



Bari, 2-3 dicembre 2013

[www.greencityenergy.it](http://www.greencityenergy.it)



UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO

# NUOVE SCHIUME POLIURETANICHE CONTENENTI NANO PARTICELLE CON MIGLIORATE PROPRIETA' COIBENTANTI

Ing. Paolo Maria Congedo, Ing. Caterina Lorusso

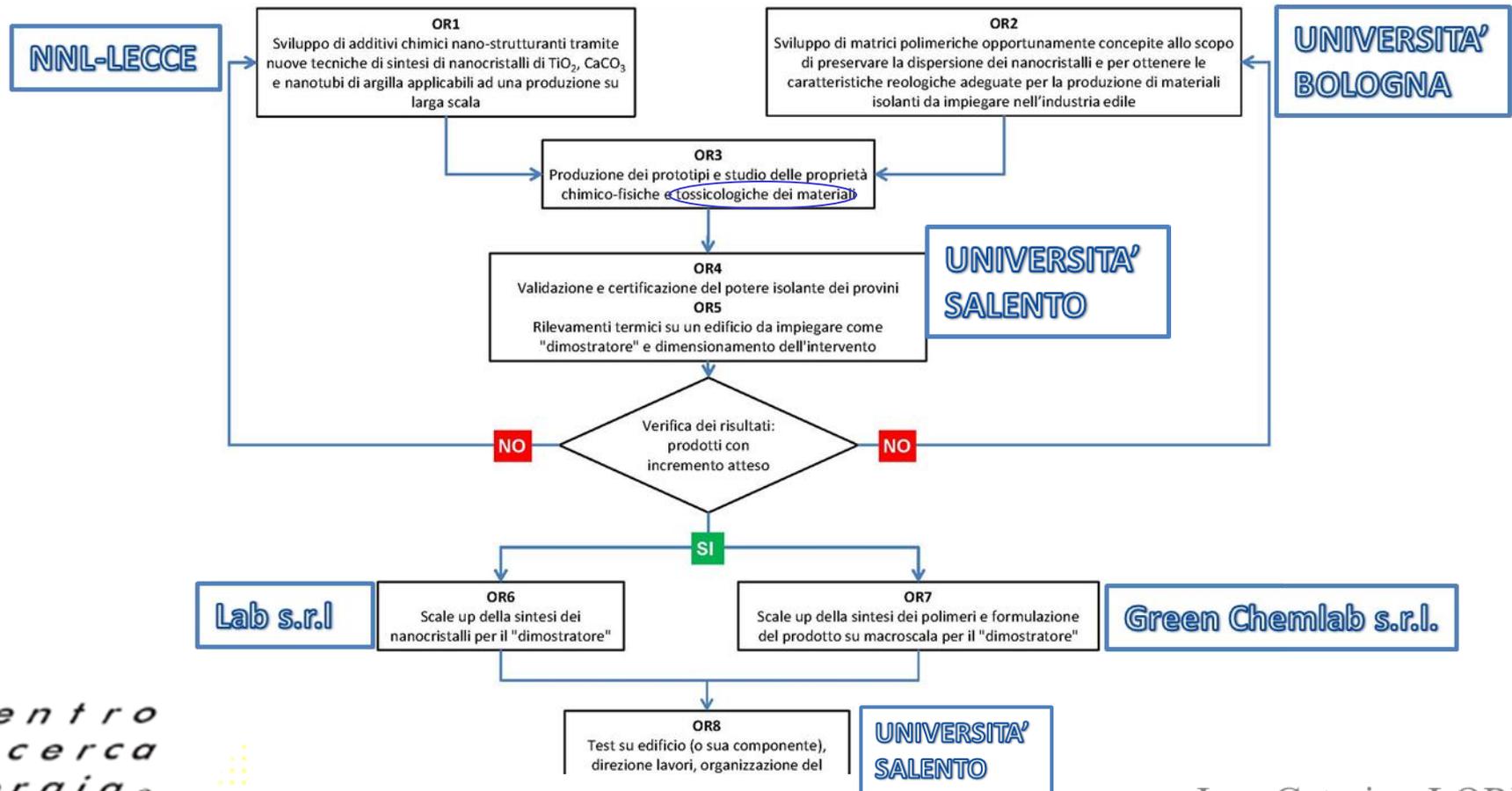
Centro  
Ricerca  
Energia e  
Ambiente

Ing. Caterina LORUSSO



# TITOLO

## NanoMateriali per l'edilizia SosTENibile (NAMASTE) [PON04a3\_00107 (2007-2013)-Smart Cities and Communities and Social Innovation]

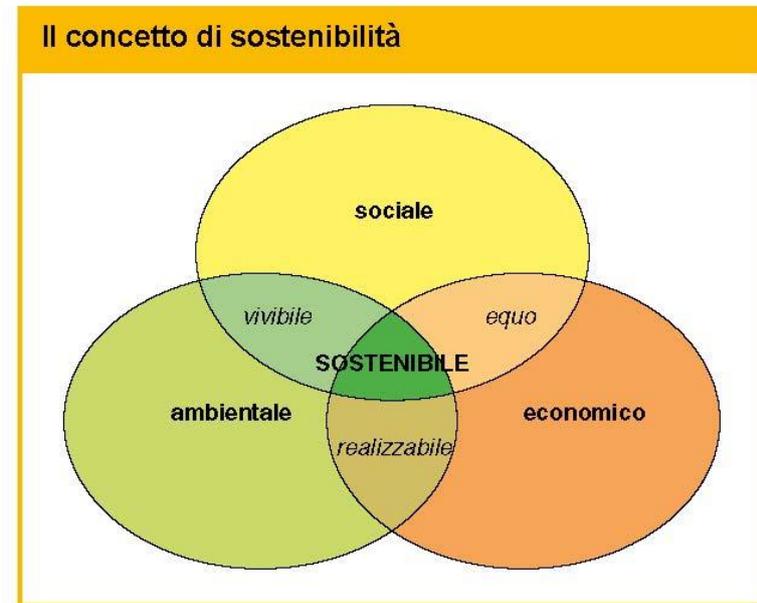


- Introduzione**
- Utilizzi poliuretano**
- Metodi di studio: Approccio simulativo Modefrontier**
- Caratteristiche termiche: Hot Disk**
- Proprieta' tossicologiche : ciclone selettivo**
- Camera climatica**
- Conclusioni**



# OBIETTIVO

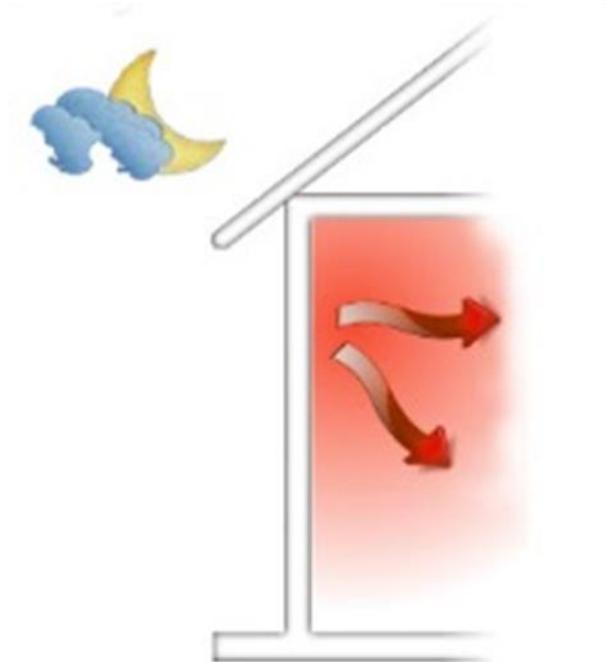
- Soluzione delle problematiche energetiche del patrimonio immobiliare;
- Realizzare nuove schiume poliuretaniche rigide contenenti nano-particelle, con migliorate proprietà meccaniche e coibentanti.



Ing. Caterina LORUSSO



# PRATICHE IN USO



~~SUPER-ISOLAMENTO~~



~~SURRISCALDAMENTO~~

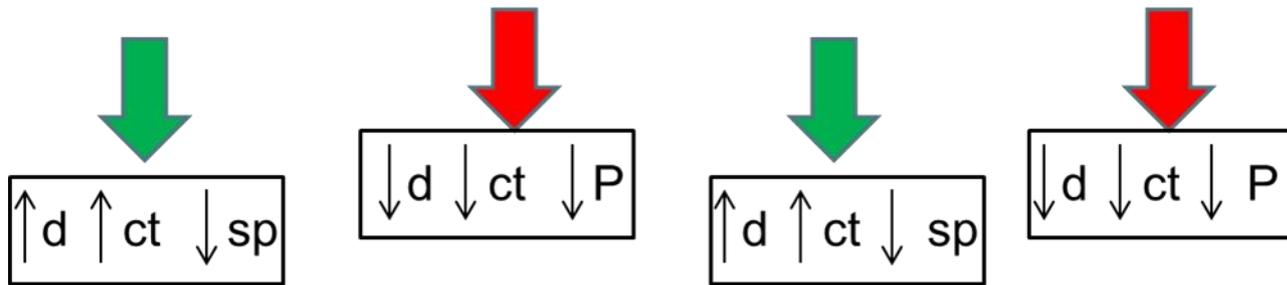
....non permette di scaricare nelle ore notturne il calore accumulato di giorno!

## SOLUZIONE.....

Ing. Caterina LORUSSO

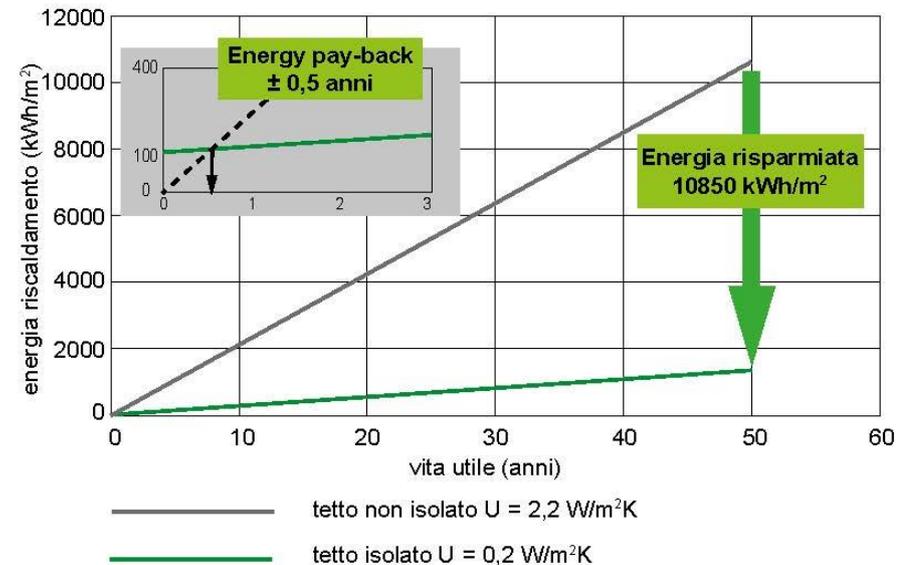


## MASSA- ISOLANTE -MASSA- ISOLANTE



**L'energia inglobata nel poliuretano è pari a 100 kWh. Nel corso della sua fase di esercizio il rapporto tra energia impiegata ed energia risparmiata è pari a 1 a 110!**

**Energia risparmiata per metro quadrato isolato con poliuretano**  
cfr. Pu Europe - Factsheet n. 13  
Environmental Product Declaration, Dicembre 2010



**Scenario ipotizzato:**

Gradi Giorno: 3700

Spessore isolante in poliuretano: 120 mm

Trasmittanza termica tetto non isolato:  $U = 2,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

Trasmittanza Termica tetto isolato:  $U = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

Resistenza Termica tetto isolato:  $R = 5 \text{ m}^2\text{KW}$



In termini di oneri economici e di impatti ambientali determinati dai trasporti, il poliuretano espanso risulta essere più vantaggioso di circa 10 volte rispetto a materiali dotati di massa elevata e di limitate prestazioni isolanti.

Consumi di risorse di diversi materiali utilizzati per isolare una copertura pedonabile piana di 100 m <sup>2</sup> garantendo una Resistenza Termica pari a 3,33 m <sup>2</sup> K/W							
Materiale	Conducibilità termica $\lambda_D$ (W/mK)	spessore mm	densità kg/m <sup>3</sup>	Metri cubi complessivi	Chilogrammi complessivi	GER MJ/kg	GER complessivo
POLIURETANO ESPANSO VALORE MEDIO STUDI LCA ANPE	0.028	93	32	9.33	298.67	91.68*	27328
Valori GER riportati da "L'isolamento ecoefficiente"							
Sughero - pannelli	0.040	133	130	13.33	1733.33	7.05	12220
Polistirene espanso sinterizzato	0.035	117	25	11.67	291.67	99.2	28933
Poliuretano espanso	0.024	80	33	8.00	264.00	126.2**	33317
Lana di roccia	0.038	127	120	12.67	1520.00	22.12	33622
Perlite Espansa pannelli	0.050	167	150	16.67	2500.00	13.62	34050
Lana di vetro	0.037	123	105	12.33	1295.00	34.6	44807
Polistirene espanso estruso (con CO <sub>2</sub> )	0.036	120	35	12	420.00	110.2	46284
Fibra di legno	0.050	167	240	16.67	4000.00	17	68000
Vetro cellulare	0.040	133	120	13.33	1600.00	67	107200



# PRESTAZIONI DI STRUTTURE EDILIZIE ISOLATE CON PU

Bari, 2-3 dicembre 2013

[www.greencityenergy.it](http://www.greencityenergy.it)

Zona Climatica E: Trasmissione termica e trasmittanza termica periodica di strutture

## COPERTURE PIANE

### STRUTTURA IN C.A. - PANNELLI IN POLIURETANO



Componente	s (cm)	p (kg/m <sup>3</sup> )	C <sub>p</sub> (J/kg °C)	λ (W/m K)	R (m <sup>2</sup> K/W)
strato limite inferiore					0,10
Solai in cemento armato	10,0	2500	950	2,300	
Membrana bituminosa	0,5	400	1000	0,500	
Isolamento con pannelli in poliuretano a spessore impermeabili	8,5	43	1458	0,026	
Membrana bituminosa	0,5	400	1000	0,500	
strato limite superiore					0,04
TRASMITTANZA TERMICA U					0,29
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA Y <sub>e</sub>					0,13

### STRUTTURA IN C.A. - POLIURETANO A SPRUZZO



Componente	s (cm)	p (kg/m <sup>3</sup> )	C <sub>p</sub> (J/kg °C)	λ (W/m K)	R (m <sup>2</sup> K/W)
strato limite inferiore					0,10
Solai in cemento armato	10,0	2500	950	2,300	
Isolamento con poliuretano a spruzzo	9,0	40	1350	0,029	
strato limite superiore					0,04
TRASMITTANZA TERMICA U					0,30
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA Y <sub>e</sub>					0,15

## PARETI VERTICALI

### DOPPIA MURATURA IN LATERIZIO (25 + 8 cm) - PANNELLI IN POLIURETANO



Componente	s (cm)	p (kg/m <sup>3</sup> )	C <sub>p</sub> (J/kg °C)	λ (W/m K)	R (m <sup>2</sup> K/W)
strato limite inferiore					0,13
Tramezza laterizio	8,0	600	880	0,360	
Isolamento con pannelli in poliuretano a spessore impermeabili	5,0	36	1453	0,024	
Blocco laterizio	25,0	1200	880	0,360	
strato limite superiore					0,04
TRASMITTANZA TERMICA U					0,31
TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA Y <sub>e</sub>					0,04

Legenda:

s = Spessore, p = densità, C<sub>p</sub> = Calore Specifico, λ = Conducibilità Termica, R = Resistenza Termica.

Ing. Caterina LORUSSO

Centro  
Ricerca  
Energia,  
Ambiente



SCHIUMATURA



CAPPOTTO



COPERTURE

COPERTURE



# UTILIZZI

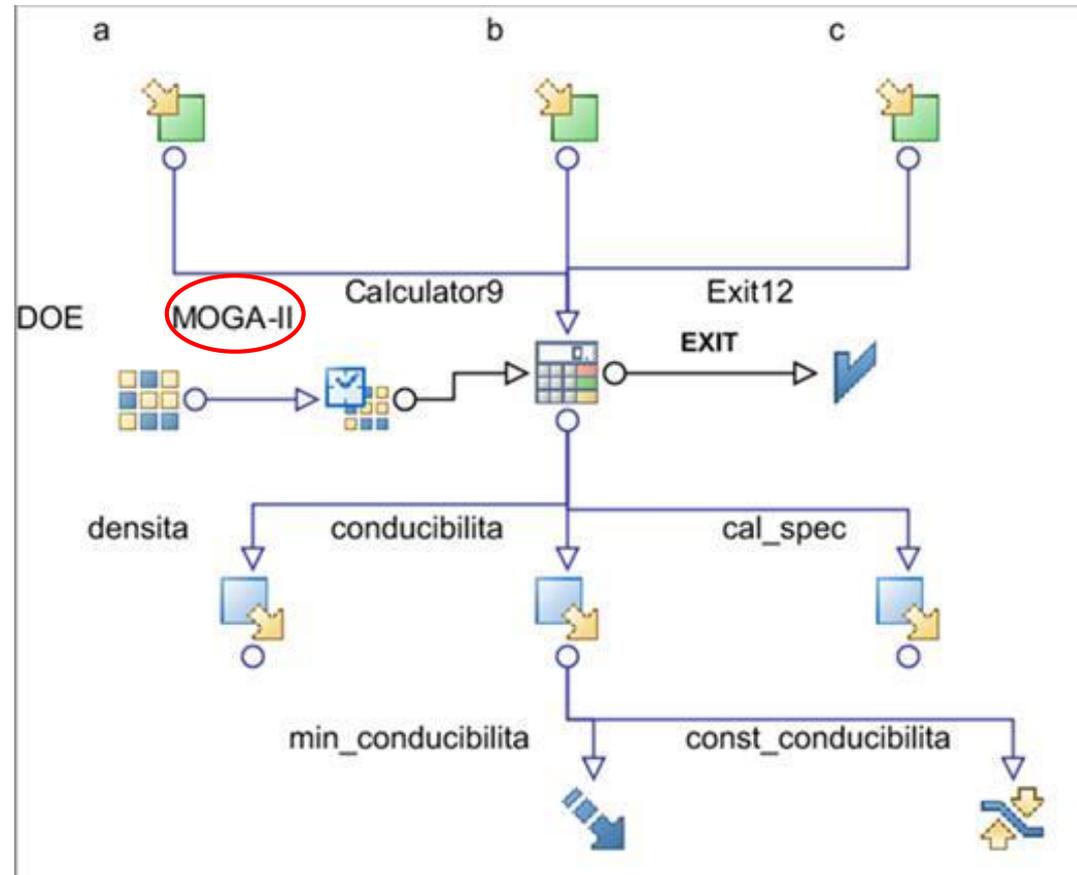
RECUPERO EDIFICI STORICI

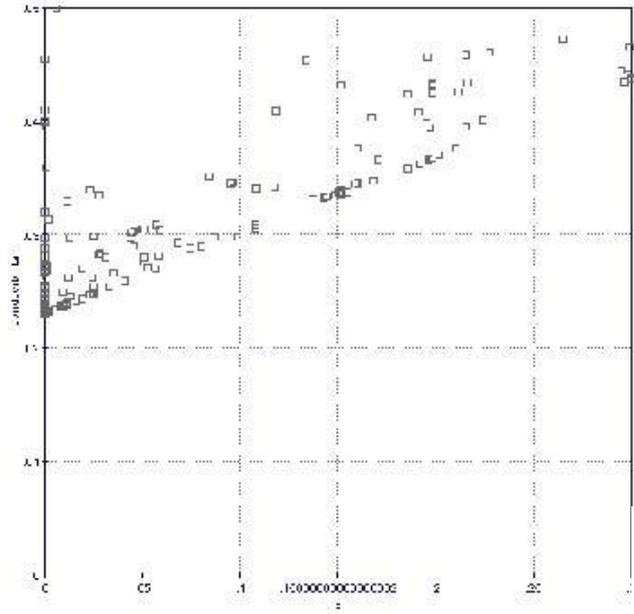


INCAPSULAMENTO AMIANTO

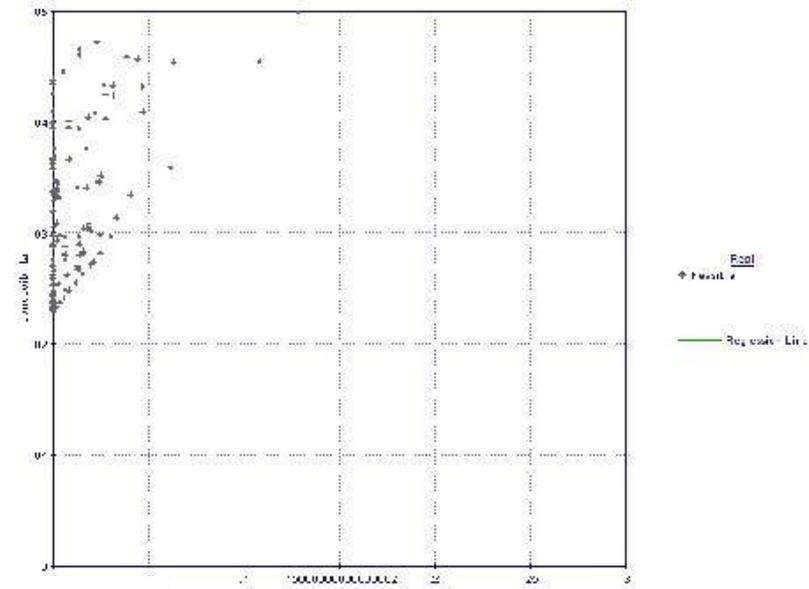


La struttura della nanoschiuma e' stata ottimizzata tramite l'approccio simulativo variando le percentuali in peso delle nanoparticelle e la forma geometrica. Il software mF permette di individuare la combinazione piu' performante variando contemporaneamente le percentuali delle tre tipologie di nanoparticelle, la densita', la conducibilita' e il calore specifico puntando a minimizzare il valore della conducibilita' termica attraverso l'algoritmo M.O.G.A. L'interfaccia grafica del mF e' un diagramma a blocchi e connettori formato da nodi di esecuzione di programmi ausiliari ed altri di acquisizione dati.

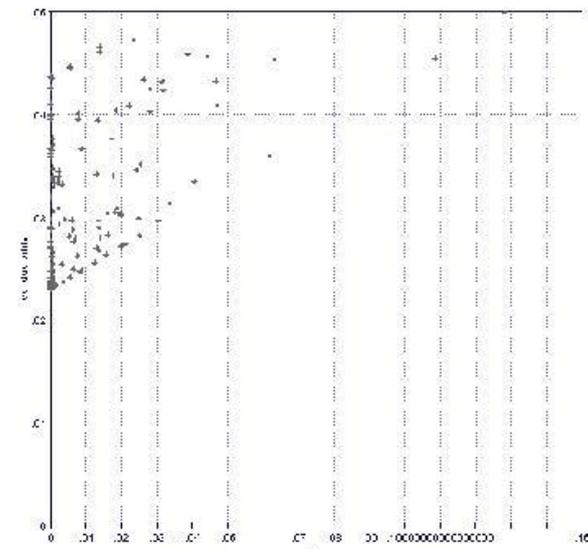




**Roo**  
□ Emissione  
— Rgressione Lineare

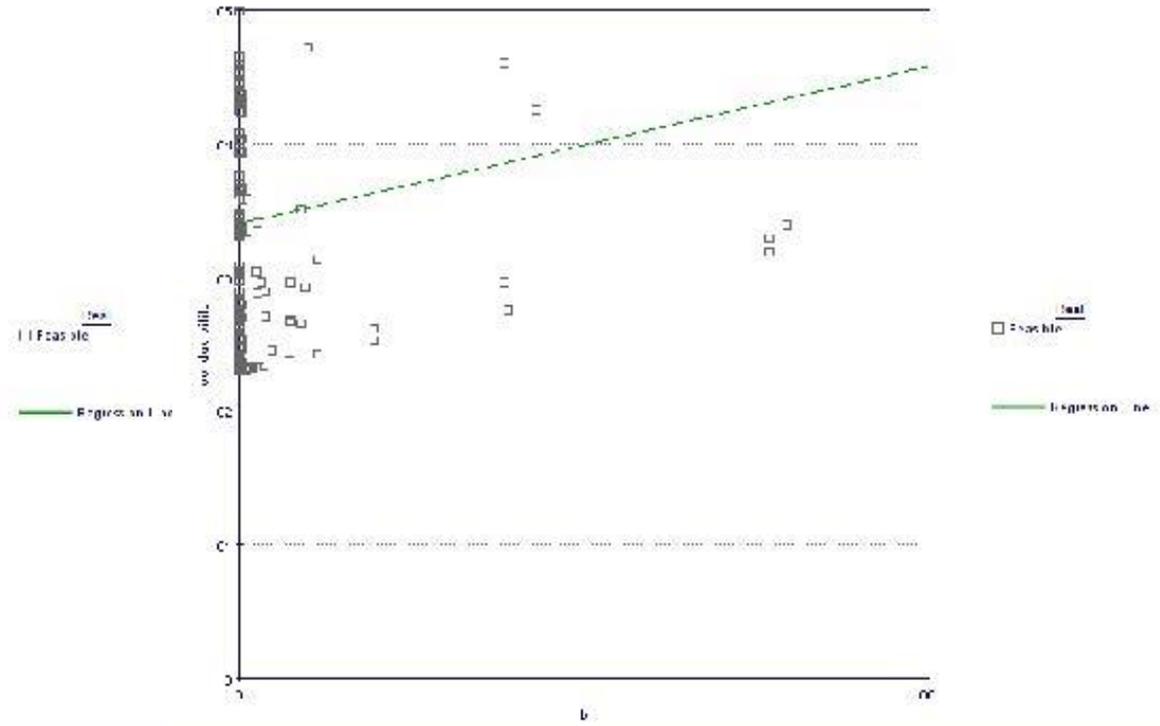
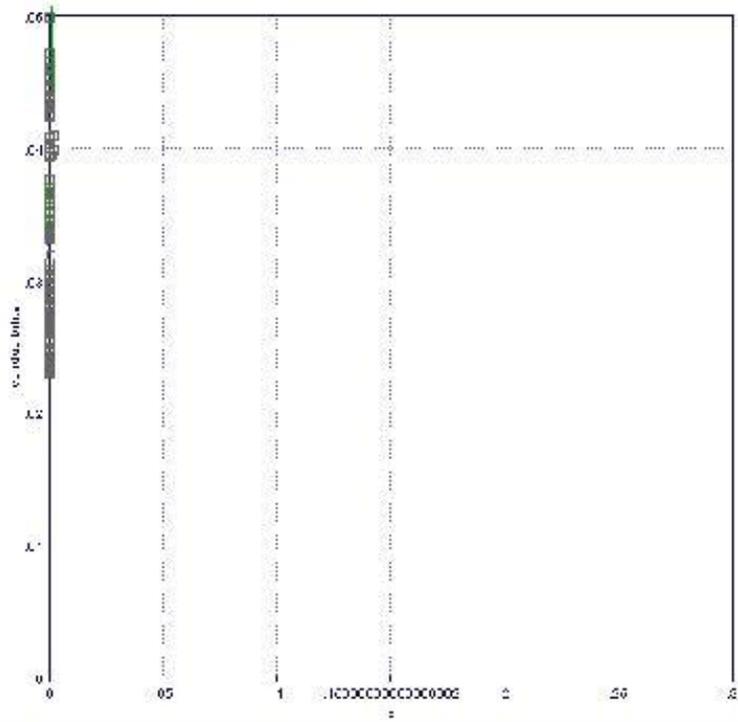


**Pool**  
□ Emissione  
— Rgressione Lineare



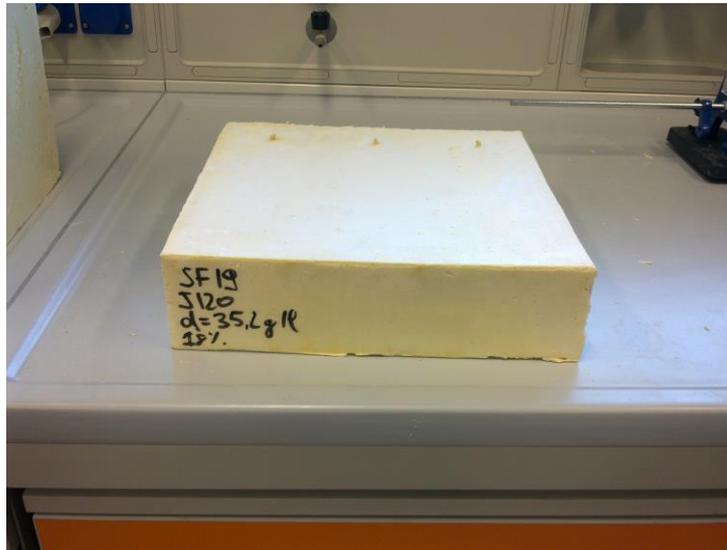
**Sala**  
□ Emissione  
— Rgressione Lineare





Bari, 2-3 dicembre 2013

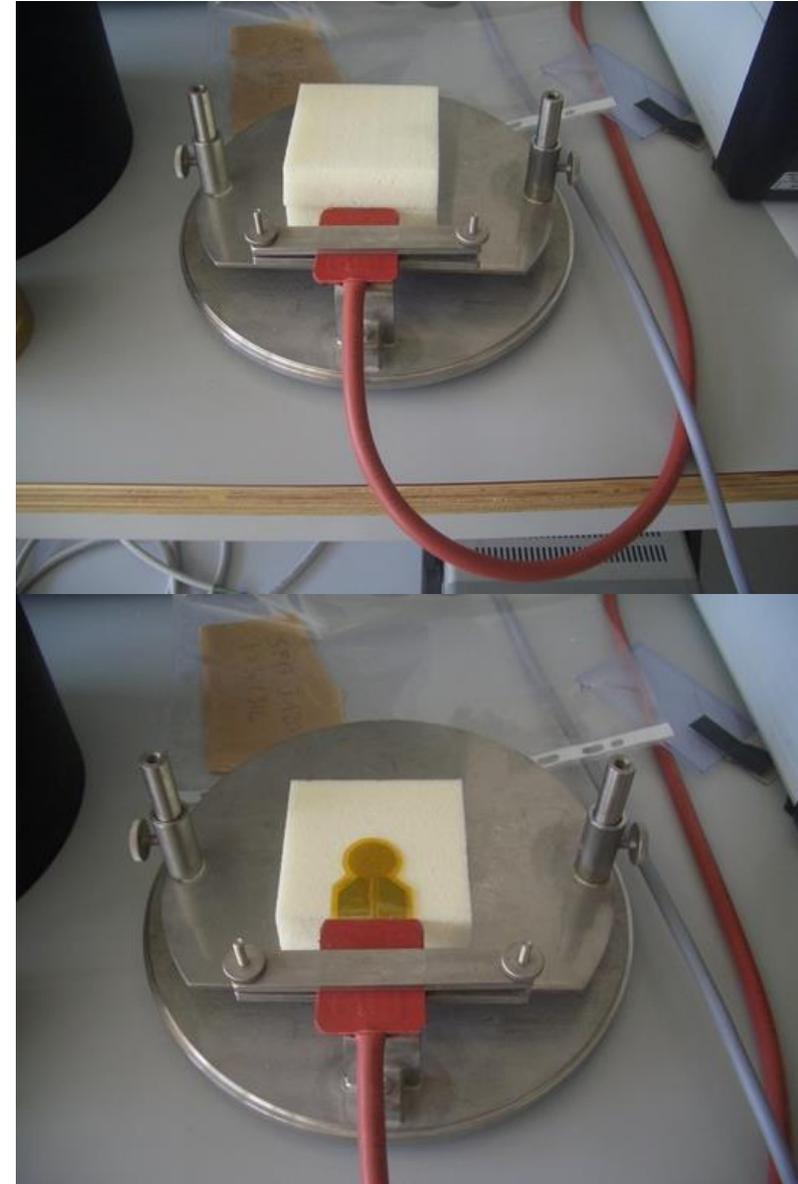
[www.greencityenergy.it](http://www.greencityenergy.it)



I rilevamenti termici sono stati effettuati attraverso l'utilizzo dei sensori "hot disk" che permettono di determinare simultaneamente la conducibilità termica, la diffusività termica e la capacità termica specifica del provino mediante una singola misurazione regolata dalla norma ISO/FDIS 22007-2.



Per garantire che il calore non penetri completamente attraverso il campione in direzione assiale i due quadrati vengono posizionati sotto e sopra il sensore creando un doppio spessore. Il sensore viene eccitato con una corrente elettrica costante per un breve periodo di tempo che passa attraverso la spirale.



Ing. Caterina LORUSSO



## TEST PROVINI APPENA PRODOTTI

File:	Measurement time(s)	Heating Power (mW)	Temperature	Th. Conductivity (W/mK)	Th. Diffusivity (mm <sup>2</sup> /s)	Spec. Heat (J/mK)
IP RF6-1 1	80	5	24	0.026144856	0.5027857	0.052
IP RF6-1 1R	80	5	24	0.02404052	0.462317686	0.052
IP RF6-1 2	80	5	24	0.024490118	0.470963809	0.052
IP RF6-1 2R	80	5	24	0.025205626	0.484723576	0.052
SF14T 1	80	5	24	0.028466957	0.547441483	0.052
SF14T 1R	80	5	24	0.028793662	0.553724265	0.052
SF14T 2	80	5	25	0.026095871	0.501843664	0.052
SF14T 2R	80	5	25	0.026082359	0.501583824	0.052
SF 17 J 1	80	5	24	0.02761167	0.530993659	0.052
SF 17 J 1R	80	5	25	0.027748961	0.533633861	0.052
SF 17 J 2	80	5	25	0.026721223	0.513869672	0.052
SF 17 J 2R	80	5	25	0.02618357	0.503530184	0.052
IPRF6-2 1	80	5	25	0.025633003	0.492942371	0.052
IPRF6-2 1R	80	5	25	0.026207793	0.503996026	0.052
IPRF6-2 2	80	5	25	0.025056676	0.481859146	0.052
IPRF6-2 2R	80	5	25	0.025692435	0.494085284	0.052

## TEST PROVINI DOPO 7 GG

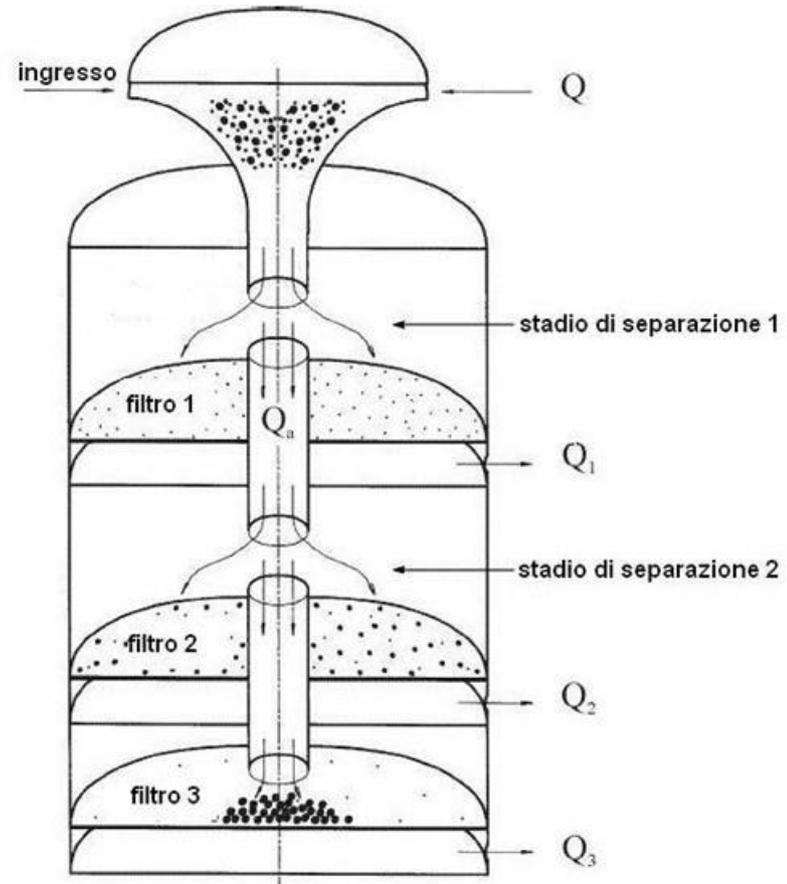
File:	Measurement time(s)	Heating Power (mW)	Temperature	Th. Conductivity (W/mK)	Th. Diffusivity (mm <sup>2</sup> /s)	Spec. Heat (J/mK)
IP RF6-1 1	80	5	24	0.027538718	0.739553948	0.037236929
IP RF6-1 1R	80	5	24	0.027203871	0.705244006	0.0385737
IP RF6-1 2	80	5	24	0.027098905	0.646800085	0.04189688
IP RF6-1 2R	80	5	24	0.027142838	0.656127755	0.041367915
SF14T 1	80	5	24	0.032621472	0.712431432	0.045788928
SF14T 1R	80	5	24	0.031884299	0.644423868	0.049477217
SF14T 2	80	5	24	0.030258193	0.635884413	0.047584423
SF14T 2R	80	5	24	0.030560002	0.633400602	0.048247511
SF 17 J 1	80	5	24	0.029194696	0.600181513	0.048643111
SF 17 J 1R	80	5	24	0.030767341	0.682632686	0.045071591
SF 17 J 2	80	5	24	0.029769692	0.602781169	0.049387229
SF 17 J 2R	80	5	24	0.029563096	0.601603603	0.04914049
IPRF6-2 1	80	5	24	0.02769221	0.671470915	0.041241116
IPRF6-2 1R	80	5	24	0.02861104	0.737604326	0.038789143
IPRF6-2 2	80	5	24	0.028389866	0.730605313	0.038858006
IPRF6-2 2R	80	5	24	0.026806366	0.562925505	0.04761974



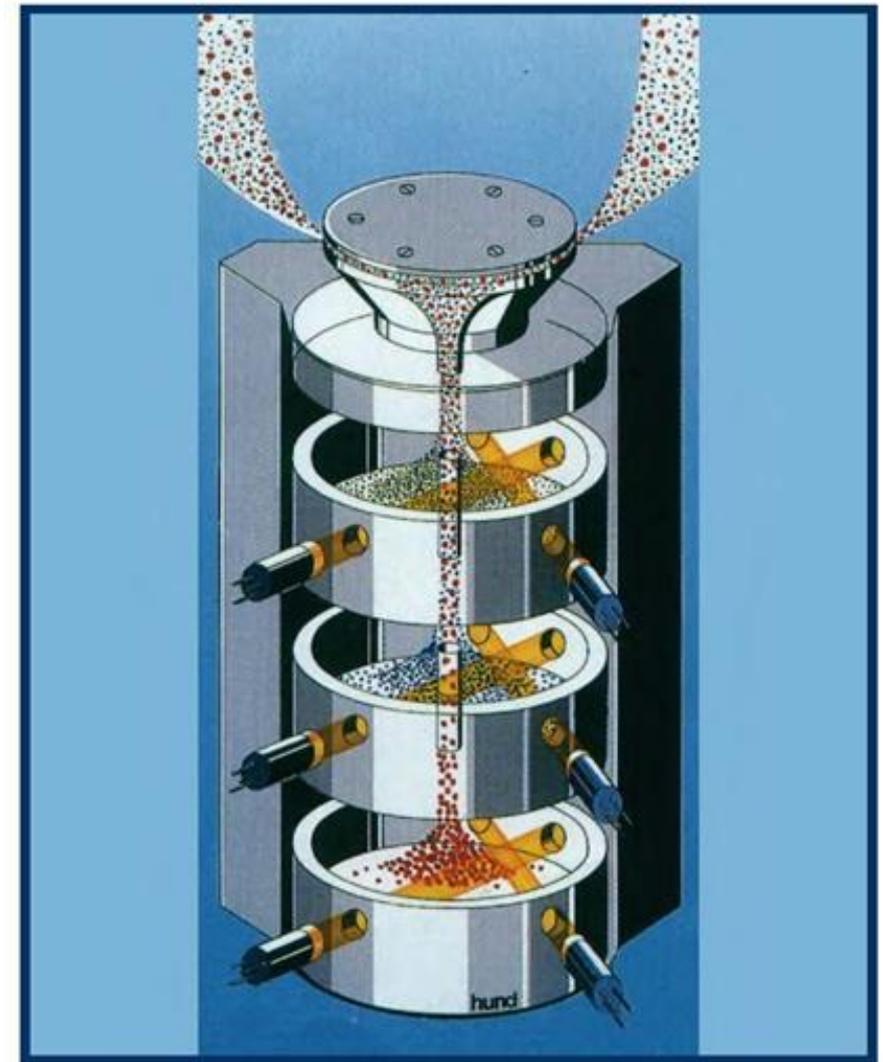
Si e' cercato di acquisire il know-how relativo all'utilizzo della strumentazione per il campionamento delle polveri. L'attrezzatura e' costituita da una pompa aspirante collegata al campionatore di polveri. La valutazione dell'esposizione a polveri consiste nel determinare la concentrazione delle sostanze tossiche presenti nel particolato e confrontare tale valore con concentrazioni limite di riferimento.



Lo strumento e' costituito da due stadi di separazione e tre camere di campionamento.



In ogni camera sono presenti un filtro, posizionato alla base, e un sistema di lettura ottica, fissato invece sulle pareti dello strumento.



# CAMERA CLIMATICA- LABORATORIO PER L'EFFICIENZA ENERGETICA ABITATIVA E LA TUTELA MONUMENTALE(LIEMP)

Bari, 2-3 dicembre 2013

[www.greencityenergy.it](http://www.greencityenergy.it)



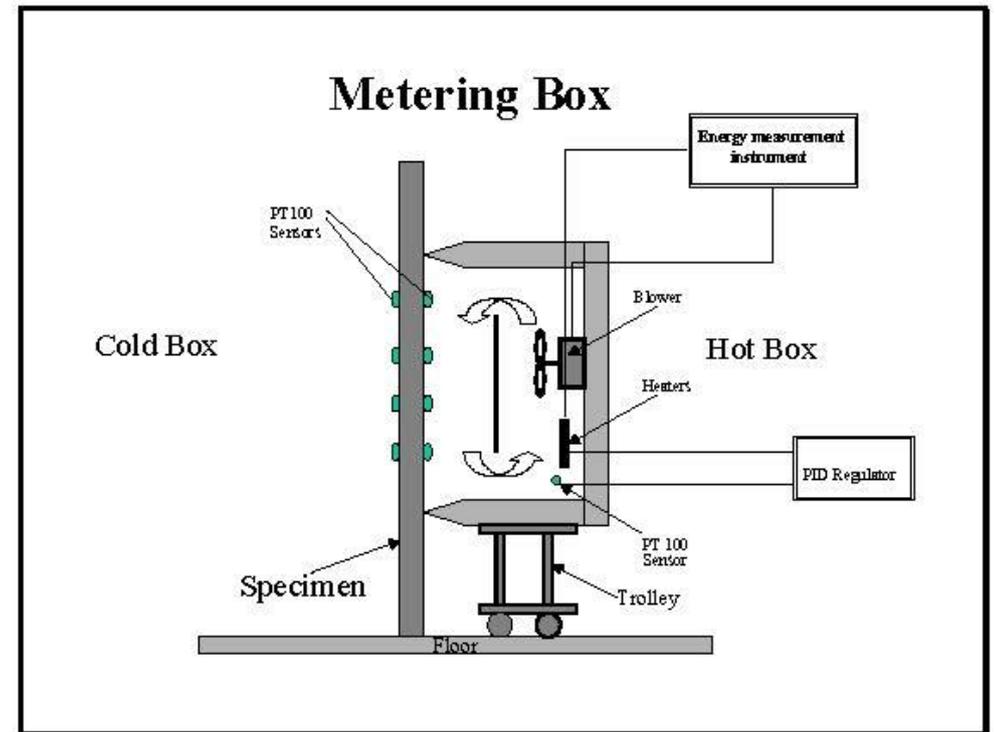
La camera climatica consentirà di testare il poliuretano, il pacchetto murario, ivi comprensivo dell'infisso. La mancanza della stessa spinge spesso le aziende a procedere con una certificazione tramite software per ridurre tempi e costi per l'esecuzione delle prove. E' evidente che una prova reale assume un significato diverso rispetto ad una pura simulazione numerica. In particolare, consente anche di valutare i diversi sistemi di posa del pacchetto murario e dell'infisso al fine di ridurre i ponti termici.



Le dimensioni utili interne delle due camere (camera calda e camera fredda) sono 2000x1500x2500 mm (LxPxH), tali da poter studiare componenti in scala reale secondo quanto previsto dalla UNI EN 1934/2000 e dalla UNI EN ISO 8990/1999.



Così come indicato nella UNI EN ISO 8990/1999 si può misurare la quantità totale di calore trasferito da un lato all'altro del provino, per una data differenza di temperatura, indipendentemente dai modi di trasmissione del calore individuali ed i risultati delle prove possono quindi essere applicati a situazioni in cui questa è la proprietà richiesta.



- I materiali isolanti saranno testati, al fine della determinazione delle caratteristiche termiche, acustiche e tossicologiche;
- Verra' messo appunto un protocollo di applicazione della nano-schiuma alla componentistica edile con schiumatrici portatili, dotate di un sistema di alimentazione nel quale vengono trasportate le materie prime per la schiumatura e da un compatto sistema di controllo dei parametri operativi;
- Il progetto si inserisce nell'ambito delle "buone pratiche" riconducibili all'edilizia ecologica e sostenibile grazie all'applicazione della nuova Direttiva EPBD "Energy Performance of Building Directive", 2010/91/CE.





Bari, 2-3 dicembre 2013

[www.greencityenergy.it](http://www.greencityenergy.it)

**GRAZIE PER L'ATTENZIONE!**

Centro  
Ricerca  
Energia e  
Ambiente

Ing. Caterina LORUSSO

