.

1



CAPITOLO

TIPOLOGIE

IL LATERIZIO POROTON®: TIPOLOGIE ED IMPIEGHI

Introduzione: il laterizio alleggerito in pasta POROTON®

Una serie di ricerche svolte a partire dai primi anni '70, ha dimostrato come vi sia una correlazione tra la densità dell'argilla e la sua conducibilità termica: minore è il peso specifico dell'argilla, maggiore è la sua capacità di opporre resistenza al passaggio del calore. Partendo da questa evidenza sperimentale, sono stati prodotti elementi in laterizio alleggeriti in pasta: prima della fase di formatura, l'impasto di argilla viene additivato con materiali alleggerenti, che durante la fase di cottura dell'elemento bruciano, lasciando una porosità interna con conseguente diminuzione del peso dell'argilla. Solo le aziende aderenti al Consorzio POROTON® Italia commercializzano laterizi porizzati con il marchio POROTON®, il Termolaterizio®.

Nel corso degli anni il mondo dell'edilizia è cambiato in modo significativo: le normative di settore hanno modificato sensibilmente il modo di costruire, introducendo concetti nuovi come, per citare i più recenti, certificazione energetica o certificazione acustica. Con esse sono cambiati i materiali da costruzione, che si sono lentamente adattati alle nuove prescrizioni.

Il laterizio POROTON® in questi anni ha cambiato pelle, modificandosi nella forma e nella sostanza, in modo tale da fornire prodotti conformi alle nuove richieste prestazionali. In particolare possiamo citare:

- **alleggerimento dell'impasto:** se l'alleggerente per definizione rimane tutt'ora il polistirolo, la porizzazione è anche ottenibile utilizzando altri dimagranti e/o alleggerenti, di natura organica e non, quali farina di legno e farina di cellulosa;



- **sviluppo di tipologie di prodotti innovativi:** nel corso degli anni sono cambiati gli spessori della muratura, la disposizione delle camere interne, diversificando linee di prodotti in funzione delle prestazioni da ottenere. Possiamo citare, ad esempio, i blocchi a setti sottili, i blocchi rettificati, i blocchi riempiti con materiale isolante o i blocchi ad elevate prestazioni acustiche;
- **sviluppo di sistemi costruttivi:** è dal 1984 che il Consorzio POROTON® Italia promuove il sistema costruttivo della muratura armata, una tipologia di muratura in grado di offrire prestazioni meccaniche eccellenti a fronte di costi di costruzione inferiori rispetto a sistemi tradizionali di analoga prestazione strutturale (sistemi a telaio). Da alcuni anni viene proposto il sistema costruttivo in blocchi rettificati, che permette di soddisfare le sempre maggiori richieste di isolamento termico.

Gli elementi alleggeriti in pasta POROTON® permettono di garantire, oltre ad un ottimo livello di isolamento termico durante la stagione invernale, un elevato comfort abitativo, anche nel periodo estivo. L'inerzia termica delle strutture in muratura POROTON®, se debitamente dimensionata, permette una riduzione sostanziale dei costi di raffrescamento estivi, rallentando sensibilmente il fenomeno del surriscaldamento dovuto all'irraggiamento solare.

Le tipologie di laterizio POROTON®

Il marchio POROTON® è da sempre, nel settore dell'edilizia, sinonimo di materiale ad elevate prestazioni termiche. Ma oltre a questa caratteristica, il marchio

POROTON® è anche sinonimo di qualità di prodotto: tutte le linee produttive commercializzate sono sottoposte a severi controlli, svolti regolarmente dal personale qualificato del Consorzio POROTON® Italia, che impone l'osservanza di rigorosi standard qualitativi.

Tutte le tipologie di laterizio POROTON® sono state sviluppate per essere posate con i fori orientati verticalmente. È inoltre necessario individuare il marchio POROTON® su buona parte dei prodotti presenti all'interno di un pacco, per avere la certezza che il materiale acquistato sia effettivamente POROTON® e non di tipologie similari.

Il Consorzio POROTON® Italia si contraddistingue per il supporto tecnico fornito alle aziende associate ed alla loro clientela. Tutti i prodotti marchiati POROTON® sono caratterizzati da una serie di certificati che ne attestano le proprietà meccaniche, termiche, acustiche e di comportamento al fuoco estremamente dettagliati e precisi, facilmente reperibili attraverso reti commerciali, siti internet o richiedendoli direttamente al produttore.

In generale i blocchi POROTON® si possono distinguere nelle seguenti serie:

- POROTON® Serie P800
- POROTON® Serie P800 MA
- POROTON® Serie P700
- POROTON® Serie P600
- TRAMEZZE POROTON®
- POROTON® PLAN (Rettificati)
- POROTON® Setti Sottili
- POROTON® con Isolante Integrato

I blocchi POROTON® Setti Sottili sono prodotti anche nella versione rettificata PLAN. I blocchi POROTON® con Isolante Integrato sono denominati commercialmente con i marchi Normablok® e Thermokappa™.

Il processo di rettifica, permette di realizzare murature con giunti di malta sottile, riducendo sensibilmente tempi e costi di posa in cantiere.

Per quanto riguarda i prodotti con isolante integrato, essi presentano prestazioni termiche migliori rispetto ai prodotti tradizionali, in virtù della elevata resistenza alla trasmissione del calore sia del laterizio POROTON®, che dell'isolante leggero inserito nella foratura dell'elemento.

La muratura
POROTON® Serie
P800

Caratteristiche geometrico - fisiche	
Elementi in laterizio disponibili nelle tipologie liscio ed incastro. I setti sono disposti parallelamente al piano del muro, continui e rettilinei. Elementi da porre in opera a fori verticali	
Range di spessori in produzione	20÷45 cm
Classificazione del blocco (D.M. 14/01/2008)	Sempieno
Peso specifico apparente del blocco	800÷860 kg/m ³
Percentuale di foratura	$\varphi \leq 45\%$
Caratteristiche meccaniche dell'elemento	
Resistenza caratteristica in direzione dei carichi verticali f_{bk}	> 8,0 N/mm ²
Resistenza caratteristica in direzione ortogonale \bar{f}_{bk} ai carichi verticali e nel piano del muro	> 1,5 N/mm ²
Caratteristiche meccaniche della muratura	
Resistenza caratteristica a compressione f_k	> 5,0 N/mm ²
Resistenza caratteristica a taglio f_{vk0}	> 0,2 N/mm ²
Modulo di elasticità longitudinale E	~ 5000 N/mm ²
Modulo di elasticità tangenziale G	~ 2000 N/mm ²
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di murature portanti (spessore minimo 20 cm zona 4, spessore minimo 24 cm zone 3, 2, 1)	
Caratteristiche termiche ed igrometriche della muratura	
Conducibilità termica equivalente λ	0,16÷0,23 W/mK
Calore specifico medio equivalente della parete c_p	1000 J/kgK
Permeabilità al vapore δ	20x10 ⁻¹² kg/msPa
Resistenza al vapore μ	10 adim
Coefficiente di dilatazione termica α	~ 5x10 ⁻⁶ m/m°C
Dilatazione per umidità	~ 300 μ m/m
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di murature perimetrali esterne ad elevate prestazioni termiche in regime invernale ed estivo	
Comportamento al fuoco della parete	
Resistenza al fuoco REI	240 minuti
Classe di reazione al fuoco	Euroclasse A1
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di pareti tagliafuoco divisorie e portanti per cantine, garage e vani caldaia	
Comportamento acustico della parete	
Prestazione determinata in funzione dello spessore della parete R_w	48÷56 dB
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di murature perimetrali e divisori tra unità abitative adiacenti	

Caratteristiche geometrico - fisiche	
Elementi in laterizio disponibili nella geometria ad H o Brite. I setti sono disposti parallelamente al piano del muro, continui e rettilinei. Elementi da porre in opera a fori verticali	
Range di spessori in produzione	25÷40 cm
Classificazione del blocco (D.M. 14/01/2008)	Semipieno
Peso specifico apparente del blocco	800÷860 kg/m ³
Percentuale di foratura	$\varphi \leq 45\%$
Caratteristiche meccaniche dell'elemento	
Resistenza caratteristica in direzione dei carichi verticali f_{bk}	$> 8,0 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica in direzione ortogonale \bar{f}_{bk} ai carichi verticali e nel piano del muro	$> 1,5 \text{ N/mm}^2$
Caratteristiche meccaniche della muratura	
Resistenza caratteristica a compressione f_k	$> 5,0 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica a taglio f_{vk0}	$> 0,2 \text{ N/mm}^2$
Modulo di elasticità longitudinale E	$\sim 5000 \text{ N/mm}^2$
Modulo di elasticità tangenziale G	$\sim 2000 \text{ N/mm}^2$
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di murature portanti armate (spessore minimo 24 cm)	
Caratteristiche termiche ed igrometriche della muratura	
Conducibilità termica equivalente λ	0,18÷0,23 W/mK
Calore specifico medio equivalente della parete c_p	1000 J/kgK
Permeabilità al vapore δ	$20 \times 10^{-12} \text{ kg/msPa}$
Resistenza al vapore μ	10 adim
Coefficiente di dilatazione termica α	$\sim 5 \times 10^{-6} \text{ m/m}^\circ\text{C}$
Dilatazione per umidità	$\sim 300 \mu\text{m/m}$
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di murature perimetrali esterne ad elevate prestazioni termiche in regime estivo	
Comportamento al fuoco della parete	
Resistenza al fuoco REI	240 minuti
Classe di reazione al fuoco	Euroclasse A1
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di pareti tagliafuoco divisorie e portanti per cantine, garage e vani caldaia	
Comportamento acustico della parete	
Prestazione determinata in funzione dello spessore della parete R_w	48÷56 dB
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di murature perimetrali e divisori tra unità abitative adiacenti	

La muratura
POROTON® Serie
P700

Caratteristiche geometrico - fisiche	
Elementi in laterizio disponibili nelle tipologie liscio ed incastro. Elementi da porre in opera a fori verticali	
Range di spessori in produzione	15÷45 cm
Classificazione del blocco (D.M. 14/01/2008)	Forato
Peso specifico apparente del blocco	700÷760 kg/m ³
Percentuale di foratura	45% < φ ≤ 55%
Caratteristiche meccaniche dell'elemento	
Resistenza caratteristica in direzione dei carichi verticali f_{bk}	> 5,0 N/mm ²
Resistenza caratteristica in direzione ortogonale \bar{f}_{bk} ai carichi verticali e nel piano del muro	> 1,0 N/mm ²
Caratteristiche meccaniche della muratura	
Resistenza caratteristica a compressione f_k	> 3,0 N/mm ²
Resistenza caratteristica a taglio f_{vk0}	> 0,1 N/mm ²
Modulo di elasticità longitudinale E	~ 3000 N/mm ²
Modulo di elasticità tangenziale G	~ 1200 N/mm ²
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di murature portanti, per zone a sismicità molto bassa (zona 4), o per murature di tamponamento (zona 4, 3, 2, 1)	
Caratteristiche termiche ed igometriche della muratura	
Conducibilità termica equivalente λ	0,14÷0,23 W/mK
Calore specifico medio equivalente della parete c_p	1000 J/kgK
Permeabilità al vapore δ	20x10 ⁻¹² kg/msPa
Resistenza al vapore μ	10 adim
Coefficiente di dilatazione termica α	~ 5x10 ⁻⁶ m/m°C
Dilatazione per umidità	~ 300 μ m/m
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di murature perimetrali esterne ad elevate prestazioni termiche in regime invernale ed estivo	
Comportamento al fuoco della parete	
Resistenza al fuoco REI	≥ 180 minuti
Classe di reazione al fuoco	Euroclasse A1
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di pareti che sottoposte a carico d'incendio mantengono elevata stabilità meccanica, tenuta a fiamme, vapori e gas caldi ed isolamento termico	
Comportamento acustico della parete	
Prestazione determinata in funzione dello spessore della parete R_w	44÷54 dB
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di murature perimetrali	

Caratteristiche geometrico - fisiche	
Elementi in laterizio disponibili nelle tipologie liscio ed incastro da porre in opera a fori verticali	
Range di spessori in produzione	20÷38 cm
Classificazione del blocco (D.M. 14/01/2008)	Non portante
Peso specifico apparente del blocco	600÷660 kg/m ³
Percentuale di foratura	55% < φ ≤ 65%
Caratteristiche meccaniche della muratura	
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di murature di tamponamento	
Caratteristiche termiche ed igrometriche della muratura	
Conducibilità termica equivalente λ	0,13÷0,21 W/mK
Calore specifico medio equivalente della parete c _p	1000 J/kgK
Permeabilità al vapore δ	20x10 ⁻¹² kg/msPa
Resistenza al vapore μ	10 adim
Coefficiente di dilatazione termica α	~ 5x10 ⁻⁶ m/m°C
Dilatazione per umidità	~ 300 μm/m
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di murature perimetrali esterne ad elevate prestazioni termiche in regime invernale ed estivo	
Comportamento al fuoco della parete	
Resistenza al fuoco EI	≥ 180 minuti
Classe di reazione al fuoco	Euroclasse A1
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di pareti che sottoposte a carico d'incendio mantengono elevata tenuta alla permeabilità a fiamme, vapori e gas caldi ed isolamento termico	
Comportamento acustico della parete	
Prestazione determinata in funzione dello spessore della parete R _w	46÷52 dB
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di murature perimetrali	

**Le tramezze
POROTON® (nor-
mali e rettificate)**

Caratteristiche geometrico - fisiche	
Elementi in laterizio disponibili nella tipologia ad incastro da porre in opera a fori verticali; possono essere normali o rettificate.	
Range di spessori in produzione	8÷20 cm
Classificazione del blocco (D.M. 14/01/2008)	Semipieno - Forato
Peso specifico apparente del blocco	700÷850 kg/m ³
Percentuale di foratura	45% ≤ φ ≤ 55%
Caratteristiche meccaniche della muratura	
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di murature di tamponamento	
Caratteristiche termiche ed igrometriche della muratura	
Conducibilità termica equivalente λ	0,20÷0,24 W/mK [1] 0,18÷0,22 W/mK [2]
Calore specifico medio equivalente della parete c _p	1000 J/kgK
Permeabilità al vapore δ	20x10 ⁻¹² kg/msPa
Resistenza al vapore μ	10 adim
Coefficiente di dilatazione termica α	~ 5x10 ⁻⁶ m/m°C
Dilatazione per umidità	~ 300 μm/m
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di pareti perimetrali come elementi di completamento (rifodere) o elementi principali nel caso di doppie pareti	
Comportamento al fuoco della parete	
Resistenza al fuoco EI	≥ 120 minuti
Classe di reazione al fuoco	Euroclasse A1
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di pareti che sottoposte a carico d'incendio mantengono elevata tenuta a fiamme, vapori e gas caldi ed isolamento termico	
Comportamento acustico della parete	
Prestazione determinata in funzione dello spessore della parete (strato singolo) R _w	37÷46 dB
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di elementi divisorii interni della medesima unità abitativa ed idonei alla realizzazione di doppie pareti utilizzate come divisorii tra unità abitative adiacenti	

Note

[1] Tramezze normali

[2] Tramezze rettificate

La muratura POROTON® PLAN (Rettificata)

Prodotti ottenuti sottoponendo i blocchi POROTON® ad un processo meccanizzato di rettifica che, con alta precisione e ristrettissima tolleranza, rende le facce di posa piane e parallele.

Grazie a questa precisione dimensionale, la posa degli elementi viene effettuata non più con uno strato di malta tradizionale ma con uno strato di malta/colla cementizia con elevate prestazioni termiche dello spessore di 1-2 mm. Alcuni dei vantaggi offerti dall'impiego

di blocchi POROTON® PLAN sono i seguenti:

- miglioramento dell'isolamento termico della muratura grazie all'eliminazione dei ponti termici rappresentati dai giunti di malta;
- rapidità di posa;
- riduzione dei costi del legante (consumo di malta/colla estremamente contenuto ed eliminazione dal cantiere di spazi ed attrezzature per la produzione della malta tradizionale);
- pulizia del cantiere;
- buone prestazioni meccaniche della muratura.

La muratura POROTON® PLAN (Rettificata)

Caratteristiche geometrico - fisiche	
Elementi in laterizio disponibili nella tipologia ad incastro. Elementi da porre in opera a fori verticali e giunto sottile di malta/colla. Tipologia di elementi atta alla realizzazione di murature ad elevate prestazioni termiche, sia portanti che di tamponamento	
Range di spessori in produzione	25÷45 cm
Caratteristiche meccaniche dell'elemento e della muratura	
Vedi schede Serie P800, Serie P700, Serie P600	
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di murature portanti o di tamponamento. Verificare le caratteristiche meccaniche riportate sulle schede tecniche di ogni prodotto, fornite dalle aziende associate, per garantire il corretto utilizzo	
Caratteristiche termiche ed igrometriche della muratura	
Conducibilità termica equivalente λ	0,11÷0,16 W/mK
Calore specifico medio equivalente della parete c_p	1000 J/kgK
Permeabilità al vapore δ	20x10 ⁻¹² kg/msPa
Resistenza al vapore μ	10 adim
Coefficiente di dilatazione termica α	~ 5x10 ⁻⁶ m/m°C
Dilatazione per umidità	~ 300 μ m/m
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di murature perimetrali esterne ad elevate prestazioni termiche in regime invernale ed estivo	
Comportamento al fuoco della parete	
Resistenza al fuoco EI	≥ 180 minuti
Classe di reazione al fuoco	Euroclasse A1
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di pareti che sottoposte a carico d'incendio mantengono elevata tenuta alla permeabilità a fiamme, vapori e gas caldi ed isolamento termico	
Comportamento acustico della parete	
Prestazione determinata in funzione dello spessore della parete R_w	48÷52 dB
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di murature perimetrali	

La muratura
POROTON® Setti
Sottili

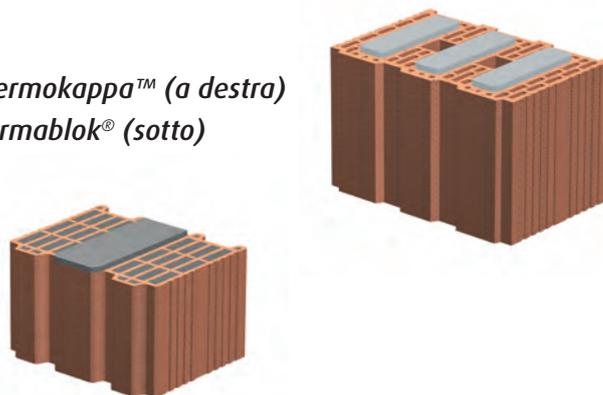
Caratteristiche geometrico - fisiche	
Elementi in laterizio disponibili nelle tipologie liscio ed incastro. Elementi da porre in opera a fori verticali. Tipologia di elementi atta alla realizzazione di murature ad elevate prestazioni termiche, sia portanti che di tamponamento	
Range di spessori in produzione	30÷45 cm
Caratteristiche meccaniche dell'elemento e della muratura	
Vedi schede Serie P800, Serie P700, Serie P600	
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di murature portanti o di tamponamento. Verificare le caratteristiche meccaniche riportate sulle schede tecniche di ogni prodotto, fornite dalle aziende associate, per garantire il corretto utilizzo	
Caratteristiche termiche ed igrometriche della muratura	
Conducibilità termica equivalente λ	0,11÷0,13 W/mK
Calore specifico medio equivalente della parete c_p	1000 J/kgK
Permeabilità al vapore δ	20x10 ⁻¹² kg/msPa
Resistenza al vapore μ	10 adim
Coefficiente di dilatazione termica α	~ 5x10 ⁻⁶ m/m°C
Dilatazione per umidità	~ 300 μ m/m
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di murature perimetrali esterne ad elevate prestazioni termiche in regime invernale ed estivo	
Comportamento al fuoco della parete	
Resistenza al fuoco EI	≥ 180 minuti
Classe di reazione al fuoco	Euroclasse A1
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di pareti che sottoposte a carico d'incendio mantengono elevata tenuta alla permeabilità a fiamme, vapori e gas caldi ed isolamento termico	
Comportamento acustico della parete	
Prestazione determinata in funzione dello spessore della parete R_w	48÷52 dB
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di murature perimetrali	

La muratura POROTON® con Isolante Integrato

Blocchi per murature monostrato che vengono successivamente completati riempiendo (parzialmente o totalmente) i fori presenti con materiale isolante (per esempio polistirene caricato con grafite); essi permettono di ottenere prestazioni termiche molto elevate anche con spessori contenuti della muratura.

Commercialmente tali prodotti vengono identificati con i marchi NORMABLOK® PIÙ, THERMOKAPPA™.

*Thermokappa™ (a destra)
Normablok® (sotto)*



La muratura POROTON® in blocchi con Isolante Integrato

Caratteristiche geometrico - fisiche	
Elementi in laterizio totalmente o parzialmente riempiti con materiale isolante. Elementi da porre in opera a fori verticali. Tipologia di elementi atta alla realizzazione di murature ad elevate prestazioni termiche, sia portanti che di tamponamento	
Range di spessori in produzione	24÷40 cm
Caratteristiche meccaniche dell'elemento e della muratura	
Vedi schede Serie P800, Serie P700, Serie P600	
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di murature portanti o di tamponamento. Verificare le caratteristiche meccaniche riportate sulle schede tecniche di ogni prodotto, fornite dalle aziende associate, per garantire il corretto utilizzo	
Caratteristiche termiche ed igrometriche della muratura	
Conducibilità termica equivalente λ	0,08÷0,10 W/mK
Calore specifico medio equivalente della parete c_p	1000 J/kgK
Permeabilità al vapore δ	20×10^{-12} kg/msPa
Resistenza al vapore μ	10 adim
Coefficiente di dilatazione termica α	$\sim 5 \times 10^{-6}$ m/m°C
Dilatazione per umidità	~ 300 μ m/m
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di murature perimetrali esterne ad elevate prestazioni termiche in regime invernale ed estivo	
Comportamento al fuoco della parete	
Resistenza al fuoco EI	180 minuti
Classe di reazione al fuoco	Euroclasse A1
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di pareti che sottoposte a carico d'incendio mantengono elevata tenuta alla permeabilità a fiamme, vapori e gas caldi ed isolamento termico	
Comportamento acustico della parete	
Prestazione determinata in funzione dello spessore della parete R_w	48÷53 dB
Campi d'impiego: elementi in laterizio idonei alla realizzazione di murature perimetrali	

2

CAPITOLO

MARCATURA CE

LA MARCATURA CE DEGLI ELEMENTI IN LATERIZIO POROTON®

Introduzione

La direttiva 89/106/CE è lo strumento adottato dalla comunità Europea per garantire la libera circolazione dei prodotti da costruzione all'interno dell'unione europea. Essa prevede 6 requisiti essenziali che i prodotti devono garantire:

- resistenza meccanica
- sicurezza in caso d'incendio
- igiene, salute, ambiente
- sicurezza nell'impiego
- protezione contro il rumore
- risparmio energetico

I prodotti sono ritenuti idonei quando il loro impiego consente all'opera di soddisfare i requisiti essenziali prima richiamati. I prodotti che recano il marchio CE si presumono idonei all'impiego previsto. La marcatura CE non è un marchio di qualità e quindi non presuppone il raggiungimento di requisiti o prestazioni minime. La norma armonizzata di prodotto per gli elementi per murature in laterizio è la UNI EN 771-1. Essa specifica le caratteristiche ed i requisiti da dichiarare per elementi per muratura in laterizio in relazione al loro utilizzo. Definisce le prestazioni relative, per esempio, alle tolleranze dimensionali, alla resistenza meccanica, alla massa volumica, ecc., misurate secondo i criteri di prova stabiliti dalle norme europee EN di riferimento. Questo permette di confrontare con criteri omogenei i prodotti.

Nozioni di base sulla marcatura CE degli elementi in laterizio POROTON®

La marcatura CE degli elementi in laterizio, normata come precedentemente evidenziato dalla UNI EN 771-1, prevede tre step di lavoro:

1. caratterizzazione dei prodotti mediante le prove iniziali di tipo: vengono determinati tutti i requisiti previsti dalla norma e preparati i documenti necessari, quali il cartiglio e la dichiarazione di conformità;
2. impostazione di un controllo periodico del prodotto, da svolgersi tramite un laboratorio interno o tramite laboratorio esterno;
3. impostazione di un controllo del processo produttivo, che preveda sia un coinvolgimento degli operatori del processo, sia una manutenzione coordinata che garantisca l'affidabilità del processo stesso.

Il produttore può seguire due sistemi di attestazione della conformità (SAC, definiti dalle sigle 2+ o 4): per il sistema 2+, un ente terzo notificato esterno esegue una verifica annuale del rispetto della procedura di controllo di produzione in fabbrica adottato dal produttore; per il sistema 4, il responsabile unico è il produttore, che dichiara il rispetto della metodologia di controllo di processo e di prodotto adottati.

Sono definite due categorie in cui possono essere classificati i prodotti per muratura:

Categoria I: per tale categoria è obbligatorio operare un SAC di tipo 2+. Elementi di categoria I hanno una resistenza a compressione dichiarata con probabilità di insuccesso nel raggiungerla non maggiore del 5%.

Categoria II: elementi di categoria II non presentano lo stesso livello di confidenza degli elementi della categoria I. In tal caso è sufficiente un SAC di tipo 4.

In pratica, la differenza tra elementi di Categoria I o II a livello normativo si limita al coefficiente di sicurezza da adottare ai fini delle verifiche a carichi verticali di strutture in muratura portante (vedi D.M. 14/01/2008). Nessuna differenza sussiste ai fini delle verifiche alle azioni sismiche.

I prodotti, a prescindere dal SAC e dalla categoria di appartenenza, sono ulteriormente classificati in:

Elementi LD: massa volumica a secco lorda fino a 1000 kg/m³ destinati all'impiego in muratura protetta.

Elementi HD: utilizzo in muratura non protetta ed elementi con massa volumica a secco lorda maggiore di 1000 kg/m³ per utilizzo in muratura protetta.

Tutti i prodotti POROTON® sono classificati LD.

I parametri da dichiarare

Dimensioni: si intendono le dimensioni nominali, espresse in mm. Le misure vanno riportate nel seguente ordine: lunghezza, spessore, altezza.

N.B.: Per i blocchi a incastro si dichiara la dimensione netta (misura in opera: dal fondo alla testa degli incastri); nel caso di blocchi con incavi si dichiara la misura lorda (misura in opera ad esempio di blocchi a C o ad H).

Categoria di tolleranza (dimensionale): la tolleranza va riferita alle dimensioni nominali dichiarate; la UNI EN 771-1 prevede le seguenti categorie alternative.

- T₁, corrispondente all'incirca alle tolleranze già previste dalla ex UNI 8942;
- T₂, più restrittiva di T₁;
- T_m, categoria da quantificare da parte del produttore, può essere più o meno restrittiva delle altre;
- T₁₊, T₂₊, riferite agli elementi rettificati.

Categoria di intervallo dimensionale: indica la massima differenza rilevabile per ogni misura reale sul singolo elemento (differenza tra massima misura e minima misura). La UNI EN 771-1 prevede le seguenti categorie:

- R1;
- R2, più restrittiva di R1;
- R_m, categoria da quantificare da parte del produttore, può essere più o meno restrittiva delle altre;
- R1+, R2+, riferite agli elementi rettificati.

Planarità e parallelismo: parametri richiesti per blocchi rettificati.

Resistenza a compressione: da dichiarare la resistenza a compressione nel senso dei fori ed in senso ortogonale ai fori nel piano del muro. Normalmente vengono indicati valori medi di resistenza a compressione.

Reazione al fuoco: i prodotti sono classificati di Euroclasse A1 senza obbligo di prova.

Coefficiente di diffusione del vapore d'acqua (permeabilità al vapore): parametro da dichiarare per tutti i prodotti (riferimento UNI EN 1745).

Isolamento acustico dal rumore aereo: vanno dichiarati i seguenti parametri:

- **Massa volumica a secco lorda e tolleranza** sulla massa volumica lorda (sono previste le tolleranze $D_1 = \max 10\%$, $D_2 = \max 5\%$, D_m da definire da parte del produttore, può essere più o meno restrittiva delle altre categorie);
- **Configurazione:** la norma prevede di dichiarare i parametri geometrici rilevanti del prodotto (percentuale di foratura, spessori cartelle esterne e setti interni, numero fori di presa, area fori di presa, cavità, rientranze,

ecc.); si adottano solitamente due modalità alternative, o utilizzando un disegno dell'elemento o un elenco scritto (tabella) dei parametri sopra citati.

Conducibilità termica equivalente: in relazione all'entrata in vigore della marcatura CE ed alla abrogazione, con il D.Lgs. 192, del decreto di recepimento della norma UNI 10355, i valori di conducibilità termica sono da valutare in relazione alla norma armonizzata di riferimento (UNI EN 1745).

I documenti della marcatura CE

La norma armonizzata di prodotto UNI EN 771-1 obbliga il produttore a predisporre due documenti distinti, il cartiglio della marcatura CE e la dichiarazione di conformità.

Il cartiglio della marcatura CE

CE	
NOME E INDIRIZZO DEL PRODUTTORE	
2010	
EN 771-1	
Categoria II, LD, 248-298-191 Elemento in laterizio per muratura	
Codice prodotto XYZ	
Dimensioni (lunghezza, larghezza, altezza)	248 - 298 - 191 mm
Tolleranze dimensionali:	
Categoria di tolleranza	T1
Categoria di intervallo dimensionale	R1
Planarità	NPD
Parallelismo	NPD
Configurazione:	Vedi tabella allegata
Resistenza a compressione media:	Il 12.00 N/mm ²
(Categoria II)	± 2.50 N/mm ²
Stabilità dimensionale, dilatazione all'umidità:	NPD
Forza di adesione:	0.15
Contenuto di sali solubili attivi:	S0
Reazione al fuoco:	A1
Assorbimento d'acqua:	Da non lasciare esposto all'acqua
	10
Coefficiente di diffusione del vapore acqueo:	
Isolamento acustico dai rumori aerei:	
Massa volumica lorda	840 Kg/m ³
Categoria di tolleranza	D1
Configurazione:	Come sopra
Conducibilità termica equivalente:	0.17 W/mK
Durabilità gelo - disgelo:	F0
Sostanze pericolose:	Non richiesto da norme specifiche
POROTON	
Tabella Configurazione	
Percentuale foratura:	45%
Spess. pareti esterne:	10 mm
Spess. setti interni:	7.0 mm
Numero fori presa:	2
Area max. foro di presa:	35 cm ²
Area max. foro normale:	9 cm ²

Riquadro relativo ai dati del produttore del materiale.
Si evidenzia anche l'anno di apposizione della marcatura CE

Zona relativa alla dichiarazione delle caratteristiche del prodotto.
La dicitura N.P.D. è l'acronimo di Nessuna Prestazione Determinata. Tale dicitura viene utilizzata per quelle caratteristiche che non sono significative per il prodotto preso in esame. Si può citare ad esempio la presenza di N.P.D. nella voce "stabilità dimensionale", non essendo caratteristiche esplicitamente richieste da alcuna normativa vigente in Italia

La tabella della configurazione contiene i riferimenti alle caratteristiche geometriche dell'elemento

Dichiarazione di conformità

Dichiarazione di Conformità CE **POROTON® XYZ**

Logo Produttore	Ragione Sociale Via INDIRIZZO Tel. Fax Sito Web: E-Mail:
-----------------	--

Codice identificativo del prodotto:
XYZ

Denominazione commerciale del prodotto:
POROTON® XYZ

1. INFORMAZIONI ANAGRAFICHE DEL FABBRICANTE

Ragione Sociale:
 Indirizzo:
 Codice Fiscale / Partita IVA
 Telefono:
 Fax:
 Sito Web:
 Indirizzo di posta elettronica:
 Luogo di produzione:

2. INFORMAZIONI DESCRITTIVE DEL PRODOTTO

TIPOLOGIA DI BLOCCO: Blocco in laterizio alleggerito in pasta semipieno
IDENTIFICAZIONE (Codice Prodotto): XYZ
UTILIZZO (Impiego Prevalente): Il prodotto è indicato per l'impiego prevalente nella realizzazione di murature portanti, anche in zona sismica, con spessore di 300 mm, in murature protette. Esso presenta caratteristiche fisico-geometriche conformi ai requisiti degli elementi in laterizio per muratura portante in zona sismica previsti dalle norme tecniche vigenti (D.M. 14/01/2008). Il prodotto può altresì essere impiegato come elemento per murature di tamponamento, per realizzare murature tagliafuoco, termicamente isolanti o per l'isolamento acustico tra ambienti.

3. INFORMAZIONI CHE ACCOMPAGNANO LA MARCATURA CE DEL PRODOTTO

Categoria:	II	
Gruppo:	LD	
Dimensioni:	250 x 300 x 190	mm
Categoria di Tolleranza Dimensionale:	Tm 10	
Categoria di Intervallo Dimensionale (Campo):	R1	
Planarità:	NPD	
Parallelismo:	NPD	

CONFIGURAZIONE:

Percentuale di foratura:	45%	
Spessore Setti Interni:	7	mm
Spessore Pareti Esterne:	10	mm
N° max Fori Presa:	2	
Area max Foro Presa:	3500	mm ²
Area max Foro Normale:	1200	mm ²
Resistenza a compressione in direzione dei carichi verticali:	10	N/mm ²
Resistenza a compressione in direzione ortogonale ai carichi verticali nel piano del muro:	2,2	N/mm ²
Stabilità dimensionale (dilatazione all'umidità):	NPD	mm/m
Forza di adesione:	0,15	N/mm ²
Contenuto di sali solubili attivi:	S0	

Dati identificativi del prodotto, codice e nome commerciale

Dati anagrafici del fabbricante

Informazioni descrittive. Viene soprattutto indicato l'utilizzo prevalente del prodotto (muratura portante zona sismica, tamponamento ecc.)

In questa sezione, vengono evidenziate tutte quelle proprietà che sono riportate sul cartiglio

Dichiarazione di Conformità CE **POROTON® XYZ**

Reazione al fuoco: Euroclasse A1 Assorbimento d'acqua: Da non lasciare esposto Coefficiente di diffusione del vapore acqueo: 10 Massa Volumica a secco Lorda: 840 kg/m ³ Tolleranza sulla Massa Volumica a secco Lorda: D1 Massa Volumica a secco Netta: 1540 kg/m ³ Tolleranza sulla Massa Volumica a secco Netta: D1 Conduttività termica equivalente (f _{18, max}): 0,31 W/mK Conduttività termica equivalente dell'elemento: 0,17 W/mK Durabilità per gelo e disgelo: F0 Sostanze pericolose: Non richiesto	
---	--

4. ALTRE INFORMAZIONI

Peso:	12,5	kg
Calore specifico:	1000	J/kgK

5. CONFORMITÀ

Il prodotto risulta conforme alle direttive 89/106/CE, 93/68/CE ed alla norma UNI EN 771-1

6. DISPOSIZIONI PER L'UTILIZZO DEL PRODOTTO

Modalità di posa in opera
 I blocchi in laterizio vanno posti in opera a fori verticali. Bagnare adeguatamente i blocchi prima della posa in opera, per evitare che venga sottratta acqua di idratazione alla malta di allettamento. I giunti di malta devono essere realizzati nel rispetto delle indicazioni fornite dalle norme tecniche pertinenti ed arrivare a filo con le pareti esterne del blocco. Lo spessore dei giunti sia costante in tutta la muratura, e comunque mai inferiore a 5 mm o superiore a 15 mm (D.M. 14/01/2008). I blocchi vanno sfalsati per la metà della loro larghezza e comunque per una quantità mai inferiore a 0,4 h, essendo h = altezza del blocco. Sospendere le operazioni di posa con temperatura esterna inferiore a 3°C. In caso di pioggia durante la costruzione, proteggere le teste delle murature dall'esposizione diretta alla bagnatura dovuta ad acqua piovana.

Muratura protetta - intonaci
 Trattasi di prodotto da impiegare in murature protette. Si richiede pertanto applicazione di intonaci di spessore adeguato. Gli intonaci, quando eseguiti secondo i magisteri tradizionali, devono essere realizzati in due, o meglio, tre strati successivi, di cui il primo con funzione di aggrappaggio (rinzaffo), il secondo per realizzare l'appropriato spessore (nervo o arriccio), e il terzo per la finitura (stabilitura). La posa di un intonaco premiscelato richiede specifiche indicazioni da parte del produttore. Bagnare adeguatamente la superficie della parete prima della posa dell'intonaco. Evitare di procedere all'intonacatura su pareti soleggiate o battute dal vento e con bassa umidità relativa dell'aria.

Il responsabile del FPC: **QUALIFICA, NOME COGNOME**
 Firma

Caratteristiche aggiuntive del prodotto che non sono riportate sul cartiglio CE. Informazioni integrative

Riferimenti normativi

Al fine di utilizzare correttamente il prodotto descritto, vengono indicate le modalità di posa e l'utilizzo

Dati relativi al responsabile del controllo di produzione in fabbrica

3

CAPITOLO

STATICA



IL COMPORTAMENTO STRUTTURALE DELLA MURATURA IN LATERIZIO POROTON®

Inquadramento generale

La muratura in laterizio assolve generalmente per l'edificio anche una funzione strutturale. Due sono i differenti sistemi costruttivi in laterizio portante:

- la muratura portante ordinaria;
- la muratura portante armata.

Queste due tipologie differiscono principalmente per la presenza, nella muratura armata, di armatura in acciaio sia orizzontale che verticale, atta a migliorare il comportamento flessionale e tagliante della muratura ed in particolare conferendo ad essa una migliore duttilità e capacità dissipativa e quindi resistenza ai carichi orizzontali.

La normativa in vigore (NTC 2008 e Circolare esplicativa) indica in modo preciso le tipologie e le caratteristiche dei blocchi utilizzabili per murature portanti ed i particolari costruttivi e dettagli da rispettare per realizzare un edificio prestazionale dal punto di vista strutturale.

Non va comunque dimenticato che, anche nel caso di utilizzo di muratura con funzione esclusiva di tamponamento all'interno di un telaio strutturale in c.a. o acciaio, è necessario progettare correttamente tali elementi e verificarne la resistenza nei confronti delle sollecitazioni fuori piano locali che scaturiscono principalmente per effetto di azioni sismiche.

È importante notare che, all'interno della normativa, sono contenute tutte le regole per l'utilizzo della muratura in laterizio come soluzione portante

strutturale, differenziando tra le regole da applicare per la verifica ai carichi non sismici (paragrafo 4.5 delle NTC 2008) e quelle aggiuntive da rispettare per gli edifici sottoposti a verifica sismica (paragrafo 7.8). Nel paragrafo 11.10 inoltre sono presenti ulteriori regole fondamentali per la caratterizzazione dei materiali ad uso strutturale.

Lo strutturista può in ogni caso far riferimento, per le strutture in muratura, e per quanto non in contrasto con le NTC, agli Eurocodici 6 ed 8 (serie UNI EN 1996 e UNI-EN 1998), rispettivamente per azioni non sismiche e sismiche.

Classificazione delle tipologie di blocco e di malta

La normativa identifica le tipologie di blocco in laterizio per muratura portante in base alla percentuale di foratura, ovvero alla percentuale dei fori (φ) presenti nel blocco rispetto all'area lorda individuata dal contorno esterno.

Nell'ambito delle tipologie dei blocchi POROTON®, esposti nei capitoli precedenti, si identificano quindi (v. Fig. 3.1):

- blocchi semipieni con foratura compresa tra 15% e 45% (POROTON® Serie 800 e 800 MA);
- blocchi forati con foratura compresa tra 45% e 55% (POROTON® Serie 700).

In base alla dimensione del blocco è possibile avere 1 o 2 fori di dimensioni maggiori con funzione di presa per il sollevamento del blocco stesso (v. Tab. 3.1). Tali fori sono conteggiati nella percentuale massima di foratura ammissibile.

Ulteriore importante classificazione può essere fatta in riferimento all'EC6 ed EC8 in base alla tipologia di giunto sia verticale che orizzontale. In particolare si identificano le seguenti tipologie di giunto verticale (v. Fig. 3.2):

- giunto verticale riempito (per blocchi lisci);
- giunto verticale parzialmente riempito (per blocchi con tasca di dimensione almeno pari al 40% dello spessore);
- giunto verticale a secco (per blocchi ad incastro).

Le tipologie di giunto orizzontale sono ulteriormente suddivise tra:

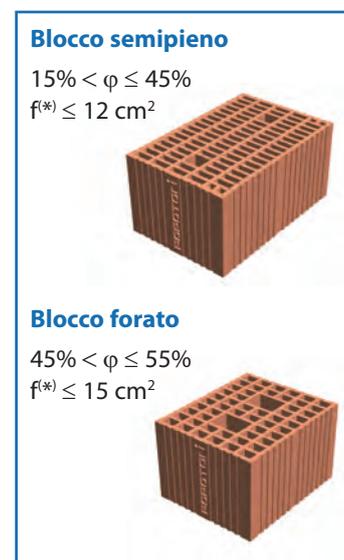
- giunto normale di spessore tra 5 e 15 mm;
- giunto sottile di spessore tra 0,5 e 3 mm (utilizzato con blocchi rettificati).

La tipologia di malta viene classificata in base alla resistenza media a compressione che viene riportata nella sigla. Ad esempio una malta "M5" ha resistenza media pari a 5 N/mm².

Tab. 3.1 - Dimensioni dei fori di presa

Area lorda del blocco	Fori di presa
$300 \text{ cm}^2 < A \leq 580 \text{ cm}^2$	1 foro $\leq 35 \text{ cm}^2$
$A > 580 \text{ cm}^2$	1 foro $\leq 70 \text{ cm}^2$ o 2 fori $\leq 35 \text{ cm}^2$

Fig. 3.1 - Classificazione elementi per muratura portante



(*) dove con f si intende l'area della sezione normale del singolo foro

Fig. 3.2 - Tipologie di blocchi in relazione al tipo di giunto verticale



La normativa nazionale prevede sia malte a prestazione garantita (tipicamente malte premiscelate) (NTC, Tabella 11.10.III), che a composizione prescritta, ove la resistenza caratteristica è desunta dal dosaggio dei componenti, come riportato nell'apposita tabella della norma (NTC, Tabella 11.10.IV).

La norma, sempre nel paragrafo 11.10 relativo ai materiali per murature, definisce tabelle semplificate per valutare la resistenza caratteristica a compressione verticale (f_k) e a taglio in assenza di carichi verticali (f_{vk0}), in base alla resistenza caratteristica del blocco (f_{bk}) e al tipo di malta.

È importante notare che la validità di queste due tabelle è limitata alle murature realizzate con blocchi pieni o semipieni (foratura fino al 45%) e con giunti sia verticali che orizzontali di spessore tra 5 e 15 mm. In tutti gli altri casi (blocchi forati, blocchi ad incastro, giunti sottili) i valori caratteristici della muratura devono dunque essere definiti mediante prove in laboratorio.

Si riporta di seguito una tabella con le principali caratteristiche meccaniche di una muratura portante in POROTON® P800 realizzata con malta M10, valutate a partire da valori di resistenza tipici dei blocchi POROTON® (v. Tab. 3.2).

Per prodotti aventi caratteristiche di resistenza diverse da quelle ipotizzate è necessario rivalutare i parametri in base ai riferimenti normativi sopra citati.

È molto importante saper individuare la tipologia corretta di blocco da utilizzare nelle diverse zone sismiche e corrispondentemente la tipologia di giunto richiesta. A tale scopo si riporta una tabella (v. Tab. 3.3) che riepiloga le tipologie di muratura ordinaria portante realizzabili con blocchi POROTON® e la corrispondente possibilità di impiego in funzione del livello di sismicità.

Tab. 3.2 - Principali caratteristiche meccaniche di una muratura portante POROTON®

Caratteristiche meccaniche		
Resistenza caratteristica a compressione del blocco	f_{bk} (su 6 campioni)	10,0 N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione del blocco in direzione orizzontale nel piano del muro	\bar{f}_{bk} (su 6 campioni)	> 1,5 N/mm ²
Resistenza media a compressione della malta	f_m (malta tipo M10)	10,0 N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione della muratura	f_k	5,30 N/mm ²
Resistenza caratteristica a taglio della muratura in assenza di carichi verticali	f_{vk0}	0,20 N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	f_{tk}	0,30 N/mm ²
Resistenza caratteristica a compressione della muratura in direzione orizzontale nel piano della parete	f_{hk}	0,85 N/mm ²
Peso specifico della muratura (escluso intonaci)	γ	950 kg/m ³
Modulo di elasticità normale della muratura	E	5300 N/mm ²
Modulo di elasticità tangenziale della muratura	G	2120 N/mm ²
Coefficiente di attrito	μ	0,40 adim

Tab. 3.3 - Caratteristiche degli elementi in laterizio e dei giunti di malta per la realizzazione di muratura portante

Tipo di blocco	Liscio	Incastro con Tasca	Incastro	Rettificato ad Incastro con Tasca	Rettificato ad Incastro	Foratura	Allineamento setti
Tipo di giunto verticale	Normale	Tasca di malta (>40%)	Non presente	Tasca di malta (>40%)	Non presente		
Tipo di giunto orizzontale	Normale	Normale	Normale	Sottile	Sottile		
Bassa sismicità (zona 4)	Si	Si (*)	Si (*)	Si (*)	Si (*)	≤ 55%	Non richiesto
Zona sismica 1/2/3	Si	Si (*)	No	Si (*)	No	≤ 45%	Allineati nel piano del muro
(*) necessita di prove su muretto per determinare i valori caratteristici (f_k e f_{vk0})							

Regole dimensionali e particolari costruttivi per carichi non sismici

Nel paragrafo 4.5 delle NTC 2008, sono definite le regole principali per la realizzazione di edifici in muratura portante sia ordinaria che armata. Queste regole devono essere rispettate per tutti gli edifici a prescindere dal grado di sismicità della zona in cui risiede il fabbricato. Regole aggiuntive sono poi riportate nell'apposito paragrafo 7.8 per la verifica alle azioni sismiche. Agli effetti quindi del solo calcolo ai carichi non sismici (verticali e vento) possono essere considerate struttu-

rali tutte quelle pareti in laterizio che soddisfano i seguenti requisiti:

- blocchi con foratura verticale inferiore o al massimo uguale al 55%;
- malta strutturale con una resistenza minima di 2,5 N/mm² (malta M2,5) per muratura ordinaria e di 10 N/mm² (malta M10) per muratura armata;
- spessore minimo muratura di 20 cm per murature con blocchi semipieni;
- spessore minimo muratura di 24 cm per murature con blocchi forati;
- snellezza parete non superiore a 20 ($\lambda = h_0/t \leq 20$).

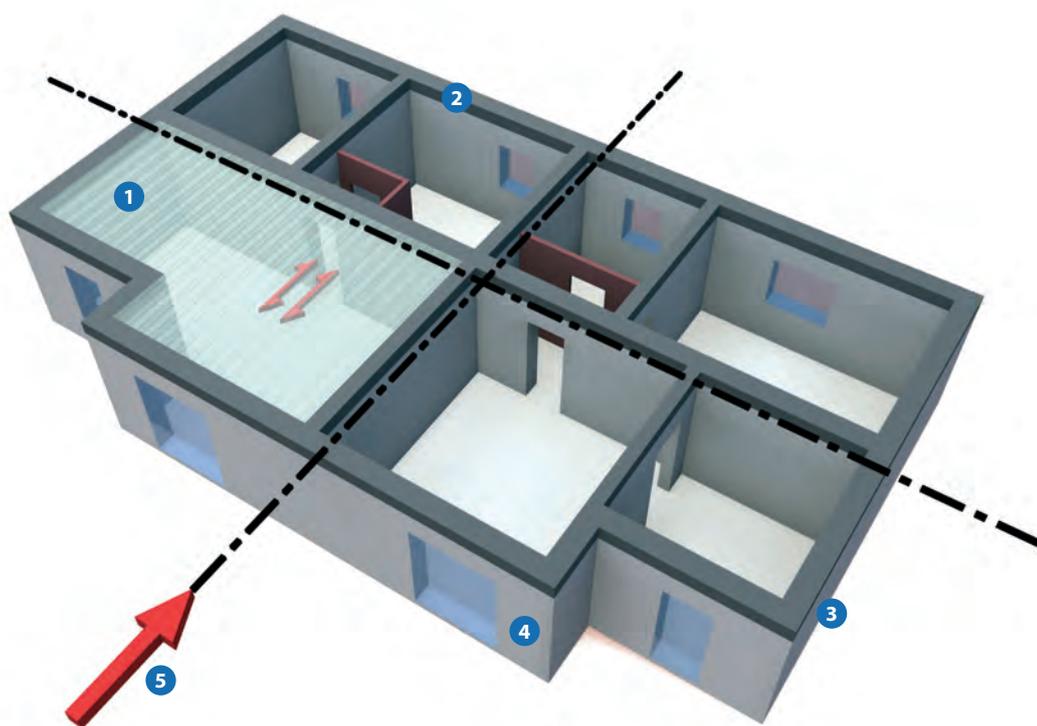


Fig. 3.3 - Schema strutturale di un edificio in muratura portante

1. Solaio
2. Cordolo di ripartizione
3. Muri di controventamento
4. Muri portanti
5. Direzione di azione carico orizzontale

È quindi ammesso l'utilizzo di blocchi rettificati con giunti sottili e blocchi ad incastro. In entrambi i casi i valori caratteristici della muratura (f_k e f_{vk0}) devono essere desunti da prove di laboratorio. La struttura dell'edificio deve garantire un comportamento scatolare e quindi prevedere pareti sia con funzione portante ai carichi verticali che di controventamento per i carichi orizzontali. A tale scopo possono essere considerate solo le pareti con:

$$L \geq H \cdot 0,3$$

dove:

- L è la lunghezza della parete;
- H è l'altezza di interpiano.

Devono inoltre essere previsti degli incatenamenti a livello del solaio e cordoli di adeguato spessore ed armatura.

Regole dimensionali e particolari costruttivi per zone a bassa sismicità

Il capitolo 7 delle NTC 2008, prevede una semplificazione per quegli edifici ricadenti in zona 4, ove la sismicità è molto bassa.

Solo in questi casi si possono applicare esclusivamente le indicazioni riportate per la progettazione ai carichi non sismici (NTC, paragrafo 4.5), integrate da alcune semplici regole:

- i diaframmi orizzontali devono essere rigidi nel proprio piano, ovvero si deve garantire che il solaio sia in grado di comportarsi, sotto l'effetto del carico orizzontale, come un elemento infinitamente rigido che distribuisce le azioni tra gli elementi di controvento presenti. Solai in laterocemento assolvono generalmente questo compito;
- il calcolo delle azioni orizzontali del sisma deve essere effettuato applicandolo in due direzioni ortogonali tra di loro e con uno spettro di risposta di progetto pari a $S_d(T1)=0,07g$.

Tutte le verifiche devono in generale essere eseguite agli stati limite ultimi.

Va evidenziato che esclusivamente per le costruzioni di tipo 1 e 2 e Classe d'uso I e II, quindi in genere edifici normali residenziali, è possibile applicare il metodo alle tensioni ammissibili se ricadenti in zona 4.

Regole dimensionali e particolari costruttivi per progettazione sismica

La progettazione e verifica di edifici sottoposti ad azioni sismiche deve rispettare regole aggiuntive rispetto a quelle evidenziate per la calcolazione ai carichi non sismici.

In particolare ci sono regole sia per i materiali che per i requisiti geometrici e di progettazione. Per i materiali si richiede espressamente che la muratura portante sia progettata in modo tale da evitare rotture eccessivamente fragili.

A tal fine si devono rispettare le seguenti prescrizioni:

- blocchi con foratura verticale fino al 45% (Serie P800 e P800 MA);
- blocchi con setti continui ed allineati nella direzione del piano del muro;
- resistenza caratteristica a rottura dei blocchi in direzione verticale (f_{bk}) non inferiore a 5 N/mm^2 ;
- resistenza caratteristica a rottura dei blocchi in direzione orizzontale (f_{bk}) non inferiore a $1,5 \text{ N/mm}^2$;
- malta strutturale con una resistenza minima di 5 N/mm^2 (malta M5) per muratura ordinaria e 10 N/mm^2 (malta M10) per muratura armata.

I criteri progettuali ed i requisiti geometrici richiesti nella progettazione di edifici soggetti ad azione sismica, sono rivolti a definire geometrie strutturali con comportamento scatolare e possibilmente regolare. In particolare vengono richieste:

- piante possibilmente compatte e simmetriche;
- continuità delle pareti strutturali in elevazione evitando situazioni in falso;

Tipologia di muratura	Spessore minimo	Snellezza massima $(h_0/t)_{max}$	Lungh. min. parete $(l/h)_{min}$
Muratura ordinaria Serie P800	24 cm	12	0,4
Muratura armata Serie P800 MA	24 cm	15	Qualsiasi
Muratura ordinaria Serie P800 in zona 4	20 cm	20	0,3

Tab. 3.4 - Caratteristiche geometriche muratura portante

1. Dimensione minime del cordolo:
 - Larghezza cordolo \geq spessore muratura – 6 cm
 - Altezza cordolo \geq 15 cm e comunque non inferiore all'altezza del solaio
2. Armatura del cordolo:
 - barre correnti minimo 4 ϕ 16
 - staffe minimo ϕ 6 ogni 25 cm
3. Possibilità arretramento del filo esterno del cordolo (massimo 6 cm)

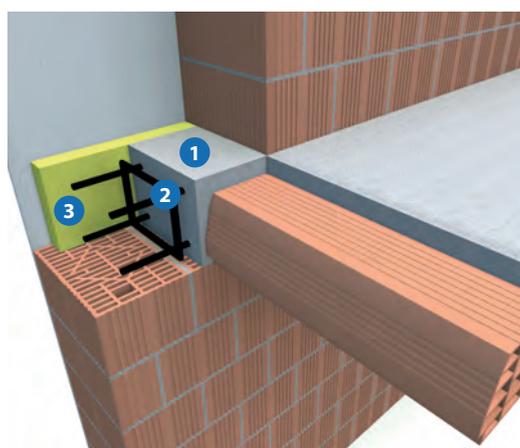


Fig. 3.4 - Particolare costruttivo del cordolo in c.a.

- strutture di copertura non spingenti;
- altezza massima tra due solai successivi di 5 m;
- cordoli di spessore minimo pari alla muratura diminuita di 6 cm e con armatura corrente pari ad almeno 8 cm² (ad es.: 4 ϕ 16) e staffe ϕ 6/25 cm (v. Fig. 3.4);
- presenza in corrispondenza degli incroci dei muri perimetrali di almeno 1 metro di muratura su entrambi i lati per muratura ordinaria. Tale requisito non è richiesto per strutture in muratura armata;
- rispetto dei requisiti geometrici di cui alla tab. 3.4.

- pareti con snellezza non superiore a 12;
- carichi variabili sui solai inferiori a 3,00 kN/m²;
- altezza di interpiano fino a 3,50 m;
- presenza delle percentuali minime di muratura indicate nella tabella 7.8.III delle NTC 2008 (v. Tab 3.5).

Se sono rispettati i requisiti sopra elencati, la verifica si esegue con una semplice formula:

$$\sigma = \frac{N}{0,65 \cdot A} \leq \frac{f_k}{\gamma_M}$$

dove:

- f_k è la resistenza caratteristica della muratura utilizzata;
- N è il carico totale alla base dell'edificio;
- A è l'area totale delle murature portanti allo stesso piano.

Edificio semplice sottoposto a carichi non sismici: regole e verifica

Edifici compatti e regolari possono essere verificati con metodi semplificati nel caso in cui rispettino alcune semplici regole geometriche. In particolare possono essere verificati secondo una procedura semplificata, applicando il metodo alle tensioni ammissibili in cui il coefficiente di sicurezza del materiale (γ_M) è pari a 4.2, gli edifici che:

- hanno non più di 3 piani entro o fuori terra (4 in caso di costruzione in muratura armata);
- un rapporto tra larghezza e lunghezza dell'edificio superiore a 1/3;

Edificio semplice sottoposto a carichi sismici (zona 2 e 3): regole e verifica

Anche per la progettazione sismica è previsto un metodo semplificato di verifica per gli edifici semplici. In questo caso, oltre a quanto descritto per la verifica ai carichi non sismici, si devono rispettare le seguenti regole (v. Fig. 3.5):

- regolarità in pianta ed in elevazione;
- in ciascuna delle due direzioni siano previsti almeno due sistemi di pareti di lunghezza complessiva, al netto delle aperture, ciascuno non inferiore al 50% della dimensione dell'edificio nella medesima direzione. La distanza tra questi due sistemi deve essere superiore al 75% della dimensione ortogonale dell'edificio;
- almeno il 75% dei carichi verticali deve essere gravante sulle pareti che fanno parte del sistema resistente alle azioni orizzontali;
- in entrambe le due direzioni devono essere presenti pareti controventanti poste ad interasse non superiore ai 7 m per edificio in muratura ordinaria, elevabile a 9 m per muratura armata;
- l'edificio non ricada in zona 1.

Se sono rispettati i requisiti sopra elencati, la verifica si esegue, a livello di ogni piano, con la formula (v. Fig. 3.6):

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq 0,25 \cdot \frac{f_k}{\gamma_M}$$

dove:

- f_k è la resistenza caratteristica della muratura

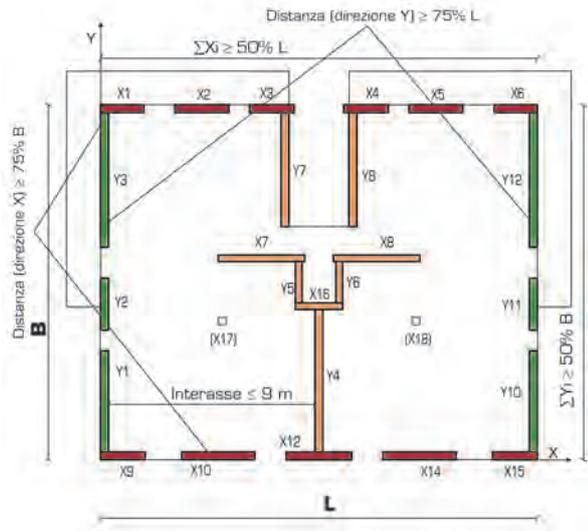


Fig. 3.5 - Requisiti geometrici per "costruzione semplice" in muratura portante

utilizzata;

- N è il carico totale alla base di ciascun piano dell'edificio;
- A è l'area totale delle murature portanti al piano considerato.

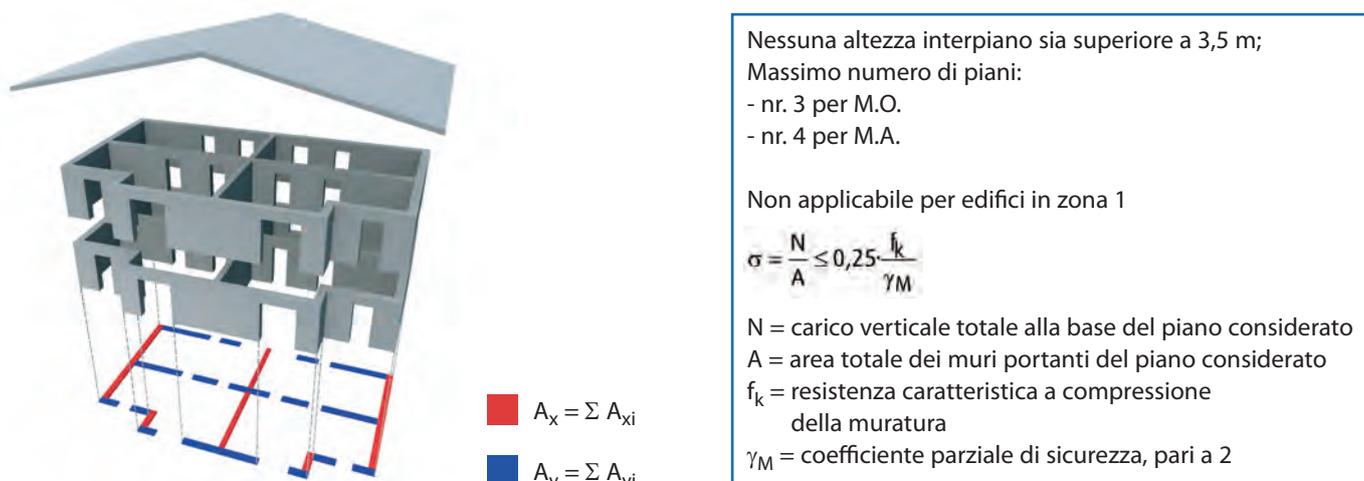
La muratura armata

Il sistema costruttivo in muratura armata è una metodologia sviluppata già da molto tempo dal Consorzio POROTON® Italia, che ha attivato ricer-

Tab. 3.5 - Area pareti resistenti in ciascuna direzione ortogonale per costruzioni semplici

Accelerazione di picco del terreno $a_g \cdot S$		$\leq 0,07$ g	$\leq 0,10$ g	$\leq 0,15$ g	$\leq 0,20$ g	$\leq 0,25$ g	$\leq 0,30$ g	$\leq 0,35$ g	$\leq 0,40$ g	$\leq 0,45$ g	$\leq 0,472$ g
Tipo di struttura	Numero di piani										
Muratura ordinaria	1	3,5%	3,5%	4,0%	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,0%	6,0%	6,5%
	2	4,0%	4,0%	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	6,5%	6,5%	7,0%
	3	4,5%	4,5%	5,0%	5,5%	6,0%	6,5%	7,0%			
Muratura armata	1	2,5%	3,0%	3,0%	3,0%	3,5%	3,5%	4,0%	4,0%	4,5%	4,5%
	2	3,0%	3,5%	3,5%	3,5%	4,0%	4,0%	4,5%	5,0%	5,0%	5,0%
	3	3,5%	4,0%	4,0%	4,0%	4,5%	5,0%	5,5%	5,5%	6,0%	6,0%
	4	4,0%	4,5%	4,5%	5,0%	5,5%	5,5%	6,0%	6,0%	6,5%	6,5%

Fig. 3.6 - Schema resistente e verifica edificio semplice in zona sismica



che specifiche che consentissero di validare questo sistema fino ad ottenere, dopo un periodo di omologazione, il riconoscimento come sistema costruttivo normato (dal D.M. 16/01/1996).

Infatti, l'inserimento delle armature, sia orizzontali che verticali, consente di migliorare il comportamento globale della muratura conferendole la capacità di resistere a trazione ed aumentando la resistenza tagliante oltre che migliorare la duttilità e la capacità dissipativa. Semplici sono le regole costruttive da adottare per la realizzazione di pareti in muratura armata (v. Fig. 3.7).

L'armatura è principalmente costituita da barre verticali poste agli estremi dei setti murari e da armature orizzontali (staffe o tralicci) posate nella malta dei giunti di allettamento dei blocchi (generalmente ogni 2 o 3 corsi).

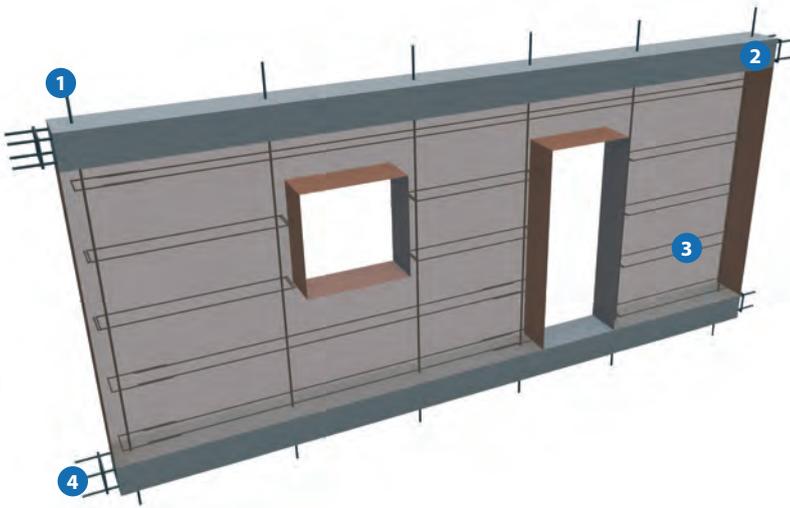
Si viene così a costituire una gabbia di armatura capace di indurre una capacità dissipativa ai pannelli murari sottoposti ad azioni cicliche orizzontali. I blocchi per muratura armata POROTON® sono appositamente conformati per consentire l'alloggiamento dell'armatura verticale. Il foro deve avere una dimensione minima di 6 cm in modo da garantire alla barra un adeguato ricoprimento.

Esistono due tipologie geometriche di blocchi per muratura armata: il blocco ad "H" ed il blocco denominato Brite® (a "C") frutto di una ricerca sviluppata negli anni '90 dal Consorzio POROTON® Italia.

Si riportano di seguito le principali regole da osservare per la costruzione di pareti in muratura armata:

- utilizzo di malta M10 per i giunti verticali ed orizzontali;
- utilizzo di malta M10 o conglomerato cementizio C12/15 per il riempimento dei fori di alloggiamento delle armature verticali;
- utilizzo di armature ad aderenza migliorata (tipo B450A o B450C)
- utilizzo di barre orizzontali o tralicci di diametro minimo pari a 5 mm. La percentuale di armatura orizzontale dovrà essere non inferiore a 0,04% e non superiore allo 0,5%. Il passo della staffatura orizzontale non dovrà superare i 60 cm;
- le armature orizzontali devono essere risvoltate attorno alle armature verticali o comunque ancorate ad esse;
- alle estremità di ogni pannello murario o in corrispondenza di intersezioni tra pannelli, devono essere posizionate delle armature verticali con area non inferiore a 2 cm² (1Ø16). L'interasse tra le armature verticali non deve superare i 4 m;
- la sovrapposizione tra le armature verticali, per consentire la ripresa dei getti o della posa della muratura, non deve essere inferiore ai 60 diametri in mancanza di dati sperimentali;
- la percentuale di armatura verticale, calcolata al lordo della sezione orizzontale della muratura, non deve essere inferiore allo 0,05% né superiore allo 1,0%.

Fig. 3.7 - Schema dell'armatura di una parete in muratura armata



1. Armatura verticale concentrata alle estremità dei pannelli murari 2 cm² (1Ø16)
2. Sovrapposizione armatura > 60 diametri
3. Armatura distribuita orizzontale, staffe diametro min Ø5 passo ≤60 cm
4. Cordolo:
 - barre correnti 4Ø16
 - staffe Ø6/25 cm

Chiave di lettura dei certificati di resistenza meccanica della muratura

La resistenza meccanica della muratura a compressione e taglio in assenza di carichi verticali (f_k e f_{vk0}) può essere desunta dalle tabelle della normativa se sono rispettati i requisiti previsti (giunti verticali e orizzontali di spessore tra 5 e 15 mm, blocchi semipieni POROTON® Serie 800). Diversamente è necessario provvedere alla esecuzione di prove meccaniche eseguite da laboratori autorizzati. Si riporta di seguito un esempio di certificato redatto con l'indicazione dei valori riportati e la loro corretta interpretazione.



Dati relativi al produttore, alla tipologia di muratura analizzata ed al tipo di prova richiesta

Elenco delle norme di riferimento indicanti metodologia di prova ed attrezzatura

segue prot. N. 189/09

RESISTENZA A COMPRESIONE DELLA MURATURA (spessore cm 30)

Caratteristiche dei provini (muretti)
 I provini, confezionati in numero di 6, sono costituiti da 3 corsi di elementi resistenti e hanno una lunghezza pari a 3 lunghezze di blocco e uno spessore di cm 30. Il rapporto medio altezza/spessore è 2,6

TABELLA 1

n	Dimensioni b x s x h (mm)			f_{m} (N/mm ²)
1	720	x	304 x 795	4,62
2	715	x	303 x 802	4,81
3	723	x	303 x 803	4,40
4	720	x	303 x 792	4,84
5	721	x	304 x 795	4,25
6	724	x	302 x 797	4,61

Resistenza media $f_{m} = 4,59$ N/mm²

s = scarto quadratico medio = 0,23
 K = coefficiente relativo a n. 6 provini = 2,33

Resistenza caratteristica
 $f_k = 4,59 - (2,33 \cdot 0,23) = 4,05$ N/mm²

RESISTENZA AL TAGLIO DELLA MURATURA IN ASSENZA DI TENSIONI NORMALI (spessore cm 30)

Caratteristiche dei provini (muretti)
 I provini, confezionati in numero di 6, sono costituiti da 3 corsi di elementi resistenti e hanno una lunghezza pari a 3 lunghezze di blocco e uno spessore di cm 30. Il rapporto medio altezza/spessore è 2,6

TABELLA 2

n	Dimensioni b x s x h (mm)			f_{vt} (N/mm ²)
1	715	x	303 x 786	0,19
2	721	x	303 x 781	0,21
3	713	x	302 x 790	0,22
4	718	x	304 x 782	0,20
5	715	x	302 x 789	0,23
6	722	x	304 x 784	0,19

Resistenza media $f_{vm} = 0,21$ N/mm²

Resistenza caratteristica
 $f_{vk} = 0,7 \cdot 0,21 = 0,14$ N/mm²

Il presente certificato è costituito da n° 3 fogli, ed è riproducibile solo nella sua interezza integrale. Gli altri fogli sono conservati e custoditi ai soli fini di garanzia.

Il Tecnico Sperimentatore
 dott. ing. Fabio Cozzi

Il Direttore del Laboratorio
 dott. ing. Giuliano Ferrari

Pagina 2 di 3

Caratteristiche dimensionali dei muretti e valori di resistenza a compressione risultanti dalle prove svolte

Valore medio (f_m) della resistenza a compressione calcolata in base ai valori sopra riportati

Valore caratteristico a compressione (f_k) della muratura

Caratteristiche dimensionali dei muretti e valori di resistenza a taglio risultanti dalle prove svolte

Valore medio (f_{vm}) della resistenza calcolata in base ai valori sopra riportati

Valore caratteristico a taglio (f_{vk}) della muratura

segue prot. N. 189/09

DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI PER IL CONFEZIONAMENTO DEI PROVINI

Caratteristiche dimensionali dei blocchi utilizzati per il confezionamento dei muretti

Area lorda della faccia $A = 696,9$ cm²
 Area complessiva dei fori passanti $F = 364,56$ cm²
 Area di un foro di presa $A_{fp} = 28,3$ cm²
 Area media sezione normale di un foro $f = 6,29$ cm²
 Distanza tra il perimetro esterno ed un foro (al netto della rigatura) = 1,04 cm
 Distanza tra due fori = 0,73 cm
 Percentuale di foratura = 52,3 %

Resistenza a compressione dei singoli blocchi con direzione del carico normale al letto di posa

n	Dimensioni della faccia caricata (cm)		Altezza del provino (cm)	f_{m} (N/mm ²)	
1	23,0	x	30,2	24,8	15,4
2	23,0	x	30,3	24,9	16,2
3	23,1	x	30,4	25,0	14,8
4	22,9	x	30,2	24,8	17,7
5	23,1	x	30,4	24,9	16,4
6	23,0	x	30,3	25,0	15,7
7	23,0	x	30,2	24,8	17,0
8	22,9	x	30,2	24,8	18,4
9	23,1	x	30,3	25,0	15,9
10	23,0	x	30,4	24,9	17,0

Resistenza media a compressione $R_m = 16,44$ N/mm²

Resistenza a compressione dei singoli blocchi con direzione del carico normale ai fori (spessore cm 30)

n	Dimensioni b x s x h (mm)			f_{m} (N/mm ²)
1	24,9	x	30,3 x 26,5	4,0
2	25,0	x	30,3 x 26,5	3,8
3	25,0	x	30,4 x 26,5	3,1
4	24,9	x	30,2 x 26,2	4,1
5	25,1	x	30,3 x 26,1	3,6

Resistenza media $f_{m} = 3,75$ N/mm²

Il presente certificato è costituito da n° 3 fogli, ed è riproducibile solo nella sua interezza integrale. Gli altri fogli sono conservati e custoditi ai soli fini di garanzia.

Il Tecnico Sperimentatore
 dott. ing. Fabio Cozzi

Il Direttore del Laboratorio
 dott. ing. Giuliano Ferrari

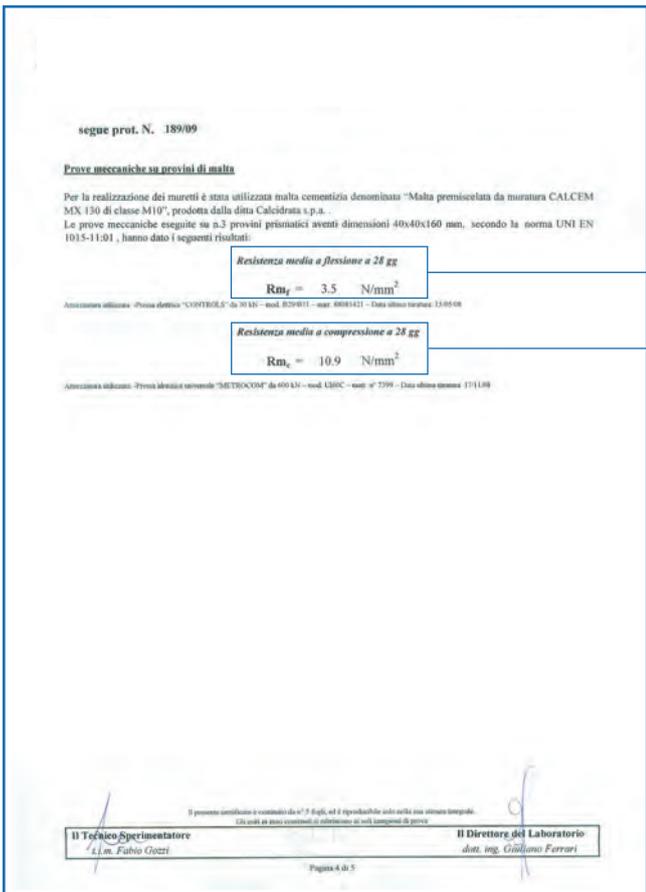
Pagina 3 di 3

Caratteristiche dimensionali dei blocchi e valori di resistenza a compressione con direzione del carico normale al letto di posa

Valore medio (R_m) della resistenza a compressione calcolata in base ai valori sopra riportati

Caratteristiche dimensionali dei blocchi e valori di resistenza a compressione con direzione del carico parallelo al piano di posa

Valore medio della resistenza a compressione calcolata in base ai valori sopra riportati



Valori di resistenza media a flessione dei provini di malta

Valori di resistenza media a compressione dei provini di malta

STATICA

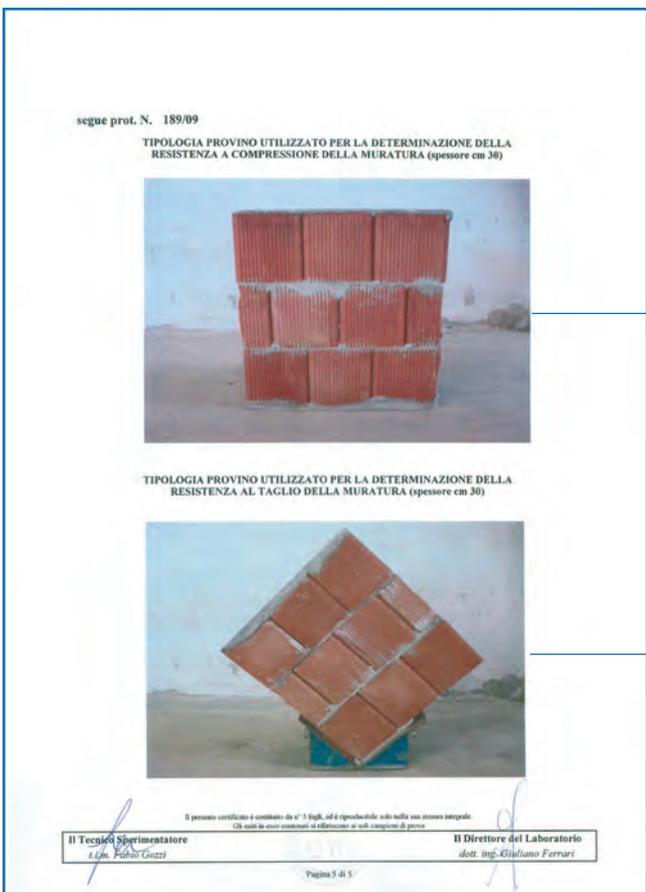


Foto del provino da sottoporre a prova per la determinazione della resistenza a compressione della muratura

Foto del provino da sottoporre a prova per la determinazione della resistenza a taglio della muratura mediante prova diagonale

4

CAPITOLO

TERMICA

IL COMPORTAMENTO TERMICO DELLE MURATURE IN LATERIZIO POROTON®

Introduzione

A partire dal 2005, anno di emanazione del D.Lgs. 192 relativo al rendimento energetico in edilizia, il settore dei laterizi ha subito una vera e propria rivoluzione. Mentre prima la prestazione termica non era discriminante nella scelta di un prodotto, dopo l'agosto del 2005 la scelta degli elementi in laterizio ha cominciato a richiedere una valutazione attenta del loro comportamento termico.

La caratterizzazione termica degli elementi in laterizio POROTON® avviene redigendo delle relazioni di calcolo nel rispetto delle norme vigenti, facilmente reperibili sui siti delle fornaci consorziate. Ogni relazione di calcolo evidenzia tutte le caratteristiche termiche sia dell'elemento POROTON® che della muratura con esso costituita. Permette, di fatto, di valutare anche l'incidenza relativa ai giunti di malta sia orizzontali che verticali (ove presenti). Vengono forniti i dati, necessari ai termotecnici, per valutare sia la prestazione complessiva della singola parete (valore di trasmittanza termica) sia per poter analizzare pareti pluristrato costituite con materiali diversi (valore di conducibilità equivalente della muratura). Per aumentare la chiarezza d'informazione, all'interno di questa sezione verranno riportate delle chiavi di lettura per poter interpretare facilmente i documenti rilasciati dal Consorzio POROTON® Italia.

Chiave di lettura per le relazioni di calcolo termico emesse dal CPI

Prima di entrare nel dettaglio della caratterizzazione termica degli elementi in laterizio POROTON® è opportuno fare chiarezza su come interpretare correttamente

i “numeri” che vengono utilizzati nel dimensionamento termico delle strutture. Nella documentazione rilasciata dal Consorzio POROTON® Italia è possibile trovare 3 diciture distinte inerenti la conducibilità termica dell'elemento o della muratura in laterizio:

- $\lambda_{10,dry}$: definisce la conducibilità dell'impasto di argilla cotta. Viene abitualmente riportato sui cartigli della marcatura CE;
- $\lambda_{eq,blocco}$: identifica la conducibilità equivalente dell'elemento in laterizio. Tale valore risulta influenzato da due parametri, quali la conducibilità dell'impasto e la sua geometria. È indicato in tutti le relazioni di calcolo emesse dal CPI o all'interno del cartiglio della marcatura CE in alternativa al $\lambda_{10,dry}$;
- $\lambda_{eq,muratura}$: identifica la conducibilità termica equivalente della muratura in condizioni asciutte. Rappresenta la prestazione termica in condizioni di calcolo, ipotizzando l'umidità della struttura pari a 0, e quantifica il compor-

tamento complessivo di una muratura, compresa l'incidenza dei ponti termici relativi ai giunti di malta orizzontali e verticali (ove presenti). Riscontrabile in tutte le relazioni di calcolo emesse dal CPI.

La conducibilità termica di una muratura in condizioni di progetto differisce dalla conducibilità termica in condizioni asciutte poiché tiene conto dell'umidità presente all'interno della struttura in condizioni d'uso. Nelle relazioni di calcolo emesse dal CPI sono riportate le indicazioni utili a determinare questo valore.

Nel caso in cui esse non fossero riportate nella documentazione citata, è possibile scaricare dal sito internet www.poroton.it un documento che permette di determinare il fattore di correzione esatto ai fini della determinazione del valore di conducibilità termica in condizioni di progetto. Tale fattore risulta comunque non superiore al 7,2%.



DESCRIZIONE DEL METODO DI CALCOLO

La determinazione dei valori termici è stata svolta con il procedimento di calcolo numerico previsto dalla UNI EN 1745:2005 utilizzando il programma CR THERM ver. 3.0. Il programma è conforme ai requisiti di accuratezza indicati in Appendice D della norma.

Si è utilizzato il metodo degli elementi finiti applicato ad una sezione piana bidimensionale dei blocchi parallela alla direzione macroscopica del flusso termico ed equidistante dai letti di malta che separano due corsi orizzontali successivi di blocchi.

La conduttività dell'impasto è stata misurata in laboratorio secondo i criteri stabiliti dalla UNI EN 1745, punto 4.2.2 (cfr. Allegato 1), determinando il valore " λ di base" applicando il sistema di correlazione definito nella medesima norma, punto 4.2.2.4, con la massa volumica netta del materiale.

La resistenza termica delle cavità d'aria è stata calcolata secondo la metodologia indicata nella norma UNI EN ISO 6946:2008 - Appendice B "Resistenza termica di intercapedini d'aria", punti B.2 e B.4.

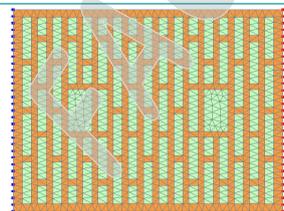
Le resistenze termiche superficiali sono state assunte dalle norme UNI EN ISO 6946:2008, punto 5.2.

Caratteristiche termiche dell'elemento

Le caratteristiche termiche dell'elemento, relative al blocco senza intonaco e senza giunti, sono state determinate con la metodologia sopra descritta, assumendo i seguenti dati di calcolo:

Condizioni:	Spessore elemento:	$s = 55,5$	cm
	Resistenza superficiale interna:	$R_{si} = 0,13$	m ² K/W
	Resistenza superficiale esterna:	$R_{se} = 0,04$	m ² K/W
	Differenza di temperatura:	$\Delta T = 20$	K

Laterizio:	Massa volumica netta:	$\rho = 1600$	kg/m ³
	" λ di base" dell'impasto:	$\lambda = 0,33$	W/m K



La mesh dell'elemento, rappresentata qui a fianco, ricalca esattamente la geometria della sezione del blocco. Le cavità (fori) delle diverse forme, anche se graficamente identificate con il medesimo colore, sono effettivamente considerate valutandone le rispettive dimensioni medie per tenere conto della conseguente diversità del valore di resistenza termica della cavità d'aria, valutata con i criteri stabiliti dalla UNI EN ISO 6946:2008.

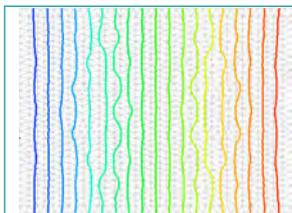
Descrizione dettagliata del metodo di calcolo.

1. Identificazione del software di calcolo
2. Metodo di calcolo per la conducibilità di base dell'impasto
3. Metodo di calcolo per la conducibilità equivalente delle cavità presenti nell'elemento

Caratteristiche dell'elemento, massa volumica a secco netta, conducibilità termica e condizioni al contorno

Mesh della geometria analizzata

La presente relazione n. 0807-Z0S00 è composta da n. 4 pagine - Pagina 2/4



La disposizione delle linee isoterme consente di valutare qualitativamente l'andamento del flusso termico passante attraverso la sezione analizzata. Tanto più le isoterme sono "parallele" e rettilinee tanto più il flusso termico tende ad essere sostanzialmente uniforme nei diversi punti della sezione dell'elemento.

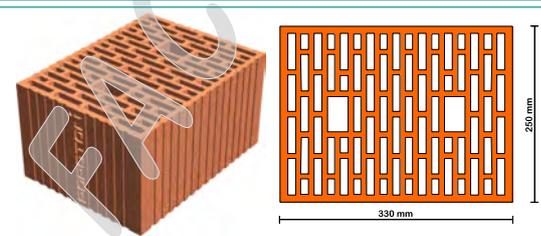
Risultato dell'analisi espresso come andamento delle isoterme

Caratteristiche termiche di parete in muratura costituita con l'elemento

Per la determinazione delle caratteristiche termiche della parete in muratura costituita dagli elementi in oggetto si è tenuto conto della presenza della malta di allettamento fra i corsi di elementi (e tra elemento ed elemento) sommando alla potenza termica che si trasmette attraverso il blocco (descritta dal modello bidimensionale sopra citato) la potenza dispersa dai giunti di malta, supponendo identiche le differenze di temperatura sulla porzione di struttura e sulla malta (malta e struttura in "parallelo").

La malta è stata considerata come un materiale omogeneo avente conduttività di valore assegnato, secondo indicazioni del Prospetto A.12 dell'Appendice A della UNI EN 1745, assumendo in particolare le seguenti caratteristiche:

Malta:	Massa volumica netta:	$\rho_M = 1800$	kg/m ³
	Conduttività:	$\lambda_M = 0,830$	W/m K
	Spessore del giunto:	$h_M = 7$	mm
	Tipo di giunto:	tipo = Interrotto (2 cm)	



Rappresentazione dell'elemento e sue caratteristiche geometriche

Caratteristiche della muratura con identificazione del tipo di malta utilizzata e relative caratteristiche termiche

Identificazione della geometria dell'elemento

La presente relazione n. 0807-Z0S00 è composta da n. 4 pagine - Pagina 3/4

RISULTATI DEL CALCOLO

I risultati del calcolo termico eseguito sull'elemento in oggetto, di cui si riepilogano a lato le caratteristiche identificative salienti, vengono riportati di seguito, evidenziando sia il valore di conduttività termica equivalente riferito al solo elemento, sia i valori termici riferiti alla parete costituita con l'elemento considerato, nelle ipotesi precedentemente esposte.

Blocco POROTON® denominato "POROTON® P800 XYZ" dimensioni nominali L x L x S x S x H x H mm

Conduttività termica equivalente dell'elemento:	$\lambda_{equ} = 0,146 \text{ W/m K}$
Conduttività termica equivalente della parete:	$\lambda_{equ} = 0,172 \text{ W/m K}$
Conduttanza termica della parete:	$C = 0,521 \text{ W/m}^2\text{K}$
Resistenza termica della parete:	$R = 1,920 \text{ m}^2\text{K/W}$
Trasmittanza termica della parete:	$U = 0,479 \text{ W/m}^2\text{K}$
Trasmittanza termica della parete con intonaco:	$U = 0,469 \text{ W/m}^2\text{K}$

(1,5 cm intonaco interno + 1,5 cm intonaco esterno)
(conduttività intonaco interno = 0,54 W/m K - conduttività intonaco esterno = 0,93 W/m K)

Il tecnico calcolatore
Ing. Lorenzo Bari

Allegati: All. 1: Determinazione del valore "λ_{di base}" con il sistema di correlazione (definito nella norma UNI EN 1745:2005, punto 4.2.2, da misurazioni di prova (Rif. Rapporti di prova n. XXX B/06, YYY B/06, ZZZ B/06 del Laboratorio Tecnologico Mantovano S.r.l.).

Nota - I valori termici riportati si riferiscono al materiale in condizioni asciutte. Per tenere conto dell'umidità di equilibrio, con riferimento alle norme UNI EN 1745:2005 e UNI EN ISO 10456:2008, si applica un coefficiente di correzione per umidità pari, nelle condizioni più gravose (pareti esterne), al 7,2%, da calcolare come riduzione della Resistenza Termica "R" (R x 0,928) od incremento della Conduttività Termica Equivalente della parete (λ_{equ} x 1,072). Per pareti interne si applica, con le medesime modalità, un coefficiente di correzione del 4,2%.

La presente relazione n. 0807-Z0500 è composta da n. 4 pagine - Pagina 4/4

Risultati del calcolo:

1. conducibilità equivalente dell'elemento
2. conducibilità equivalente della parete
3. conduttanza equivalente della parete
4. resistenza termica equivalente della parete
5. trasmittanza della parete senza intonaco
6. trasmittanza della parete intonacata

Riferimenti ai certificati emessi

dal laboratorio abilitato, attestanti le caratteristiche termiche dell'impasto

Indicazioni per la determinazione

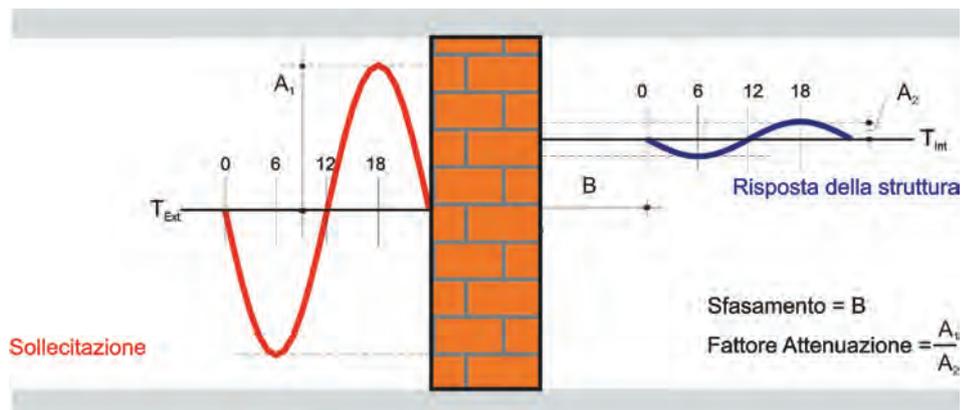
delle proprietà termiche in condizione di progetto

TERMICA

Comportamento termico in regime variabile

Le analisi termiche effettuate in regime stazionario consentono di determinare solo parzialmente le reali prestazioni di una parete verticale opaca, perché partono dall'ipotesi che la variazione della temperatura esterna e il contributo della radiazione solare possono essere trascurati. Le analisi effettuate in regime dinamico, invece, permettono un'analisi molto più realistica e completa, valutando nel dettaglio anche i contributi apportati dall'inerzia termica. La natura periodica della sollecitazione, introduce due nuove variabili caratteristiche, il fattore di attenuazione e lo sfasamento. Si deve quantificare la quantità di calore che la struttura è in grado di trasferire (fattore di attenuazione) e il ritardo con il quale viene rilasciata (v. Fig. 4.1).

Fig. 4.1 - L'inerzia termica di una parete è data dalla sua attitudine a contrastare la variazione termica esterna in termini di smorzamento e sfasamento



Tipologia di parete	Spessore [cm]	Fattore di attenuazione fa [adim]	Sfasamento S [ore]
POROTON® P800	25	0,24	11,24
POROTON® P800	30	0,14	13,83
POROTON® P800	35	0,08	16,41
POROTON® P800	38	0,06	17,97
POROTON® P800	45	0,03	21,56
POROTON® P700	25	0,26	10,81
POROTON® P700	30	0,16	13,34
POROTON® P700	35	0,10	15,87
POROTON® P700	38	0,07	17,39
POROTON® P700	42	0,04	19,41
POROTON® P600	25	0,34	9,42
POROTON® P600	30	0,22	11,68
POROTON® P600	35	0,14	13,93
POROTON® P600	38	0,11	15,29

Tab. 4.1 - Analisi in regime dinamico di alcune pareti monostrato POROTON®

Risulta evidente come strutture aventi un'ottima capacità di attenuare l'effetto della sollecitazione esterna e un ritardo elevato nella trasmissione permettano di generare un ottimo comfort abitativo in edifici costruiti con la struttura analizzata.

All'interno del panorama normativo italiano, la capacità di una struttura di sfasare e attenuare il flusso termico che l'attraversa nell'arco delle 24 ore viene rappresentato tramite il parametro della trasmittanza termica periodica Y_{IE} . Essa può essere determinata in modo semplificato moltiplicando la trasmittanza termica U determinata in regime stazionario per il fattore di attenuazione f_a : tanto più è basso tale parametro, migliore risulta il comportamento della parete. Tutte le strutture in laterizio POROTON®, se correttamente dimensionate, permettono di ottenere valori inferiori ai limiti previsti dal D.Lgs. 192 e successive integrazioni e correzioni ($Y_{IE} < 0,12$ W/m²K).

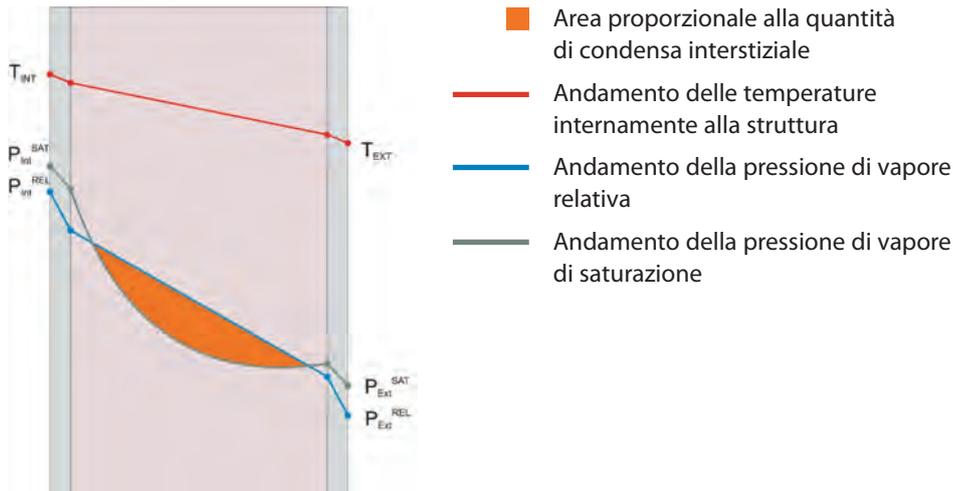
Nella Tab. 4.1 si riportano le prestazioni in regime dinamico delle principali strutture monostrato POROTON®. I valori riportati nella tabella sono relativi alla semplice parete indicata, senza intonaci. Sono inoltre da ritenersi indicativi della media della produzione POROTON® a livello nazionale. Per determinare valori più precisi si rimanda alla documentazione fornita dalle singole aziende associate.

Comportamento igrometrico della muratura

La problematica della formazione di condensa interstiziale

L'analisi igrometrica di una muratura POROTON® viene svolta abitualmente utilizzando il metodo di Glaser. È infatti possibile, a fronte di una serie di ipotesi semplificative, determinare la formazione di condensa interstiziale all'interno di una muratura in laterizio POROTON®.

Fig. 4.2 - Esempio di diagramma di Glaser di una generica parete con evidenziazione della formazione di condensa interstiziale



Il fenomeno fisico che porta alla formazione di condensa interstiziale si può così riassumere: a seguito di un gradiente di pressione di vapore tra i lati della struttura, una certa quantità di vapore acqueo attraversa la parete stessa.

Durante il passaggio è possibile che il vapore acqueo incontri zone in cui la pressione di vapore sia inferiore al relativo limite di saturazione. Ciò comporta la formazione di un fronte di condensazione con la conseguente presenza d'acqua allo stato liquido all'interno della struttura.

È bene precisare come il fenomeno di condensazione interstiziale dipenda, oltre che dalle caratteristiche fisico-geometriche dei materiali che compongono la struttura, anche dalle condizioni ambientali interne ed esterne e dal contenuto di umidità dell'aria: in altre parole dal funzionamento più o meno corretto del sistema edificio – impianto.

L'andamento delle temperature e delle pressioni di saturazione e di vapore utilizzate per il grafico riportato in Fig. 4.2 sono del tutto indicative, essendo state scelte con scopo prettamente illustrativo.

Dal punto di vista igrometrico, le pareti in laterizio monostrato POROTON® garantiscono un'ottima traspirabilità alla struttura, evitando la formazione di condensa interstiziale anche nelle condizioni igrometriche più critiche. Da una serie di analisi svolte si evidenzia che, le strutture che risentono maggiormente della problematica della formazione di condensa interstiziale sono le pareti pluristrato aventi rifoderia interna, sia portanti che di tamponamento.

La verifica di Glaser deve essere svolta in fase di progettazione della struttura da un tecnico che controllerà, in funzione della tipologia degli isolanti e dello spessore complessivo del laterizio POROTON® utilizzato, il verificarsi di un fenomeno invisibile ad occhio nudo, ma che peggiora le prestazioni della muratura e degrada i materiali utilizzati.

Si ricorda come il quadro legislativo italiano preveda la possibilità di formazione di condensa interstiziale all'interno delle strutture in muratura durante la stagione invernale, a patto che tale condensa sia integralmente evaporabile nella stagione estiva. Tale fenomeno, anche se concesso a livello normativo, è dannoso per il corretto comportamento della struttura, come precedentemente evidenziato.

La problematica della formazione di condensa superficiale

Mentre la problematica della formazione della condensa interstiziale nella muratura è funzione della tipologia dei materiali utilizzati, della loro disposizione e delle condizioni termo-igrometriche degli ambienti interno ed esterno, la problematica della condensazione superficiale è un problema più complesso e funzione di un numero maggiore di parametri.

Utilizzando un approccio approssimato del fenomeno, si può dire che la condensa superficiale avviene in quelle zone dove la temperatura interna dell'involucro edilizio si abbassa notevolmente. Essendo la muratura POROTON® una struttura dal comportamento termico pressoché omogeneo (la presenza dei giunti orizzontali e verticali di malta non modifica la prestazione igrometrica della parete), risulta evidente come la formazione di condensa superficiale sia tipica di quelle zone dove si presentano dei ponti termici, ossia delle zone in cui il calore passa da zona riscaldata ad ambiente esterno con maggiore facilità.

La condensa superficiale, a meno di evidenti errori di dimensionamento e realizzazione della struttura, risulta localizzata in tre punti nevralgici dell'involucro edilizio:

- nel caso di una struttura a telaio, nelle zone dove si

trovano travi e pilastri, in relazione alla disomogeneità della struttura;

- negli angoli dell'involucro edilizio;
- nella giunzione solaio-muratura.

Tale problematica può essere eliminata dimensionando i ponti termici in modo corretto.

A tal proposito possono essere considerati i dettagli costruttivi riportati nel capitolo 6 del presente manuale.

Prescrizioni normative

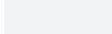
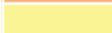
La morfologia e le condizioni climatiche diverse del territorio italiano, hanno portato alla suddivisione dello stesso in zone climatiche distinte tra loro, che presentano richieste proporzionate in termini di prestazioni termiche delle strutture costituenti l'involucro edilizio.

Anche le strutture in muratura devono essere dimensionate in funzione della zona climatica all'interno della quale vengono costruite, per garantire ottimi comfort abitativi.

I territori montani e del nord Italia sono caratterizzati da basse temperature esterne invernali persistenti per lunghi archi temporali, per cui necessitano di strutture aventi un adeguato comportamento termico in regime



Fig. 4.3 - Suddivisione in zone climatiche del territorio italiano

Zone climatiche	
	Zona A
	Zona B
	Zona C
	Zona D
	Zona E
	Zona F

Zona Climatica	GG	Rapporto S/V	
		$\leq 0,2$	$\geq 0,9$
Zona A	fino a 600 GG	8,5	36
Zona B	a 601 GG	8,5	36
	a 900 GG	12,8	48
Zona C	a 901 GG	12,8	48
	a 1400 GG	21,3	68
Zona D	a 1401 GG	21,3	68
	a 2100 GG	34	88
Zona E	a 2101 GG	34	88
	a 3000 GG	46,8	116
Zona F	oltre 3000 GG	46,8	116

NOTA - Per edifici pubblici i limiti indicati in Tab. 4.2 e Tab. 4.3 vanno ridotti del 10%.

stazionario (bassi valori di trasmittanza).

I territori costieri e quelli del sud Italia invece, caratterizzati da un elevato irraggiamento estivo, necessitano maggiormente di strutture aventi un buon comportamento in regime dinamico (bassi valori di fattore di attenuazione, elevato sfasamento dell'irraggiamento incidente).

Risulta così evidente che, per dimensionare correttamente le strutture verticali opache, è opportuno che esse presentino sia dei valori di trasmittanza termica adeguatamente bassi ma anche dei valori di fattore di attenuazione e sfasamento corretti.

La verifica delle prestazioni termiche di un edificio residenziale, svolta ai sensi del D.Lgs. 192, può essere svolta con due modalità distinte:

- verificando il consumo di energia primaria dell'intero involucro edilizio (v. Tab. 4.2);
- applicando delle trasmittanze limite per le parti di involucro edilizio che confinano con ambienti esterni o non riscaldati (v. Tab. 4.3).

Si può riscontrare che, essendo il secondo un metodo semplificato, le prestazioni richieste alle

Tab. 4.2 (a sinistra) - Limiti dell'indice di prestazione energetica (E_{Pi}) per la climatizzazione invernale, espressa in [kWh/m²anno]

Tab. 4.3 (sotto) - Trasmittanza termica (U) delle strutture verticali opache

Valori limite di trasmittanza per le strutture verticali opache	
Zona A	0,62 W/m ² K
Zona B	0,48 W/m ² K
Zona C	0,40 W/m ² K
Zona D	0,36 W/m ² K
Zona E	0,34 W/m ² K
Zona F	0,33 W/m ² K

parti d'involucro che confinano con l'ambiente esterno o con zone non riscaldate, sono in generale cautelative rispetto a quelle richieste analizzando il comportamento termico dell'edificio nella sua complessità.

È possibile, infatti, costruire involucri edilizi conformi alle normative vigenti, quindi nel rispetto dei limiti dell'indice di prestazione energetica E_{Pi}, anche utilizzando valori di trasmittanza più alti rispetto a quelli riportati in tab. 4.3, purchè si verifichi che l'intero involucro edilizio sia performante, impianti compresi.

Tale verifica, sicuramente più onerosa in termini di tempo da parte del progettista termotecnico, permette di contenere i costi di costruzione giustificando gli extra costi di progettazione.

Il Consorzio POROTON® Italia, in accordo con il gruppo di lavoro ISOPROJECT®, ha realizzato analisi energetiche comparative su edifici campione, dimostrando come sia possibile costruire edifici conformi alle norme vigenti sul territorio italiano, anche in classe B, utilizzando, per esempio, semplicemente una muratura monostrato serie 800 di spessore pari a 38 cm.

Sottosistemi POROTON®: caratteristiche e prestazioni

Introduzione

Nella fase di ricerca e sviluppo portata avanti dal Consorzio POROTON® Italia in collaborazione con ISOPROJECT® sono state analizzate nel dettaglio le 5 tipologie di muratura maggiormente utilizzate nel territorio italiano, ed in particolare:

- muratura portante monostrato con cappotto (sottosistema PMC);
- muratura portante pluristrato (sottosistema PP);
- muratura di tamponamento monostrato con cappotto (sottosistema TMC);
- muratura di tamponamento pluristrato (sottosistema TP);
- muratura ad elevate prestazioni termiche (sottosistema ET): nell'ambito di questo sottosistema trovano impiego i blocchi POROTON® PLAN (Rettificati), POROTON® Setti Sottili e con Isolante Integrato.

I 5 sottosistemi elencati, sono stati analizzati nel dettaglio per quanto riguarda:

- comportamento strutturale;
- comportamento termico;
- comportamento acustico;
- comportamento al fuoco;
- corretto utilizzo, mediante la realizzazione di nodi costruttivi esemplificativi dell'integrazione dei sottosistemi analizzati nell'involucro edilizio.

Ogni singolo argomento è stato sviluppato in modo estremamente approfondito, per contestualizzare l'utilizzo dei sistemi in laterizio POROTON® all'interno dell'edificio.

Per le murature sopraelencate, a meno di quelle ad elevate prestazioni termiche, si è considerato anche l'utilizzo di materiali isolanti leggeri di diverso spessore atti a garantire prestazioni che permettano agli involucri edilizi così costituiti, di posizionarsi in classi energetiche estremamente performanti (A o B). Le strutture monostrato sono state coibentate con un cappotto esterno, mentre quelle pluristrato sono state coibentate con isolante leggero interposto tra gli elementi in laterizio.

Ai fini delle valutazioni espone nel seguito si è ipotizzato l'abbinamento di un materiale isolante in EPS. Non sussistono tuttavia vincoli specifici nella scelta del materiale isolante, che può essere anche diverso da quello ipotizzato nell'ambito della gamma di prodotti presenti sul mercato.

Si evidenzia infine che i dati prestazionali riportati nelle tabelle a seguire sono riferiti alle soluzioni in condizioni d'uso, ovvero tenendo già conto dei fattori correttivi per la presenza di umidità.

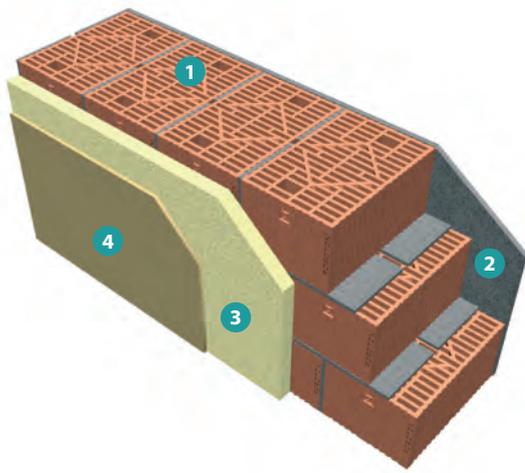
Essi sono calcolati con riferimento a caratteristiche termiche tipiche dei prodotti POROTON® considerati nelle diverse tipologie murarie esaminate. Il continuo sviluppo dei suddetti prodotti permette di raggiungere performance anche migliori di quelle qui presentate.

Muratura portante monostrato in laterizio POROTON® con cappotto (Sottosistema PMC)

La muratura in laterizio POROTON® serie P800 permette di realizzare strutture verticali opache strutturali, senza ricorrere all'utilizzo di altri sistemi costruttivi a funzione portante, come la struttura a telaio.

Il comportamento della parete sarà così omogeneo per l'intero involucro edilizio, garantendo uniformità di prestazione termica ed acustica. La prestazione termica dell'intera struttura viene modulata, oltre che dallo spessore dell'elemento in laterizio, dallo spessore del cappotto esterno che, per le caratteristiche di conducibilità dei materiali impiegabili, risulta avere un impatto rilevante nella prestazione complessiva.

Fig. 4.4 - Sottosistema POROTON® PMC



1. Blocco POROTON® Serie P800
2. Intonaco interno
3. Isolante per cappotti
4. Rasatura e finitura esterna

Tab. 4.4 - Tabella delle prestazioni termiche per sottosistema POROTON® PMC

Descrizione	Spessore totale [cm]	U [W/m²K]	M _s [Kg/m²]	Sfasamento [ore]	Attenuazione [adim]	Y _{IE} [W/m²K]
P800-25+4 EPS	31,5	0,400	240	14,12	0,09	0,036
P800-25+6 EPS	33,5	0,340	240	14,38	0,07	0,024
P800-30+4 EPS	36,5	0,370	288	16,62	0,05	0,019
P800-30+6 EPS	38,5	0,310	288	16,87	0,04	0,012
P800-35+6 EPS	43,5	0,290	336	19,37	0,02	0,006
P800-35+8 EPS	45,5	0,250	366	19,58	0,02	0,005
P800-38+5 EPS	45,5	0,300	365	20,77	0,02	0,006
P800-38+8 EPS	48,5	0,240	365	21,08	0,01	0,002

Muratura portante pluristrato in laterizio POROTON® (Sottosistema PP)

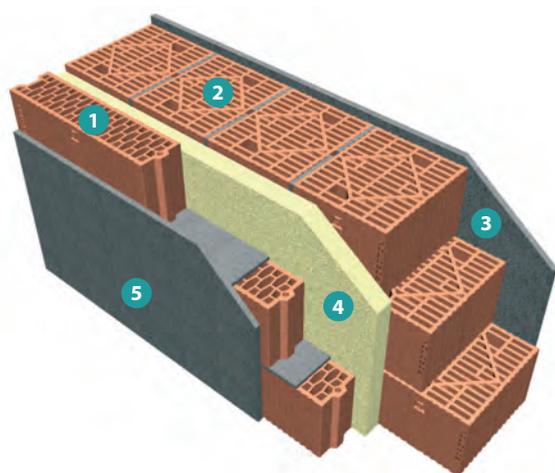
La soluzione di muratura POROTON® pluristrato permette di realizzare pareti portanti estremamente prestanti termicamente ed acusticamente, ovviando alla problematica della finitura superficiale "leggera", tipica delle soluzioni con cappotto esterno. Sia la finitura interna che esterna della parete, presentano le caratteristiche di robustezza tipiche della parete in laterizio, dando quella solidità che una finitura in materiale isolante non possiede.

Di regola le murature portanti pluristrato possono essere realizzate adottando 2 diverse soluzioni:

- parete portante interna con rifodera esterna;
- parete portante esterna con rifodera interna.

SOLUZIONE 1

Fig. 4.5 - Sottosistema POROTON® PP con rifodera esterna



1. Tramezza POROTON®
2. Blocco POROTON® Serie P800
3. Intonaco interno
4. Isolante in intercapedine ed eventuale freno vapore
5. Intonaco esterno

Tab. 4.5 - Tabella delle prestazioni termiche per sottosistema POROTON® PP con rifodera esterna

Descrizione	Spessore totale [cm]	U [W/m²K]	M _s [Kg/m²]	Sfasamento [ore]	Attenuazione [adim]	Y _{IE} [W/m²K]
P800-25+4 EPS+Tram12	43,5	0,34	358	19,36	0,043	0,015
P800-25+6 EPS+Tram12	45,5	0,29	358	19,71	0,037	0,011
P800-25+8 EPS+Tram12	47,5	0,25	358	19,97	0,033	0,008
P800-25+10 EPS+Tram12	49,5	0,22	358	20,25	0,031	0,007
P800-30+4 EPS+Tram12	48,5	0,31	406	21,85	0,024	0,007
P800-30+6 EPS+Tram12	50,5	0,27	406	22,21	0,021	0,006
P800-30+8 EPS+Tram12	52,5	0,24	406	22,50	0,018	0,004
P800-30+10 EPS+Tram12	54,5	0,21	406	22,75	0,017	0,003

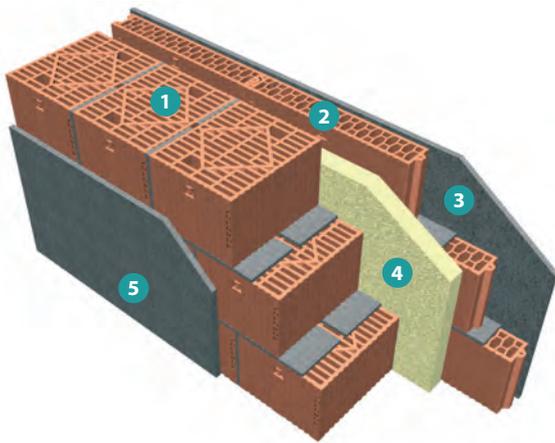
Nel caso della prima soluzione si sfruttano al meglio le caratteristiche di elevata inerzia termica del laterizio POROTON®. Soprattutto durante la stagione invernale il calore accumulato durante le fasi di funzionamento dell'impianto di riscaldamento, viene rilasciato gradualmente nel periodo notturno ad impianto spento.

Di contro, la seconda soluzione non permette di sfruttare questa peculiarità consentendo però una esecuzione più semplice delle tracce per gli impianti.

Per edifici abitati saltuariamente si predilige questa seconda soluzione in quanto l'ambiente andrà a regime più rapidamente a causa della ridotta massa inerziale della parete.

SOLUZIONE 2

Fig. 4.6 - Sottosistema POROTON® PP con rifodera interna



1. Blocco POROTON® Serie 800
2. Tramezza POROTON®
3. Intonaco interno
4. Isolante in intercapedine ed eventuale freno vapore
5. Intonaco esterno

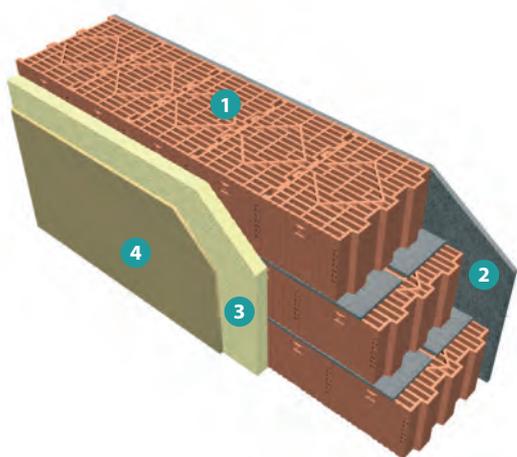
Tab. 4.6 - Tabella delle prestazioni termiche per sottosistema POROTON® PP con rifodera interna

Descrizione	Spessore totale [cm]	U [W/m²K]	M _s [Kg/m²]	Sfasamento [ore]	Attenuazione [adim]	Y _{IE} [W/m²K]
Tram8+4 EPS+P800-25	39,5	0,36	318	18,49	0,064	0,023
Tram8+6 EPS+P800-25	41,5	0,30	318	18,81	0,056	0,017
Tram8+8 EPS+P800-25	43,5	0,26	318	19,09	0,051	0,013
Tram8+10 EPS+P800-25	45,5	0,23	318	19,34	0,048	0,011
Tram8+4 EPS+P800-30	44,5	0,33	367	19,96	0,036	0,012
Tram8+6 EPS+P800-30	46,5	0,28	367	20,31	0,031	0,008
Tram8+8 EPS+P800-30	48,5	0,25	367	20,59	0,028	0,007
Tram8+10 EPS+P800-30	50,5	0,22	367	20,84	0,026	0,005

Muratura di tamponamento monostrato in laterizio POROTON® (Sottosistema TMC)

Le strutture in muratura POROTON® da tamponamento con cappotto, permettono di costruire pareti perimetrali che si integrano in modo preciso con la struttura a telaio presente. Tale tipologia costruttiva inoltre, se adeguatamente progettata, permette di risolvere le problematiche relative ai ponti termici della struttura utilizzando il materiale isolante di rivestimento a cappotto per omogeneizzare le prestazioni.

Fig. 4.7 - Sottosistema POROTON® TMC



1. Blocco POROTON® Serie 700 (o 600)
2. Intonaco esterno
3. Isolante per cappotti
4. Rasatura e finitura esterna

Tab. 4.7 - Tabella delle prestazioni termiche per sottosistema POROTON® TMC

Descrizione	Spessore totale [cm]	U [W/m²K]	M _s [Kg/m²]	Sfasamento [ore]	Attenuazione [adim]	Y _{IE} [W/m²K]
P700-30+4 EPS	36,5	0,35	248	15,79	0,065	0,023
P700-30+6 EPS	38,5	0,30	248	16,06	0,055	0,016
P700-30+8 EPS	40,5	0,26	248	16,28	0,050	0,013
P700-35+4 EPS	41,5	0,32	289	18,24	0,038	0,012
P700-35+6 EPS	43,5	0,27	289	18,50	0,032	0,009
P700-38+4 EPS	44,5	0,30	314	19,70	0,027	0,008

Tab. 4.8 - Tabella delle prestazioni termiche per sottosistema POROTON® TMC

Descrizione	Spessore totale [cm]	U [W/m²K]	M _s [Kg/m²]	Sfasamento [ore]	Attenuazione [adim]	Y _{IE} [W/m²K]
P600-30+4 EPS	36,5	0,35	212	14,59	0,088	0,031
P600-30+6 EPS	38,5	0,30	212	14,87	0,075	0,022
P600-30+8 EPS	40,5	0,26	212	15,10	0,068	0,017
P600-35+4 EPS	41,5	0,32	247	16,85	0,054	0,017
P600-35+6 EPS	43,5	0,27	247	17,13	0,045	0,012
P600-38+4 EPS	44,5	0,30	268	18,20	0,039	0,012

Muratura di tamponamento pluristrato in laterizio POROTON® (Sottosistema TP)

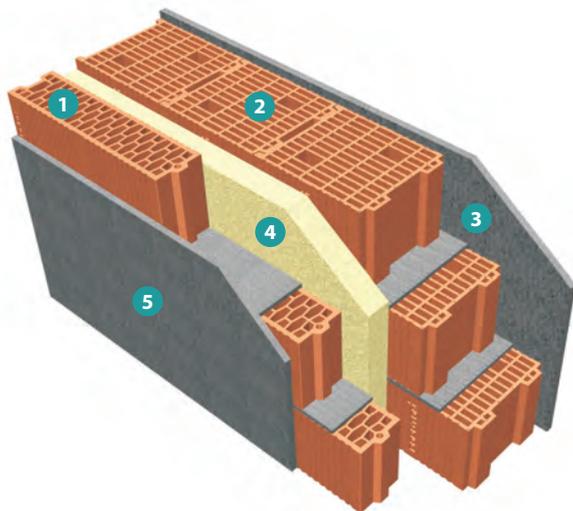
La soluzione pluristrato di tamponamento in laterizio POROTON® presenta diverse possibilità di abbinamento, poiché per costruire una parete di spessore definito si possono utilizzare varie tipologie di materiale e di spessore diverso.

Essenzialmente esistono due tipologie di strutture, una con blocco POROTON® e rifodera (che può essere interna o esterna, pesante in tramezze POROTON® o leggera in forati di laterizio comune) oppure costituita da doppia tramezzatura pesante POROTON®. Ovviamente il comportamento termo-igrometrico delle strutture va valutato in funzione della tipologia di materiali utilizzati ad integrazione dell'elemento POROTON® di base.

Vengono di seguito riportate le caratteristiche termiche di alcune delle tipologie citate.

SOLUZIONE 1

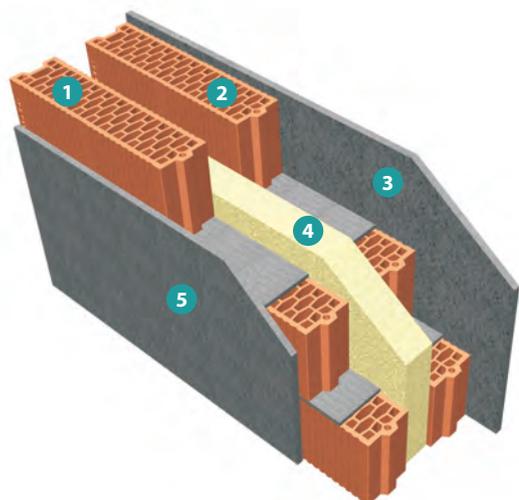
Fig. 4.8 - Sottosistema POROTON® TP con rifodera esterna



1. Tramezza POROTON®
2. Blocco POROTON® Serie P700
3. Intonaco interno
4. Isolante in intercapedine ed eventuale freno vapore
5. Intonaco esterno

Tab. 4.9 - Tabella delle prestazioni termiche per sottosistema POROTON® TP con rifodera esterna

Descrizione	Spessore totale [cm]	U [W/m²K]	M _s [Kg/m²]	Sfasamento [ore]	Attenuazione [adim]	Y _{IE} [W/m²K]
P700-25+4 EPS+Tram12	43,5	0,36	314	17,47	0,06	0,022
P700-25+6 EPS+Tram12	45,5	0,31	314	17,83	0,06	0,018
P700-25+8 EPS+Tram12	47,5	0,27	314	18,41	0,05	0,013



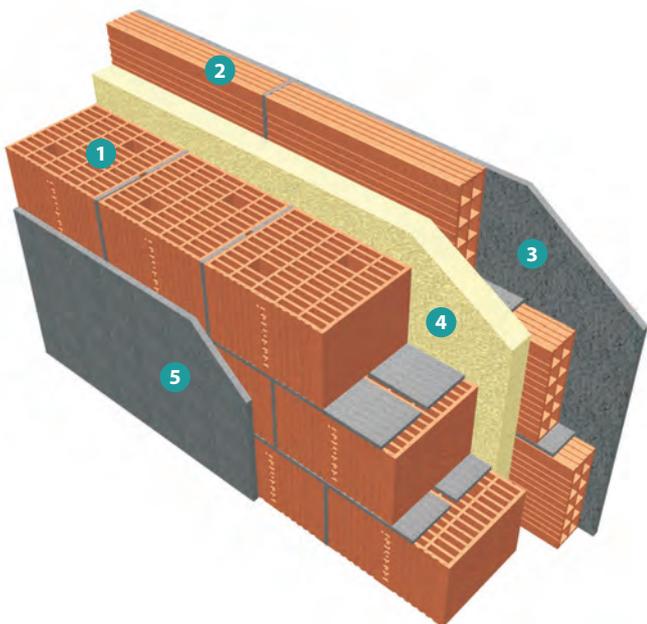
SOLUZIONE 2

Fig. 4.9 - Sottosistema POROTON® TP costituito da doppia tramezza

1. Tramezza POROTON®
2. Tramezza POROTON®
3. Intonaco interno
4. Isolante in intercapedine ed eventuale freno vapore
5. Intonaco esterno

Tab. 4.10 - Tabella delle prestazioni termiche per sottosistema POROTON® TP con doppia tramezza

Descrizione	Spessore totale [cm]	U [W/m²K]	M _s [Kg/m²]	Sfasamento [ore]	Attenuazione [adim]	Y _{IE} [W/m²K]
Tram12+6 EPS+Tram12	32,5	0,37	225	12,87	0,18	0,066
Tram12+8 EPS+Tram12	34,5	0,31	225	13,15	0,16	0,049
Tram12+10 EPS+Tram12	36,5	0,27	225	13,40	0,16	0,043



SOLUZIONE 3

Fig. 4.10 - Sottosistema POROTON® TP con rifodera interna

1. Blocco POROTON® Serie P700
2. Forato leggero in laterizio comune
3. Intonaco interno
4. Isolante in intercapedine ed eventuale freno vapore
5. Intonaco esterno

Tab. 4.11 - Tabella delle prestazioni termiche per sottosistema POROTON® TP con rifodera interna

Descrizione	Spessore totale [cm]	U [W/m²K]	M _s [Kg/m²]	Sfasamento [ore]	Attenuazione [adim]	Y _{IE} [W/m²K]
Forato8+4 EPS+P700-25	39,5	0,39	251	14,64	0,12	0,046
Forato8+6 EPS+P700-25	41,5	0,32	251	14,99	0,10	0,032
Forato8+8 EPS+P700-25	43,5	0,28	251	15,27	0,10	0,028

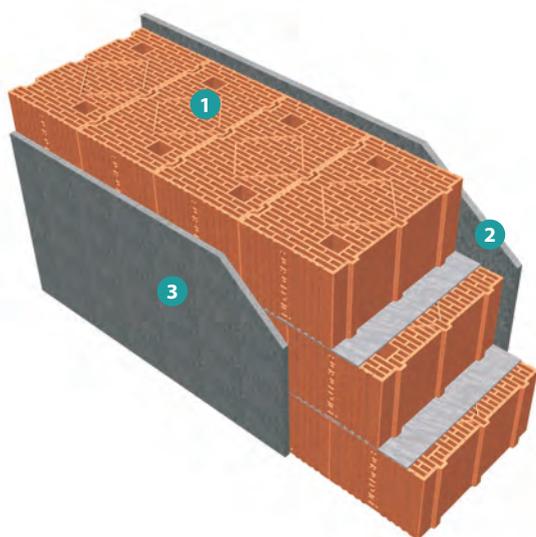
Muratura ad elevate prestazioni termiche in laterizio POROTON® (Sottosistema ET)

Le soluzioni del sottosistema POROTON® ET, ad elevate prestazioni termiche, sono caratterizzate dalla possibilità di costruire involucri edilizi estremamente prestanti a livello energetico, a fronte di uno spessore contenuto della parete monostrato utilizzata e senza l'integrazione di pannelli di materiale isolante. Anni di ricerca e sviluppo svolta dalle singole aziende consorziate POROTON® hanno permesso di sviluppare diverse tipologie di elementi ad elevate prestazioni termiche, quali:

- muratura in blocchi rettificati confezionata con malta/colla di spessore pari a 1÷2 mm (PLAN);
- muratura in blocchi a Setti Sottili confezionata con malta termica (acronimo SS+MT);
- muratura in blocchi a Setti Sottili confezionata con malta termica e termointonaco (SS+MT+TI);
- muratura in blocchi con Isolante Integrato.

SOLUZIONE 1

Fig. 4.11 - Sottosistema POROTON® ET in blocchi PLAN (Rettificati)

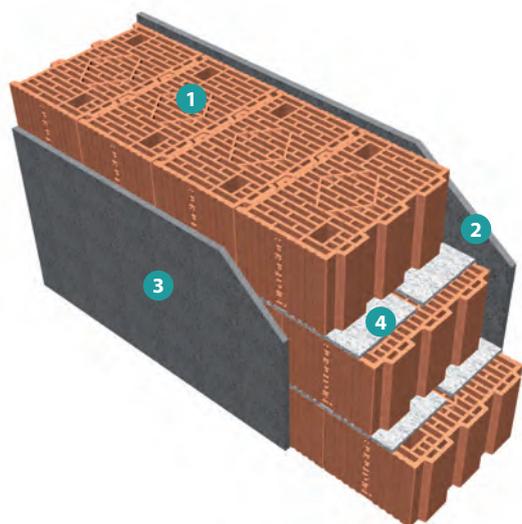


1. Blocco POROTON® PLAN
2. Intonaco interno
3. Intonaco esterno

TERMICA

Tab. 4.12 - Tabella delle prestazioni termiche per sottosistema POROTON®ET in blocchi PLAN (Rettificati)

Descrizione	Spessore totale [cm]	U [W/m²K]	M _s [Kg/m²]	Sfasamento [ore]	Attenuazione [adim]	Y _{IE} [W/m²K]
POROTON® PLAN sp. 30 cm	33	0,40	213	14,67	0,13	0,052
POROTON® PLAN sp. 35 cm	38	0,35	248	17,32	0,08	0,028
POROTON® PLAN sp. 38 cm	41	0,33	270	18,91	0,05	0,016
POROTON® PLAN sp. 40 cm	43	0,31	284	19,38	0,04	0,012
POROTON® PLAN sp. 42 cm	45	0,30	298	21,43	0,03	0,009
POROTON® PLAN sp. 45 cm	48	0,28	320	23,02	0,02	0,006



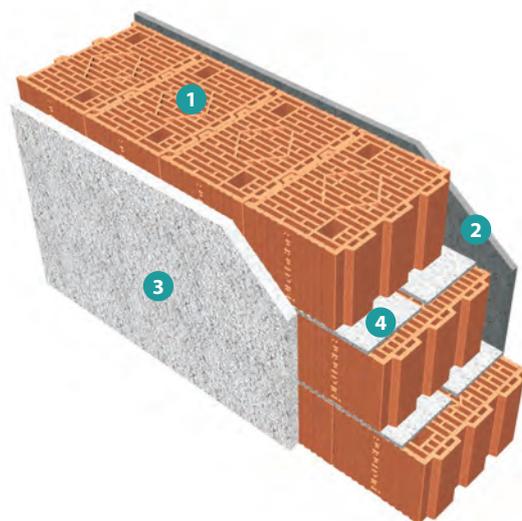
SOLUZIONE 2

Fig. 4.12 - Sottosistema POROTON® ET in blocchi a Setti Sottili e malta termica

- 1. Blocco POROTON® SS
- 2. Intonaco interno
- 3. Intonaco esterno
- 4. Malta termica

Tab. 4.13 - Tabella delle prestazioni termiche per sottosistema POROTON® ET in blocchi SS+MT

Descrizione	Spessore totale [cm]	U [W/m²K]	M _s [Kg/m²]	Sfasamento [ore]	Attenuazione [adim]	Y _{IE} [W/m²K]
POROTON® SS+MT-30	33	0,40	213	14,67	0,13	0,052
POROTON® SS+MT-35	38	0,35	248	17,32	0,08	0,028
POROTON® SS+MT-38	41	0,33	270	18,91	0,05	0,016
POROTON® SS+MT-40	43	0,31	284	19,38	0,04	0,012
POROTON® SS+MT-42	45	0,30	298	21,43	0,03	0,009
POROTON® SS+MT-45	48	0,28	320	23,02	0,02	0,006



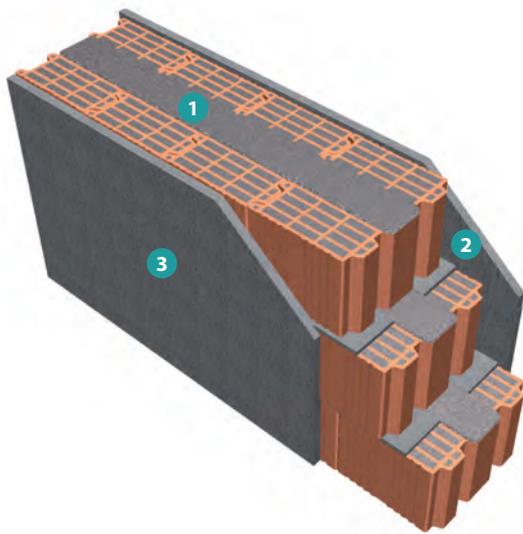
SOLUZIONE 3

Fig. 4.13 - Sottosistema POROTON® ET in blocchi a Setti Sottili e malta termica con termointonaco

- 1. Blocco POROTON® SS
- 2. Intonaco interno
- 3. Intonaco termoisolante
- 4. Malta termica

Tab. 4.14 - Tabella delle prestazioni termiche per sottosistema POROTON® ET in blocchi SS+MT+TI

Descrizione	Spessore totale [cm]	U [W/m²K]	M _s [Kg/m²]	Sfasamento [ore]	Attenuazione [adim]	Y _{IE} [W/m²K]
POROTON® SS + MT-25+4 TI	30	0,38	177	13,89	0,13	0,050
POROTON® SS + MT-30+2 TI	33	0,35	218	16,14	0,08	0,028
POROTON® SS + MT-35+2 TI	38	0,32	255	18,34	0,05	0,016



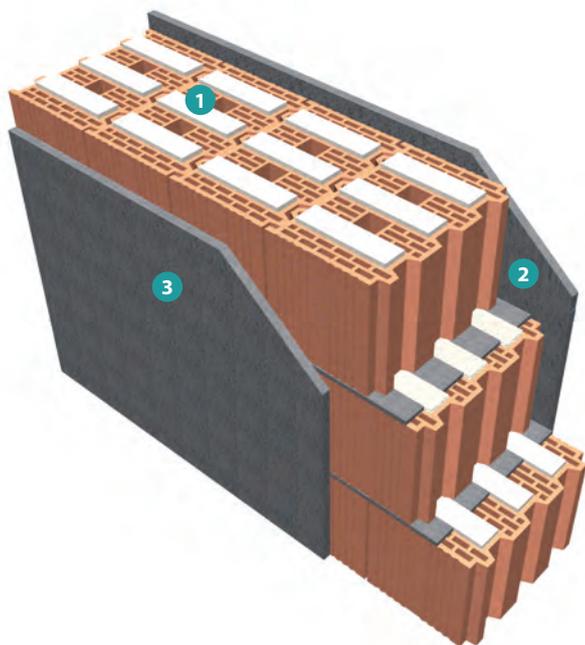
SOLUZIONE 4a

Fig. 4.14 - Sottosistema POROTON® ET in blocchi con Isolante Integrato

1. Blocco POROTON® Isolante Integrato
2. Intonaco interno
3. Intonaco esterno

Tab. 4.15 - Tabella delle prestazioni termiche per sottosistema POROTON® ET con Isol. Integrato

Descrizione	Spessore totale [cm]	U [W/m²K]	M _s [Kg/m²]	Sfasamento [ore]	Attenuazione [adim]	Y _{IE} [W/m²K]
Isol. Integrato-24	27	0,35	194	16,20	0,11	0,039
Isol. Integrato-31	34	0,27	239	21,02	0,04	0,011
Isol. Integrato-40	43	0,26	383	26,44	0,01	0,003



SOLUZIONE 4b

Fig. 4.15 - Sottosistema POROTON® ET in blocchi con Isolante Integrato

1. Blocco POROTON® Isolante Integrato
2. Intonaco interno
3. Intonaco esterno

Tab. 4.16 - Tabella delle prestazioni termiche per sottosistema POROTON® ET con Isol. Integrato

Descrizione	Spessore totale [cm]	U [W/m²K]	M _s [Kg/m²]	Sfasamento [ore]	Attenuazione [adim]	Y _{IE} [W/m²K]
Isol. Integrato-30	33	0,32	231	18,26	0,07	0,022
Isol. Integrato-38	41	0,25	293	23,32	0,02	0,005

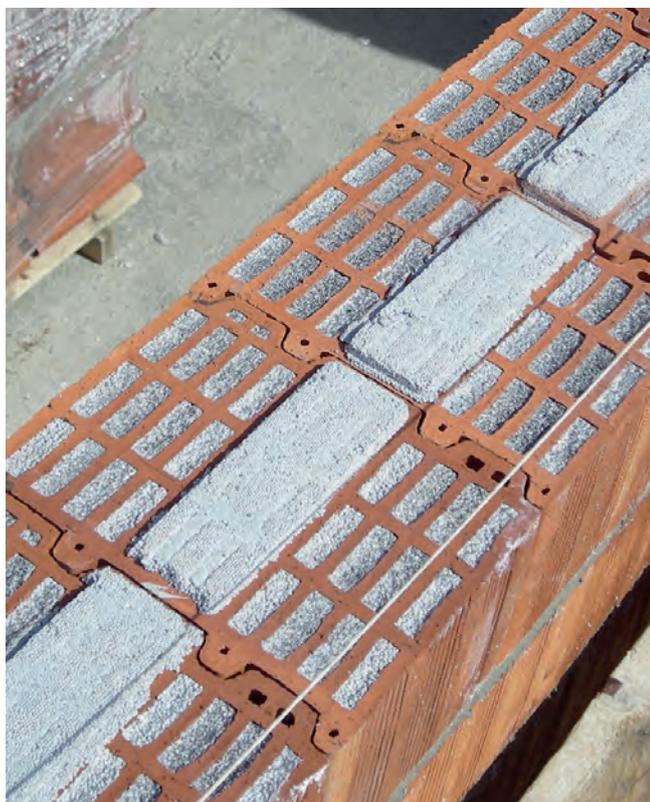
Esempi di realizzazione dei sottosistemi POROTON® ET con le diverse tipologie di elementi a disposizione



Sottosistema ET con POROTON® PLAN



Sottosistema ET con POROTON® Setti Sottili



Sottosistema ET con blocchi con Isolante Integrato



Sottosistema ET con blocchi con Isolante Integrato

5

CAPITOLO

ACUSTICA



IL COMPORTAMENTO ACUSTICO DELLE MURATURE IN LATERIZIO POROTON®

Introduzione

L'analisi della propagazione del rumore all'interno degli edifici ha assunto, nel corso del tempo, una notevole importanza in relazione ad una crescente sensibilità nei confronti del comfort acustico degli ambienti abitativi. Il processo di analisi della propagazione del rumore deve interessare tutta la filiera coinvolta nel processo costruttivo, dalla fase di progettazione fino alla fase di posa in opera, essendo tutti aspetti estremamente delicati. È sufficiente che un elemento della filiera commetta un errore per inficiare la prestazione dell'intera struttura.

In acustica il rumore è qualsiasi perturbazione sonora che emergendo dal silenzio dia luogo ad una sensazione acustica soggettivamente giudicata sgradevole, fastidiosa, molesta.

I requisiti acustici da considerare in ambito edile sono in particolare i seguenti:

- rumori aerei (che usano l'aria come veicolo di propagazione);
- rumori di impatto (generati dall'impatto di un oggetto su una parete o su di un solaio);
- rumori da impianti continui e discontinui (provocati da apparecchiature come ascensori, aria condizionata, tubazioni ecc.).

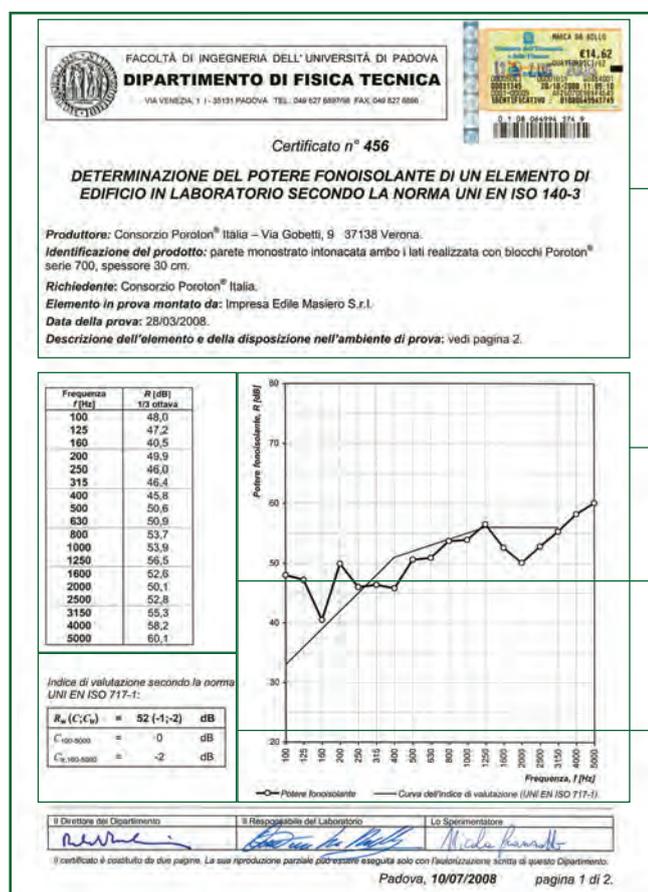
Nel presente documento viene analizzata la problematica relativa all'isolamento dal rumore aereo, essendo tematica relativa alle pareti in laterizio POROTON®.

Le metodologie di determinazione delle proprietà acustiche

Le proprietà acustiche delle pareti in laterizio POROTON® possono essere determinate utilizzando le metodologie previste a livello normativo:

- prove di laboratorio: realizzando la parete da testare presso uno dei laboratori abilitati all'esecuzione della prova sperimentale è possibile determinare esattamente il potere fonoisolante. Il certificato di laboratorio permette di determinare anche i fattori di correzione C e C_{tr}: questi due numeri indicano l'influenza sul potere fonoisolante determinato dalla prova per specifiche sorgenti di rumore. In particolare C tiene conto di rumore del parlato, del gioco dei bambini, del traffico ferroviario, autostradale a velocità medio alte, aereo ravvicinato e rumore industriale con frequenze medio alte. Il fattore C_{tr} tiene conto del rumore veicolare urbano, traffico autostradale a bassa velocità, aereo in lontananza, discoteche e rumore industriale con componenti in frequenze medio basse.
- metodo di calcolo, utilizzando la legge sperimentale della massa: la prestazione acustica di una parete monostrato in laterizio POROTON® è legata direttamente alla massa della struttura. Da evidenze sperimentali è stata estrapolata una legge empirica che permette, con buona approssimazione, di determinare il potere fonoisolante della parete. Tale legge presenta però una problematica, poiché non permette di valutare correttamente quanto materiali fonoisolanti o fonoassorbenti leggeri possano incidere nella prestazione complessiva della struttura.

Chiave di lettura di un certificato acustico



Intestazione con i dati relativi al produttore ed al prodotto analizzato

Determinazione dell'indice del potere fonoisolante attraverso il metodo della normativa UNI EN ISO 717-1

Potere fonoisolante della struttura. Risposta in frequenza

Indicazione del risultato della prova. Viene evidenziato l'indice del potere fonoisolante R_w e i fattori di correzione C e C_{tr}

FACOLTÀ DI INGEGNERIA DELL'UNIVERSITÀ DI PADOVA
DIPARTIMENTO DI FISICA TECNICA

Certificato n° 456

Disposizione dell'elemento nell'ambiente di prova:



Descrizione dell'elemento in prova: parete realizzata con blocchi di laterizio porizzato Poroton® serie 700 a fori verticali (spessore 30,0 cm, lunghezza compresa tra 23,0 cm e 25,0 cm, altezza compresa tra 18,5 cm e 25,0 cm, percentuale di foratura compresa tra 50 % e 55 %, massa volumica lorda media ~760 kg/m³), giunto orizzontale di malta di slettamento continuo (spessore medio 1 cm), giunto di malta verticale continuo (spessore medio 1 cm, intonacata su ambo i lati (spessore dell'intonaco 1,5 cm).

Condizioni di prova:

Superficie dell'elemento in prova:	10,08 m²
Spessore dell'elemento in prova:	0,33 m
Massa per unità di superficie ^(*) :	363,0 kg/m²
Temperatura dell'aria nella camera emittente:	17 °C
Temperatura dell'aria nella camera ricevente:	16 °C
Umidità dell'aria nella camera emittente:	52 %
Umidità dell'aria nella camera ricevente:	61 %
Pressione atmosferica:	101,6 kPa
Volume della camera emittente:	74,7 m³
Volume della camera ricevente:	82,1 m³

Ambiente di prova: camere acustiche del Dipartimento di Fisica Tecnica, superficie dell'apertura di montaggio dell'elemento in prova: 10,08 m².

Strumentazione utilizzata: analizzatore sonoro Svanitek 948 (S/N 9358), microfoni Brüel & Kjær 4188 (S/N 2152662, 2152663, 2152664, 2152665), calibratore microfonico Brüel & Kjær 4231 (S/N 2162894), amplificatore di potenza Brüel & Kjær 2716, sorgenti sonore omnidirezionali Brüel & Kjær 4295 e Brüel & Kjær 4296.

Osservazioni dello sperimentatore: misurazioni effettuate con almeno 6 postazioni microfoniche per ciascuna camera e 2 posizioni della sorgente in camera trasmittente; durata del campionamento 10 secondi, con tempo di media esponenziale del livello di pressione sonora di 10 secondi. Segnale disturbante: rumore rosa.

Note: I risultati di prova contenuti nel presente rapporto si riferiscono esclusivamente all'elemento provato; nessuna deviazione dai metodi di prova dichiarati.
(*) Dati dichiarati dal produttore.
(**) Validazione effettuata sull'intero elemento in prova.

Padova, 10/07/2008 pagina 2 di 2.

Foto della realizzazione della parete

Descrizione della parete di prova, dell'ambiente e della strumentazione utilizzata

Chiave di lettura di una stima redatta secondo la legge della massa

CONSORZIO POROTON ITALIA

37138 VERONA - VIA GOBETTI, 9
TEL. 045/572697 - FAX 045/572430
P.IVA 007586201 - C.F. e Reg. Imprese in VR 002583001
www.poroton.it - E-mail: info@poroton.it

Spett.le

Verona, 20/01/2011

Oggetto: Indice di valutazione del potere fonoisolante "Rw" per parete in blocchi POROTON® APT PLUS 38 (spessore 38 cm)

Con la presente si comunica che la stima dell'indice del potere fonoisolante "Rw" di una parete realizzata con Vs. blocchi denominati Poroton® APT PLUS 38 di dimensioni nominali 23,5 x 38 x 24,5 cm, spessore parete 38 cm, calcolato secondo la legge empirica della massa (cfr. UNI EN 12354-1 ed UNI TR 11175) ha fornito il seguente risultato:

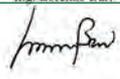
Peso del blocco:	18,1 kg
Numero di pezzi/m²:	16,8
Peso della parete per metro quadrato (M):	
- blocchi:	16,8 x 18,1 = 304,1 kg/m²
- malta (giunti interrotti, spessore 7 mm):	18,0 kg/m²
- intonaco (1,5 cm interno + 1,5 cm esterno):	54,0 kg/m²
Totale:	376,1 kg/m²

Ne consegue:

Rw = 20 Log M = 20 Log 376,1 = 51,5 dB

Si precisa che il valore di "Rw" sopra indicato è puramente teorico ed indicativo; l'effettiva validità della stima può essere comprovata solo dall'esecuzione di una prova sperimentale in laboratorio sulla parete in oggetto.

Ing. Lorenzo Bari



Intestazione con i dati relativi all'azienda che produce il prodotto analizzato

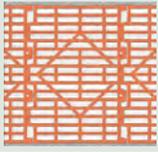
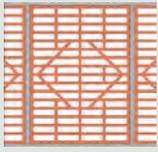
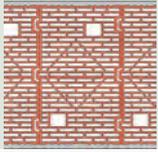
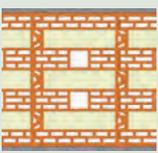
Determinazione della massa complessiva della struttura. Nella determinazione del peso complessivo della struttura si tiene conto del peso del blocco, del peso dei giunti di malta (orizzontali e verticali, quando presenti) e degli intonaci

Calcolo dell'indice di valutazione del potere fonoisolante R_w con la "legge della massa"

Prestazioni dei sottosistemi POROTON®

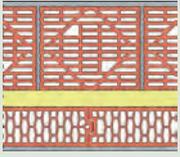
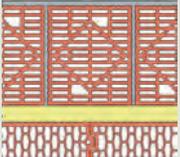
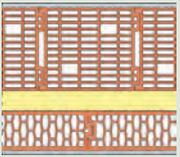
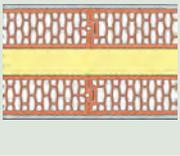
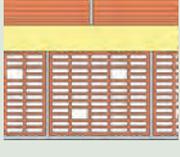
Con riferimento ai diversi sottosistemi presentati nel capitolo 4, si riportano di seguito le prestazioni acustiche che li caratterizzano, con riferimento al loro campo d'impiego in murature perimetrali esterne.

I valori di R_w indicati sono supportati da risultati di prove in laboratorio o da valutazioni svolte in base alle indicazioni delle norme previsionali (UNI EN 12354, UNI TR 11175).

Schema di montaggio	Composizione parete	Spessore tot. [cm]	M [kg/m ²]	R_w [dB]
SOTTOSISTEMA POROTON® PMC				
	Intonaco interno sp. 1,5 cm POROTON® Serie P800 sp. 30÷38 cm Intonaco esterno sp. 1,5 cm	33÷41	340÷420	53÷54
SOTTOSISTEMA POROTON® TMC				
	Intonaco interno sp. 1,5 cm POROTON® Serie P700 sp. 30 cm Intonaco esterno sp. 1,5 cm	33	393	52
	Intonaco interno sp. 1,5 cm POROTON® Serie P600 sp. 30 cm Intonaco esterno sp. 1,5 cm	33	315	50
SOTTOSISTEMA POROTON® ET				
	Intonaco interno sp. 1,5 cm POROTON® PLAN sp. 40 cm Intonaco esterno sp. 1,5 cm	43	337	50
	Intonaco interno sp. 1,5 cm POROTON® Setti Sottili sp. 35 cm Termointonaco sp. 2,0 cm	38,5	302	50
	Intonaco interno sp. 1,5 cm POROTON® Isol. Integrato sp. 31 cm Intonaco esterno sp. 1,5 cm	34	293	49
	Intonaco interno sp. 1,5 cm POROTON® Isol. Integrato sp. 38 cm Intonaco esterno sp. 1,5 cm	41	347	50
Legenda				
M Massa della parete compresi gli intonaci				
R_w Indice del potere fonoisolante della parete				

Tab. 5.1 - Prestazioni fonoisolanti dei sottosistemi POROTON® monostrato

Tab. 5.2 - Prestazioni fonoisolanti dei sottosistemi POROTON® pluristrato

Schema di montaggio	Composizione parete	Spessore tot. [cm]	M [kg/m ²]	R _w [dB]	ΔR _w [dB]
SOTTOSISTEMA POROTON® PP					
	Intonaco interno sp. 1,5 cm POROTON® Serie P800 sp. 25 cm Isolante interposto sp. variabile Tramezza POROTON® sp. 8÷12 cm Intonaco esterno sp. 1,5 cm	40÷50	355÷395	51÷52	+ 6÷8
	Intonaco interno sp. 1,5 cm POROTON® Serie P800 sp. 30 cm Isolante interposto sp. variabile Tramezza POROTON® sp. 8÷12 cm Intonaco esterno sp. 1,5 cm	45÷55	404÷443	54÷55	+ 6÷8
SOTTOSISTEMA POROTON® TP					
	Intonaco interno sp. 1,5 cm POROTON® sp. 25 cm Isolante interposto sp. variabile Tramezza POROTON® sp. 12 cm Intonaco esterno sp. 1,5 cm	44÷48	358	47	+ 6÷8
	Intonaco interno sp. 1,5 cm Tramezza POROTON® sp. 12 cm Isolante interposto sp. variabile Tramezza POROTON® sp. 12 cm Intonaco esterno sp. 1,5 cm	33÷37	269	43	+ 10÷12
	Intonaco interno sp. 1,5 cm Forato leggero sp. 8 cm Isolante interposto sp. variabile POROTON® sp. 25 cm Intonaco esterno sp. 1,5 cm	40÷44	295	47	+ 6÷8
Legenda					
M Massa della parete compresi gli intonaci					
R _w Indice del potere fonoisolante caratteristico del singolo spessore di base in laterizio porizzato					
ΔR _w Incremento prestazionale rispetto al singolo spessore di base in laterizio POROTON® ottenibile per effetto dell'intercapedine e del secondo strato in laterizio					

6

CAPITOLO

IMPIEGO



IL CORRETTO UTILIZZO DEL LATERIZIO POROTON®: SUGGERIMENTI PER L'USO

Introduzione

Il Consorzio POROTON® Italia, dopo aver sviluppato, in collaborazione con il gruppo di lavoro ISOPROJECT, le 5 tipologie di sistemi costruttivi precedentemente descritti, si è adoperato per contestualizzare tali sottosistemi in muratura all'interno di un involucro edilizio. Utilizzando le competenze di un team interdisciplinare e l'appoggio di alcune università italiane, sono stati sviluppati una serie di nodi costruttivi performanti, oltre che dal punto di vista termico ed acustico, anche strutturale.

Un estratto delle soluzioni sviluppate viene riportato nel presente manuale, allo scopo di suggerire come impiegare correttamente il laterizio POROTON® per poter costruire edifici efficienti. Vengono di seguito riportate, per le 5 tipologie di sottosistemi sviluppati, indicazioni di come posare correttamente il laterizio POROTON® nei seguenti nodi costruttivi:

- nodo solaio controterra - muratura in laterizio POROTON®;
- nodo solaio d'interpiano - muratura in laterizio POROTON®;
- nodo copertura in laterocemento - muratura in laterizio POROTON®.

Al fine di evidenziare l'ottimo comportamento termico dei nodi sviluppati, viene riportato l'andamento delle isoterme, che permette di valutare conseguentemente l'andamento del flusso di calore. Vengono inoltre riportate alcune caratteristiche termiche dei nodi sviluppati, quali la trasmittanza termica lineica ψ ed il fattore di temperatura sulla superficie f_{Rsi} . I valori riportati, pur essendo frutto di un'analisi estremamente precisa e dettagliata, sono da considerare come indicativi del com-

portamento della struttura poiché, oltre che dipendere dallo spessore della muratura, dipendono dalle caratteristiche termiche e geometriche degli elementi che compongono la struttura stessa. Tali risultati vengono riportati per evidenziare come il laterizio POROTON®, se correttamente impiegato ed adeguatamente inserito nella progettazione, sia in grado di garantire ottime prestazioni termiche ed acustiche.

La comprensione del significato fisico dei parametri riportati è di grande importanza per valutare, al di là di qualsiasi altro elemento, la qualità e la prestazione reale del nodo costruttivo. Per tale motivo, per spiegare meglio il significato dei valori di trasmittanza termica lineica (ψ) e del fattore di temperatura superficiale (f_{Rsi}), si riportano di seguito due approfondimenti dei temi specifici.

Valutazione energetica del ponte termico

I nodi costruttivi sono generalmente elementi di discontinuità nei materiali e di forma, causando quindi un'anomalia termica denominata "ponte termico".

Un dettaglio non correttamente progettato e/o eseguito può comportare un aumento delle perdite di calore ed un abbassamento della temperatura superficiale interna con conseguente possibile formazione di condensa superficiale o di muffe. La normativa fa genericamente riferimento al concetto di ponte termico "corretto" in relazione alla riduzione della sua trasmittanza termica. Tuttavia definire se un ponte termico sia realmente "corretto" richiederebbe una valutazione più approfondita: questo è quanto è stato svolto nell'ambito del progetto POROTON®-ISO-PROJECT da cui trae origine il presente manuale. Esistono quindi ponti termici corretti laddove un'attenta progettazione limita la dispersione di calore che viene valutata attraverso il valore ψ del nodo, che indica la trasmittanza termica lineica.

La norma UNI EN ISO 14683 suggerisce l'uso di

metodi semplificati per la stima dell'effetto dei ponti termici, fornendo diversi esempi e specificando, per ciascuno di essi, i valori dei coefficienti di accoppiamento termico lineare L^{2D} e delle trasmittanze termiche lineari ψ . Tuttavia l'abbassamento delle temperature interne superficiali non viene preso in considerazione.

I valori della trasmittanza termica lineare ψ_k , che dipendono dal sistema e dalle dimensioni utilizzate nel calcolo delle aree di flusso termico monodimensionale (i termini $U_j A_j$), possono essere calcolati con la seguente equazione:

$$\psi_k l_k = L^{2D} l_k - \sum U_j A_j$$

dove:

- L^{2D} coefficiente di accoppiamento termico lineare ottenuto da un calcolo bidimensionale del componente;
- U_j trasmittanza termica del componente sede di un flusso termico monodimensionale di area A_j ;
- l_k lunghezza su cui si applica il valore del ponte termico k .

Il coefficiente di accoppiamento termico lineare L^{2D} è quindi il flusso termico scambiato tra i due ambienti termicamente interagenti per ogni grado di differenza di temperatura e per unità di lunghezza, mentre la trasmittanza termica lineica è definita come coefficiente di correzione che tiene conto dell'influenza di un ponte termico distribuito lungo una linea.

Dalla relazione sopra riportata si evince che minore è L^{2D} , minore è ψ e dunque il flusso termico scambiato in corrispondenza del ponte.

Se $\psi < 0$ significa che i termini $U A$ sono maggiori del coefficiente L^{2D} ; in tal caso il flusso termico scambiato, considerando gli elementi monodimensionali che compongono il ponte secondo le loro lunghezze di riferimento, è maggiore del flusso effettivamente scambiato in corrispondenza del ponte stesso. Dunque per un ponte termico la soluzione è ottimale quando $\psi < 0$, ma

valori vicino allo zero sono comunque indicativi di una buona soluzione. Si deve inoltre osservare che il valore può essere negativo anche per la geometria del nodo considerato. Nel caso di angoli di muratura, ad esempio, il valore negativo tiene conto della maggiore superficie disperdente esterna rispetto a quella sul lato interno.

La UNI EN ISO 14683 sottolinea come vi siano diversi metodi da poter utilizzare per la stima di ψ ; ognuno di essi è caratterizzato, secondo la medesima norma, da una propria incertezza:

- calcoli numerici ($\pm 5\%$);
- cataloghi sui ponti termici ($\pm 20\%$);
- calcoli manuali ($\pm 20\%$);
- valori di default (da 0% a + 50%).

La scelta del metodo dovrebbe pertanto riflettere l'accuratezza richiesta nella valutazione delle dispersioni. I nodi esposti nel presente capitolo sono stati valutati con calcoli numerici e quindi con il procedimento più accurato tra quelli disponibili.

Problemi di condensazione superficiale dei ponti termici

La diminuzione di temperatura superficiale interna può comportare problemi di condensazione superficiale se la temperatura superficiale interna risulta inferiore a quella di rugiada dell'aria a diretto contatto con la parete. Anche in assenza di condensazione superficiale vera e propria, una temperatura superficiale prossima a quella di saturazione dell'aria che lambisce le pareti può portare alla formazione di muffe o macchie.

La norma UNI EN ISO 13788, che ha sostituito la norma UNI-CTI 10350, ha colmato il vuoto normativo in materia di verifica dei rischi di condensazione superficiale ed interstiziale esponendo nel dettaglio un metodo di valutazione per la formazione di muffe, individuando la temperatura superficiale critica che determina rischi di condensazione.

Il parametro di riferimento è il fattore di temperatura superficiale f_{Rsi} che viene calcolato con la seguente relazione:

$$f_{Rsi} = (\theta_{si} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$$

dove:

- θ_i è la temperatura interna dell'ambiente considerato;
- θ_e la temperatura esterna;
- θ_{si} la temperatura superficiale interna.

Il fattore di temperatura superficiale è pertanto un parametro che varia tra 0 e 1 e indica il grado di abbassamento della temperatura superficiale della parete considerata: quanto più si avvicina al valore unitario, tanto maggiore è la temperatura superficiale interna. Valori prossimi all'unità significano ponti termici tendenzialmente corretti.

Conoscendo il fattore f_{Rsi} e le temperature interne ed esterne di progetto o a regime, è possibile, dalla precedente formula, calcolare la temperatura superficiale interna e quindi stimare, conoscendo l'umidità relativa interna presente, la possibilità di formazione di condensa o di muffe.

Per poter calcolare il fattore di temperatura superficiale, bisogna ricorrere alla norma UNI EN ISO 10211.

Essa suggerisce come affrontare lo studio dei ponti termici mediante l'implementazione di modelli numerici, fornendo indicazioni, per esempio, sulle dimensioni trasversali da prendere in considerazione e sulla scelta del passo della griglia (mesh) da adottare per il modello. Il problema della condensazione superficiale è stato recentemente recepito all'interno del D.Lgs. 311/06; infatti secondo il decreto, in assenza di ventilazione meccanica, occorre prendere come riferimento un'umidità relativa interna pari al 65% ed una temperatura interna di 20°C. In queste condizioni, per la località di Milano, ricorrendo al calcolo delle condizioni limite secondo la norma UNI EN 13788, il fattore superficiale critico risulta pari a 0,82.

In caso di ventilazione meccanica controllata, ipotizzando una umidità relativa media di 50%, il fattore di temperatura critico risulta pari a 0,60.

Questi valori devono essere confrontati con quelli derivanti dai calcoli con la norma UNI EN ISO 10211; il fattore di temperatura calcolato con metodi dettagliati deve risultare maggiore di quello critico ricavato per la località in esame.

In presenza di ponti termici, pertanto, onde evitare pro-

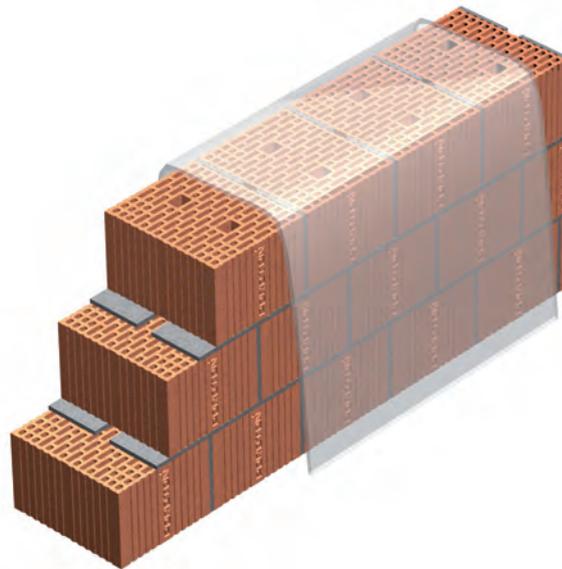
blemi di formazione di muffe, in zona climatica E è consigliabile, oltre all'utilizzo della ventilazione meccanica controllata (VMC), conseguire fattori di temperatura $f_{Rsi} > 0,70$.

Tutti i nodi dei sottosistemi POROTON® proposti in questo manuale soddisfano ampiamente questi requisiti.

Semplici regole per la posa in opera del laterizio POROTON®

Al fine di posare correttamente le murature POROTON® si consiglia di seguire i seguenti suggerimenti:

- i giunti di malta orizzontali e verticali (dove presenti) siano i più regolari possibili e di spessore compreso tra 5 e 15 mm;
- i vari corsi di blocchi devono essere tra loro adeguatamente sfalsati al fine di ottenere un buon collegamento degli elementi che compongono il muro. Si suggerisce di utilizzare uno sfalsamento dei corsi dei blocchi pari a circa la metà dell'altezza del blocco;
- i giunti orizzontali e verticali possono essere opportunamente interrotti in modo da formare due strisce parallele al piano medio del muro ad una distanza consigliata di circa 2-4 cm;
- l'interruzione del giunto di malta, anche di un solo centimetro, consente di ottenere un miglioramento delle caratteristiche termiche della parete e può essere operata sia in presenza di murature portanti che di tamponamento;
- nel caso di impiego di blocchi ad incastro si consiglia di eseguire sempre il giunto di malta verticale se il blocco è conformato in modo tale da consentire di ricavare un'apposita tasca per l'alloggiamento della malta stessa;
- nel caso in cui non si riesca ad "arrivare in quota" con un numero intero di corsi si consiglia, per raggiungere la quota voluta, di tagliare i blocchi. Si sconsiglia di utilizzare tipologie di blocchi diversi, per non rendere di-



somogenea la parete, ed inficiarne le caratteristiche statiche, termiche ed acustiche;

- la profondità della zona di appoggio di eventuali architravi sopra porta o sopra finestra deve essere almeno pari a 2/3 dello spessore del muro;
- si consiglia di bagnare leggermente le superfici dell'elemento in laterizio a contatto con i giunti di malta per evitare un assorbimento troppo veloce dell'umidità presente nella malta stessa;
- durante la fase di posa la muratura deve sempre essere protetta dagli agenti atmosferici.

Semplici regole per la posa in opera del sistema POROTON® PLAN (Rettificato)

Le prestazioni di una muratura dipendono dalle caratteristiche dei blocchi impiegati, dalla tipologia di malta utilizzata e dalle modalità di realizzazione. A parità di blocchi utilizzati, sono le scelte e le capacità del muratore, sia nel disporre la malta che nel posizionare e connettere i blocchi, a condizionare pesantemente il risultato finale. È proprio dall'esigenza di razionalizzare, semplificare e velocizzare la tecnica di posa in opera degli elementi per muratura che è nato il "laterizio rettificato".

La muratura rettificata POROTON® PLAN si esegue, in generale, come una qualsiasi muratura in late-

rizio e non richiede manodopera specializzata; è necessario tuttavia che essa venga posta in opera "a regola d'arte" secondo le regole del buon costruire; le differenze rispetto alla posa di una muratura ordinaria si limitano ad alcuni accorgimenti particolari che di seguito vengono illustrati.

1. Preparazione del piano di posa

L'uso di blocchi e tramezze rettificati richiede una certa attenzione nella preparazione del piano di posa del primo corso di blocchi; in tal senso è opportuno realizzare il getto del solaio di appoggio cercando di limitare i dislivelli tra le varie parti del piano. Si procederà quindi alla preparazione di un letto di malta cementizia tradizionale, di spessore pari a circa 1-3 cm, al di sopra del quale si poserà il primo corso di blocchi.

2. Primo corso di blocchi

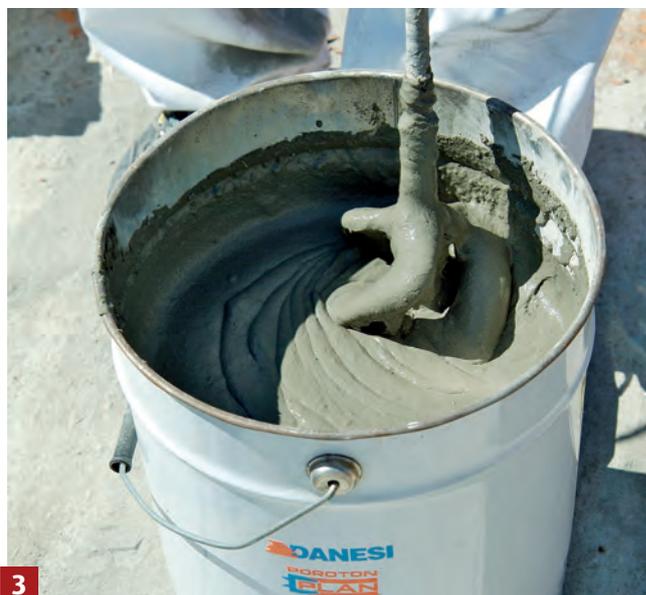
Si procede alla posa del primo corso sul letto di malta di base provvedendo alla messa in bolla degli elementi per garantire l'orizzontalità e la planarità. A tal fine può essere sufficiente l'uso di una tradizionale bolla da cantiere se il sottofondo di appoggio risulta regolare, oppure si può ricorrere ad un laser per rilevare ed appianare, con un idoneo ispessimento del letto di malta iniziale, eventuali dislivelli di una certa entità.

3. Preparazione della malta/colla per la posa in opera

La preparazione della malta/colla avviene miscelando con acqua il prodotto con un comune trapano miscelatore (dosaggio circa 6-7 litri d'acqua ogni 25 kg di prodotto), fino ad ottenere un impasto omogeneo e privo di grumi. Dopo qualche minuto di riposo si deve rimescolare e, a questo punto, la malta/colla è pronta per l'uso. Essa viene quindi versata in una vaschetta tale da consentire la successiva fase di immersione dei blocchi, oppure direttamente all'interno dell'apposito caricatore del rullo stendi-malta.

4. Formazione del giunto orizzontale

La malta/colla è un prodotto cementizio di allettamento premiscelato in polvere, dotato di un forte potere aggrappante, a base di cemento, sabbie silicee selezionate





4

e additivi speciali in grado di aderire perfettamente al blocco formando uno strato sottile (circa 1 mm) su tutta la superficie dell'elemento. Per ottenere questo risultato si procederà impiegando un rullo stendi-malta oppure immergendo il blocco per pochi millimetri all'interno di una bacinella contenente la malta/colla preparata.

5. La fase di posa dei corsi successivi

I blocchi vengono posati velocemente (grazie anche al perfetto incastro verticale), con uno sfalsamento di circa metà della lunghezza del blocco stesso rispetto al corso sottostante, esercitando una lieve pressione all'atto del posizionamento dell'elemento stesso sulla muratura.



5

6. Formazione di pezzi speciali

Con l'impiego di una sega a disco (diametro di almeno 60 cm), è possibile tagliare i blocchi al fine di ottenere pezzi speciali per completare gli angoli ed i fianchi della muratura o per realizzare le mazzette di porte e finestre. Con l'utilizzo dei pezzi speciali la muratura risulterà perfettamente omogenea, conservando inalterate tutte le sue caratteristiche prestazionali

7. Completamento della parete

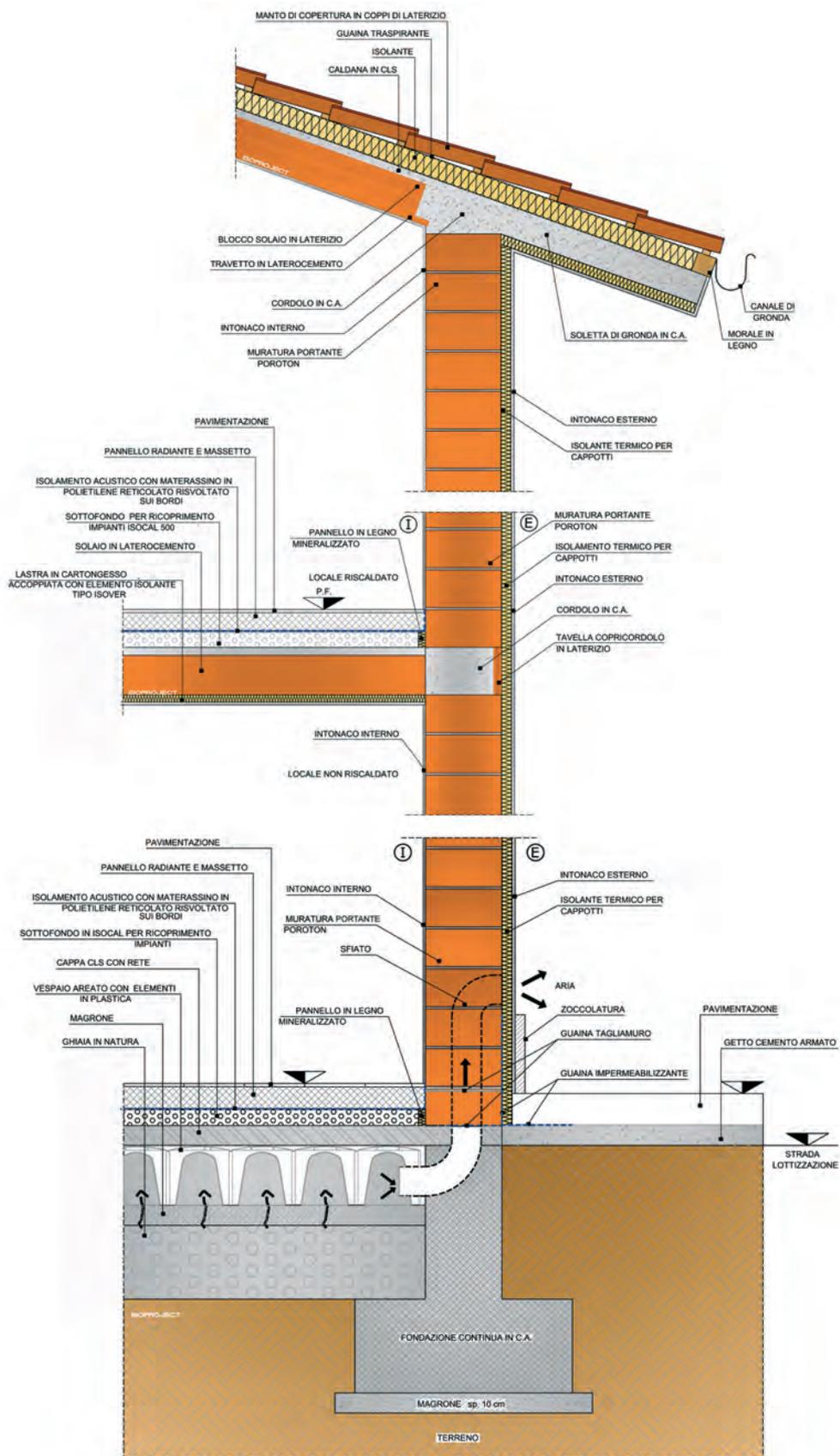
Per garantire ottime prestazioni acustiche è importante realizzare una efficace sigillatura della parete lungo tutto il suo perimetro.



6

La muratura portante monostrato POROTON® con cappotto (Sottosistema PMC)

I dettagli costruttivi del sottosistema PMC

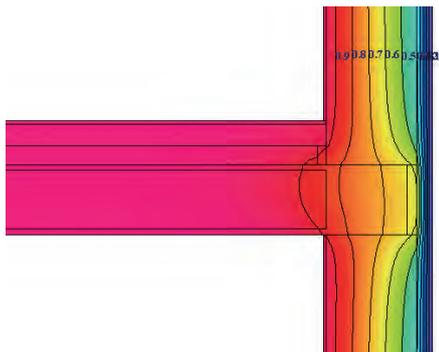


Le prestazioni del sottosistema PMC

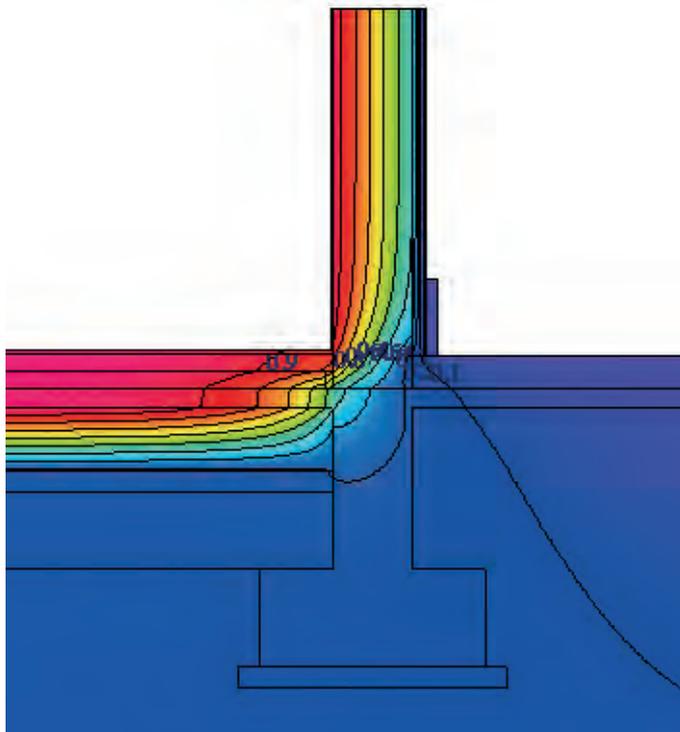
L'utilizzo del laterizio POROTON®, nelle modalità riportate nei precedenti dettagli costruttivi, permette di determinare i seguenti parametri.



Coefficiente lineico esterno: $\psi_e = 0,030$ W/mK
 Coefficiente lineico interno: $\psi_i = 0,210$ W/mK
 Fattore di temperatura superficiale: $f_{Rsi} = 0,830$



Coefficiente lineico esterno: $\psi_e = 0,070$ W/mK
 Coefficiente lineico interno: $\psi_i = 0,216$ W/mK
 Fattore di temperatura superficiale: $f_{Rsi} = 0,896$

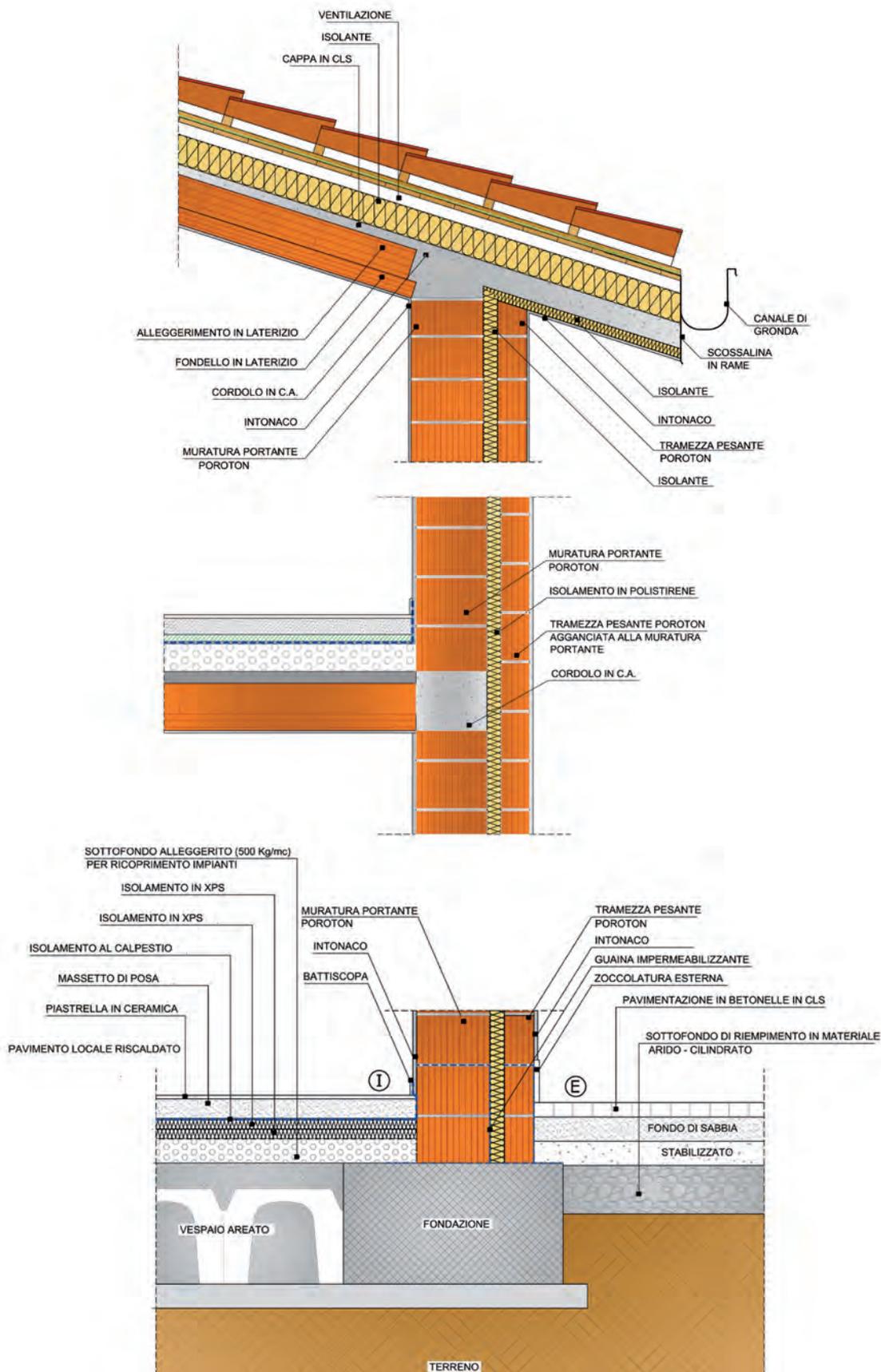


Coefficiente lineico: $\psi = 0,077$ W/mK
 Fattore di temperatura superficiale: $f_{Rsi} = 0,850$

IMPIEGO

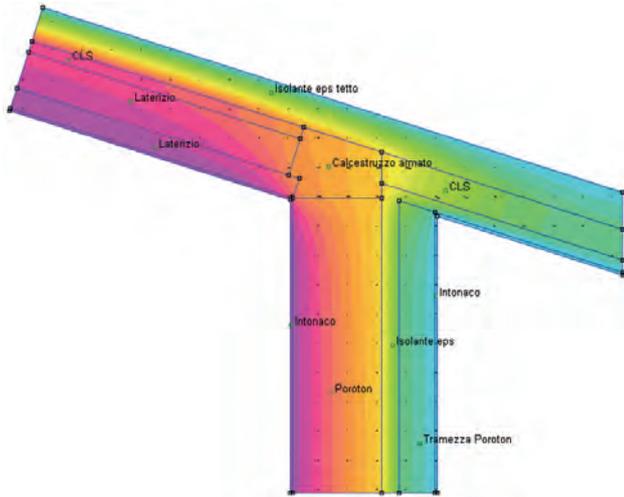
La muratura portante pluristrato POROTON® (Sottosistema PP)

I dettagli costruttivi del sottosistema PP

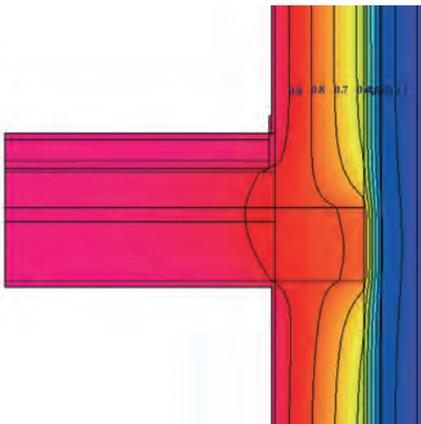


Le prestazioni del sottosistema PP

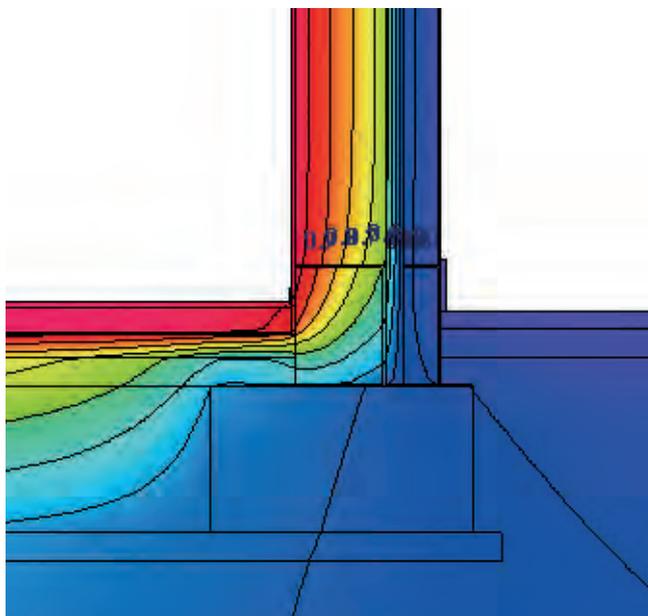
L'utilizzo del laterizio POROTON®, nelle modalità riportate nei precedenti dettagli costruttivi, permette di determinare i seguenti parametri.



Coefficiente lineico esterno: $\psi_e = 0,063 \text{ W/mK}$
 Coefficiente lineico interno: $\psi_i = 0,219 \text{ W/mK}$
 Fattore di temperatura superficiale: $f_{Rsi} = 0,841$



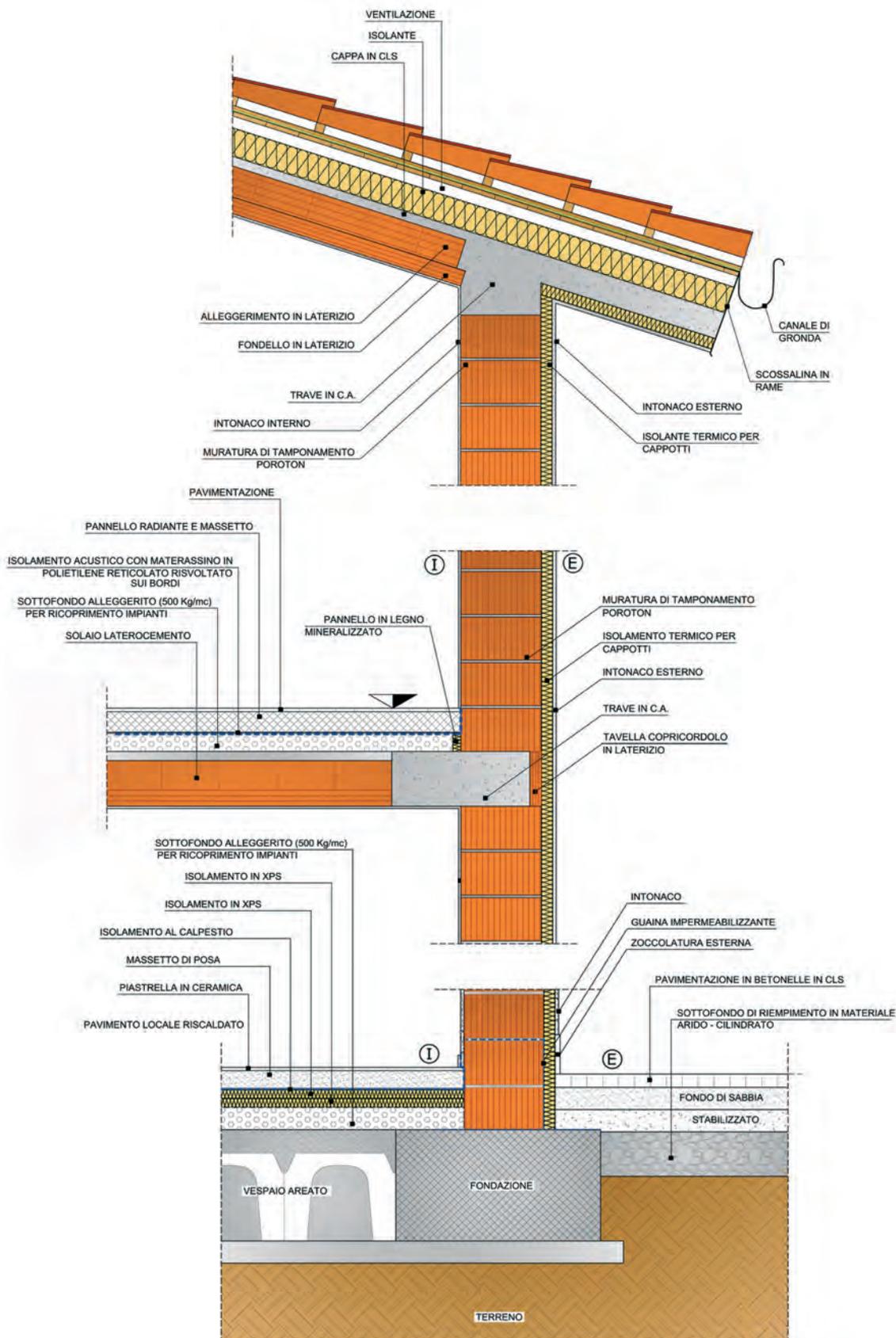
Coefficiente lineico esterno: $\psi_e = 0,046 \text{ W/mK}$
 Coefficiente lineico interno: $\psi_i = 0,186 \text{ W/mK}$
 Fattore di temperatura superficiale: $f_{Rsi} = 0,924$



Coefficiente lineico: $\psi = -0,013 \text{ W/mK}$
 Fattore di temperatura superficiale: $f_{Rsi} = 0,900$

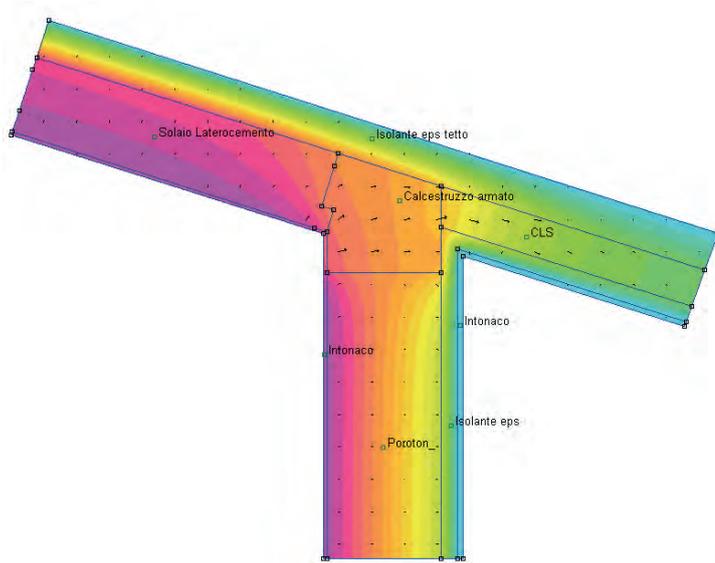
La muratura di tamponamento monostrato POROTON® con cappotto (Sottosistema TMC)

I dettagli costruttivi del sottosistema TMC

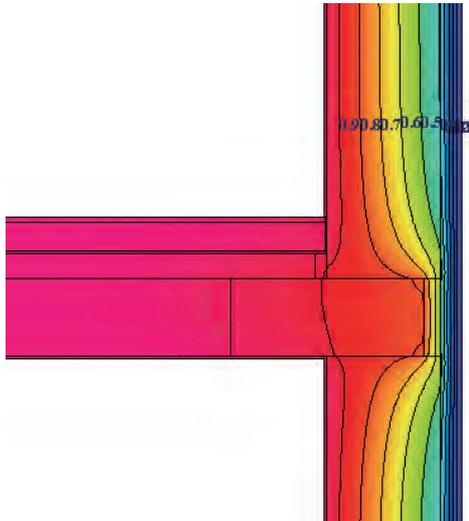


Le prestazioni del sottosistema TMC

L'utilizzo del laterizio POROTON®, nelle modalità riportate nei precedenti dettagli costruttivi, permette di determinare i seguenti parametri.

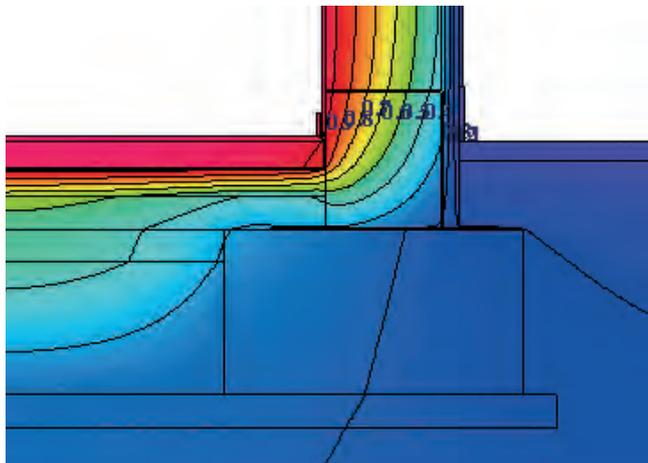


Coefficiente esterno: $\psi_e = 0,148 \text{ W/mK}$
 Coefficiente lineico interno: $\psi_i = 0,298 \text{ W/mK}$
 Fattore di temperatura superficiale: $f_{Rsi} = 0,822$



La soluzione presentata, con una tavola a copertura della trave di bordo, è una soluzione di minima.
 Tale soluzione viene presentata in quanto essa permette di avere una finitura della muratura uniforme.
 La prestazione complessiva può essere migliorata utilizzando dell'isolante leggero.

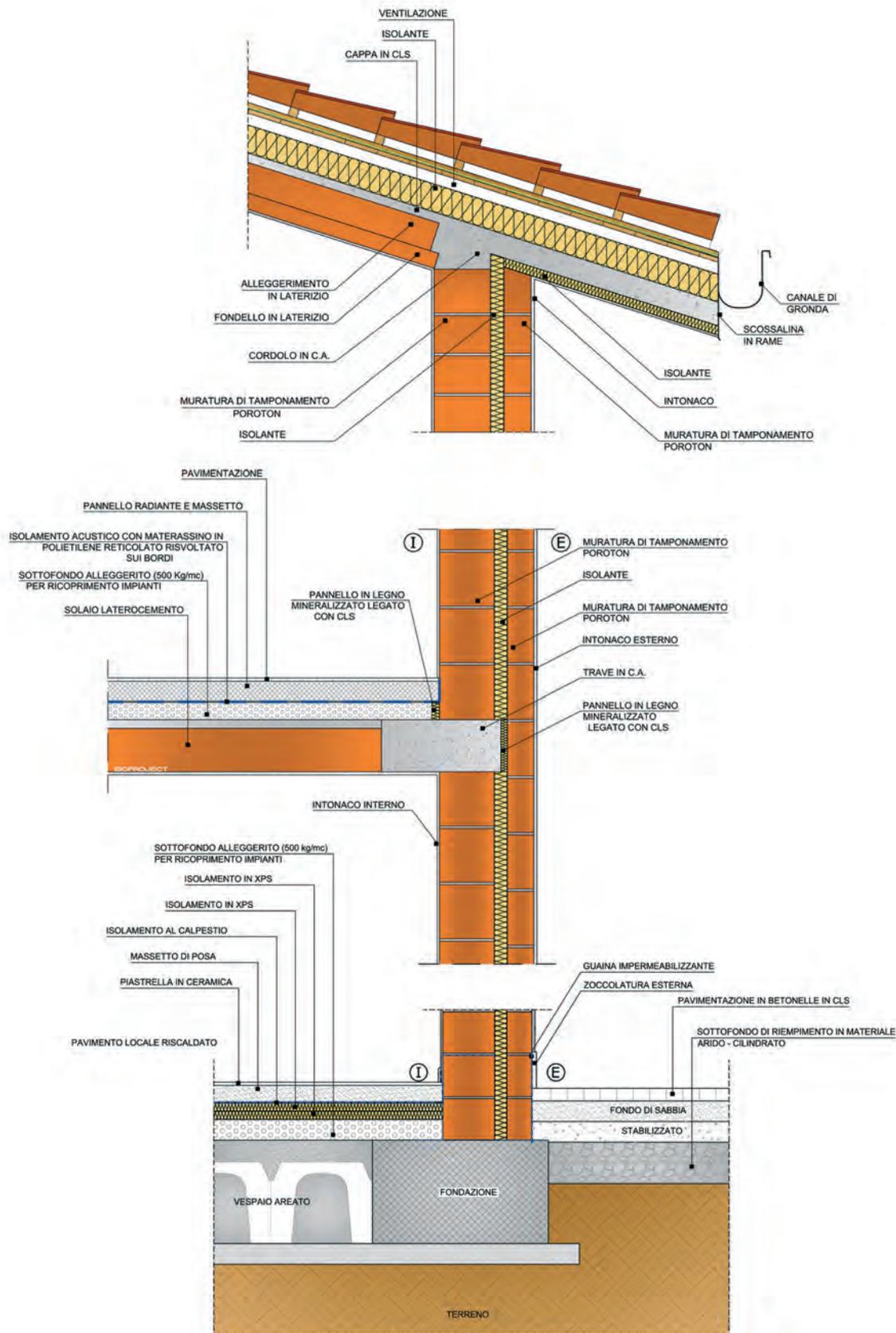
Coefficiente lineico esterno: $\psi_e = 0,094 \text{ W/mK}$
 Coefficiente lineico interno: $\psi_i = 0,223 \text{ W/mK}$
 Fattore di temperatura superficiale: $f_{Rsi} = 0,922$



Coefficiente lineico: $\psi = -0,064 \text{ W/mK}$
 Fattore di temperatura superficiale: $f_{Rsi} = 0,915$

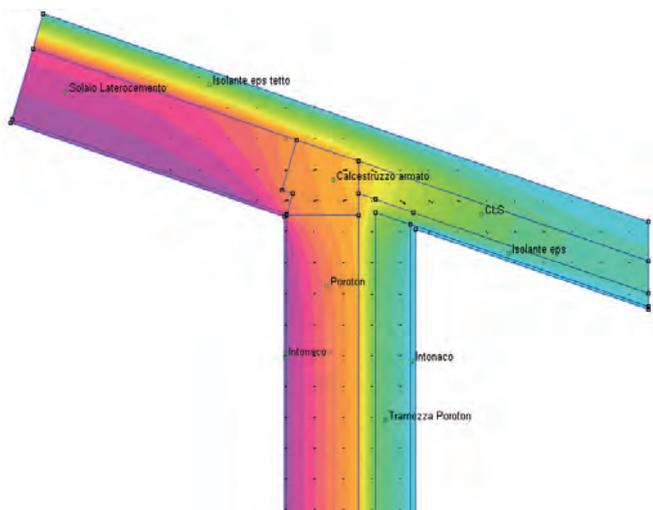
La muratura di tamponamento pluristrato POROTON® (Sottosistema TP)

I dettagli costruttivi del sottosistema TP

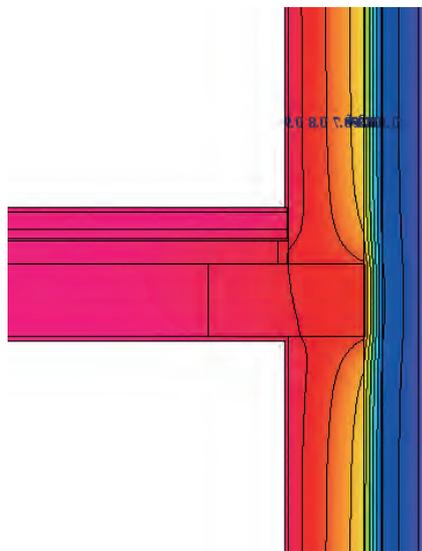


Le prestazioni del sottosistema TP

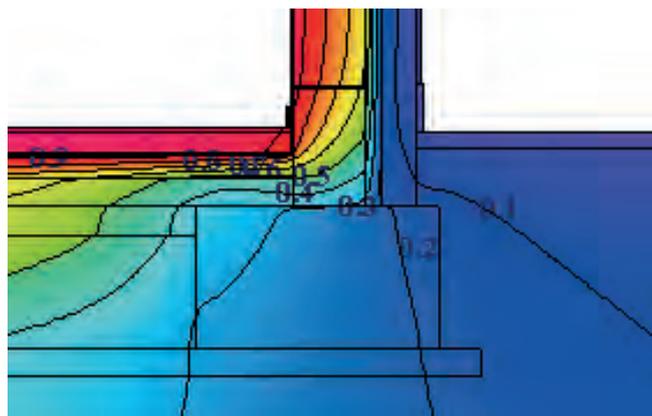
L'utilizzo del laterizio POROTON®, nelle modalità riportate nei precedenti dettagli costruttivi, permette di determinare i seguenti parametri.



Coefficiente lineico esterno: $\psi_e = 0,016 \text{ W/mK}$
 Coefficiente lineico interno: $\psi_i = 0,153 \text{ W/mK}$
 Fattore di temperatura superficiale: $f_{Rsi} = 0,836$



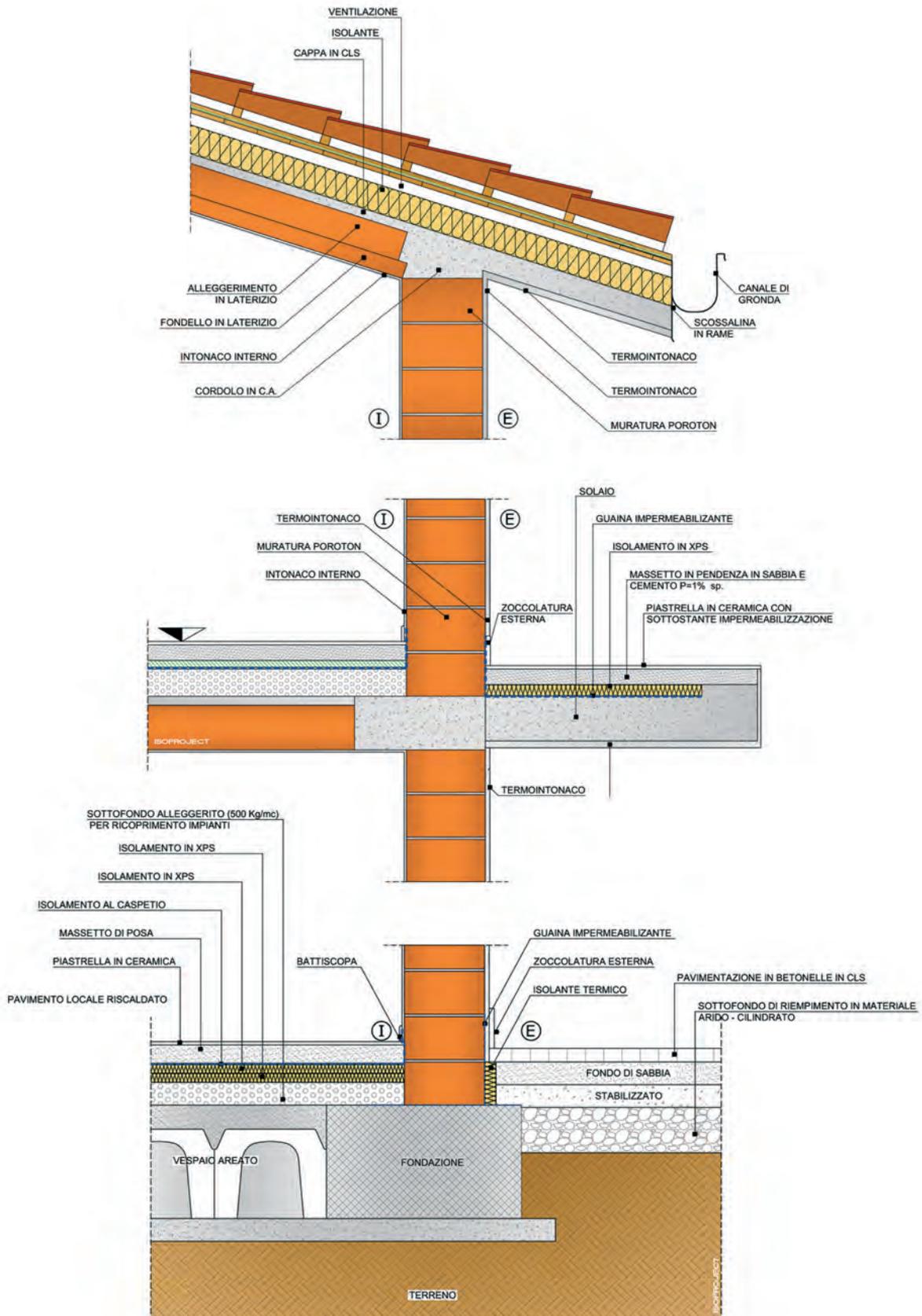
Coefficiente lineico esterno: $\psi_e = 0,128 \text{ W/mK}$
 Coefficiente lineico interno: $\psi_i = 0,265 \text{ W/mK}$
 Fattore di temperatura superficiale: $f_{Rsi} = 0,910$



Coefficiente lineico: $\psi = -0,044 \text{ W/mK}$
 Fattore di temperatura superficiale: $f_{Rsi} = 0,900$

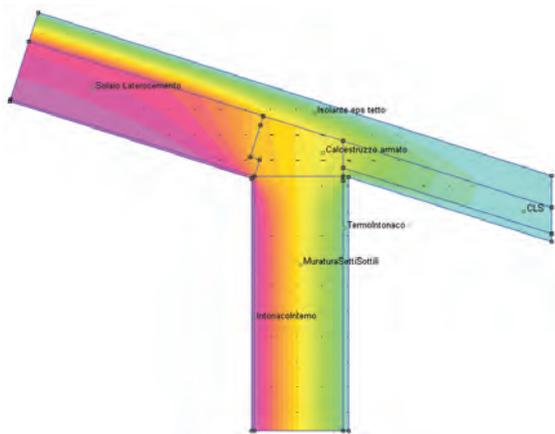
La muratura ad elevate prestazioni termiche POROTON® (Sottosistema ET)

I dettagli costruttivi del sottosistema in muratura POROTON® Setti Sottili con termointonaco

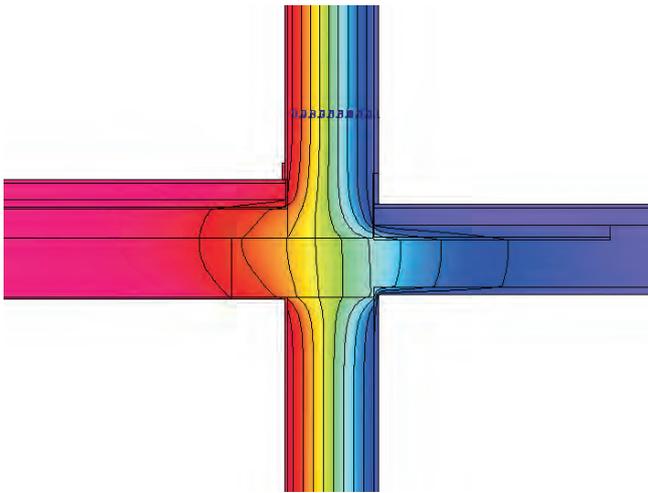


Le prestazioni del sottosistema in muratura POROTON® Setti Sottili con termointonaco

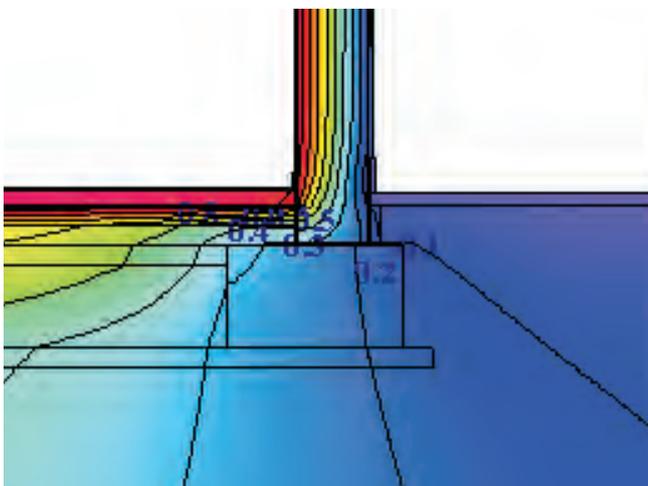
L'utilizzo del laterizio POROTON®, nelle modalità riportate nei precedenti dettagli costruttivi, permette di determinare i seguenti parametri.



Coefficiente lineico esterno: $\psi_e = 0,130 \text{ W/mK}$
 Coefficiente lineico interno: $\psi_i = 0,283 \text{ W/mK}$
 Fattore di temperatura superficiale: $f_{Rsi} = 0,796$

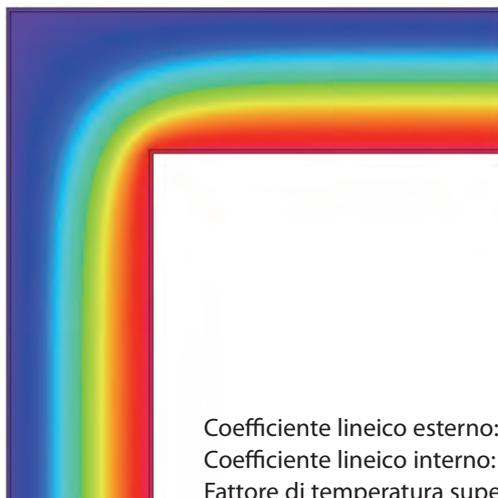
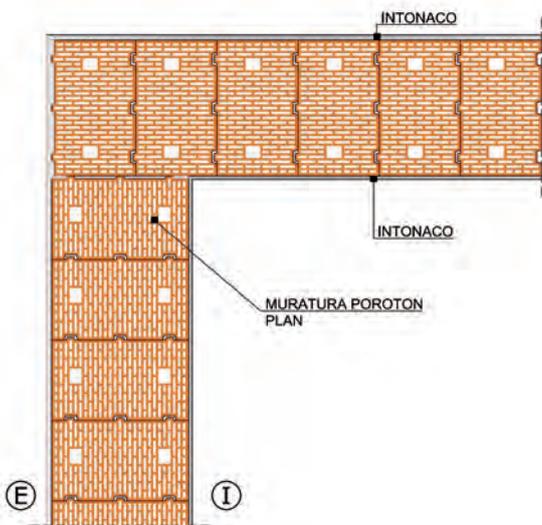


Coefficiente lineico esterno: $\psi_e = 0,440 \text{ W/mK}$
 Coefficiente lineico interno: $\psi_i = 0,601 \text{ W/mK}$
 Fattore di temperatura superficiale: $f_{Rsi} = 0,806$

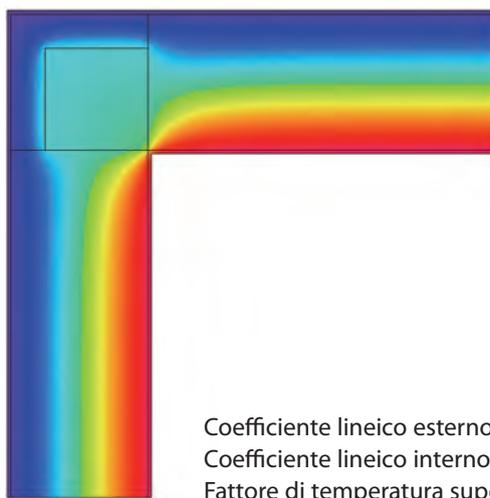
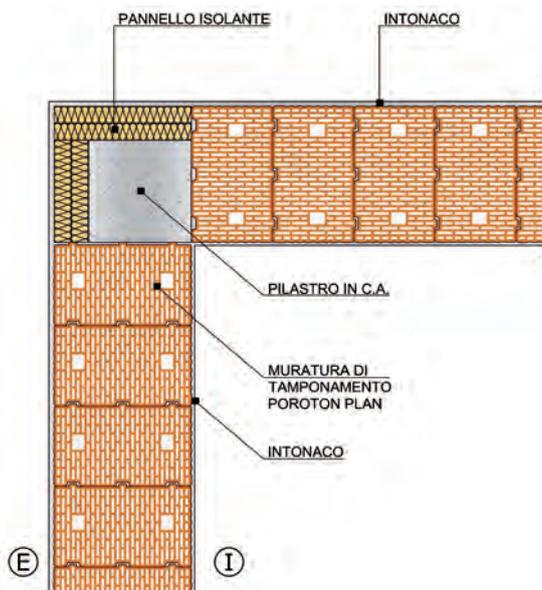


Coefficiente lineico: $\psi = -0,022 \text{ W/mK}$
 Fattore di temperatura superficiale: $f_{Rsi} = 0,905$

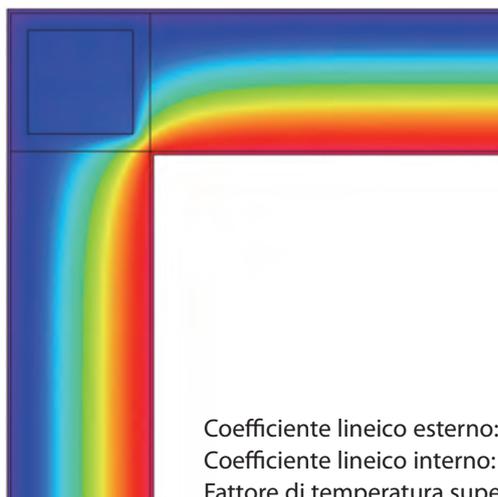
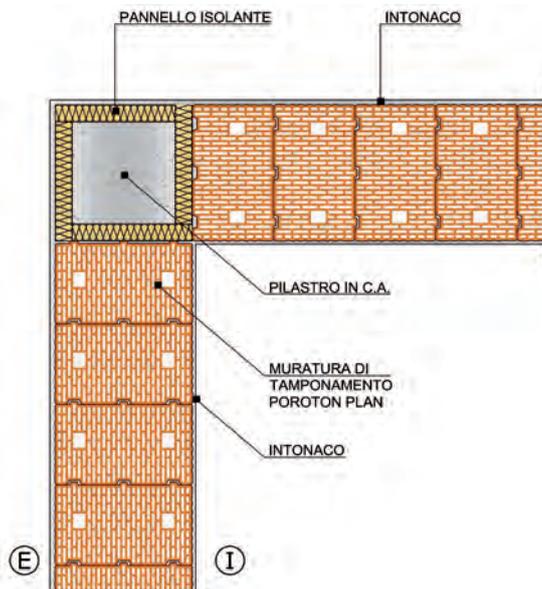
I dettagli costruttivi e le prestazioni del sottosistema in muratura POROTON® PLAN



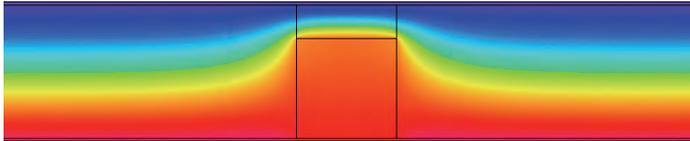
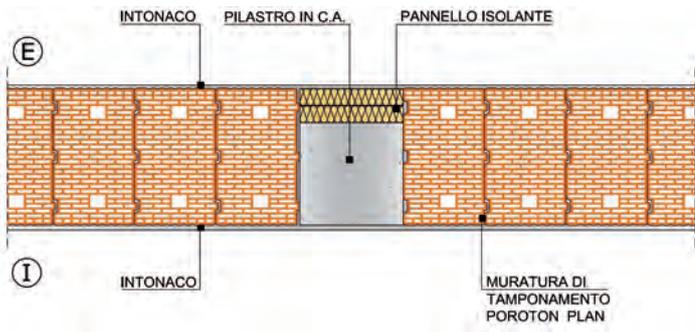
Coefficiente lineico esterno: $\psi_e = -0,182 \text{ W/mK}$
 Coefficiente lineico interno: $\psi_i = 0,067 \text{ W/mK}$
 Fattore di temperatura superficiale: $f_{Rsi} = 0,898$



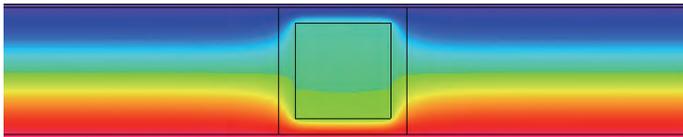
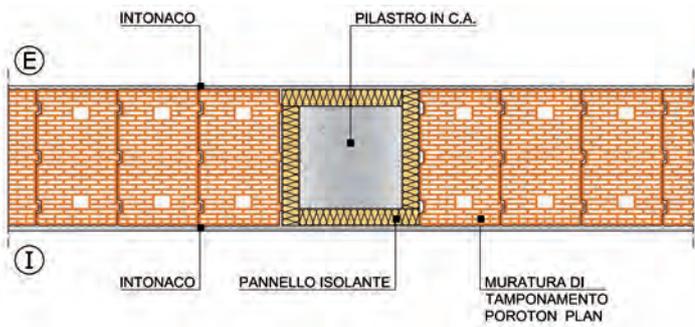
Coefficiente lineico esterno: $\psi_e = -0,090 \text{ W/mK}$
 Coefficiente lineico interno: $\psi_i = 0,158 \text{ W/mK}$
 Fattore di temperatura superficiale: $f_{Rsi} = 0,768$



Coefficiente lineico esterno: $\psi_e = -0,156 \text{ W/mK}$
 Coefficiente lineico interno: $\psi_i = 0,092 \text{ W/mK}$
 Fattore di temperatura superficiale: $f_{Rsi} = 0,885$



Coefficiente lineico: $\psi = 0,145 \text{ W/mK}$
 Fattore di temperatura superficiale: $f_{Rsi} = 0,888$



Coefficiente lineico: $\psi = 0,083 \text{ W/mK}$
 Fattore di temperatura superficiale: $f_{Rsi} = 0,934$

REALIZZAZIONI

I sottosistemi di muratura POROTON® illustrati nel presente manuale sono stati validamente utilizzati in realizzazioni di diverse tipologie edilizie a basso consumo energetico (edifici in linea, case a schiera, monofamiliari e bifamiliari). Si riportano di seguito alcuni esempi.

Edificio condominiale
Località: Noventa di Piave (VE)
Classe energetica: B



Edifici a schiera
Località: Torrebelvicino (VI)
Classe energetica: B



Edificio monofamiliare
Località: Torre di Mosto (VE)
Classe energetica: B



Edifici monofamiliari
Località: Fagagna (UD)
Classe energetica: A



Edificio bifamiliare
Località: Noventa di Piave (VE)
Classe energetica: A





QUADRO NORMATIVO VIGENTE

QUADRO NORMATIVO IN AMBITO STRUTTURALE

Legge 5/11/1971, n. 1086

"Norme per Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica";

Legge 2/2/1974, n. 64

"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";

D.M. 14/01/2008

"Norme tecniche per le costruzioni"

Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti nr. 617 del 02/02/2009

"Istruzioni per l'applicazione delle 'nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al D.M. 14 gennaio 2008";

UNI-EN1996-1-1:2006

"Progettazione delle strutture in muratura" (Eurocodice 6 integrato dagli annessi nazionali);

UNI-EN1998-1:2005

"Progettazione in zone sismiche" (Eurocodice 8 integrato dagli annessi nazionali)

QUADRO NORMATIVO IN AMBITO TERMICO

Nel presente indice delle normative in ambito termico relativo alla realizzazione di nuovi edifici, non vengono riportate le norme vigenti a livello regionale.

Legge dello Stato 09/01/1991 n. 10

Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso nazionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia.

Decreto Presidente Repubblica 26/08/1993 n. 412

Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n. 10.

Decreto Legislativo 19/08/2005 n. 192

Attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia.

Decreto Legislativo 29/12/2006 n. 311

Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo n. 192 de 2005, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia.

Decreto Legislativo 30/05/2008 n. 115

Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE.

Decreto del Presidente della Repubblica 02/04/2009 n. 59

Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19/08/2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia.

Decreto Ministeriale 26/06/2009

Linee guida per la certificazione energetica degli edifici.

QUADRO NORMATIVO IN AMBITO ACUSTICO

Legge Ordinaria del Parlamento n°447 del 26/10/1995

Legge quadro sull'inquinamento acustico. Principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico, ai sensi e per gli effetti dell'articolo 17 della costituzione.

D.P.C.M. 5 Dicembre 1997

Determinazione dei valori requisiti acustici passivi degli edifici. Determinazione dei requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici ed i requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti in opera, al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore.

D.P.C.M. 31 Marzo 1998

Atto di indirizzo e coordinamento recante criteri generali per l'esercizio dell'attività del tecnico competente in acustica.



GLOSSARIO

AMBITO STRUTTURALE

Resistenza caratteristica a compressione del blocco (f_{bk})

Indica la resistenza caratteristica a compressione del blocco sottoposto ad azione in direzione parallela ai fori. Tale valore è determinato secondo prove standardizzate su 6 campioni. Si misura in $[N/mm^2]$.

Resistenza caratteristica a compressione del blocco in direzione orizzontale (\bar{f}_{bk})

Indica la resistenza caratteristica a compressione del blocco sottoposto ad azione in direzione ortogonale ai fori. Tale valore è determinato secondo prove standardizzate su 6 campioni.

La relazione che lega il valore medio \bar{f}_{bm} desunto dalle prove ed il valore caratteristico è: $\bar{f}_{bk} = 0,7 \bar{f}_{bm}$. Si misura in $[N/mm^2]$.

Resistenza media a compressione della malta (f_m)

Indica la resistenza media a compressione della malta. Il valore riportato, espresso in N/mm^2 , viene utilizzato per caratterizzare la malta. Malta M10, quindi, indica una malta con una resistenza media di 10 N/mm^2 .

Resistenza caratteristica a compressione della muratura (f_k)

Indica la resistenza caratteristica a compressione della muratura in direzione verticale. Si può determinare sperimentalmente o ricavare dalla tabella riportata nelle NTC 2008 se i blocchi sono semipieni e posati con giunti sia verticali che orizzontali di spessore tra i 5 e i 15 mm. Si misura in $[N/mm^2]$.

Resistenza caratteristica a trazione della muratura (f_{tk})

Indica la resistenza caratteristica a trazione della muratura per fessurazione diagonale. Tale dato può essere stimato pari a $1,5 f_{vk0}$.

Si misura in $[N/mm^2]$.

Resistenza caratteristica a taglio della muratura (f_{vk0})

Indica la resistenza caratteristica a taglio della muratura in assenza di carico verticale. Si può determinare sperimentalmente o ricavare dalla tabella riportata nelle NTC 2008 se i blocchi sono semipieni e posati con giunti sia verticali che orizzontali di spessore tra i 5 e i 15 mm. Si misura in $[N/mm^2]$.

AMBITO TERMICO**Conducibilità termica (λ)**

Flusso di calore che nelle condizioni di regime stazionario passa attraverso un materiale omogeneo dello spessore di 1 m, per m^2 di superficie e per una differenza di 1 K tra le due facce opposte e parallele del materiale considerato. È una proprietà tipica di un materiale, indipendente dallo spessore. Misura l'attitudine del materiale a trasmettere calore. Si misura in $[W/mK]$.

Conducibilità termica equivalente (λ_{eq})

Quantifica la conducibilità termica di una struttura eterogenea. Una struttura edilizia è formata da materiali diversi per cui le proprietà termiche della struttura edilizia sono funzione delle proprietà di ogni singolo materiale e di quanto questo incide in termini di peso e volume nella struttura. Si misura in $[W/mK]$.

Fattore di temperatura sulla superficie interna (f_{Rsi})

Differenza tra le temperature della superficie interna e dell'aria esterna divise per la differenza delle temperature dell'aria interna ed esterna, calcolata con una resistenza superficiale interna R_{si} .

Fattore di ampiezza di temperatura ($|Z_{11}|$)

Ampiezza della variazione di temperatura sul lato interno della struttura come effetto di una variazione di temperatura di ampiezza 1 K sul lato esterno. È un parametro adimensionale.

Fattore di ampiezza di temperatura ($|Z_{12}|$)

Ampiezza della variazione di temperatura sul lato interno della struttura come effetto di una variazione di flusso di ampiezza pari a $1 W/m^2$ sul lato esterno. È un parametro adimensionale.

Permeabilità assoluta (δ)

È una grandezza che quantifica quanto vapore acqueo riesce ad attraversare uno strato di materiale lungo un metro in un tempo pari ad un secondo quando vi è una differenza di pressione pari a 1 Pascal tra le due superfici in esame. Si misura in $[\text{kg}/\text{msPa}]$.

Permeabilità relativa (μ)

Raffronta la permeabilità di un materiale con quella dell'aria. È il rapporto tra la permeabilità assoluta dell'aria e la permeabilità assoluta del materiale in esame. Se μ è pari a 1 vuol dire che il materiale in oggetto oppone tanta resistenza al passaggio del vapore acqueo, quanto uno strato pari ad un metro di aria. È un parametro adimensionale.

Resistenza termica (R)

Rappresenta la capacità di un materiale nell'opporvi al passaggio del calore. È definita come l'inverso della trasmittanza termica. Si misura in $[\text{m}^2\text{K}/\text{W}]$.

Strato d'aria equivalente (S_d)

Questa grandezza, espressa in metri, corrisponde allo spessore ipotetico di aria che offre la stessa resistenza alla diffusione del vapore dello strato di materiale in esame. Ovviamente, minore è il valore, maggiore è la traspirabilità della struttura. Si misura in $[\text{m}]$.

Trasmittanza Termica (U)

Flusso di calore, che nelle condizioni di regime stazionario, attraversa una superficie di un metro quadro, quando tra la superficie esterna ed interna della parete (o della copertura) vi è una differenza di 1 K. La trasmittanza, al contrario della conducibilità termica, dipende dallo spessore, essendo una proprietà tipica della struttura. Si misura in $[\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$.

Trasmittanza termica lineica (ψ)

Coefficiente di correzione che tiene conto dell'influenza di un ponte termico distribuito lungo una linea e utilizzato per calcolare i coefficienti di accoppiamento termico L, a partire da un calcolo 1-D.

Umidità relativa dell'ambiente

In un ambiente in condizioni normali l'aria contiene una certa quantità di umidità inferiore alla quantità che conterrebbe in condizioni di saturazione. Questa umidità è detta umidità relativa e viene espressa in percentuale rispetto a quella assoluta. Dire, quindi, che a quella temperatura l'aria contiene l'80% di umidità relativa significa che essa contiene l'80% della quantità massima di vapore acqueo che può essere contenuta a quella temperatura.

AMBITO ACUSTICO

Comfort acustico

Il benessere acustico risulta essere quella condizione in cui un soggetto non sia disturbato nella sua attività dalla presenza di altri suoni e non subisca danni all'apparato uditivo provocati da una esposizione più o meno prolungata a fonti di rumore. La difesa dal rumore è una esigenza primaria; l'esposizione al rumore, infatti, provoca disturbo psicologico e ostacola lo svolgimento delle normali attività di un essere umano, riducendone il rendimento e la capacità di concentrazione. Nei confronti della rumorosità all'interno degli organismi edilizi la progettazione deve prospettare le soluzioni tecnologiche ed architettoniche capaci di realizzare le condizioni per il benessere acustico degli individui.

Decibel

Unità di misura del livello di pressione sonora o del livello di potenza sonora o del livello di intensità sonora, a seconda del tipo di misurazione effettuato. Il livello di pressione sonora in decibel è uguale a dieci volte il logaritmo del rapporto tra la pressione sonora misurata ed una pressione di riferimento, mentre il livello di intensità (potenza) sonora in decibel è pari a venti volte il logaritmo del rapporto tra l'intensità (potenza) misurata ed una intensità (potenza) di riferimento.

Fonometro

È lo strumento utilizzato per la misura oggettiva dei rumori.

Frequenza di risonanza

È la frequenza alla quale si verifica il fenomeno della risonanza. Nel caso di un pannello essa è legata alla massa areica e alla rigidità areica. Per frequenze inferiori a quelle di risonanza il sistema è controllato dalla rigidità areica. Per frequenze superiori a quelle di risonanza il sistema è controllato dalla massa areica. Alla frequenza di risonanza il sistema è controllato dalla costante di smorzamento areica. Si misura in [Hz].

Indice del potere fonoisolante

Valore in decibel della curva di riferimento a 500 Hz dopo la traslazione secondo la UNI EN ISO 717-1 riferito a valori d'ottava o terzi d'ottava del potere fonoisolante R.

Indice apparente del potere fonoisolante

Valore in decibel della curva di riferimento a 500 Hz dopo la traslazione secondo la UNI EN ISO 717-1 riferito a valori d'ottava o terzi d'ottava del potere fonoisolante apparente R'.

Intensità sonora

Grandezza fisica definita come il rapporto tra la potenza di un'onda sonora e l'area della superficie che da essa viene attraversata; oppure come l'energia che nell'unità di tempo attraversa l'unità di superficie posta in un punto perpendicolarmente alla direzione di propagazione del suono. L'intensità sonora istantanea è definita come il prodotto tra la pressione sonora istantanea e il vettore velocità istantanea delle particelle.

Onda sonora

Variazione regolare di una pressione sonora. Oscillazione compiuta da particelle atomiche e molecolari in un mezzo e successiva trasmissione del proprio movimento alle particelle adiacenti, che a loro volta, grazie alle caratteristiche del mezzo cui appartengono, trasmettono il movimento alle altre particelle adiacenti. Le onde sonore possono essere: onde semplici (onde sinusoidali e periodiche), onde complesse (grafico e periodicità non sinusoidale), onde aperiodiche (non regolari il cui tracciato ha una forma caotica).

Potere fonoisolante

Il potere fonoisolante R quantifica la capacità di un componente edilizio di ridurre la trasmissione del suono incidente su di esso. R varia al variare della frequenza e delle proprietà fisiche, delle dimensioni e delle condizioni di vincolo del componente. Si misura in [dB].

Potere fonoisolante apparente

Analogo al potere fonoisolante, ma tiene conto anche dell'energia acustica trasmessa lateralmente attraverso le strutture che delimitano il componente edilizio. Si misura in [dB].

Riflessione

Fenomeno in cui un'onda sonora viene riflessa in corrispondenza di una superficie di separazione di due mezzi, secondo un angolo uguale all'angolo d'incidenza.

Rifrazione

È il fenomeno di deviazione dell'onda sonora quando passa da un mezzo ad un altro, nel quale la velocità di propagazione del suono è diversa.

Riverberazione

Fenomeno per il quale si ha la persistenza di un suono all'interno di uno spazio chiuso, una volta che si è interrotta la sorgente, causato dalle ripetute riflessioni e deviazioni del suono sulle pareti e oggetti interni.

Soglia di dolore

Livello di pressione sonora di un suono oltre il quale una persona prova sensazione di dolore all'orecchio. Si trova circa 120 dB al di sopra della soglia di udibilità.

Soglia di udibilità

Livello minimo di pressione sonora di un suono che può essere percepito dall'apparato uditivo. In genere è attorno al livello di pressione sonora standard di riferimento di 20 Pa.

Consorzio POROTON® Italia
Via Gobetti, 9 - 37138 VERONA
Tel. 045.572697 - Fax 045.572430
www.poroton.it - info@poroton.it