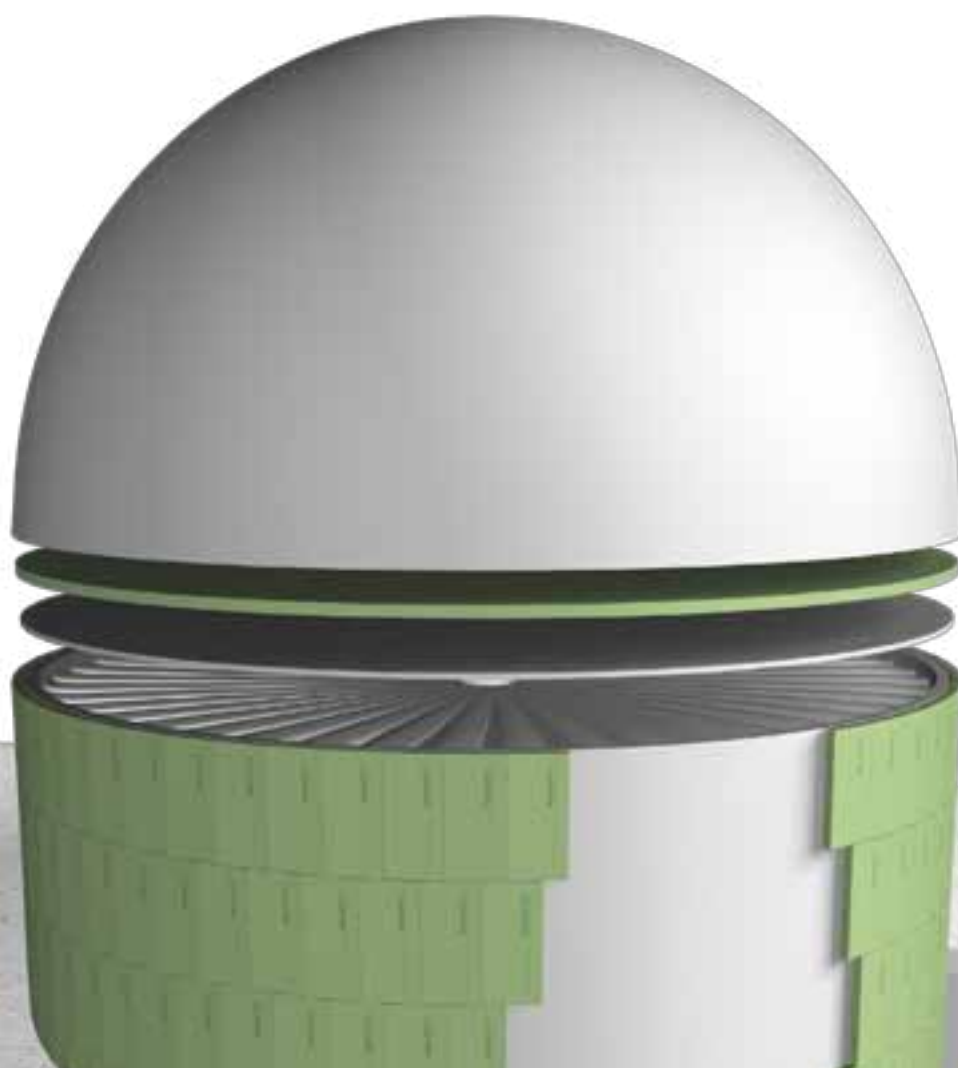


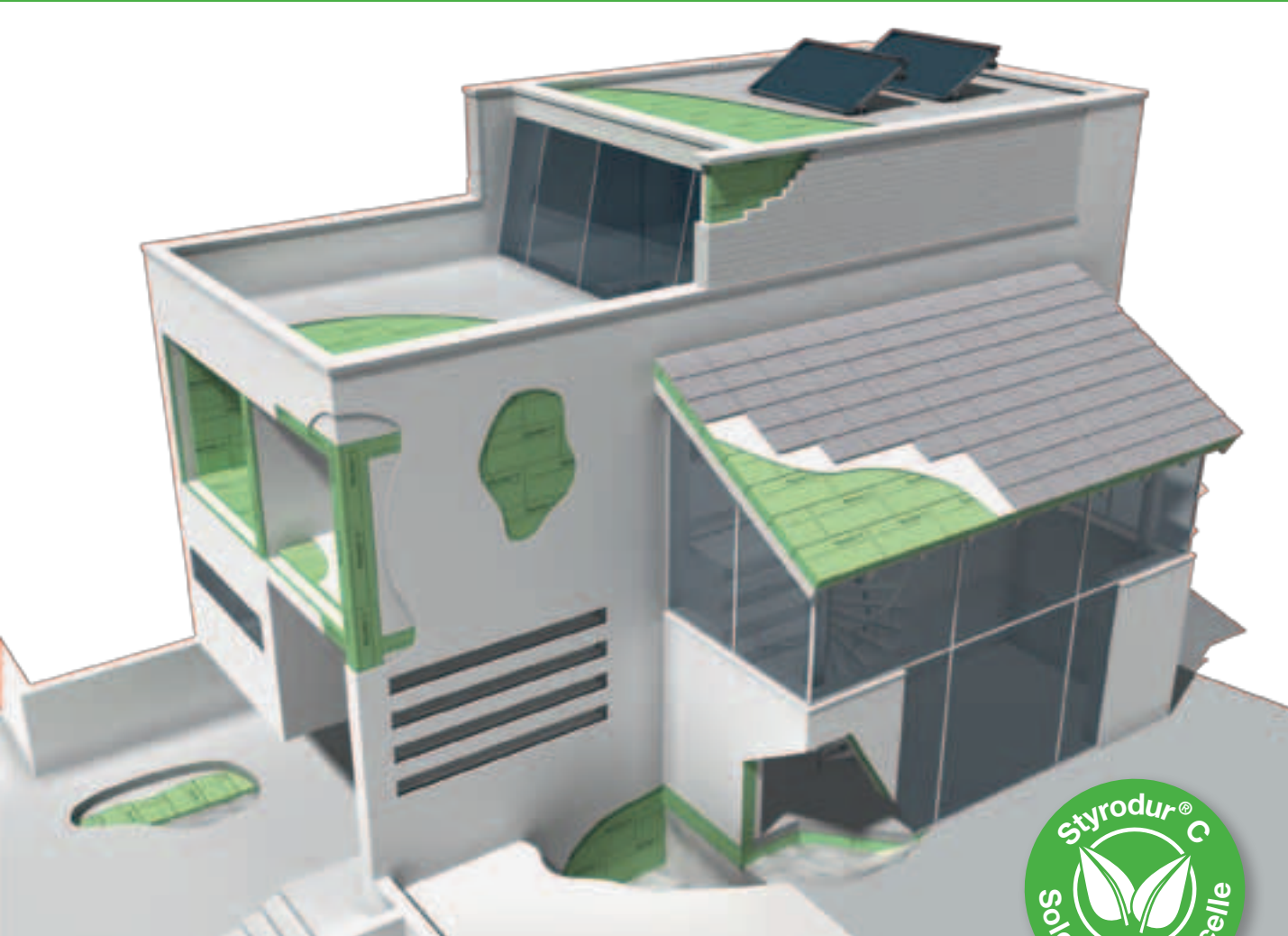
Isolamento termico di impianti biogas



1	Styrodur® C	3
2	Isolamento termico di impianti biogas	4
2.1	Isolamento termico di impianti biogas	5
2.2	Requisiti dei materiali termoisolanti in impianti biogas	5
2.3	Composizione del biogas e idoneità di Styrodur C	5
2.4	Tipologie di costruzione dei fermentatori	5
2.5	Temperature di processo e vantaggi derivanti dall'utilizzo di Styrodur C	5
3	Applicazione di Styrodur C	5
3.1	Ambiti di applicazione di Styrodur C nei fermentatori	5
3.2	Informazioni relative alla diffusione del vapore d'acqua	5
3.3	Isolamento termico delle fondazioni	6
3.4	Isolamento termico delle pareti interrato del fermentatore	7
3.5	Incollaggio delle lastre di Styrodur C e profondità di posa	7
3.6	Riempimento dello scavo di fondazione, strati per il drenaggio e diffusione del vapore	7
3.7	Isolamento termico con scudo antigelo	8
3.8	Isolamento termico delle pareti dei fermentatori contro l'aria esterna	8
3.9	Isolamento termico di coperture carrabili e verdi dei fermentatori	8
3.10	Isolamento termico della copertura del fermentatore	9
3.11	Informazioni sull'isolamento in controplaccaggio interno di impianti biogas in calcestruzzo	9
4	Caratteristiche di Styrodur C	9
4.1	Comportamento in caso di incendio	9
4.2	Protezione contro i raggi UV	9
5	Informazioni per il dimensionamento dell'isolante negli impianti biogas	10
6	Dati tecnici Styrodur C	11

Avvertenze:

Le informazioni in questa brochure si basano sulle nostre conoscenze e esperienze attuali e si riferiscono esclusivamente al nostro prodotto con le proprie caratteristiche al momento della produzione della presente brochure; dalle nostre indicazioni non può derivare una garanzia o assicurazione contrattuale relativa alla natura o condizione del prodotto. Durante l'applicazione vanno sempre prese in considerazione le particolari condizioni del caso specifico, soprattutto sotto gli aspetti della fisica delle costruzioni, della tecnica costruttiva e della normativa relativa all'edilizia. Tutti i disegni tecnici sono esempi che rappresentano un principio e che vanno adattati al caso specifico.



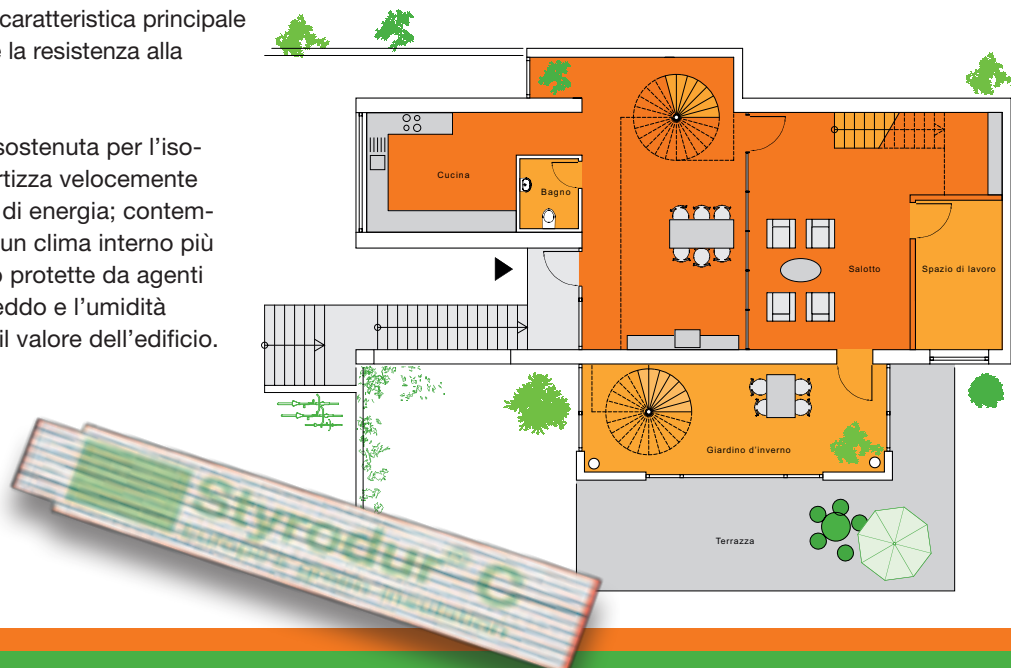
1. Styrodur® C

Styrodur® C è l'isolante termico di colore verde prodotto da BASF. È il polistirene espanso estruso che non utilizza FCKW, HFCKW e HFKW come gas espandenti e contribuisce in modo significativo, come materiale termoisolante, alla riduzione delle emissioni di CO₂.

Grazie all'alta resistenza a compressione, al basso assorbimento d'acqua e alla propria longevità e imputrescibilità, Styrodur C è diventato il sinonimo di XPS in tutta Europa. La caratteristica principale dei vari tipi di Styrodur C è la resistenza alla compressione.

Con Styrodur C la spesa sostenuta per l'isolamento termico si ammortizza velocemente grazie al consumo ridotto di energia; contemporaneamente la casa ha un clima interno più salubre e le strutture sono protette da agenti esterni come il caldo, il freddo e l'umidità aumentando la durata ed il valore dell'edificio.

Styrodur C viene prodotto secondo i requisiti della norma europea UNI EN 13164 e, per il suo comportamento in caso di incendio, è inserito nella classe europea E secondo UNI EN 13501-1. La sua qualità viene monitorata dal F.I.W. di Monaco ed è omologata dal D.I.B.t. con il numero Z-23.15-1481.



2. Isolamento termico di impianti biogas con Styrodur® C

2.1 Isolamento termico di impianti biogas

Con gli esempi di applicazione di questa brochure, vogliamo dare alcune informazioni di approfondimento per l'impiego di Styrodur® C in impianti biogas rivolte a tutti i progettisti, i costruttori e gestori di impianti biogas.

Nell'allevamento di animali si producono grandi quantità di liquame che, attraverso un processo di fermentazione relativamente semplice e economico, si può trasformare in biogas utilizzabile per la produzione di energia e calore. Le temperature di lavoro ottimali del processo per la produzione di biogas da liquame sono superiori alla temperatura ambiente. Durante il processo di fermentazione stesso si produce calore.

Per mantenere il processo ad una temperatura ottimale, considerata la quantità di biogas prodotta, serve una riduzione delle perdite di calore dai contenitori di fermentazione. Per questo si applicano materiali termoisolanti alle pareti, sul fondo e al soffitto dei contenitori.



Fig. 1: Isolamento termico con Styrodur® C di una parete di fermentatore in calcestruzzo armato.

2.2 Requisiti dei materiali termoisolanti in impianti biogas

Per soddisfare i requisiti di resistenza:

- alta resistenza a compressione
- basso assorbimento d'acqua (sia per diffusione che per immersione)
- stabilità al contatto con acido umico
- stabilità al contatto con i gas emessi durante la fermentazione del liquame

è necessario un isolante termico adeguato.

L'espanso rigido in polistirene espanso estruso (XPS) Styrodur C soddisfa questi requisiti offrendo anche uno straordinario rapporto qualità-prezzo.

2.3 Composizione del biogas e idoneità di Styrodur C

Biogas è il nome di una miscela di diversi gas in rapporti variabili.

- Dai 50 ai 80 Vol.-% Metano
- Dai 20 ai 50 Vol.-% CO₂
- Dai 0,01 ai 0,4 Vol.-% Idrogeno solforato
- Tracce di:
 - ammoniaca
 - idrogeno
 - azoto
 - monossido di carbonio

Styrodur C è resistente alla composizione dei gas di questa atmosfera.

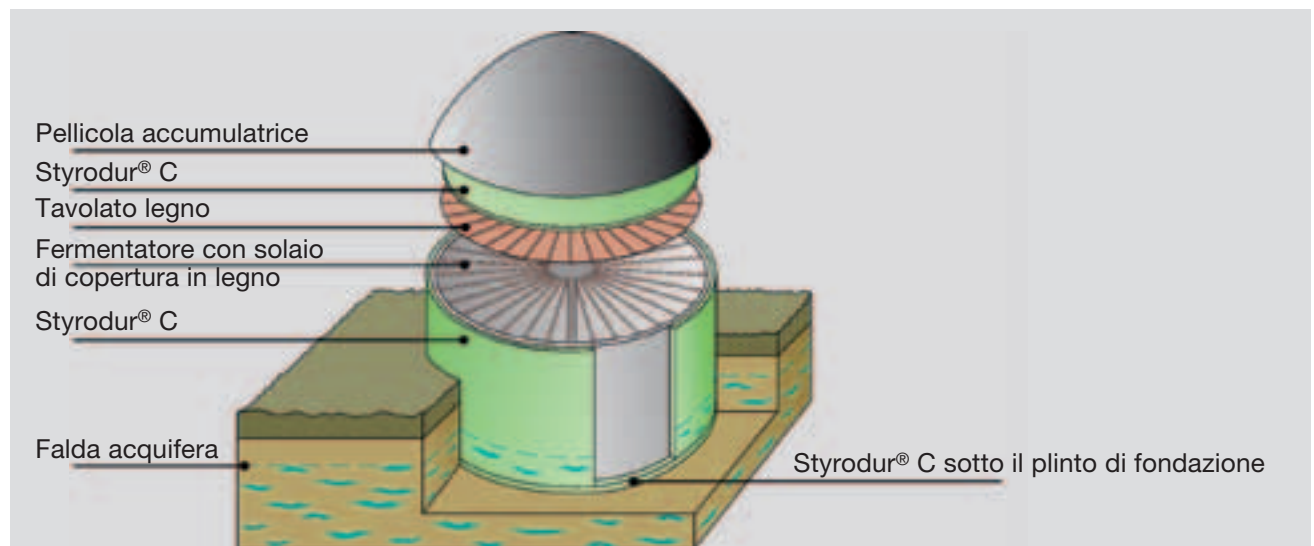


Fig. 2: Rappresentazione schematica di un fermentatore con copertura a pellicola.

2.4 Tipologie di costruzione dei fermentatori

I fermentatori possono essere costruiti in verticale o in orizzontale, totalmente fuori terra oppure parzialmente o completamente interrati: in quest'ultimo caso si ha una struttura che è anche carrabile. Una delle forme più usate è il tipo a forma cilindrica ad asse verticale con una copertura plastica.

In tutti i casi, comunque, l'isolante termico sarà applicato all'esterno. Un'eccezione è l'isolamento di fermentatori con soffitto in legno: in questo caso la copertura del fermentatore viene realizzata da una struttura portante di travi sulle quali si applicano delle tavole di legno su cui poggia l'isolamento in Styrodur® C. Sopra viene posata la copertura plastica.

2.5 Temperature di processo e vantaggi derivanti dall'utilizzo di Styrodur® C

Il tempo di permanenza del liquame nei fermentatori varia a seconda della composizione del liquame stesso e in relazione alla temperatura di esercizio, che deve mantenersi compresa tra i 20°C e 55°C per far sì che si producano i processi di putrefazione. Styrodur C è un materiale sintetico termoplastico, le cui caratteristiche fisiche si modificano in base alle temperature a cui è esposto. La temperatura limite per l'applicazione di Styrodur C è intorno ai 75°C. Negli impianti biogas questa temperatura è costantemente inferiore a tale valore limite.

Alle basse temperature la conduttività termica di Styrodur C diminuisce, quindi migliora l'efficacia dell'isolamento termico delle lastre. L'ottima capacità di isolamento termico del prodotto riduce la quantità di energia termica necessaria per il mantenimento della temperatura nel processo di fermentazione del liquame; in questo modo viene ridotto il fabbisogno complessivo di energia primaria per il funzionamento dell'impianto.

Tabella 1: Valori della conduttività termica di Styrodur® C in funzione della temperatura.

Esempio: Styrodur 3035 CS, spessore lastre 50 mm

Temperatura [°C]	Conduttività termica in W/(m·K) Styrodur® C
-20	0,030
0	0,032
10	0,033
20	0,034
30	0,035
40	0,036
50	0,037

3. Applicazione di Styrodur C

3.1 Ambiti di applicazione di Styrodur C nei fermentatori

I fermentatori dovrebbero essere isolati preferibilmente dall'esterno, in modo da coprire l'intera superficie del fabbricato (pareti, fondazioni, coperture, ecc.). A seconda delle scelte costruttive ed eventualmente della profondità della parte interrata, ci troviamo di fronte a strutture diverse e, conseguentemente, si rendono necessarie differenti caratteristiche termiche e meccaniche del materiale termoisolante.

I fermentatori costruiti interamente fuori terra devono essere sia isolati dalle dispersioni termiche verso il terreno, sia protetti contro eventuali dissesti dovuti ai cicli di gelo-disgelo del terreno stesso.

Ad un fermentatore interrato, totalmente o parzialmente, va invece applicato un isolamento "a cappotto", così come si fa anche per i piani interrati di strutture civili riscaldate.

Isolamento termico completo di impianti biogas con Styrodur® C a seconda della tipologia di costruzione fino ad una profondità di 3,5 m nella falda acquifera.

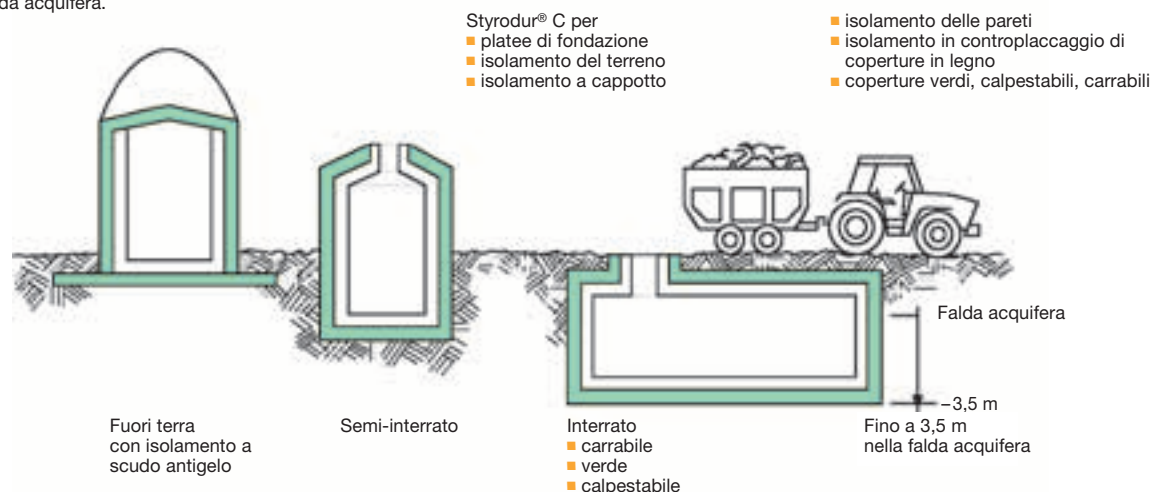


Fig. 3: Isolamento termico con Styrodur® C di differenti tipologie di fermentatori.

3.2 Informazioni relative alla diffusione del vapore d'acqua

Styrodur® C è un espanso rigido di polistirene espanso estruso a celle chiuse con basso assorbimento d'acqua sia per immersione che per diffusione, ma comunque altamente traspirante; le molecole gassose sono dunque in grado di attraversare il materiale isolante. All'interno del fermentatore si ha una pressione parziale del vapore superiore a quella dell'aria esterna; in questo caso l'equilibrio è garantito dalla diversa pressione parziale ed dalla diversa percentuale di umidità relativa tra esterno ed interno, che genera un flusso di vapore diretto, appunto, dall'interno verso l'esterno.

Per evitare che la miscela aria-vapore che attraversa la struttura condensi, occorre progettare la stratigrafia con i materiali aventi maggiore resistenza al passaggio del vapore disposti verso l'interno della struttura, ed i materiali isolanti posti verso l'esterno. Così facendo, oltre a ridurre il rischio e l'accumulo di condensa interstiziale negli strati interessati, si evitano possibili problemi alle pareti, anche se Styrodur C non risente di alcun effetto grazie al basso assorbimento d'acqua dovuto alla sua struttura cellulare.

Anche in estate, quando la temperatura esterna può essere simile a quella all'interno del fermentatore (per esempio negli impianti biogas mesofili), si ha un flusso di vapore diretto verso l'esterno, in quanto il contenuto di umidità nel fermentatore è comunque superiore rispetto a quello dell'aria esterna.

Anche in caso di strutture interrato, il flusso è comunque diretto dall'interno all'esterno, sebbene la presenza del terreno possa ostacolarne il passaggio. E' il caso di strutture a contatto con terreni umidi o a fine granulometria: in situazioni simili si possono avere fenomeni di condensa a contatto con l'isolante.

Per tali ragioni, anche per strutture interrato, occorre curare la progettazione della stratigrafia del fermentatore, disponendo correttamente i vari materiali in modo da minimizzare il flusso di vapore. Occorre pertanto mettere la barriera vapore nella giusta posizione, ossia sul lato caldo della struttura, così da bloccare correttamente il flusso di vapore ed evitare che l'eventuale condensa possa non asciugare nel periodo estivo. Nella tabella 2 sono indicate le resistenze alla diffusione del vapore di Styrodur C al variare dello spessore.

Tabella 2: Coefficiente di resistenza alla diffusione del vapore acqueo di Styrodur® C in funzione dello spessore.

Spessore strato in mm	Coefficiente di resistenza alla diffusione del vapore acqueo [-]
20	200
40	150
60	100
80	100
100	100
120	80
140	80

Un errato dimensionamento del materiale comporta un accumulo di acqua nella struttura e ciò genera un peggioramento della conduttività termica (in media del 2,3 % per 1 vol %) proprio in relazione alla percentuale in volume d'acqua assorbita.

Facendo un'analisi costi benefici, talvolta potrebbe essere accettabile la formazione e l'accumulo di condensa nella struttura (e quindi accettarne il peggioramento delle prestazioni), compensando lo stesso con un sovradimensionamento dell'isolante termico, anziché utilizzare materiali atti a contenere il passaggio del vapore. Ad esempio laddove vi fosse un accumulo di condensa nel tempo, pari a circa il 10-20 % in volume, si potrebbe ipotizzare di sovradimensionare l'isolamento aumentandone lo spessore teorico di calcolo di un 25-50 % anziché utilizzare guaine o barriere vapore.

3.3 Isolamento termico delle fondazioni

Per applicazioni di lunga durata e sotto carichi elevati, sono a disposizione, a seconda del carico, tipi di Styrodur con diverse resistenze meccaniche: 3035 CS, 4000 CS e 5000 CS. Le lastre di espanso estruso possono essere utilizzate anche in zone con una pressione d'acqua costante e duratura (acque sotterranee), facendo attenzione che le lastre siano immerse al massimo fino a 3,5 metri.

Per applicazioni di questo tipo (sotto fondazione o controterra) il prodotto dispone di apposita certificazione rilasciata dall'Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung Z-23.34-1325.

Per dimostrare la sicurezza della stabilità sotto carico statico si considerano nel calcolo le seguenti tensioni limite di compressione sull'isolante:

Styrodur 3035 CS: $\sigma = 130 \text{ kPa}^*$
 Styrodur 4000 CS: $\sigma = 180 \text{ kPa}^*$
 Styrodur 5000 CS: $\sigma = 250 \text{ kPa}^*$

* Tensione massima ammissibile certificata che comporta una riduzione dello spessore del materiale non superiore al 2 % se sottoposto a carico permanente per 50 anni.

Barriera vapore in fondazione

Sarebbe buona regola inserire due strati in polietilene (PE), dello spessore di almeno 0,1 mm, sul lato 'caldo' dell'isolante (ossia quello a contatto della fondazione e non l'altro a contatto col terreno); tali strati, sovrapposti tra loro per almeno metà della larghezza, oltre ad ostacolare il flusso del vapore e quindi ad evitare fenomeni di condensa, evitano che il getto di calcestruzzo penetri tra le lastre di Styrodur C creando problemi legati alla stabilità delle lastre, alla risalita capillare dell'umidità e ai ponti termici.

3.4 Isolamento termico delle pareti interrate del fermentatore

Generalmente è più conveniente inserire Styrodur® 2800 C direttamente nel cassero in fase di armatura, fissandolo con chiodi alle sponde in legno e disponendolo a giunti sfalsati. Laddove la verifica termo-igrometrica evidenzia problemi di condensa interstiziale, prima di procedere con l'armatura è buona regola inserire nel lato interno dell'isolante, a seconda dei casi, una impermeabilizzazione o una barriera vapore.

Barriera vapore all'interno della parete del fermentatore

Con l'utilizzo di Styrodur 2800 C la diffusione del vapore può essere ridotta solamente mediante l'utilizzo di una impermeabilizzazione o una barriera vapore; generalmente l'utilizzo di prodotti impermeabilizzanti aventi un $s_d = 200$ m è sufficiente a garantire l'assenza di condensa nell'isolante.

In caso di utilizzo di impermeabilizzazioni o barriere vapore, il fissaggio dell'isolante può essere fatto anche dopo aver realizzato il muro ed aver posato lo strato resistente al passaggio del vapore; nel caso si scelga questa metodologia di applicazione, si può fissare il materiale a colla.

Più precisamente si utilizza un incollaggio a punti in zone interrate asciutte, mentre nelle parti interrate umide o in cui si ha presenza di acqua (e comunque al massimo fino a 3,5 m di profondità) è opportuno incollare la lastra in tutta la sua superficie.

Barriera vapore all'esterno con rivestimento bituminoso

Con questo metodo costruttivo è possibile applicare un strato resistente al passaggio del vapore sull'esterno del fermentatore, ad esempio disponendo un rivestimento con uno strato bituminoso. Tali tipi di rivestimenti possono essere posti solo su superfici perfettamente asciutte, pertanto è opportuno prevederli solo per impianti nuovi e prima che siano messi in esercizio.

L'incollaggio avviene utilizzando una colla a base bituminosa disposta su 5-8 punti della lastra. La colla è necessaria a tenere il materiale in opera fino al completamento del riempimento: una volta ultimato l'effetto del costipamento terreno-struttura terrà uniti i vari materiali.

Nel caso di terreni in cui vi sia presenza di falda sotterranea o comunque di infiltrazioni o accumuli d'acqua nel tempo, è opportuno incollare le lastre su tutta la superficie delle stesse, per far sì che l'acqua non scorra fra lo Styrodur C e lo strato impermeabilizzante, peggiorando le prestazioni termiche della struttura (ovviamente la presa della colla deve essere ultimata prima che tutta la struttura entri in contatto con l'acqua).

Barriera vapore all'esterno con strisce autoadesive di bitume applicate a freddo

Per gli impianti che sono già in esercizio e che devono essere isolati termicamente, è bene che si intervenga facendo asciugare bene la superficie prima di applicarvi impermeabilizzazione ed isolante. Una volta asciutta la superficie, di può applicare un'impermeabilizzazione a freddo, avente comunque un s_d di almeno 200 m. Una soluzione può essere l'utilizzo un nastro auto-biadesivo in butil-caucciù.

3.5 Incollaggio delle lastre di Styrodur® C e profondità di posa

L'incollaggio delle lastre non presenta particolari problemi per le superfici rettilinee; per le superfici curve, presenti nei fermentatori di forma cilindrica, la modalità di incollaggio dipende dal diametro del fermentatore e quindi dal raggio di curvatura della superficie. In questo secondo caso le lastre di Styrodur C possono essere applicate disponendole in verticale, oppure segmentando la lastra stessa in modo da renderla maggiormente flessibile e fissandola successivamente con dei nastri di tenuta. A seconda della profondità di montaggio si possono utilizzare diversi tipi di Styrodur C, come mostra la tabella 3.

Tabella 3: Profondità massime di montaggio per tipologia di Styrodur® C

Ambito di applicazione	Profondità di montaggio in m per ciascun tipo di Styrodur® C			
	2800 C	3035 CS	4000 CS	5000 CS
Senza acqua in pressione o in assenza di falda	9	9	17	24
Con acqua in pressione o in presenza di falda	-	3,5	3,5	3,5

3.6 Riempimento dello scavo di fondazione, strati per il drenaggio e diffusione del vapore

Il riempimento dello scavo di fondazione va eseguito depositando e pressando il materiale a più riprese. Il materiale di riempimento varia a seconda della composizione della stratigrafia. Infatti, laddove la struttura preveda una barriera vapore, e quindi dove si escludano problemi di condense interstiziali, il materiale di riempimento non deve avere particolari requisiti. Viceversa, in tutti i casi in cui si è scelta una struttura che non preveda barriera vapore, ma che equilibri la diffusione del vapore solo attraverso una corretta disposizione della stratigrafia, è opportuno che il materiale di riempimento sia incoerente,

composto da materiali granulosi e drenanti (ad esempio una miscela di sabbia e ghiaia): questa soluzione è richiesta laddove si scelga di utilizzare Styrodur® 2800 C direttamente in cassero. In questo caso si può optare anche per l'utilizzo di teli drenanti necessari sia per equilibrare la pressione di vapore, sia per drenare l'eventuale condensa.

3.7 Isolamento termico con scudo antigelo

Nel caso di terreni fortemente gelivi o di strutture realizzate in zone climatiche con lunghi periodi di gelo, è probabile che le condizioni ambientali provochino la formazione di un nucleo di ghiaccio nel terreno. Per evitare dissesti dovuti ai cicli gelo-disgelo del terreno stesso, nonché per ridurre le dispersioni termiche dell'edificio dovute alla diminuzione della temperatura del terreno derivante dal congelamento, si possono interporre lastre di Styrodur C tra il terreno ed il fabbricato.

Tale soluzione, ipotizzabile per profondità di posa non troppo elevate, viene messa in opera applicando, in

aggiunta all'isolamento sotto fondazione, uno strato di isolante (dello spessore minimo di 8 cm) tutto intorno al perimetro della fondazione stessa per una larghezza di circa 125 cm e con una leggera pendenza (circa il 2%). Tale strato di isolamento poi può essere ricoperto ad esempio da uno strato di ghiaia e da uno strato di autobloccanti in calcestruzzo.

3.8 Isolamento termico delle pareti dei fermentatori contro l'aria esterna

Sia per impianti totalmente fuori terra che per quelli parzialmente interrati, le pareti esterne devono essere isolate per ridurre le dispersioni di calore verso l'esterno. A tal fine il prodotto maggiormente indicato è lo Styrodur 2800 C, in quanto può essere inserito direttamente in cassero. Una volta fissato tramite chiodi alla cassaforma e posizionata l'armatura del setto, verrà gettato del calcestruzzo nell'intercapedine in modo da ottenere una struttura senza soluzione di continuità. Una volta tolto il cassero, l'estradosso dell'isolante può essere rivestito

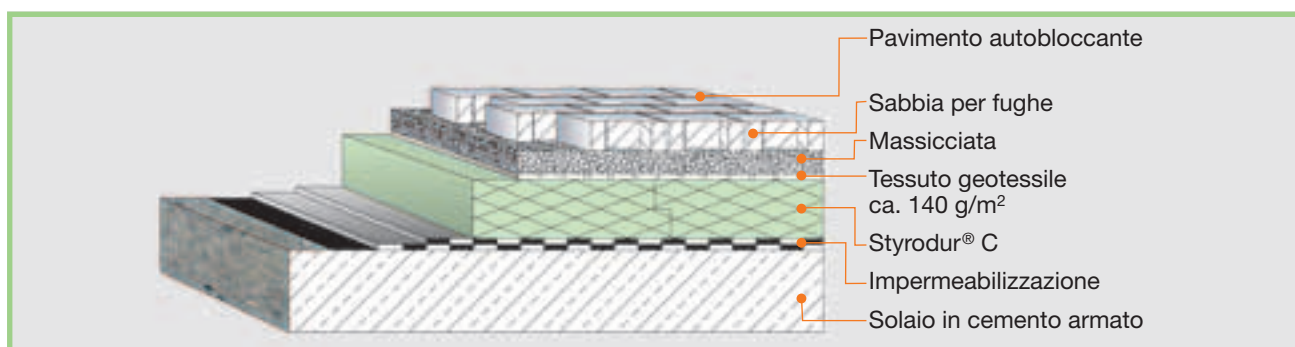


Fig. 4: Tetto rovescio con strato di protezione superficiale in ghiaia.

Tabella 4: Informazioni relative al dimensionamento di Styrodur® C per utilizzo in fondazione o in coperture soggette a carico mobile (es. transito veicoli).

Veicolo				Sollecitazione derivante da carico mobile (es. transito veicoli) in N/mm ²							
				Stratificazione non armata Spessore complessivo degli strati sovrastanti lo Styrodur® C in mm				Calcestruzzo armato Altezza statica in mm			
Tipo	Peso in t	Carico sulla ruota in kN	Superficie di appoggio in mm x mm	180	200	220	240	90	100	110	120
SLW	30	50	200 x 400	0,20	0,18	0,17	0,14	0,23	0,20	0,19	0,18
LKW	12	40	200 x 300	0,19	0,17	0,16	0,15	0,22	0,20	0,18	0,17
LKW	9	30	200 x 260	0,16	0,14	0,13	0,12	0,18	0,16	0,15	0,14
LKW	6	20	200 x 200	0,12	0,11	0,10	0,09	0,14	0,13	0,10	0,10
LKW	3	10	200 x 160	0,06	0,05	0,05	0,04	0,07	0,06	0,06	0,05
GS	7	32,5	200 x 200	0,20	0,17	0,16	0,14	0,22	0,20	0,18	0,17

Tabella 5: Tensione massima consentita per Styrodur C soggetto a carichi mobili (es. transito veicoli).

Tipo di Styrodur® C	Dimensionamento dei vari tipi di Styrodur® C			
	2800 C	3035 CS	4000 CS	5000 CS
Sollecitazione di pressione in caso di carichi da transito in N/mm ²	0,10	0,13	0,23	0,30

Nota bene: Le presenti informazioni relative al dimensionamento sono da considerarsi un suggerimento non vincolante alla progettazione. Non sostituiscono la progettazione statica di un ingegnere.

con un intonaco civile, previa rasatura armata, oppure con un rivestimento ventilato in legno o metallo.

3.9 Isolamento termico di coperture carrabili e verdi dei fermentatori

Come già detto, per un migliore funzionamento degli impianti è buona regola che gli stessi siano completamente isolati in tutte le loro parti. Per gli impianti totalmente interrati, la copertura può essere realizzata in vari modi e comunque utilizzata come 'tetto verde' o come copertura carrabile. Utilizzando Styrodur® C è possibile realizzare entrambe le tipologie di copertura con lo schema a 'tetto rovescio' (consultare o richiedere, per maggiori informazioni su questa applicazione, la brochure "Isolamento termico delle coperture").

Comunque, a prescindere dal tipo di copertura, sia essa a tetto verde o carrabile, la regola più importante è che in estradosso alle lastre di Styrodur C segua uno strato protettivo (tipo telo traspirante) e quindi uno strato drenante, a cui poi seguiranno gli strati relativi al tipo di copertura scelta. Il tipo di Styrodur C da utilizzare dipende dalle sollecitazioni a cui lo stesso sarà sottoposto nonché dallo spessore totale della struttura.

3.10 Isolamento termico della copertura del fermentatore

Nei fermentatori con copertura in plastica la struttura portante è costituita da travi in legno in leggera pendenza (dal 2 al 5%); su tale orditura principale, si realizza una struttura piana secondaria, sempre in legno, sulla quale verrà posto lo Styrodur C con spessore variabile, tendenzialmente tra i 5 ed i 10 cm.

Dato che in tale applicazione non c'è particolare necessità di requisiti meccanici, è sufficiente l'utilizzo di Styrodur 2500 C che, sempre grazie alle celle chiuse non risente di umidità o condense. In linea di principio è possibile usare anche Styrodur 3035 C.

3.11 Informazioni sull'isolamento in controplaccaggio interno di impianti biogas in calcestruzzo

In virtù dell'umidità relativa interna sempre presente negli impianti biogas, si consiglia in ogni caso un isolamento dall'esterno della struttura, onde evitare fenomeni di condensa legati alla diffusione del vapore. Solo nell'isolamento della copertura in legno è possibile isolare indifferentemente dall'interno o dall'esterno; questo è possibile per il ridotto spessore del solaio in legno (per cui il meccanismo di diffusione del vapore è tutto sommato paragonabile sia isolando in estradosso che in intradosso) ma soprattutto per il fatto che le condizioni termo-igrometri-

che fra il contenitore di liquame e il sotto-copertura in plastica sono molto simili.

Se per una qualsiasi ragione siamo obbligati ad isolare la struttura dall'interno, è comunque necessario inserire nella parte calda della struttura una barriera vapore, così da evitare condense interstiziali. In questo caso la barriera vapore va scelta tenendo conto di alcuni fattori: la resistenza chimica ai gas emessi dalla fermentazione del liquame, la compatibilità chimica con Styrodur C, le modalità di posa.

Si tenga presente che lo Styrodur C non è da considerarsi una barriera chimica per la protezione del calcestruzzo contro le sostanze emesse dalla fermentazione del liquame; in aggiunta le lastre hanno un minimo di tolleranza dimensionale in funzione della temperatura (il coefficiente di dilatazione termica lineare dello Styrodur C è di ca. 0,08 mm/(m·K) in senso longitudinale e di ca 0,06 mm/(m·K) in senso trasversale).

4. Caratteristiche di Styrodur® C

4.1 Comportamento in caso di incendio

Da un punto di vista antincendio, tutta la gamma Styrodur C, in qualsiasi spessore, rientra nella classe Euro E secondo l'attuale normativa, mentre in base alla vecchia classificazione italiana rientrava nella classe 1, ovvero tra i materiali edili difficilmente infiammabili.

In base agli studi condotti dalla dott.ssa Barbara Eder e dal dott. Heinz Schulz (e pubblicati nel volume "Biogas Praxis" – 2006) un prodotto isolante applicato controterra deve essere 'normalmente infiammabile', ovvero corrispondere alla classe 2; per quanto detto si evince che Styrodur C è idoneo all'isolamento di impianti Biogas.

4.2 Protezione contro i raggi UV

Styrodur C, come la maggior parte dei prodotti sintetici, deve essere protetto dall'esposizione diretta prolungata ai raggi solari. A tal fine si possono utilizzare rivestimenti in legno, in intonaco, una controparete, ecc.; in caso di utilizzo di malta, occorre rispettare alcune indicazioni tra le quali si sottolinea la capacità di adesione malta-isolante. In tal senso si fa presente che solo Styrodur 2800 C è idoneo al contatto diretto con calcestruzzo e/o intonaco, in quanto in virtù della pelle superficiale ruvida e goffrata ha una migliore resistenza allo strappo (pari a circa 200 kPa). Gli altri prodotti della gamma, avendo una peggiore tenuta meccanica dovuta alla loro superficie liscia, possono essere ugualmente utilizzati dopo opportuno raschiamento con spazzola d'acciaio, in modo da rendere ruvida la superficie e favorire la presa.

5. Informazioni per il dimensionamento dell'isolante negli impianti biogas

I vantaggi derivanti dall'isolamento termico degli impianti biogas, la tenuta termica degli stessi, le oscillazioni di temperatura nei fermentatori, sono tutti dati conosciuti e confermati da numerose esperienze. In caso di fermentazione mesofila (ossia che avviene a temperatura comprese tra i circa 20 °C ed i 35 °C) si consiglia un valore di trasmittanza termica $U \leq 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$; in caso di fermentazione termofila (ossia che avviene con temperature superiori ai 45 °C) è più adatto un valore di trasmittanza termica $U \leq 0,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. In base a tali valori risultano necessari spessori di materiale isolante generalmente compresi tra i 10 ed i 18 centimetri.

Nella seguente tabella sono calcolati i valori della trasmittanza termica U in funzione dello spessore dell'isolante e della relativa conducibilità termica, escludendo il contributo della parete in calcestruzzo del contenitore e considerando nulle le resistenze termiche dello strato limitare contro la parete di calcestruzzo e contro il terreno (in quanto in entrambi i casi non abbiamo aria a contatto con la parete ma liquame). Qualora nel calcolo si considerassero anche gli spessori della parete in calcestruzzo degli impianti biogas, i valori U ottenuti con gli spessori indicati di isolante sarebbero lievemente migliori (quindi più bassi).

Tabella 6: Valore della trasmittanza termica U in funzione della conducibilità termica e dello spessore del materiale isolante.

Valori della trasmittanza termica U [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$] al variare di spessore e conducibilità termica					
Spessore isolante [mm]	Conducibilità termica dichiarata λ_D in $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$				
	0,032	0,034	0,036	0,038	0,040
80	0,40	0,43	0,45	0,48	0,50
100	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40
120	0,27	0,28	0,30	0,32	0,33
140	0,23	0,24	0,26	0,27	0,29
160	0,20	0,21	0,23	0,24	0,25
180	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22

Nel calcolo si è tenuto conto delle seguenti resistenze di trasmissione termica: $R_i = 0,00 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$ (contatto con il liquame) e $R_e = 0,00 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$ (contatto con la terra)

I valori dichiarati per la conducibilità termica λ_D di Styrodur® C corrispondono alle conoscenze al momento della stampa della presente brochure e possono essere visionati, oltre a tutte le altre informazioni, nel sito www.styrodur.de

La correlazione tra la dispersione di energia termica della parete e la trasmittanza della parete stessa (a sua volta legata allo spessore di isolante) è espressa in **fig. 5** al variare della temperatura di esercizio dell'impianto (valori espressi secondo Perwanger). Il legame tra trasmittanza della struttura e spessore di isolante è calcolato senza

considerare l'apporto della parete del fermentatore e considerando una conducibilità termica dello Styrodur C di $0,040 \text{ W}/\text{m} \cdot \text{K}$. Per la parete del fermentatore al di sopra del liquame verso l'aria esterna si sono considerate le resistenze alla convezione termica spontanea $R_i = (0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K)/W}$ e $R_e = (0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K)/W}$.

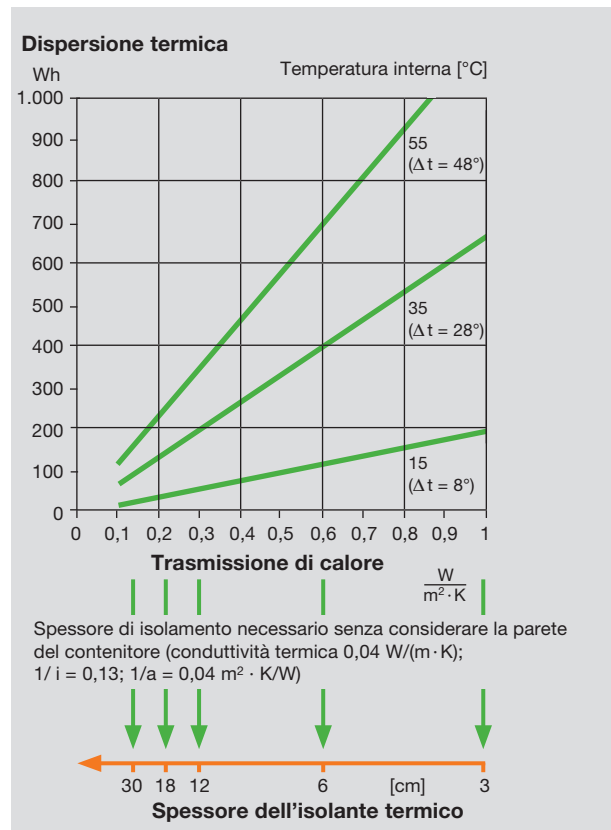


Fig. 5: Dispersione termica in funzione del valore U secondo Perwanger.

I valori della conducibilità termica λ_D delle lastre Styrodur C variano in funzione dello spessore del materiale isolante (**vedi tabella 7**).

Tabella 7: Conducibilità termica in funzione dello spessore della lastra.

Spessore lastra in mm	Conducibilità termica dichiarata λ_D in $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
20	0,032
30	0,032
40	0,034
50	0,034
60	0,034
80	0,036
100	0,038
120	0,038
140	0,038
160	0,038
180	0,040

6. Dati tecnici Styrodur® C

Proprietà	Unità ¹⁾ di misura	Codifica secondo EN 13164	2500 C	2500 CNL	2800 C	2800 CS	3035 CS	3035 CN	4000 CS	5000 CS	Norma
Finitura perimetrale											
Superficie			liscia	liscia	goffrata	goffrata	liscia	liscia	liscia	liscia	
Lunghezza x larghezza	mm		1250 x 600	2850 x 615 ⁵⁾	1250 x 600	1265 x 615	1265 x 615	2515 x 615 ²⁾	1265 x 615	1265 x 615	
Densità	kg/m ³		28	28	30	30	33	30	35	45	UNI EN 1602
Conduttività termica λ_D [W/(m·K)]			λ_D	λ_D	λ_D	λ_D	λ_D	λ_D	λ_D	λ_D	UNI EN 13164
Resistenza termica R_D [m ² ·K/W]			R_D	R_D	R_D	R_D	R_D	R_D	R_D	R_D	
Spessori											
20 mm			0,030	0,65	–	–	0,030	0,65	–	–	
30 mm			0,031	1,00	0,031	1,00	0,031	1,00	0,031	1,00	–
40 mm			0,032	1,25	0,032	1,25	0,032	1,25	0,032	1,25	0,032
50 mm			0,033	1,55	0,033	1,55	0,033	1,55	0,033	1,55	0,033
60 mm			0,034	1,80	0,034	1,80	–	–	0,034	1,80	0,034
80 mm			0,035	2,35	0,035	2,35	–	–	0,035	2,35	0,035
100 mm			0,037	2,80	–	–	0,037	2,80	0,037	2,80	0,037
120 mm			0,038	3,30	–	–	0,038	3,30	–	–	0,038
140 mm			–	–	–	–	–	–	0,038	3,70	–
160 mm			–	–	–	–	–	–	0,038	4,20	–
180 mm			–	–	–	–	–	–	0,040	4,55	–
200mm			–	–	–	–	–	–	0,042	4,60	–
Resistenza a compressione con schiacciamento del 10% (kPa)		CS(10V)	200	200	200	250	300	250	500	700	UNI EN 826
Resistenza a compressione dopo 50 anni con schiacciamento \leq 2% (kPa)		CC (2/1,5/50)	80	80	80	100	130	100	180	250	UNI EN 1606
Certificazione di resistenza a compressione sotto fondazioni (kPa)	$\sigma_{cons.}$	–	–	–	–	–	130 ³⁾	–	180	250	DIBt Z-23.34- 1325
	f_{cd}	–	–	–	–	–	185	–	255	355	
Aderenza al calcestruzzo	kPa	TR 200	–	–	> 200	> 200	–	–	–	–	UNI EN 1607
Resistenza al taglio	kPa	SS	> 300	> 300	> 300	> 300	> 300	> 300	> 300	> 300	UNI EN 12090
Modulo elastico a compressione (kPa)	Breve termine E	CM	10.000	10.000	15.000	15.000	20.000	15.000	30.000	40.000	UNI EN 826
	Lungo termine E_{50}		–	–	–	–	5.000	–	10.000	14.000	
Stabilità dim. 70 °C 90% um. rel.	%	DS(TH)	\leq 5%	\leq 5%	\leq 5%	\leq 5%	\leq 5%	\leq 5%	\leq 5%	\leq 5%	UNI EN 1604
Comportamento alla deformazione: carico 40 kPa; 70 °C	%	DLT(2)5	\leq 5%	\leq 5%	\leq 5%	\leq 5%	\leq 5%	\leq 5%	\leq 5%	\leq 5%	UNI EN 1605
Coeff. di dilatazione termica lineare:	Longitudinale	–	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	DIN 53752
	Trasversale	–	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	
Reazione al fuoco ⁴⁾	Classe	–	E	E	E	E	E	E	E	E	UNI EN 13501-1
Assorbimento d'acqua per immersione	Vol.-%	WL(T)0,7	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	UNI EN 12087
Assorbimento di umidità per diffusione e condensazione	Vol.-%	WD(V)3	\leq 3	\leq 3	\leq 5	\leq 5	\leq 3	\leq 3	\leq 3	\leq 3	UNI EN 12088
Resistenza alla diff. del vapore acqueo (in funzione dello spessore)		MU	200 – 100	150 – 100	200 – 80	150 – 80	150 – 50	150 – 100	150 – 80	150 – 100	UNI EN 12086
Comportamento al gelo (300 alternanze gelo/disgelo)	Vol.-%	FT2	\leq 1	\leq 1	\leq 1	\leq 1	\leq 1	\leq 1	\leq 1	\leq 1	UNI EN 12091
Temperatura limite di utilizzo	°C	–	75	75	75	75	75	75	75	75	UNI EN 14706
Media celle chiuse	%	CV	95	95	95	95	95	95	95	95	ISO 4590

¹⁾ N/mm² = 1 Mpa = 1.000 kPa ²⁾ Spessori 30 e 40 mm: 2510 x 610 mm ³⁾ Per posa multistrato: 100 kPa ⁴⁾ Materiale da costruzione classe DIN 4102-B1

⁵⁾ Per spessori 30 e 40 mm: 2850 x 610 mm

Per informazioni aggiornate sulle specifiche tecniche è possibile consultare anche la nostra home page Internet alla pagina www.styrodur.com nella sezione „Download“.

Informazioni su Styrodur® C

■ Brochure: Europe's Green Insulation

■ Applicazioni

Isolamento perimetrale controterra
Isolamento termico in applicazioni sotto carico
Isolamento termico delle pareti
Isolamento termico dei soffitti
Isolamento termico dei tetti

■ Tematiche speciali

Ristrutturazione e risanamento
Isolamento termico di impianti biogas
La casa passiva
Isolamento termico dei pavimenti con impianti di riscaldamento radiante
Styrodur® 2500 CNS – Isolamento termico dei pavimenti con impianti di riscaldamento radiante

■ Dati tecnici

Applicazioni raccomandate e dati tecnici
Dati tecnici e consigli per il dimensionamento
Certificazioni

■ Stabilità chimica

■ Video: L'Europa isola in verde

■ Styrodur® C: Documentazione per la progettazione

■ Styrodur C: Documentazione per la progettazione su CD-Rom

■ Sito Web: www.styrodur.com

Distributore unico per l'Italia:

BASF Italia srl

Via Montesanto 46
42021 Bibbiano (RE)
Italia

www.styrodur.com
styrodur@basf.com

Ambrotecno Italia srl

Via G. Di Vittorio 2/4 – Z.I. Terrafino
50053 Empoli (FI) – Italia
Tel. 0571 94611 – Fax 0571 9461300

info@ambrotecno.it
www.ambrotecno.it