

# Materiale isolante e statica

< Per un edificio che deve rimanere  
funzionale da una generazione all'altra,  
FOAMGLAS® rappresenta la scelta più logica. >

*Roger Stretton*  
Dip Arch (Oxford), RIBA

# Premessa

## Isolamento termico portante sotto i plinti di fondazione

Gli isolanti termici vengono utilizzati in diversi ambiti di applicazione - a contatto con il terreno ed esternamente all'involucro dell'edificio - che devono essere conformi ai più severi criteri di sollecitazione. Soprattutto le sollecitazioni dovute alla compressione e i criteri di umidità - dovuti alla conformazione del suolo e all'integrazione di falde acquifere - richiedono funzionalità particolari.

Se gli isolanti vengono impiegati sotto plinti di fondazione resistenti ai carichi statici, entrano in gioco anche questioni relative alla stabilità. L'integrazione nel suolo, ovvero nel circuito delle falde acquifere, richiede inoltre che i prodotti da costruzione siano ecologicamente sicuri.

Guardando alla storia dei prodotti isolanti portanti sotto le piastre di fondazione, quelli realizzati in vetro cellulare sono i primi della lista. Ecco perché, nel campo edilizio, si dispone di esperienze pratiche maturate nel corso di diversi anni.

Partendo anzi tutto da studi a lungo termine, che esaminano la resistenza alla deformazione degli isolanti sottoposti a carico permanente, le prime autorizzazioni all'introduzione del vetro cellulare in questo ambito di applicazione risalgono agli anni '80. Sono stati condotti con successo anche numerosi studi relativi alla resistenza all'umidità, per cui l'utilizzo in aree del terreno non più accessibili è garantito anche da questo punto di vista.

Importante ai fini della valutazione fondamentale era il comportamento indeformabile sotto il profilo costruttivo, anche se sottoposto a carico permanente. Esaminare quest'aspetto è utile, perché l'affaticamento o la deformazione degli isolanti sottoposti a carico permanente causano la sollecitazione statica dell'edificio, ovvero della struttura portante; anche le differenze di cedimento,

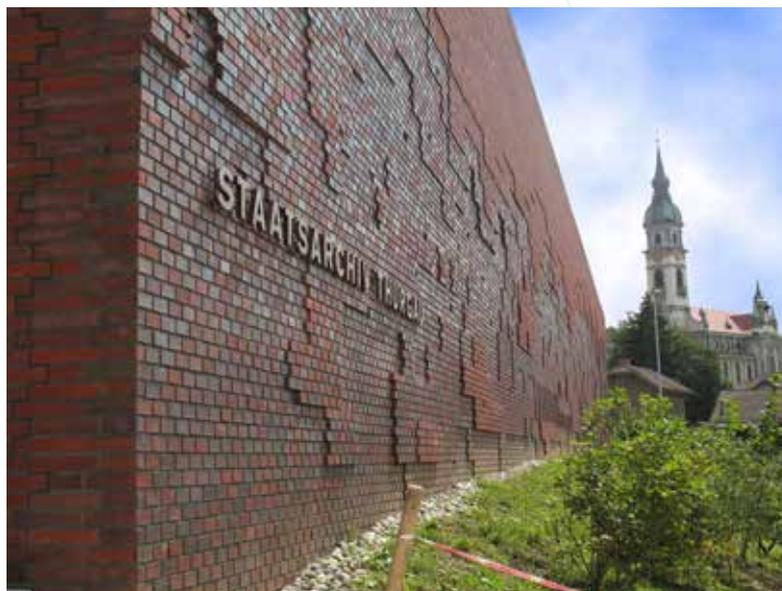
ovvero il diverso comportamento di deformazione in funzione del luogo e del grado della ripartizione dei carichi locale, non sono auspicabili per la statica dell'edificio e complicano ulteriormente la valutazione.

Prima dell'introduzione di requisiti di isolamento termico più rigorosi, la coibentazione dei componenti edilizi a contatto con il terreno non era una pratica consueta, non era cioè molto diffusa. Il motivo risiedeva nel fatto che l'utilizzo delle parti dell'edificio costruite sotto il livello del terreno si limitava principalmente a «magazzino e ripostiglio, o a locale in cui conservare le provviste». Laddove si erano rese necessarie misure di protezione termica, era stato possibile risolvere il problema tramite materiali isolanti di spessore molto sottile.



L'impatto solo ridotto dei sottili spessori dell'isolante sulle condizioni di assestamento della struttura portante sovrapposta, ha fatto pensare che la deformabilità, lo schiacciamento e le differenze di cedimento, dovute alla cedevolezza dei materiali, non fossero determinanti.

Le disposizioni in materia di isolamento termico oggi in vigore e ulteriormente inasprite - parallelamente alla crescente competenza ecologica e alla responsabilità nel settore delle costruzioni - rendono indispensabile un isolamento conforme in termini termici e costruttivi sotto i plinti di fondazione di spessore compreso tra 12 e 18 cm e superiore, in funzione della conformazione del terreno e dei requisiti statici.



L'utilizzo di strati isolanti conseguentemente più spessi influenza ora in modo determinante le condizioni di assestamento dei componenti costruttivi sovrapposti. Di conseguenza, l'utilizzo di isolanti con moduli di rigidità massimi e relativi quozienti di assestamento è diventato molto interessante, in particolare in termini economici e costruttivi.

GRUNER AG è un'azienda di progettazione e consulenza in ingegneria civile e infrastrutture con sede principale a Basilea, oltre 30 uffici e ca. 1000 collaboratori. Questa documentazione può fornire un orientamento agli ingegneri strutturali nella questione relativa alla scelta dell'isolante da utilizzare nella pianificazione di una piastra di fondazione portante, ottimizzato sotto il profilo energetico.

*Archivio di Stato del Cantone di Turgovia*  
**Architetto** Jessen und Vollenweider, Basilea  
**Realizzazione** 2009-2011  
**Applicazioni FOAMGLAS®** Sistemi isolanti a contatto con il terreno, sistemi di isolamento interno e sistemi per tetti compatti Totale: 888 m<sup>3</sup>



*Lakeside Science and Technology Park, Klagenfurt, Austria*  
**Architetto** ARGE Architekten, Edgar Egger / Toralf Fercher Architektur ZT GmbH, Manfred Güldner ZT-GmbH, Klagenfurt, Villach  
**Inaugurazione** 2009  
**Applicazioni FOAMGLAS®** Isolamento sotto platea di fondazione portante e pareti perimetrali. 11 585 m<sup>2</sup>

# Indice

<b>Indice</b> . . . . .	<b>04</b>
<b>1. Introduzione</b> . . . . .	<b>05</b>
<b>2. Principi</b> . . . . .	<b>06</b>
<b>3. Proprietà</b> . . . . .	<b>07</b>
<b>4. Misurazione</b> . . . . .	<b>08</b>
<b>5. Campi di applicazione</b> . . . . .	<b>10</b>
<b>6. Esempio con plinti di fondazione</b> . . . . .	<b>12</b>
<b>7. Platee: effetti sul calcolo e sul comportamento d'assettamento</b> . . . . .	<b>14</b>
<b>8. Determinazione semplificata del quoziente di assetamento complessivo</b> . . . . .	<b>16</b>



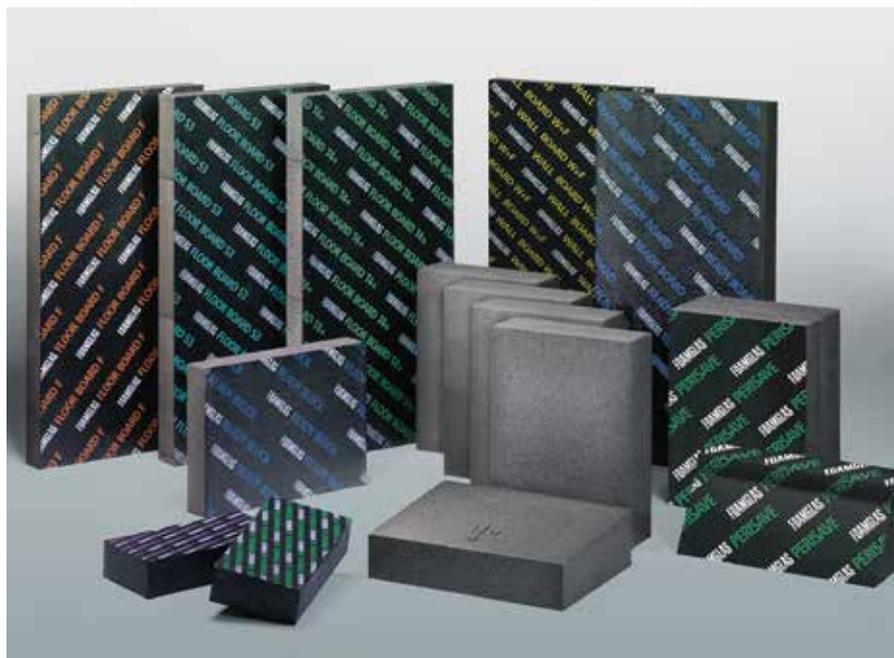
Laboratorio di difesa fitosanitaria dell'Istituto fed. di ricerca per la foresta, la neve e il paesaggio WSL, Birmensdorf (ZH)  
**Architetto** Burckhardt + Partner AG, Basilea  
**Anno di realizzazione** 2014  
**Applicazioni FOAMGLAS®** Isolamento contro terra bistrato ca. 1 000 m<sup>2</sup>, FOAMGLAS® Floor Board T4+, spessore 100 mm, FOAMGLAS® T4+, spessore 100 mm. Isolamento della parete ca. 550 m<sup>2</sup>, FOAMGLAS® T4+, spessore 200 mm

## Informazioni editoriali

Editore	Gruner AG / Pittsburgh Corning Schweiz AG
Autori	Dipl. Ing. Michael Geier, Gruner AG Dipl. Ing. Roland Marty, Gruner AG
Grafica e layout	Stäuble GmbH, sgrafik.ch
Stampa	Brunner Medien AG
Tiratura	500 copie

# 1. Introduzione

**FOAMGLAS® è un isolante resistente alla compressione con eccellenti proprietà isolanti e ridotte deformazioni da compressione se sottoposto a carico elevato.**

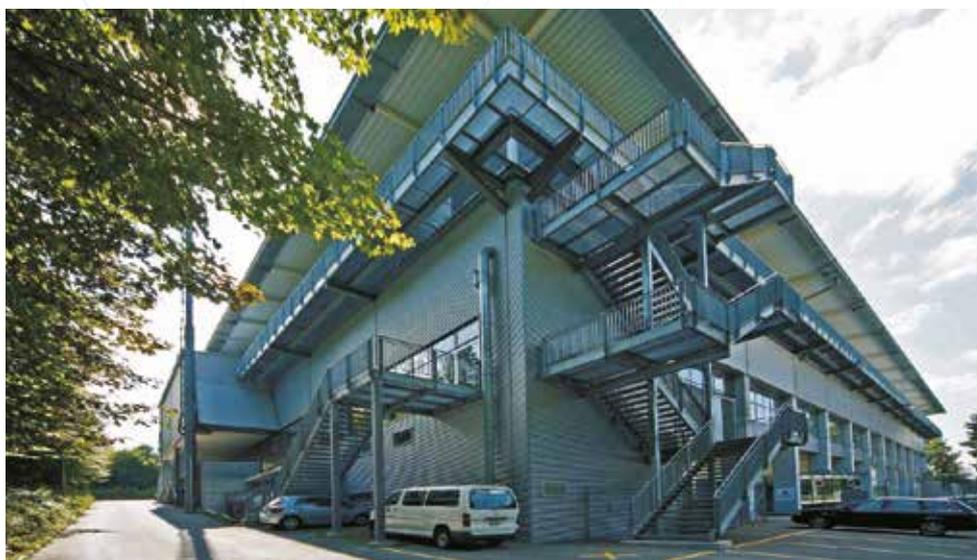


**Dal punto di vista di chi esegue i calcoli statici, esso offre in particolare i seguenti vantaggi:**

- > elevata resistenza alla compressione
- > ridotta deformazione da compressione
- > stabilità dimensionale (assenza di contrazione, scorrimento o rigonfiamento)
- > margine d'azione per modifiche di progetto successive o in caso di nuove conoscenze relative al terreno
- > potenziali risparmi a livello della struttura portante, poiché per la distribuzione dei carichi sono sufficienti fondazioni di dimensioni minori

*La linea di prodotti per l'isolamento termico di elementi costruttivi a contatto con il terreno comprende le lastre FOAMGLAS® e i pannelli FOAMGLAS® Board*

< Non si contrae,  
non scorre,  
non si gonfia! >

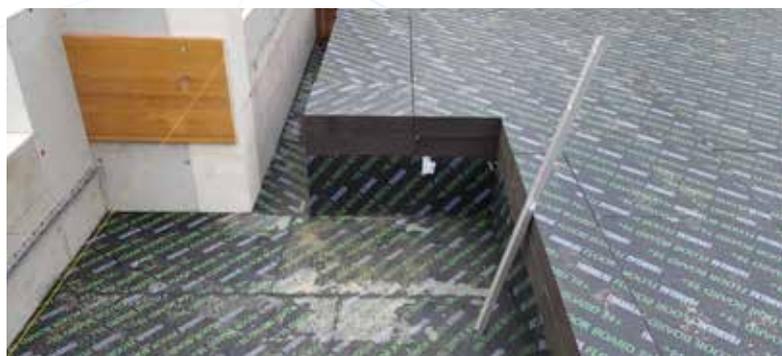


*Swiss Arena, Eishalle Schluefweg, Kloten  
Architetto RGE Isler Architekten AG/  
Thomet Bauleitungen Planungen AG,  
Winterthur  
Realizzazione 2008  
Applicazioni FOAMGLAS® Sistemi di  
isolamento a contatto del terreno, 1900m<sup>2</sup>,  
FOAMGLAS® S3, spessore 140 mm*

## 2. Principi

**Gli edifici residenziali o sedi di uffici vengono riscaldati per molti mesi all'anno. Di solito, la temperatura interna degli edifici è superiore al limite del benessere termico di 21°C.**

Sempre più spesso, i locali interrati vengono utilizzati a scopi abitativi o analoghi. Pertanto, per motivi fisico-costruttivi e igienici, è necessario garantire che tutte le superfici dell'edificio che ne limitano l'involucro verso l'esterno siano dotate di isolamento termico.



**Lavori in cantiere** Rappresentazione in dettaglio di un'incavatura delle fondamenta con pannelli FOAMGLAS® Board

< È possibile escludere il cedimento del materiale dovuto a taglio >



### Principi

- > Allestimento del modello e calcolo delle dimensioni di taglio secondo le norme SIA 260 - 267, conformi ai requisiti per la valutazione della sicurezza dell'Eurocodice SN EN 1990.
- > Ipotesi di carico per la sicurezza strutturale: Combinazione di carico per la sicurezza strutturale Tipo 2 «Design»  $E_d = E\{\gamma_G G_k, \gamma_P P_k, \gamma_{Q1} Q_{k1}, \psi_{0i} Q_{ki}, X_d, a_d\}$
- > Ipotesi di carico per l'idoneità all'uso (deformazione a lungo termine): combinazione di carico frequente  $E_d = E\{G_k, P_k, c_{11} Q_{k1}, c_{2i} Q_{ki}, X_d, a_d\}$

Museo Egizio e istituto Superiore per il Film e la Televisione di Monaco di Baviera, Germania

**Architetto** Peter Böhm Architekten, Colonia

**Inaugurazione** 2011

**Applicazioni FOAMGLAS®** Sottterraneo, isolamento della platea di fondazione (portante) e delle pareti interrate

# 3. Proprietà

**La coibentazione del pavimento è diventata una caratteristica fondamentale degli edifici funzionali. Essa deve, da un lato, soddisfare le esigenze che derivano dall'utilizzo delle parti dell'edificio interrate e dall'altro tenere conto degli effetti che hanno su essa le condizioni del suolo.**

## Altre proprietà

- > Impermeabilità
- > Resistenza ai parassiti
- > Resistenza agli acidi e agli agenti chimici
- > Incombustibilità
- > A tenuta di vapore
- > Protezione dal radon
- > Stabilità dimensionale (assenza di contrazione, scorrimento o rigonfiamento)

Valori di riferimento	FOAMGLAS®				XPS	
	T3+	T4+	S3	F	500	700
Densità volumetrica [kg / m³]	100	115	130	165	30	> 35
Conduttività termica [W / mK]	0,036	0,041	0,045	0,050	0,035	0,035
Modulo d'elasticità [N / mm²] *	70	75	90	135	–	–
Modulo d'elasticità [N / mm²] **	90	100	120	220	9	12
Resistenza caratteristica a compressione (2,5% frattile) [kN / m²]	510	640	970	1590	–	–
Resistenza alla compressione nominale [kN / m²] (con $\gamma_M = 1,25$ )	408	512	776	1272	255	355

\* Lastre FOAMGLAS®, posa in bitume caldo, XPS: nessuna applicazione

\*\* Pannelli FOAMGLAS® Board, su sabbia o ghiaietto, XPS: Modulo elastico a lungo termine per 50 anni

**Tabella 1** Valori tecnici. Tabella riassuntiva dei principali valori di riferimento per il dimensionamento



## Protezione antisismica e forze orizzontali

Grazie alla sua struttura isotropa, FOAMGLAS® è adatto a trasferire forze orizzontali di breve durata dovute a sollecitazione sismica, indipendentemente dalla direzione. Ma in linea di principio ci si chiede se sia necessario trasferire le forze orizzontali tramite un isolamento termico nel terreno. Laddove gli interventi costruttivi - come fosse ascensori,

traverse, volte, ecc. - non sono sufficienti, il carico orizzontale agente non dovrebbe essere superiore - per effetto dell'interazione di isolamento termico e strato di scorrimento - al 10% del carico verticale agente.

In una serie di test è stato possibile escludere un cedimento del materiale dovuto a taglio, limitando la sollecitazione da taglio agente al 20% della resistenza alla compressione nominale, fatte salve le disposizioni di legge o le autorizzazioni del singolo Paese per quanto riguarda la protezione antisismica e le forze orizzontali.

**Lavori in cantiere** Posa doppio strato di FOAMGLAS®. LASTRE FOAMGLAS® in bitume caldo su un sottofondo costituito da pannelli FOAMGLAS® Board posati a secco

## 4. Dimensionamento

**A differenza delle schiume di natura organica, FOAMGLAS® presenta una deformazione da compressione estremamente ridotta. Le differenze di cedimento dovute al materiale isolante sono quindi talmente ridotte da escludere conseguenze negative per il plinto di fondazione.**

Sulla base dei valori della tabella 2 è possibile eseguire un dimensionamento preliminare. Per il confronto vengono indicati i valori caratteristici relativi all'isolamento tramite XPS. In generale, per FOAMGLAS® è determinante la colonna sicurezza strutturale (concetto con carichi combinati) mentre nel caso dell'XPS ad essere decisive sono le deformazioni a lungo termine (combinazione di carico frequente).

Prodotto	Sicurezza strutturale		Idoneità all'uso		
	$N_{Rd}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Deformazione da compressione t = 50 anni	$N_{R, frequente}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Deformazione da compressione t = 0	Deformazione da compressione t = 50 anni
FOAMGLAS® T3+	408	0,5 % **	(272)*	0,3 % **	0,3 % **
FOAMGLAS® T4+	512	0,5 % **	(341)*	0,3 % **	0,3 % **
FOAMGLAS® S3	776	0,6 % **	(517)*	0,3 % **	0,4 % **
FOAMGLAS® F	1272	0,6 % **	(848)*	0,3 % **	0,4 % **
XPS 500	255	< 3,0 %	180	sconosciuta	< 2,0 %
XPS 700	355	< 3,0 %	250	sconosciuta	< 2,0 %

**Tabella 2** Valori caratteristici

\* I valori per  $N_{R, frequente}$  relativi a FOAMGLAS® sono indicati puramente a scopo di confronto e non costituiscono nessun limite di calcolo. È stata utilizzata l'ipotesi seguente:  $N_{R, frequente} = N_{Rd} / 1,5$

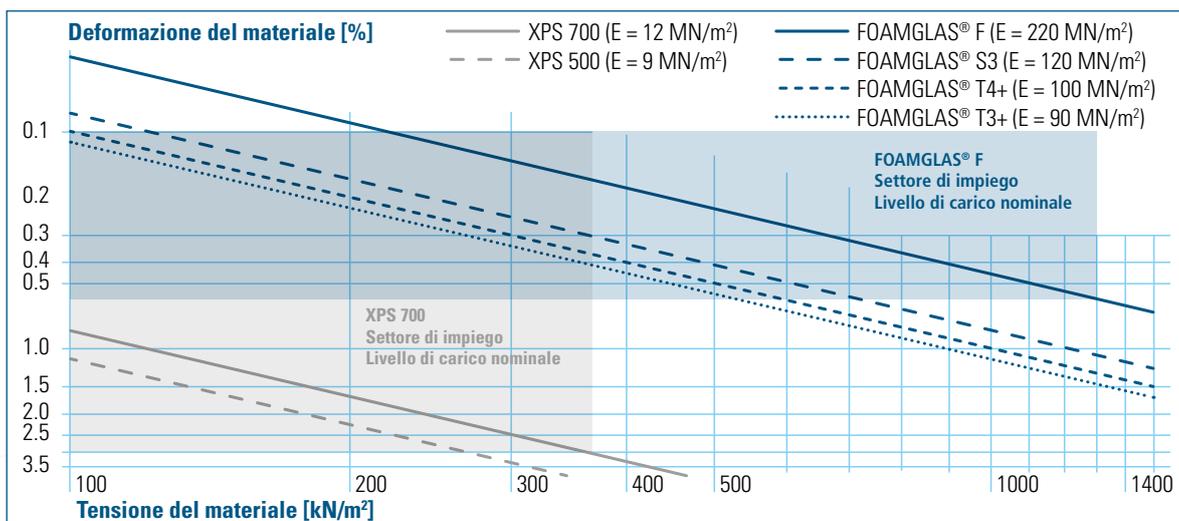
\*\* Nel calcolo della deformazione da compressione dell'isolamento ci si è basati sul modulo d'elasticità per un assestamento su sabbia/ghiaietto.

< Tensione del materiale estremamente elevata.  
Deformazione minima >



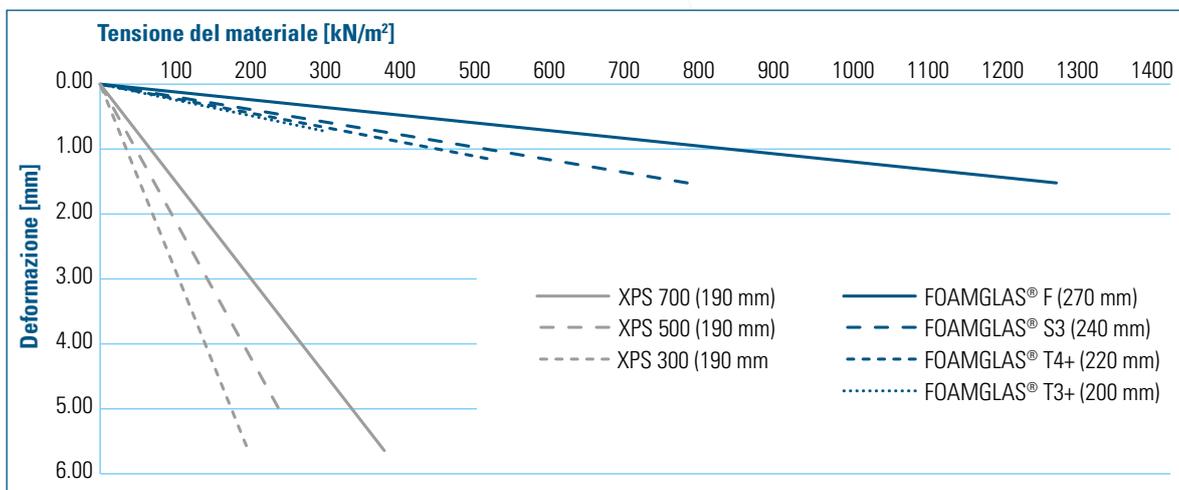
Ampliamento Museo Nazionale Zurigo, ZH  
**Architetto** Christ & Gantenbein AG, Basilea  
**Anno di realizzazione** 2012 - 2016  
**Applicazioni FOAMGLAS®** Isolamento contro terra ca. 2.000 m<sup>2</sup>,  
 FOAMGLAS® T4+ / S3, spessore 200 mm

**Lavori in cantiere** Posa con bitume caldo di lastre FOAMGLAS®

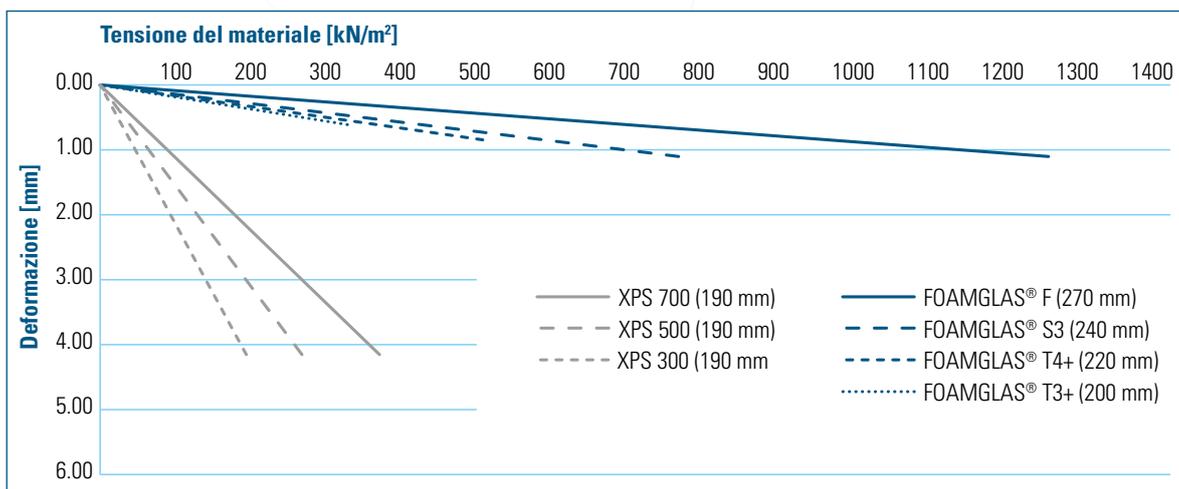


**Diagramma 1** Comportamento degli isolanti alla deformazione da sollecitazione fino al livello del carico nominale

I seguenti due diagrammi mostrano la relazione tra carico e deformazione relativamente a lastre FOAMGLAS® posate su sabbia o ghiaietto e XPS con un coefficiente di trasmittanza termica  $U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$  (per platee e fondamenta a profondità inferiore a 2,5 m) e risp.  $U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$  (per platee e fondamenta a profondità superiore a 2,5 m).



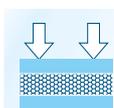
**Diagramma 2** Deformazione da compressione dell'isolamento con  $U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$  dovuta alla sollecitazione superficiale



**Diagramma 3** Deformazione da compressione dell'isolamento con  $U = 0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$  dovuta alla sollecitazione superficiale

## 5. Campi di applicazione

### Deformazioni ammesse ridotte e costruzioni sensibili ai cedimenti



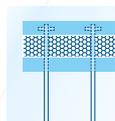
La rigidità relativamente elevata di FOAMGLAS® consente di ridurre i cedimenti al minimo in modo efficace. Grazie alla stabilità dimensionale, in particolare, è possibile escludere deformazioni a lungo termine dovute a scorrimento, contrazione o rigonfiamento.

### Fondazioni combinate con platea su pali



L'elevato modulo d'elasticità dell'isolamento con FOAMGLAS® consente di immettere carichi elevati a fronte di deformazioni ridotte. In questo modo, nelle fondazioni combinate, si garantisce l'azione simultanea di pali e platea.

### Impiego di pali di trazione



Le testate di ancoraggio dei pali di trazione veri e propri (per es. contro la pressione dell'acqua proveniente dal basso o forze di disaccoppiamento in caso di terremoto) vengono quindi disposte il più in alto possibile nelle fonda-

menta o nella platea, per evitarne il punzonamento verso il basso in caso di effettiva emergenza. Se i cedimenti della fondazione dovuti alla compressione dello strato isolante sottostante vengono trascurati, sussiste il pericolo che i pali, molto rigidi, non siano in grado di seguire i movimenti della fondazione, con conseguente ridistribuzione accidentale dei carichi delle fondamenta, ovvero della platea, sui pali e un punzonamento imprevisto delle testate di questi ultimi verso l'alto.

Più il comportamento dell'isolante installato è rigido e prevedibile, minore è il rischio di un danno di questo tipo.

### Platee e fondazioni di edifici con certificazione Minergie-P®

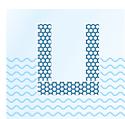


Con i grandi spessori fino a 40 cm necessari per gli edifici con certificazione Minergie-P®, le deformazioni da compressione dell'isolante producono effetti molto più significativi. IN QUESTO CASO, FOAMGLAS® è ideale per ridurre i cedimenti in modo efficace.



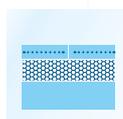
Abitazione unifamiliare Witikon, ZH  
**Architetto** 2\_Architekten GmbH, Ittigen  
**Anno di realizzazione** 2014  
**Applicazione FOAMGLAS®** Isolamento contro terra ca. 200 m<sup>2</sup>, FOAMGLAS® T4+, spessore 160 mm.  
 Isolamento delle pareti ca. 100 m<sup>2</sup>, FOAMGLAS® T4+, spessore 200 mm

### In falda freatica



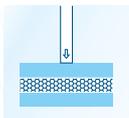
FOAMGLAS® è impermeabile e funziona come barriera alla risalita capillare. LE LASTRE DI FOAMGLAS® posate con bitume caldo svolgono inoltre anche la funzione di una barriera al vapore.

### Nei pavimenti industriali con giunti di dilatazione



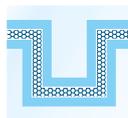
Grazie alla rigidità relativamente elevata di FOAMGLAS®, in corrispondenza dei giunti si verificano solo differenze di cedimento ridotte, anche in caso di ripartizione del carico unilaterale.

### Con carichi elevati e concentrati



Con fondazioni su pilastri o continue, magazzini a scaffalature alte e superfici transitabili, dato un assetamento ammissibile definito sono possibili dimensionamenti della struttura portante ridotti rispetto all'XPS.

### Negli interventi di risanamento



Nella realizzazione di nuovi elementi portanti, come vani ascensore o sottomurazioni con fondazione in edifici esistenti, l'isolamento con FOAMGLAS® è ideale per impedire cedimenti successivi, con conseguenti ridistribuzioni dei carichi e formazione di crepe.



Archivio di Stato di Lucerna, Minergie P-Eco  
**Architetto** Enzmann Fischer Partner Architekten  
**Anno di realizzazione** 2015  
**Applicazione FOAMGLAS®**  
 Isolamento sotto platea, con vasca gialla di FOAMGLAS® Floor Board T4+ e S3 200mm bistrato, 820 m<sup>2</sup>. Tetto compatto con rivestimento in lastre FOAMGLAS® T4+ 120mm, ca. 310 m<sup>2</sup>. Isolamento interno pavimento FOAMGLAS® T4+ 40mm, 450 m<sup>2</sup>

# 6. Esempio con plinti di fondazione

**La tabella seguente mostra un esempio di modifiche nelle dimensioni e nei cedimenti di una fondazione con plinti per un carico d'appoggio costante in funzione della resistenza a compressione del terreno e del materiale dell'isolamento termico.**

## Valori iniziali per lo studio comparativo

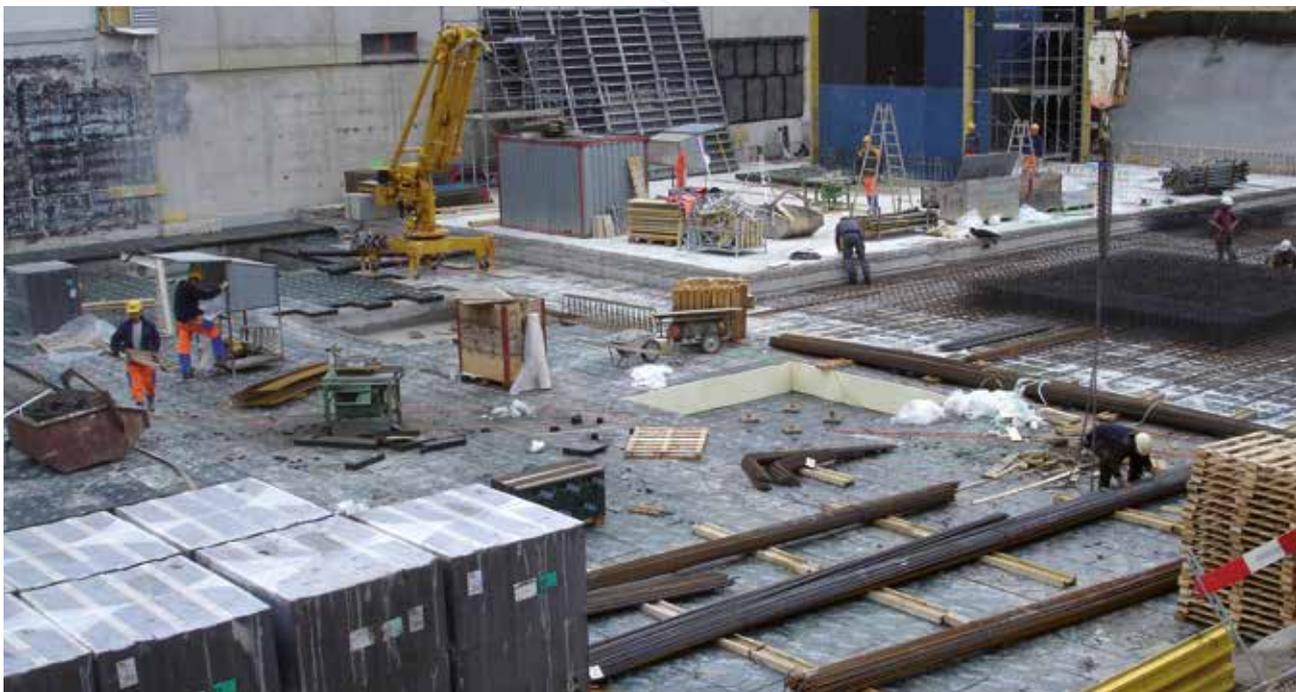
Carico d'appoggio costante	$G_{1,k} = 1\,500\text{ kN}$
Peso proprio delle fondamenta	$G_{F,k} =$ (determinato tramite il sistema informatico)
Carico utile	$Q_k = 650\text{ kN}$ ( $\psi_{F1} = 0,5$ per edificio residenziale)
Combinazione di carico per la sicurezza strutturale	$F_d = 1,35 \times G_{1,k} + 1,35 \times G_{F,k} + 1,50 \times Q_k =$ da 3 080 a 3 380 kN
Combinazione di carico - carico frequente	$F_{d,\gamma1} = 1,00 \times G_{1,k} + 1,00 \times G_{F,k} + 0,50 \times Q_k =$ da 1 885 a 2 105 kN
Conformazione del suolo:	modulo elastico del terreno = 200 MN/m <sup>2</sup> , Spessore degli strati di terreno comprimibili = 5 m
Quoziente di assestamento complessivo (con isolante) cfr. paragrafo «Determinazione semplificata del quoziente di assestamento complessivo»	

Lo spessore dei diversi materiali isolanti è stato selezionato per un valore  $U = 0,18\text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

I calcoli sono stati eseguiti con il programma FEM AXIS VM X4.

I cedimenti  $e_z$  vengono letti di volta in volta sotto il pilastro.

**Lavori in cantiere** Posa di pannelli FOAMGLAS® Board su magrone



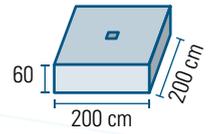
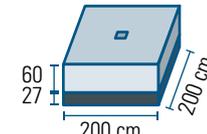
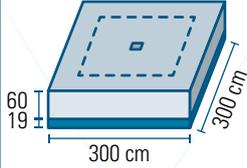
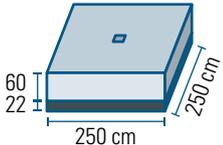
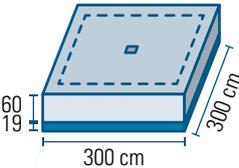
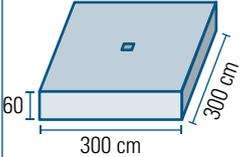
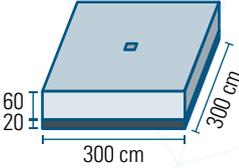
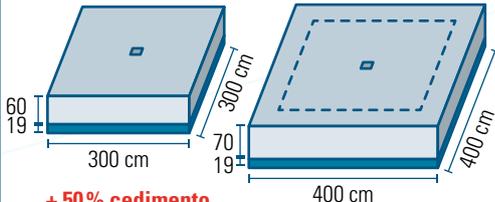
Dimensione della fondazione con plinti in funzione delle pressioni ammissibili			
Qualità del suolo	senza isolante	con FOAMGLAS® (U = 0,18 W/m²K)	con XPS (U = 0,18 W/m²K)
<p><b>ottima</b> 770 kN/m²</p> 	<p><math>e_z = 12,1 \text{ mm}</math></p>  <p>Cemento armato 60 cm</p>	<p><math>e_z = 12,1 \text{ mm}</math></p>  <p>Cemento armato 60 cm FOAMGLAS® F 27 cm</p>	<p><math>e_z = 9,1 \text{ mm}</math></p> <p><b>+ 125% calcestruzzo</b></p>  <p>Cemento armato 60 cm XPS 700 19 cm</p>
<p><b>buona</b> 500 kN/m²</p>	<p><math>e_z = 8,0 \text{ mm}</math></p>  <p>Cemento armato 60 cm</p>	<p><math>e_z = 8,4 \text{ mm}</math></p>  <p>Cemento armato 60 cm FOAMGLAS® T4+ 22 cm</p>	<p><math>e_z = 9,1 \text{ mm}</math></p> <p><b>+ 44% calcestruzzo</b></p>  <p>Cemento armato 60 cm XPS 700 19 cm</p>
<p><b>media</b> 350 kN/m²</p> <p><math>R_{d, \text{boden}} = R_{k, \text{beton}} / 1,5 (\approx R_{z, \text{ult}} \cdot 1,4)</math></p> 	<p><math>e_z = 5,8 \text{ mm}</math></p>  <p>Cemento armato 60 cm</p>	<p><math>e_z = 6,1 \text{ mm}</math></p>  <p>Cemento armato 60 cm FOAMGLAS® T3+ 20 cm</p>	<p><math>e_z = 9,1 \text{ mm}</math>   <math>e_z = 6,3 \text{ mm}</math></p> <p><b>+ 207% calcestruzzo</b></p>  <p><b>+ 50% cemento</b></p> <p>Cemento armato 60 cm   XPS 700 19 cm Cemento armato 70 cm   XPS 500 19 cm</p>

Figura 1 Effetto del materiale isolante sulle dimensioni delle fondazioni con plinti

### Risultati dello studio comparativo

Il valore di riferimento è costituito da fondamenta senza isolante.

È possibile notare come non ci siano praticamente differenze nelle dimensioni e negli avvallamenti delle fondazioni non isolate e isolate tramite FOAMGLAS®.

Le fondazioni con plinti con isolamento costituito da XPS 500 e XPS 700 invece, non riescono a sfruttare le buone o ottime resistenze a compressione del terreno, poiché la resistenza a compressione, secondo le dichiarazioni del produttore, è limitata a  $R_d = 255$  o  $355 \text{ kN/m}^2$  (grado di sicurezza). Ne consegue inevitabilmente un aumento della superficie della fondazione.

Se in fase di progettazione si desidera limitare allo stesso valore i cedimenti a lungo termine delle fondamenta, le dimensioni delle fondazioni - data la minore rigidità che deriva dall'impiego di isolanti in XPS rispetto a FOAMGLAS® - aumentano ulteriormente.

## 7. Platee di fondazione: effetti sul dimensionamento e l'assestamento

**La deformabilità di un sottofondo e rispettivamente del materiale isolante influenza in modo considerevole la distribuzione delle sollecitazioni all'interno del plinto di fondazione portante.**

*Abitazione unifamiliare Oberegg  
Architetto Holzbau AG Oberegg  
Anno di realizzazione 2014  
Applicazione FOAMGLAS®*

*Isolamento contro terra:  
Pannelli FOAMGLAS® Floor Board T4+,  
spessore 80 mm, 78 m<sup>2</sup>  
Isolamento perimetrale: lastre FOAMGLAS®  
T4+, spessore 150 mm, 92 m<sup>2</sup>*



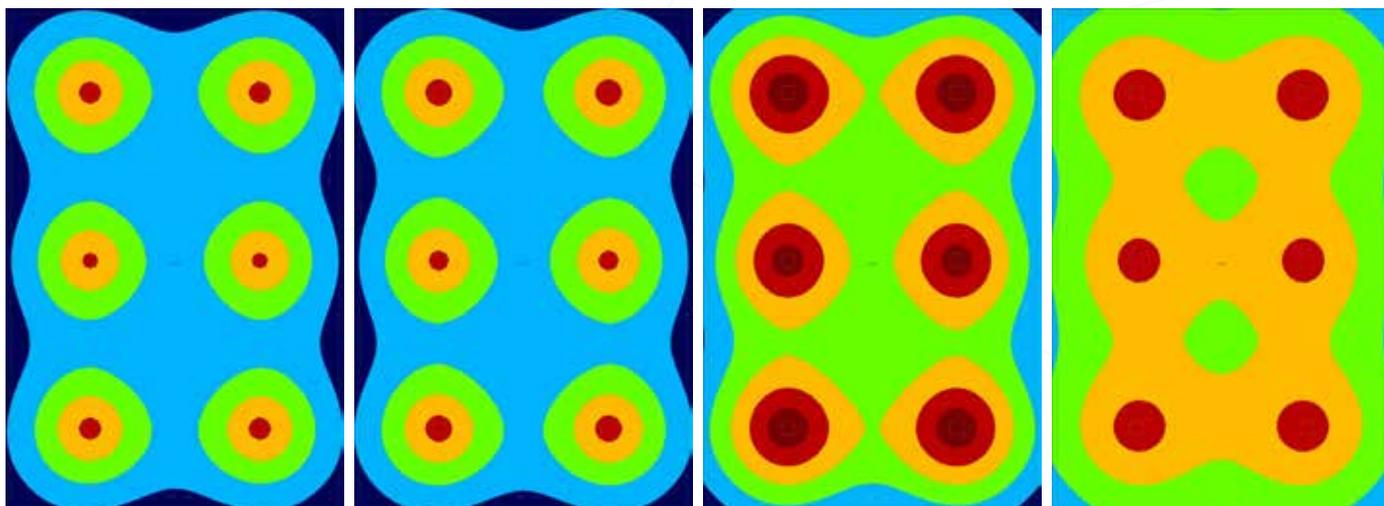
Con plinti di fondazione sottoposti ad elevati carichi singoli (per es. sotto pilastri, oppure, in forma minore, anche nei punti di appoggio dei piedini di scaffalature metalliche industriali) l'utilizzo di FOAMGLAS® consente di ottenere una serie di vantaggi rispetto all'impiego di XPS:

- > La profondità dei pilastri e la distribuzione dei carichi sotto la platea di fondazione è praticamente identica alla posa senza isolamento.
- > Momenti inferiori nella platea di fondazione riducono l'armatura necessaria secondo i calcoli.
- > Le conseguenti maggiori pressioni del terreno sotto i punti di applicazione del carico si riflettono vantaggiosamente sulla verifica della punzonatura.
- > A compensazione di maggiori assestamenti e/o ai fini del rispetto della verifica della punzonatura non risulta necessario alcun aumento dello spessore della platea, che, a fronte dei consueti requisiti inerenti alla limitazione dell'ampiezza delle fessure, porterebbe a un ulteriore fabbisogno in termini di armatura.

Questi vantaggi di FOAMGLAS® hanno anche un effetto positivo sulla redditività complessiva, poiché spessori della platea, tassi di armatura, ecc. possono, in cambio, venire maggiormente ottimizzati e/o successivamente, nel ciclo di vita dell'edificio, non sono necessari interventi di risanamento a questo proposito.

Ai fini di un dimensionamento sicuro, è consigliabile considerare la platea come una sezione integra per le verifiche della sicurezza strutturale e come sezione spezzata per quelle funzionali, p. es. semplificata mediante un'adeguata riduzione del modulo E del calcestruzzo.

Rispetto alla fondazione con plinti, oltre al livello di carico e ai parametri geotecnici, vi sono ulteriori fattori che influenzano i cedimenti assoluti e differenziali. Per esempio la maglia strutturale (cioè la distanza tra i punti di applicazione del carico), lo spessore della platea in quanto piastra di distribuzione del carico, l'armatura posta in opera e la considerazione della platea come spezzata o integra nel calcolo dell'ingegnere, svolgono un ruolo fondamentale. Ecco perché in questo capitolo si prescinde da un esempio di calcolo completo e nel grafico viene eseguito soltanto un confronto qualitativo del cedimento in funzione dei diversi isolanti e spessori delle platee.



**Caso 1:** platea (d = 30 cm) direttamente sul terreno

**Caso 2:** platea (d = 30 cm) su FOAMGLAS® T3+ (d = 20 cm)

**Caso 3:** platea (d = 30 cm) su XPS 500 (d = 19 cm)

**Caso 4:** platea (d = 40 cm) su XPS 500 (d = 19 cm)

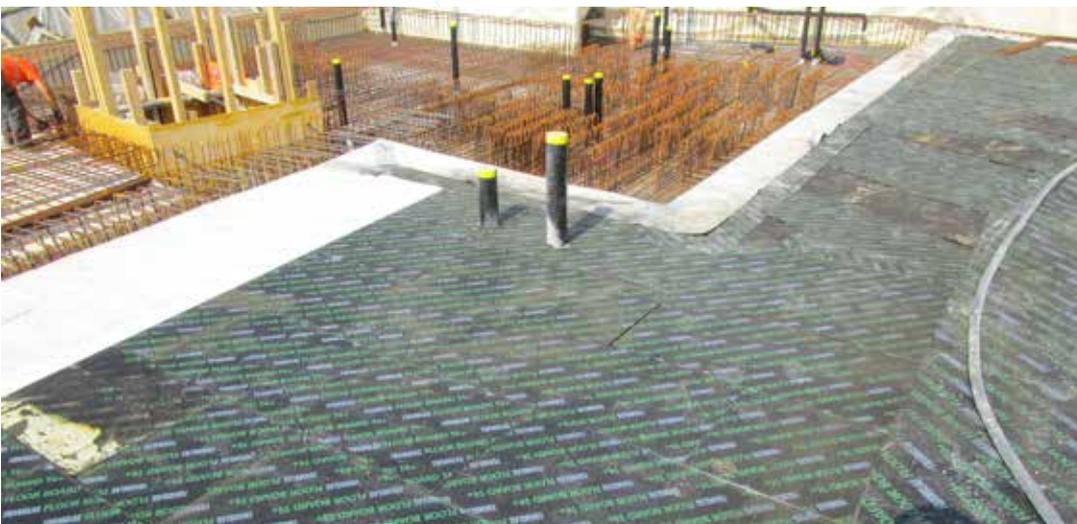
### Dimensioni di partenza della modellazione

Carichi d'appoggio G = 750 kN / Q = 250 kN ( $\psi_{11}=0,5$ ); nella maglia 5 x 5 m

Terreno: Rigidezza E = 200 MN/m<sup>2</sup>, spessore dello strato comprimibile d = 5m

Platea in cemento armato C25/30,  $E_{fessurato} = 0,5 \times E$

< Rispetto a FOAMGLAS® T3+ l'XPS 700 presenta una deformazione da scorrimento significativamente maggiore! >



**Lavori in cantiere** Superficie ultimata con pannelli FOAMGLAS® Floor Board

# 8. Determinazione semplificata del quoziente di assestamento complessivo

**Oggi per il calcolo statico vengono utilizzati software FEM, ovvero basati sul metodo a elementi finiti. Per una corretta modellizzazione della fondazione è necessario conoscere il quoziente di assestamento.**

Il quoziente di assestamento 'i' di uno strato viene ricavato dal rapporto tra modulo d'elasticità e spessore dello strato:

$k_i = E_i / t_i$ [MN/m <sup>3</sup> ]	
con	
$k_i$ :	quoziente di assestamento dello strato i [MN/m <sup>3</sup> ]
$t_i$ :	spessore dello strato i [m]
$E_i$ :	modulo d'elasticità dello strato i [N/mm <sup>2</sup> = MN/m <sup>2</sup> ]

Se la struttura del terreno edificabile e i moduli d'elasticità dei singoli strati sono noti, è possibile utilizzarli come base di calcolo per il quoziente di assestamento della fondazione completa:

$1/k_{\text{compl}} = \sum (1/k_i)$ $= 1/k_{\text{FOAMGLAS}}^{\text{®}} + 1/k_{\text{suolo}_1} + 1/k_{\text{suolo}_2} + \dots + 1/k_{\text{suolo}_n}$
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------





Poiché di solito non si conoscono con esattezza le caratteristiche e gli spessori degli strati del sottosuolo - e anche nelle analisi geotecniche spesso vengono indicati solo intervalli di valori - ai fini del calcolo preliminare e del confronto nelle tabelle 3 e 4 sono stati determinati i quozienti di assestamento complessivo per diverse tipologie di terreno e spessori degli strati, nonché per diversi materiali isolanti.

Se sono disponibili valori esatti relativamente alle effettive condizioni del terreno edificabile interessato (spessori e moduli d'elasticità dei singoli strati, posizione del substrato roccioso, ecc.), è possibile, mediante le formule sopra indicate, calcolare in alternativa quozienti di assestamento più precisi.

*Hotel Bella Sky, Copenhagen, Danimarca*  
**Architetto** 3XN Arkitekter, Copenhagen  
**Inaugurazione** 2010  
**Applicazione FOAMGLAS®**  
 Coibentazione del fondo; platea di fondazione

**Lavori in cantiere** Rappresentazione in dettaglio di un'incavatura delle fondamenta con pannelli FOAMGLAS® Board

**Nota sui valori delle tabelle:**

poiché ufficialmente non è consentito preventivare un miglioramento del fondo in caso di sostituzione con lastre isolanti, nelle tabelle il valore limite superiore di tutti i dati della modifica percentuale dei quozienti di assestamento è stato fissato allo 0%.

Se il quoziente di assestamento complessivo calcolato (terreno e isolante) dovesse risultare superiore a quello del terreno in sito, viene riportato solo quello del terreno in sito.

In genere, questo si verifica quando il modulo d'elasticità dell'isolante è superiore a quello del terreno, in altre parole, nella maggior parte dei casi l'impiego di FOAMGLAS® non ha alcuna conseguenza sul calcolo statico delle fondamenta e della platea.

Valore U della fondazione	0,18 W/m <sup>2</sup> K	Modulo d'elasticità terreno [MN/m <sup>2</sup> ]	Quoziente d'assestamento [MN/m <sup>3</sup> ] per uno strato di terreno comprimibile a partire dalle fondamenta della sottocostruzione, con uno spessore [m] di												
			1			5			10			25			
			Terreno	Terreno + Isolamento	Perdita	Terreno	Terreno + Isolamento	Perdita	Terreno	Terreno + Isolamento	Perdita	Terreno	Terreno + Isolamento	Perdita	
<b>FOAMGLAS® T3+</b>		20	20	19.1	0 %	4	4.0	0 %	2	2.0	0 %	0.8	0.8	0 %	
		50	50	45.0	0 %	10	9.8	0 %	5	4.9	0 %	2	2.0	0 %	
	Spessore isolante	200 mm	100	100	81.8	-2 %	20	19.1	-1 %	10	9.8	0 %	4	4.0	0 %
	Modulo d'elasticità a lungo termine	90 N/mm <sup>2</sup>	200	200	138.5	-17 %	40	36.7	-5 %	20	19.1	-3 %	8	7.9	-1 %
	Quoziente d'assestamento	450,0 MN/m <sup>3</sup>	500	500	236.8	-43 %	100	81.8	-15 %	50	45.0	-8 %	20	19.1	-4 %
<b>FOAMGLAS® T4+</b>		20	20	19.2	0 %	4	4.0	0 %	2	2.0	0 %	0.8	0.8	0 %	
		50	50	45.0	0 %	10	9.8	0 %	5	4.9	0 %	2	2.0	0 %	
	Spessore isolante	220 mm	100	100	82.0	0 %	20	19.2	0 %	10	9.8	0 %	4	4.0	0 %
	Modulo d'elasticità a lungo termine	100 N/mm <sup>2</sup>	200	200	138.9	-15 %	40	36.8	-8 %	20	19.2	-2 %	8	7.9	-1 %
	Quoziente d'assestamento	454,5 MN/m <sup>3</sup>	500	500	238.1	-42 %	100	82	-18 %	50	45.0	-8 %	20	19.2	-4 %
<b>FOAMGLAS® S3</b>		20	20	19.2	0 %	4	4.0	0 %	2	2.0	0 %	0.8	0.8	0 %	
		50	50	45.5	0 %	10	9.8	0 %	5	5.0	0 %	2	2.0	0 %	
	Spessore isolante	240 mm	100	100	83.3	0 %	20	19.2	0 %	10	9.8	0 %	4	4.0	0 %
	Modulo d'elasticità a lungo termine	120 N/mm <sup>2</sup>	200	200	142.9	-11 %	40	37.0	-8 %	20	19.2	-4 %	8	7.9	-1 %
	Quoziente d'assestamento	500,0 MN/m <sup>3</sup>	500	500	250	-38 %	100	83.3	-17 %	50	45.5	-9 %	20	19.2	-4 %
<b>FOAMGLAS® F</b>		20	20	19.5	0 %	4	4.0	0 %	2	2.0	0 %	0.8	0.8	0 %	
		50	50	47.1	0 %	10	9.9	0 %	5	5.0	0 %	2	2.0	0 %	
	Spessore isolante	270 mm	100	100	89.1	0 %	20	19.5	0 %	10	9.9	0 %	4	4.0	0 %
	Modulo d'elasticità a lungo termine	220 N/mm <sup>2</sup>	200	200	160.6	0 %	40	38.1	0 %	20	19.5	0 %	8	7.9	0 %
	Quoziente d'assestamento	814,8 MN/m <sup>3</sup>	500	500	309.9	-21 %	100	89.1	-11 %	50	47.1	-6 %	20	19.5	-3 %
<b>XPS 500</b>		20	20	14.1	-16 %	4	3.7	-8 %	2	1.9	-5 %	0.8	0.8	0 %	
		50	50	24.3	-42 %	10	8.3	-17 %	5	4.5	-10 %	2	1.9	-5 %	
	Spessore isolante	190 mm	100	100	32.2	-62 %	20	14.1	-30 %	10	8.3	-17 %	4	3.7	-8 %
	Modulo d'elasticità a lungo termine	9 N/mm <sup>2</sup>	200	200	38.3	-77 %	40	21.7	-46 %	20	14.1	-30 %	8	6.8	-15 %
	Quoziente d'assestamento	47,4 MN/m <sup>3</sup>	500	500	43.3	-90 %	100	32.2	-68 %	50	24.3	-51 %	20	14.1	-30 %
<b>XPS 700</b>		20	20	15.2	-10 %	4	3.8	-5 %	2	1.9	-5 %	0.8	0.8	0 %	
		50	50	27.9	-34 %	10	8.6	-14 %	5	4.6	-8 %	2	1.9	-5 %	
	Spessore isolante	190 mm	100	100	38.7	-54 %	20	15.2	-24 %	10	8.6	-14 %	4	3.8	-5 %
	Modulo d'elasticità a lungo termine	12 N/mm <sup>2</sup>	200	200	48.0	-71 %	40	24.5	-39 %	20	15.2	-24 %	8	7.1	-11 %
	Quoziente d'assestamento	63,2 MN/m <sup>3</sup>	500	500	56.1	-87 %	100	38.7	-61 %	50	27.9	-44 %	20	15.2	-24 %

**Tabella 3** Quozienti di assestamento per diversi terreni con  $U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$



Lufthansa, nuovo hangar per la manutenzione dell'airbus A380, Francoforte, Germania  
**Architetto** gmp - Architekten von Gerkan, Marg und Partner  
**Inaugurazione** 2007  
**Applicazione FOAMGLAS®** Sotto pavimento sottoposto a carico

Valore U della fondazione	0,25 W/m <sup>2</sup> K	Modulo d'elasticità Terreno [MN/m <sup>2</sup> ]	Quoziente d'assestamento [MN/m <sup>3</sup> ] per uno strato di terreno comprimibile a partire dalle fondamenta della sottocostruzione, con uno spessore [m] di												
			1			5			10			25			
			Terreno	Terreno + Isolamento	Perdita	Terreno	Terreno + Isolamento	Perdita	Terreno	Terreno + Isolamento	Perdita	Terreno	Terreno + Isolamento	Perdita	
<b>FOAMGLAS® T3+</b>		20	20	19.4	0%	4	4.0	0%	2	2.0	0%	0.8	0.8	0%	
		50	50	46.4	0%	10	9.8	0%	5	5.0	0%	2	2.0	0%	
	Spessore isolante	140 mm	100	100	86.5	-1%	20	19.4	0%	10	9.8	-1%	4	4.0	0%
	Modulo d'elasticità a lungo termine	90 N/mm <sup>2</sup>	200	200	152.5	-13%	40	37.7	-3%	20	19.4	-2%	8	7.9	-1%
	Quoziente d'assestamento	642,9 MN/m <sup>3</sup>	500	500	281.3	-36%	100	86.5	-11%	50	46.4	-6%	20	19.4	-3%
<b>FOAMGLAS® T4+</b>		20	20	19.4	0%	4	4.0	0%	2	2.0	0%	0.8	0.8	0%	
		50	50	46.3	0%	10	9.8	0%	5	5.0	0%	2	2.0	0%	
	Spessore isolante	160 mm	100	100	86.2	0%	20	19.4	0%	10	9.8	0%	4	4.0	0%
	Modulo d'elasticità a lungo termine	100 N/mm <sup>2</sup>	200	200	151.5	-12%	40	37.6	-6%	20	19.4	-1%	8	7.9	-1%
	Quoziente d'assestamento	625,0 MN/m <sup>3</sup>	500	500	277.8	-36%	100	86.2	-14%	50	46.3	-6%	20	19.4	-3%
<b>FOAMGLAS® S3</b>		20	20	19.4	0%	4	4.0	0%	2	2.0	0%	0.8	0.8	0%	
		50	50	46.7	0%	10	9.9	0%	5	5.0	0%	2	2.0	0%	
	Spessore isolante	170 mm	100	100	87.6	0%	20	19.4	0%	10	9.9	0%	4	4.0	0%
	Modulo d'elasticità a lungo termine	120 N/mm <sup>2</sup>	200	200	155.8	-9%	40	37.9	-5%	20	19.4	-3%	8	7.9	-1%
	Quoziente d'assestamento	705,9 MN/m <sup>3</sup>	500	500	292.7	-32%	100	87.6	-12%	50	46.7	-7%	20	19.4	-3%
<b>FOAMGLAS® F</b>		20	20	19.7	0%	4	4.0	0%	2	2.0	0%	0.8	0.8	0%	
		50	50	47.9	0%	10	9.9	0%	5	5.0	0%	2	2.0	0%	
	Spessore isolante	190 mm	100	100	92.1	0%	20	19.7	0%	10	9.9	0%	4	4.0	0%
	Modulo d'elasticità a lungo termine	220 N/mm <sup>2</sup>	200	200	170.5	0%	40	38.7	0%	20	19.7	0%	8	7.9	0%
	Quoziente d'assestamento	1157,9 MN/m <sup>3</sup>	500	500	349.2	-17%	100	92.1	-8%	50	47.9	-4%	20	19.7	-2%
<b>XPS 500</b>		20	20	15.3	-13%	4	3.8	-5%	2	1.9	-5%	0.8	0.8	0%	
		50	50	28.1	-36%	10	8.7	-13%	5	4.6	-8%	2	1.9	-5%	
	Spessore isolante	140 mm	100	100	39.1	-55%	20	15.3	-24%	10	8.7	-13%	4	3.8	-5%
	Modulo d'elasticità a lungo termine	9 N/mm <sup>2</sup>	200	200	48.7	-72%	40	24.7	-38%	20	15.3	-24%	8	7.1	-11%
	Quoziente d'assestamento	64,3 MN/m <sup>3</sup>	500	500	57.0	-87%	100	39.1	-61%	50	28.1	-44%	20	15.3	-24%
<b>XPS 700</b>		20	20	16.2	-4%	4	3.8	-5%	2	2.0	0%	0.8	0.8	0%	
		50	50	31.6	-25%	10	9.0	-10%	5	4.7	-6%	2	2.0	0%	
	Spessore isolante	190 mm	100	100	46.1	-45%	20	16.2	-19%	10	9.0	-10%	4	3.8	-5%
	Modulo d'elasticità a lungo termine	12 N/mm <sup>2</sup>	200	200	60.0	-64%	40	27.3	-32%	20	16.2	-19%	8	7.3	-9%
	Quoziente d'assestamento	85,7 MN/m <sup>3</sup>	500	500	73.2	-83%	100	46.1	-54%	50	31.6	-37%	20	16.2	-19%

Tabella 4 Quozienti di assestamento per diversi terreni con U = 0,25 W/m<sup>2</sup>K

< La nostra convinzione:  
le cose vanno costruite  
per durare nel tempo. >

**Maggiori informazioni**  
gruner.ch  
FOAMGLAS.ch