



# *Il progetto Life HEROTile e le nuove tegole super-ventilate*



*Mario Cunial*

BOLOGNA 18 Ottobre 2018

HIGH ENERGY SAVINGS IN BUILDING COOLING BY ROOF TILES SHAPE OPTIMIZATION TOWARD A BETTER ABOVE SHEATHING VENTILATION



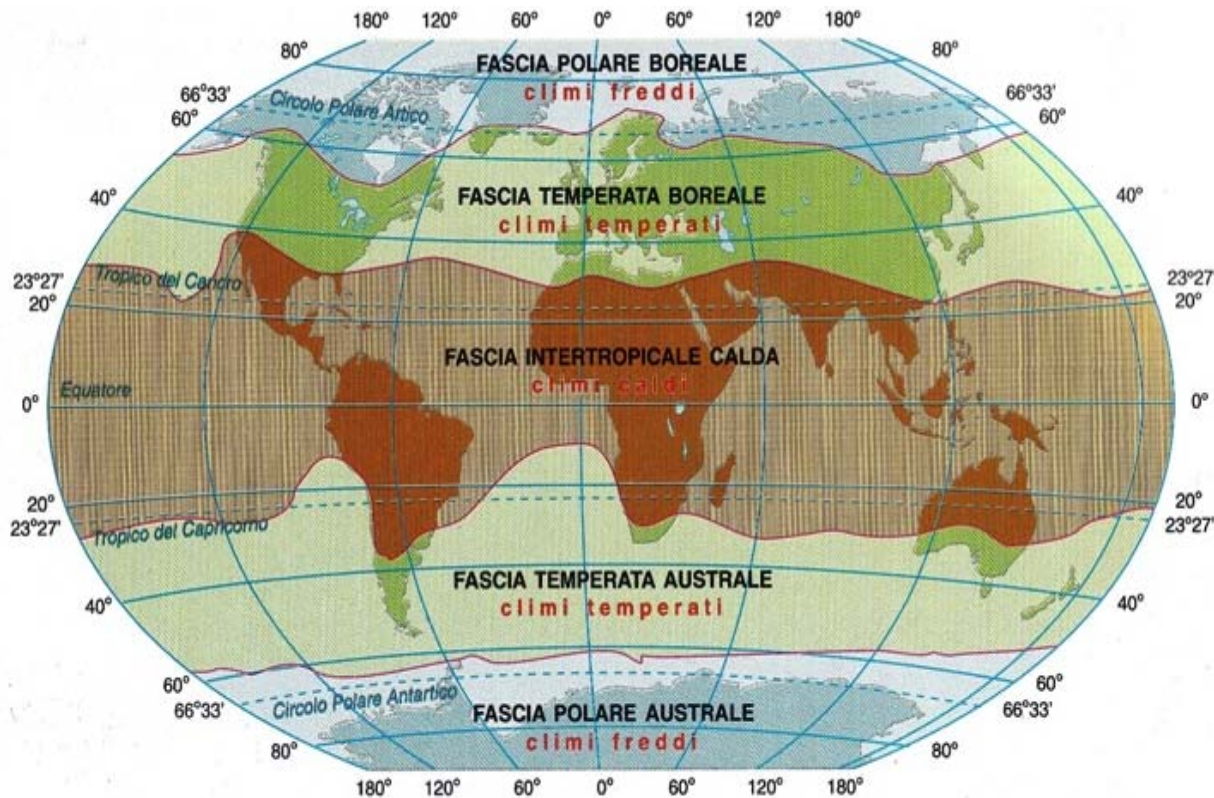


La Commissione Europea sta esaminando modi economicamente efficienti per rendere l'economia europea più rispettosa del clima e meno dispendiosa in termini energetici.

La sua tabella di marcia per **l'economia a basse emissioni di carbonio** suggerisce che:

- Entro il 2050, l'UE dovrebbe ridurre le emissioni di gas serra dell'80%, al di sotto dei livelli del 1990.
- Le pietre miliari per raggiungere questo obiettivo sono i tagli del 40% delle emissioni entro il 2030 e del 60% entro il 2040.
- **Tutti i settori** devono contribuire.

Il modo per arrivare all'economia a basse emissioni di carbonio si chiede **è fattibile e Conveniente ?**



Circa 5 miliardi di persone vivono in zone calde e temperate e se per una superficie media di 100 m<sup>2</sup> in 500 milioni di tetti, venissero utilizzate le nuove tegole HEROTILE, l’abbattimento di CO<sup>2</sup> ammonterebbe a 40 milioni di tonnellate annue, rispetto all’attuale situazione, solo per il risparmio energetico estivo.



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI FERRARA  
- IS LABORIO FRATELLO -



SANMARCO

HEROTILE

# PROGETTO HEROTILE

## Localizzazione dei progetti

Italia, Francia, Germania,  
Spagna, Israele.

## Costo dei progetti

2.515.306,00 €

## % EC Fondi

60%



INDUSTRIE COTTO POSSAGNO S.p.A.

[www.cottopossagno.com](http://www.cottopossagno.com)



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI FERRARA





I PARTNER



***ACER: azienda casa Emilia-Romagna provincia di Bologna rappresenta l'Italia nella federazione Europea delle Social Housing***

***ANDIL: associazione nazionale degli industriali dei laterizi***

***BRAAS MONIER, ORA BMI: leader mondiale nella produzione di materiale da copertura***

***INDUSTRIE COTTO POSSAGNO: leader italiano nella produzione di coppi e tegole in cotto e di sistemi tetto***

***UNIVERSITA' DI FERRARA: dipartimento di ingegneria***

***SAN MARCO TERREAL: multinazionale produttore di materiali in cotto e sistemi per l'edilizia sia per coperture che pareti***



INDUSTRIE COTTO POSSAGNO S.p.A.

[www.cottopossagno.com](http://www.cottopossagno.com)



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI FERRARA





## SCENARI ED IMPLICAZIONI

**Il progetto è conforme alle politiche energetiche europee che hanno l'obiettivo di ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub>, perché consente un risparmio energetico per l'aria condizionata, che rappresenta il 40% della domanda globale di energia consumata dagli edifici. La proposta di progetto agisce per controllare e ridurre il fabbisogno di energia per il raffreddamento, fabbisogno non ancora regolato dalla legge in diversi paesi europei, la maggior parte nel Sud Europa, dove è importante e significativo è il consumo energetico estivo.**

**Il tetto diventa uno degli elementi strategici per raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione 2050 negli edifici. Life HEROTILE aiuterà sostanzialmente il settore costruzioni (ristrutturazione e nuove costruzioni) a raggiungere gli obiettivi di efficienza energetica e di riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, con una durabilità della prestazione praticamente illimitata e senza consumi energetici e/o manutenzioni.**



**INDUSTRIE COTTO POSSAGNO S.p.A.**

**BRAAS MONIER**  
[www.cottopossagno.com](http://www.cottopossagno.com)



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI FERRARA





## GLI OBIETTIVI



# OBIETTIVI DI RIDUZIONE DEGLI IMPATTI AMBIENTALI NELLE COSTRUZIONI DEL SUD EUROPA

- 10% Emissioni di gas serra
- 50% Carbon footprint relative al raffrescamento (confrontato con il tetto a falde)
- 5% Inquinamento atmosferico
- 5% Energia elettrica per l'aria condizionata in area urbana
- 25% Massima temperatura dell'aria sottotegola
- 50% Potenza di raffreddamento installata





# Vantaggi del tetto a falde







Il tetto spiovente é più efficiente  
in inverno?





# Come isolare bene ?



Il rendimento termico di un tetto é legato allo spessore e alla qualità del suo isolamento.

Spessore e conduttività termica dell'isolante;  
Buona impermeabilità all'aria.

Con spessore e qualità di isolante identici: qual'è la forma di tetto più efficiente ?

> **quella che é più compatta!**





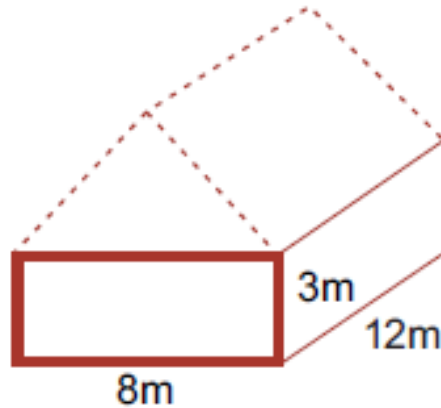
# Esempio di costruzione nuova

Comparazione della compattezza del tetto spiovente e di quella del tetto a terrazza con superficie abitabile identica





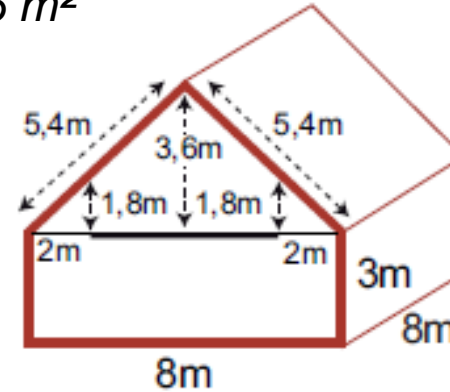
Compariamo 2 case di «forme diverse», ma che hanno la stessa superficie abitabile: 96 m<sup>2</sup>



**Casa «A»**

Con sottotetto vuoto o tetto a terrazza  
 Superficie abitabile : 96 m<sup>2</sup>  
 Piano basso : 8x12 = 96 m<sup>2</sup>

Pareti esterne (piano incluso): 312 m<sup>2</sup>  
 Piano basso : 8x12 = 96 m<sup>2</sup>  
 Soffitto: 8x12 = 96 m<sup>2</sup>  
 Facciate : (3x12) x 2 = 72 m<sup>2</sup>  
 Pignoni : 3x8x2 = 48 m<sup>2</sup>



**Casa «B»**

Con tetto spiovente e sottotetto abitabile  
 Superficie abitabile : (altezza > 1,80 m) 96 m<sup>2</sup>  
 Piano basso: 8x8 = 64 m<sup>2</sup>

Piano alto : 4x8 = 32 m<sup>2</sup>  
 Pareti esterne (piano incluso): 275 m<sup>2</sup>  
 Piano basso:  
 Facciate  
 Spioventi  
 Pignoni bassi  
 Pignoni alti

**Con superficie abitabile equivalente, la casa con sottotetto abitabile è più compatta, e presenta dunque meno superfici di dispersione di calore rispetto alla casa con sottotetto vuoto o tetto a terrazza**



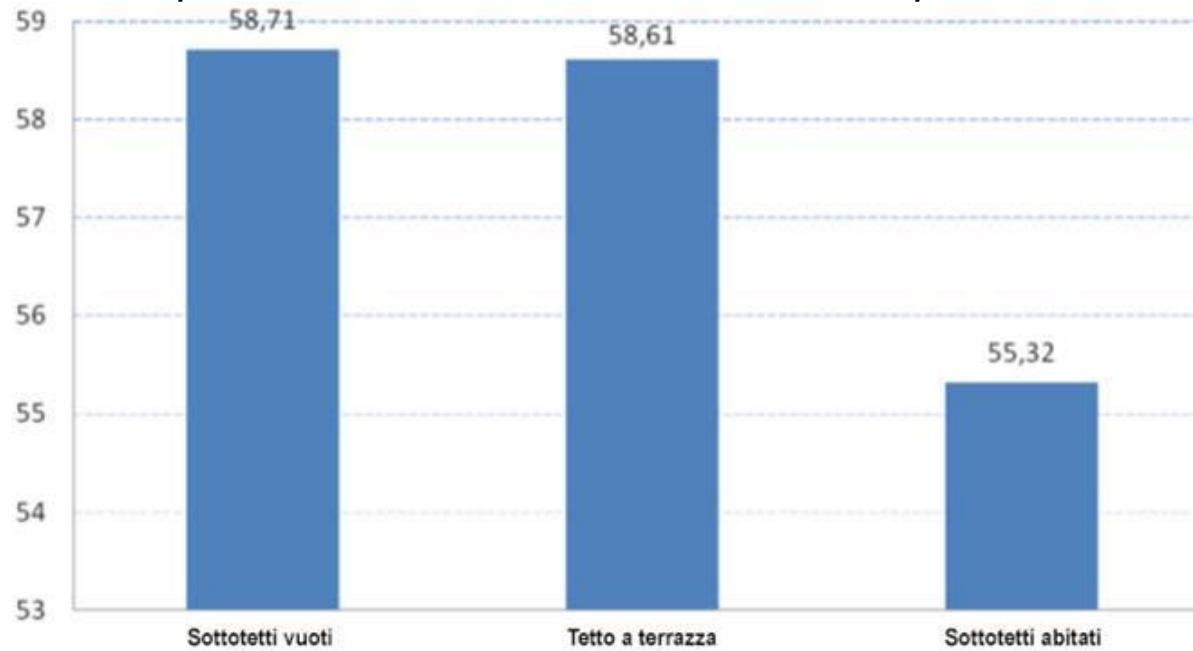


# Calcoli termici RT 2005

## Studio TRIBU energia per Promotoit



*Cep in kWh/m<sup>2</sup> SHAB. an in funzione del tipo di tetto*

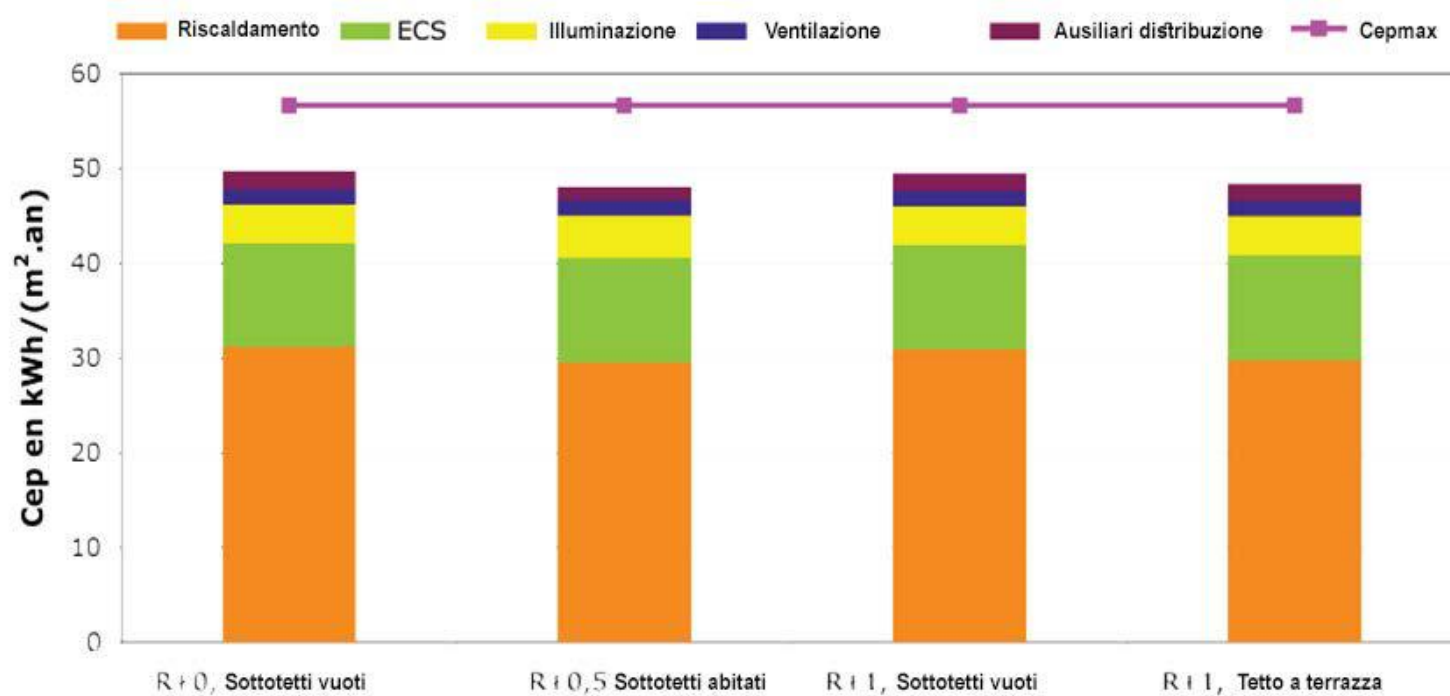




# Calcoli termici RT 2012 - Studio Bastide & Bondoux per Promotoit



*Cep per posta*



*Case*



# Conclusioni



Il tetto a terrazza non é la migliore soluzione termica

In ogni caso il tetto spiovente anche d'inverno ha una prestazione leggermente migliore.

La soluzione più efficiente a livello energetico é il tetto spiovente con sottotetto abitabile.



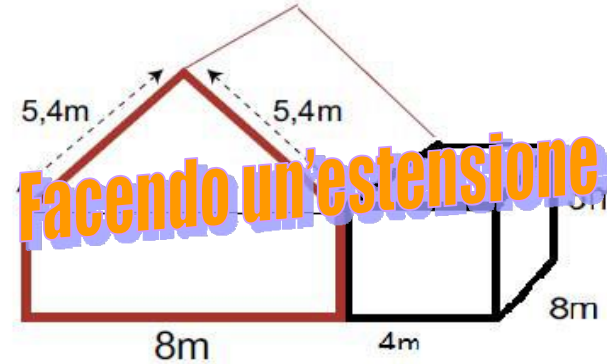
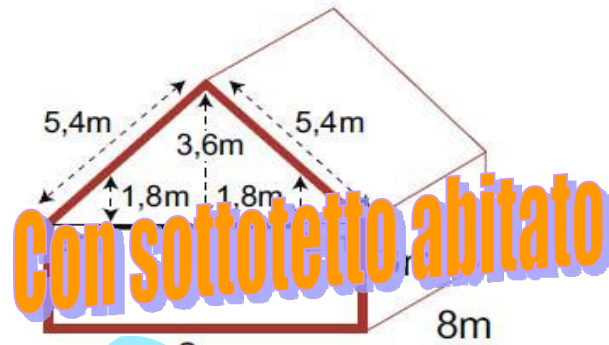


## Caso di estensione/ingrandimento

Comparazione tra un ingrandimento al suolo e l'abitabilità dei sottotetti.







Con tetto spiovente e sottotetto abitato

Superficie abitabile : (altezza > 1,80 m) 96 m<sup>2</sup>

Piano basso: 8x8 = 64 m<sup>2</sup>

Piano alto : 4x8 = 32 m<sup>2</sup>

Pareti esterne (piano incluso): 275 m<sup>2</sup>

Piano basso: 8x8 = 64 m<sup>2</sup>

Facciate : (3x8)x2 = 48 m<sup>2</sup>

Spioventi: (5,4x8)x2= 86,4 m<sup>2</sup>

Pignoni bassi : (3x8)x2=48 m<sup>2</sup>

Pignoni alti: (3,6x8/2)x2 =28,8 m<sup>2</sup>

Compattezza = 96/275 = 0,35

### Casa «B»

Con tetto spiovente e sottotetto vuoto + estensione

Superficie abitabile : 96 m<sup>2</sup>

Piano basso: 8x8 = 64 m<sup>2</sup>

Piano estensione: : 4x8 = 32 m<sup>2</sup>

Pareti esterne (piano incluso): 363,2 m<sup>2</sup>

Piano basso: 8x8 + (4x8) = 96 m<sup>2</sup>

Facciate : (3x8)x2 + (4x3x2)= 72 m<sup>2</sup>

Spioventi (5,4x8)x2 = 86,4 m<sup>2</sup>

Pignoni bassi : (3x8)x2 = 48 m<sup>2</sup>

Pignoni alti: (3,6x8/2)x2 = 28,8 m<sup>2</sup>

Estensione del tetto : (4x8) = 32 m<sup>2</sup>

Compattezza = 96/363,2 = 0,26



# Conclusione



A livello termico: va meglio rendere abitabili i sottotetti che fare un'estensione dei m<sup>2</sup> corrispondenti.

Il costo per rendere abitabili i sottotetti é sempre meno elevato: tra 500 e 1000 Euro/m<sup>2</sup> conformemente alla struttura, alla superficie e al tipo di lavori (con o senza sopraelevazione).





Il tetto spiovente é più caldo in estate ?

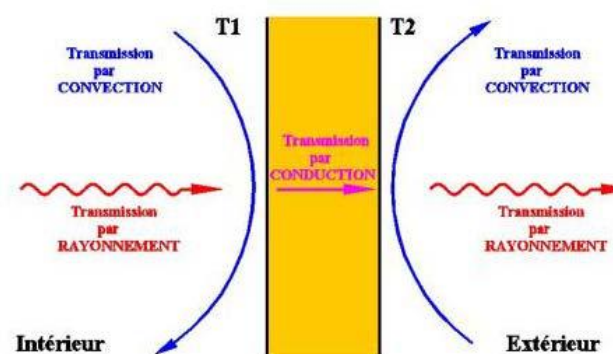




# Come favorire la comodità d'estate ?



Bisogna evitare che il caldo entri in casa  
Con delle protezioni solari: tapparelle, persiane, grondaie, tende....  
Una buona inerzia conferita dalla massa dei materiali che compongono la casa, frena il riscaldamento per conduzione.  
Un buon isolamento blocca l'entrata di calore per conduzione.  
Materiali riflettenti bloccano l'entrata del calore per radiazione solare.



Bisogna fare uscire il calore entrato favorendo la ventilazione naturale nei periodi più freschi: rinfrescamento per convezione.





# Conclusione

Per il confort d'estate:

a parità di isolamento termico e materiali la forma del tetto è determinante nelle prestazioni, vince il tetto a falde ventilato coperto con tegole in cotto.

Supporti di copertura più favorevoli :

Massa elevata  
alta riflettanza e bassa emissività



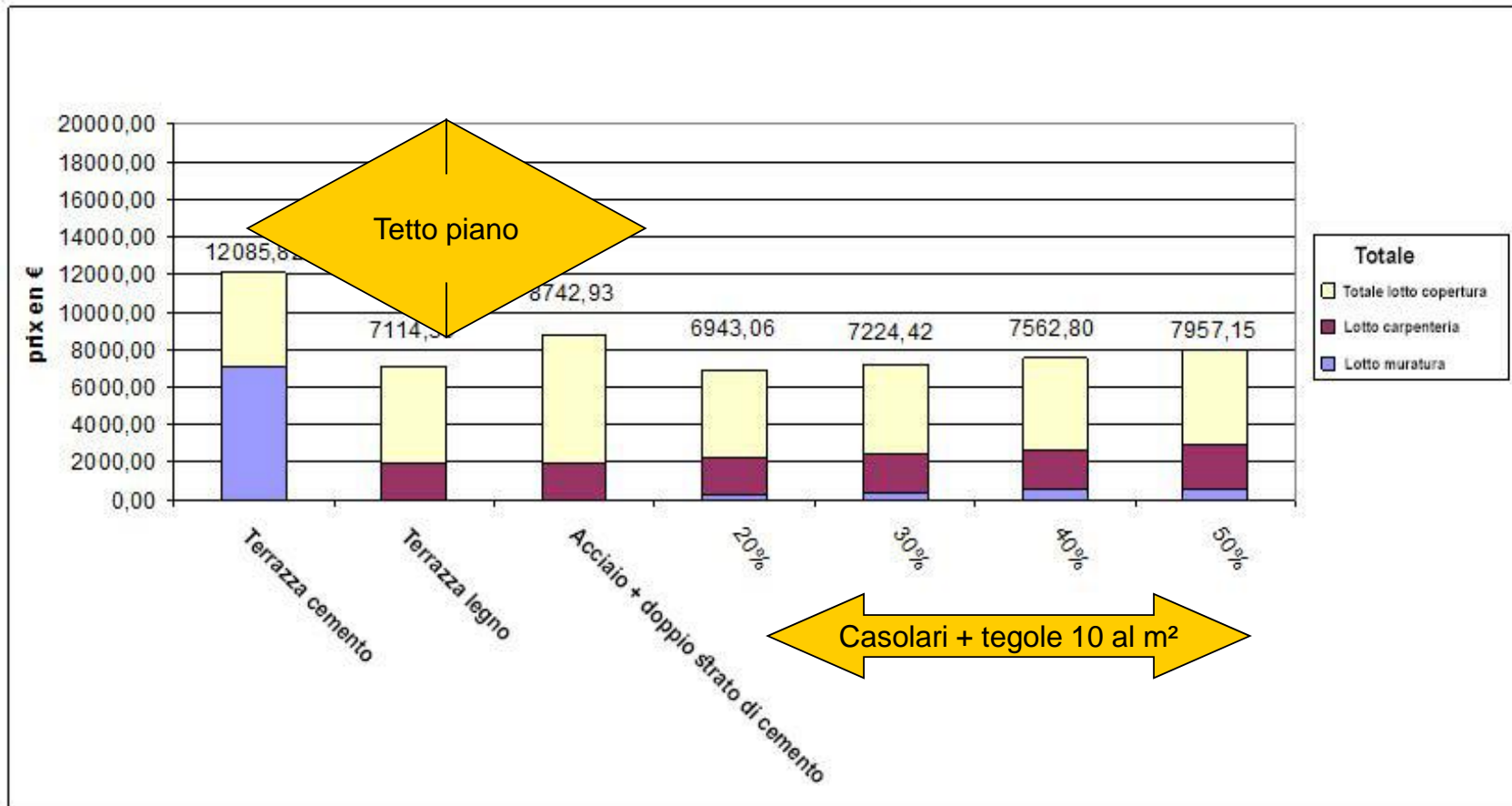
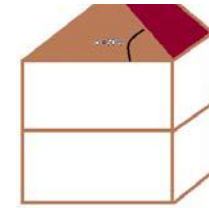
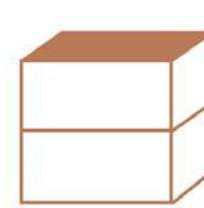


# Il tetto spiovente é meno caro?



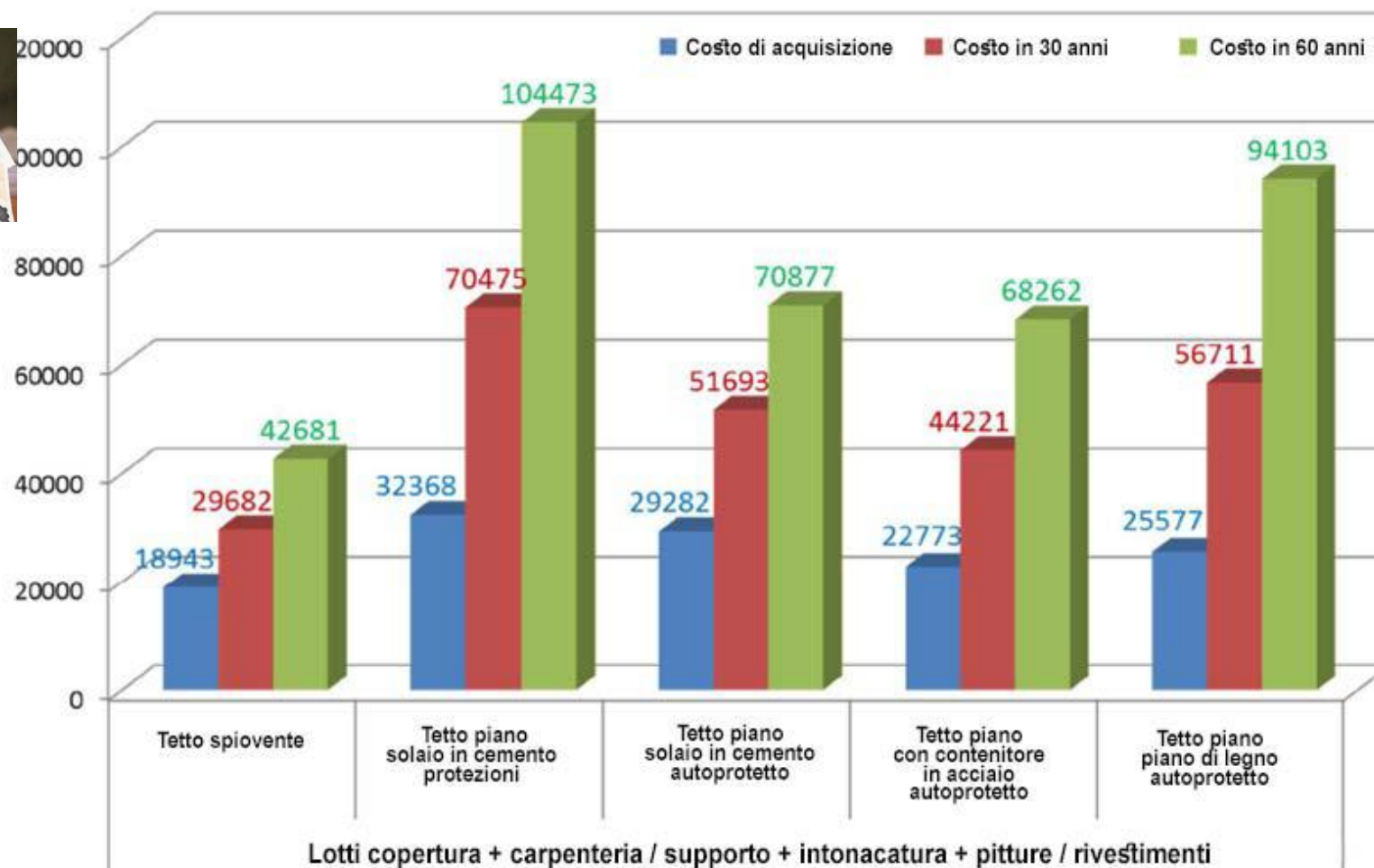


# Costi comparati





# Calcolo di costo globale + in 30 e 60 anni.







# Conclusione



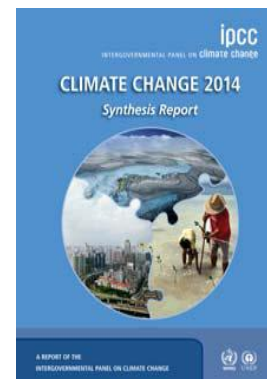
Il tetto spiovente é la soluzione meno costosa per:  
**l'investimento;**  
**la manutenzione.**





# Tetto spiovente con tegole di terracotta





## Il clima è cambiato

i primi 10 anni più **caldi** dal 1800 ad oggi in Italia sono tutti successivi al 1990

Ben sette anni dei dieci più caldi sono successivi al 2000

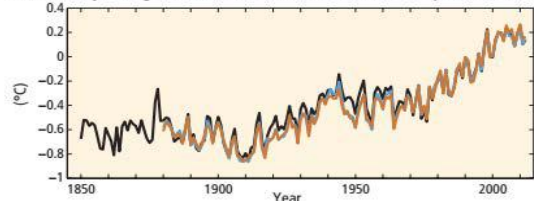
La top ten per temperature, degli ultimi due secoli, è la seguente: **2012, 2003, 2001**, 2007, 1994, 2009, 2000, 2008, 1990, 1998, 1997



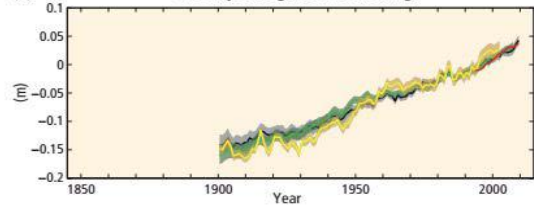




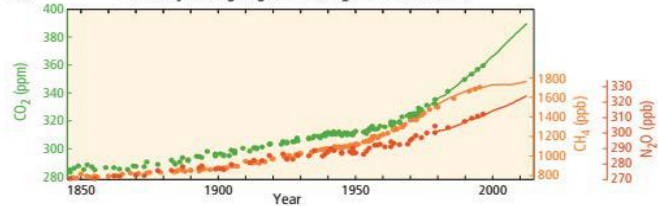
(a) Globally averaged combined land and ocean surface temperature anomaly



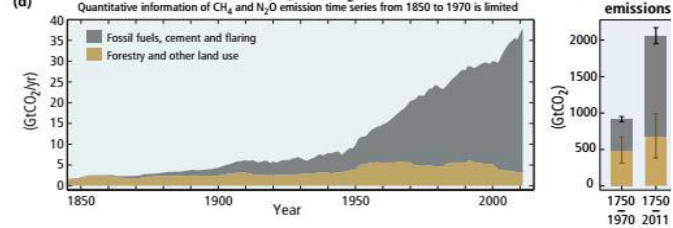
(b) Globally averaged sea level change



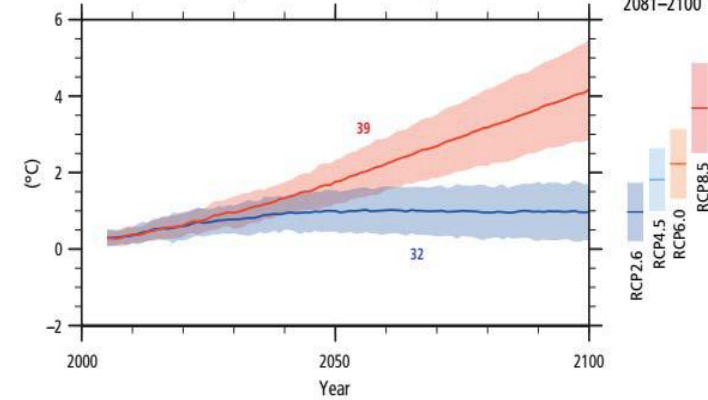
(c) Globally averaged greenhouse gas concentrations



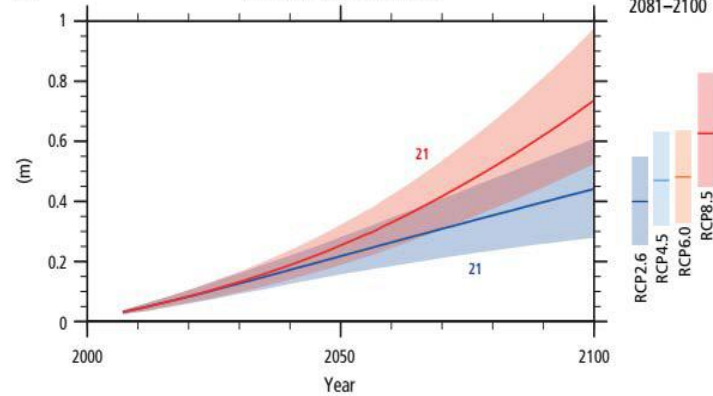
(d) Global anthropogenic CO2 emissions



(a) Global average surface temperature change (relative to 1986-2005)



(b) Global mean sea level rise (relative to 1986-2005)





**Innalzamento medio temperature**  
**Ondate di calore**  
**Eventi piovosi estremi**

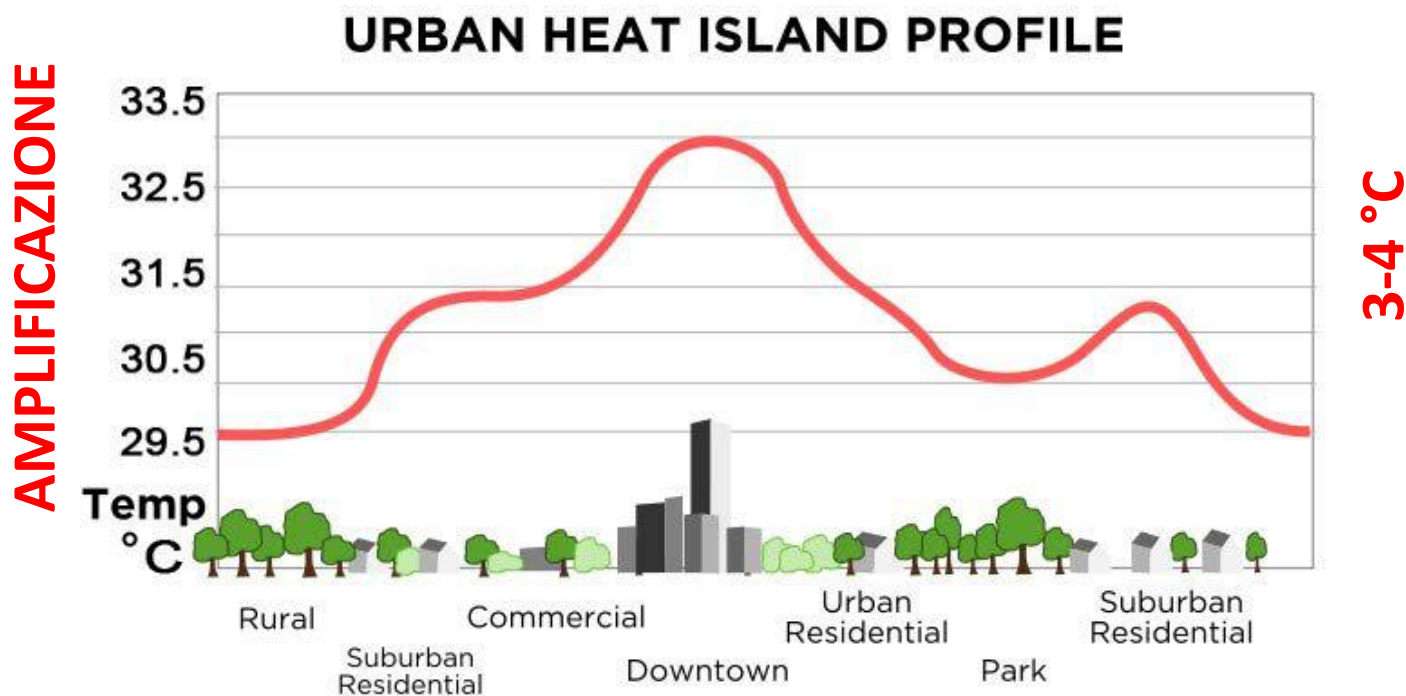




# ISOLE DI CALORE



L'isola di calore è quel fenomeno in base al quale la temperatura nei centri abitati è più alta delle aree rurali circostanti a causa della minore riflettanza delle superfici antropizzate rispetto a quelle naturali





# RIFLETTANZA

La riflettanza solare (300 – 2500 nm) è la frazione di radiazione solare incidente che viene riflessa da una superficie irradiata. Essa assume valori in un intervallo che va da 0 (superficie a completo assorbimento) a 1 (superficie totalmente riflettente)

## SRI (solar reflex index)

Il Solar Reflectance Index detto anche SRI quantifica la capacità di un tetto di riflettere l'energia solare, ossia misura la capacità della superficie di rimanere fresca al sole riflettendo la radiazione solare ed emettendo radiazioni termiche. Esso è definito in modo che un nero standard (riflettanza 0,05, emissività 0,90) abbia SRI = 0 e bianco standard (riflettanza 0,80 ed emissività 0,90) abbia SRI = 100.

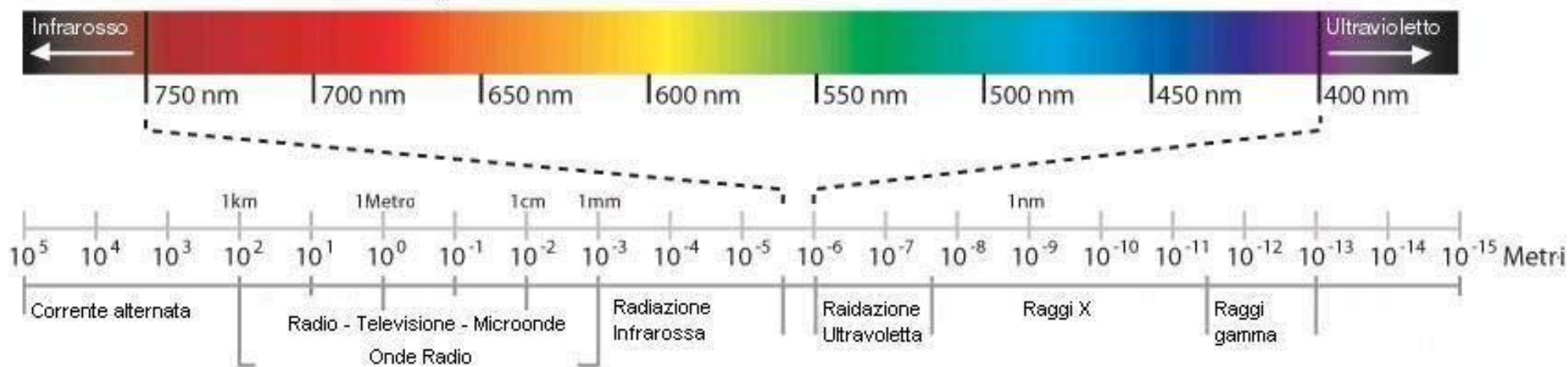




# EMISSIVITA' TERMICA

L'emissività termica (4.000 – 40.000 nm) è definita dal rapporto tra la radiazione emessa da una superficie e quella massima teorica emessa da un corpo nero (oggetto ideale) alla stessa temperatura. Assume valoria tra 0 ed 1

Spettro di luce visibile all'occhio umano

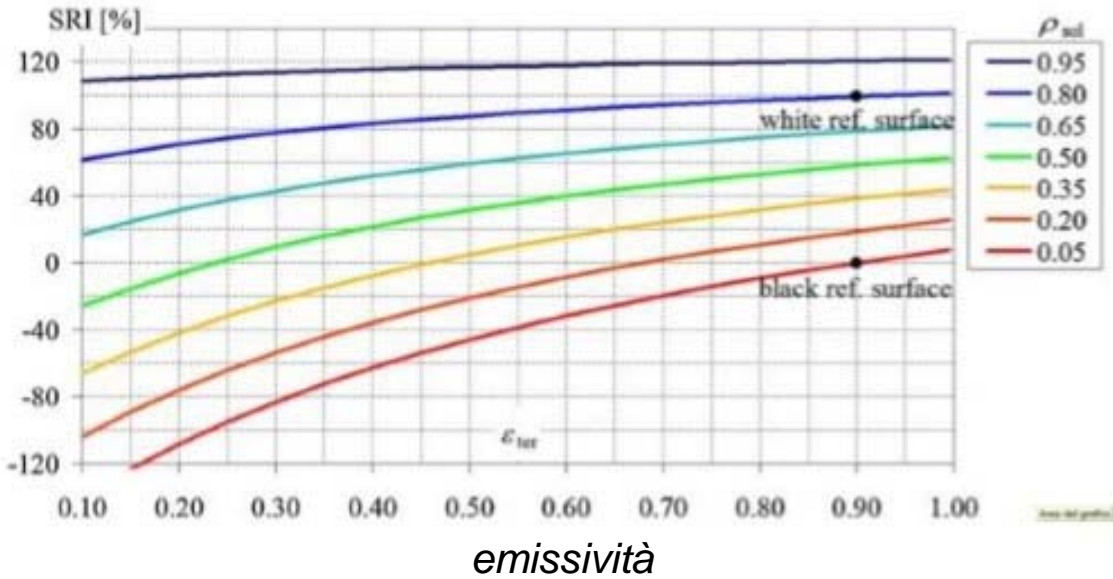




# CONTESTO NORMATIVO ITALIANO

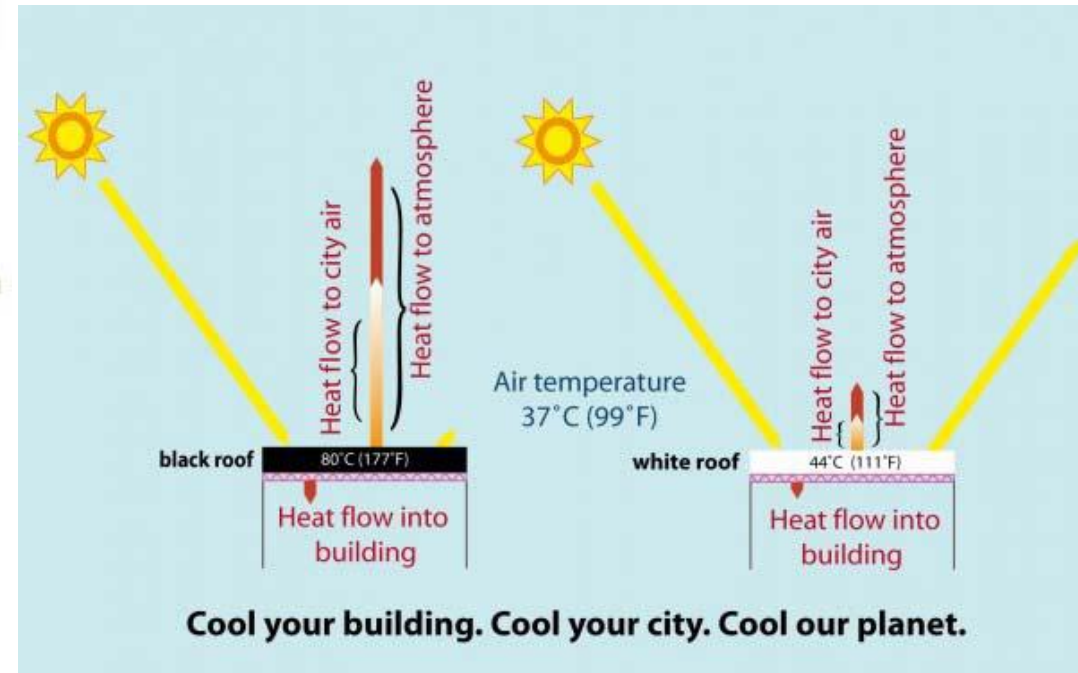


## SOLAR RIFLEX INDEX – SRI



riflettanza

## TRASFERIMENTO DI CALORE





## DM 26.06.2015 PUBBLICATO IN GAZZETTA UFFICIALE DEL 15/07/2015

### *requisiti minimi edifici (per qualsiasi edificio)*

3. Al fine di limitare i fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e di contenere la temperatura interna degli ambienti, nonché di limitare il surriscaldamento a scala urbana, per le strutture di copertura degli edifici è obbligatoria la verifica dell'efficacia, in termini di rapporto costi-benefici, dell'utilizzo di:
- a) materiali a elevata riflettanza solare per le coperture (cool roof), assumendo per questi ultimi un valore di riflettanza solare non inferiore a:
    - 0,65 nel caso di coperture piane;
    - 0,30 nel caso di copertura a falde;
  - b) tecnologie di climatizzazione passiva (a titolo esemplificativo e non esaustivo: ventilazione, coperture a verde).

### **PS:**

***il DM non parla di SRI ma solo di riflettanza solare***



# RELAZIONE TECNICA

Adozione di materiali ad elevata riflettanza solare per le coperture  sì  no

Se “sì” descrizione e caratteristiche principali:

.....

Valore di riflettanza solare = .....> 0.65 per coperture piane

Valore di riflettanza solare = .....> 0.30 per coperture a falda

Se “no” riportare le ragioni tecnico-economiche che hanno portato al non utilizzo dei materiali riflettenti:

.....

Adozione di tecnologie di climatizzazione passiva per le coperture  sì  no

Se “no” riportare le ragioni tecnico-economiche che hanno portato al non utilizzo:

.....





## IL DM 24.12.2015 INTRODUCE PER GLI EDIFICI PUBBLICI I CAM (CRITERI AMBIENTALI MINIMI)



« Adozione dei criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici per la gestione dei cantieri della pubblica amministrazione e criteri ambientali minimi per le forniture di ausili per l'incontinenza »

- Superfici impermeabili: deve essere previsto l'uso di materiali ad alto indice di riflessione solare (Solar Reflectance Index) come di seguito specificato.
  - per i tetti deve essere previsto un indice SRI di almeno 29, nei casi di pendenza maggiore del 15%, e di almeno 75 per le coperture con pendenza minore o uguale al 15%,
  - per le superfici non di copertura (p. es. marciapiedi, parcheggi, piazze ecc) deve essere previsto un indice SRI di almeno 29.



CONTESTO NORMATIVO ITALIANO



# Il quale viene poi sostituito con





## IL DM 11.01.2017

### Adozione dei criteri ambientali minimi per gli arredi per interni (allegato 1), per l'edilizia (allegato 2) e per i prodotti tessili (allegato 3)

« Adozione dei criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici per la gestione dei cantieri della pubblica amministrazione e criteri ambientali minimi per le forniture di ausili per l'incontinenza »

#### 2.2.6 Riduzione dell'impatto sul microclima e dell'inquinamento atmosferico

Per le coperture deve essere privilegiato l'impiego di coperture a tetto giardino (verdi); in caso di coperture non verdi, i materiali impiegati devono garantire un indice SRI di almeno 29, nei casi di pendenza maggiore del 15%, e di almeno 76, per le coperture con pendenza minore o uguale al 15%.

**Verifica:** Per dimostrare la conformità al presente criterio, il progettista deve presentare una relazione tecnica, con allegati degli elaborati grafici, nei quali sia evidenziato lo stato ante operam, gli interventi previsti, i conseguenti risultati raggiungibili e lo stato post operam. Qualora il progetto sia sottoposto ad una fase di verifica valida per la successiva certificazione dell'edificio secondo uno dei protocolli di sostenibilità energetico-ambientale degli edifici (rating systems) di livello nazionale o internazionale, la conformità al presente criterio può essere dimostrata se nella certificazione risultano soddisfatti tutti i requisiti riferibili alle prestazioni ambientali richiamate dal presente criterio. In tali casi il progettista è esonerato dalla presentazione della documentazione sopra indicata, ma è richiesta la presentazione degli elaborati e/o dei documenti previsti dallo specifico protocollo di certificazione di edilizia sostenibile perseguita.



CONTESTO NORMATIVO ITALIANO



Il quale viene  
poi sostituito  
con







## IL DM 11.10.2017

### **Criteria ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici.**

Per le coperture deve essere privilegiato l'impiego di tetti verdi; in caso di coperture non verdi, i materiali impiegati devono garantire un indice SRI di almeno 29, nei casi di pendenza maggiore del 15%, e di almeno 76, per le coperture con pendenza minore o uguale al 15%.

Verifica: per dimostrare la conformità al presente criterio, il progettista deve presentare una relazione tecnica, con relativi elaborati grafici, nella quale sia evidenziato lo stato ante operam, gli interventi previsti, i conseguenti risultati raggiungibili e lo stato post operam. Qualora il progetto sia sottoposto ad una fase di verifica valida per la successiva certificazione dell'edificio secondo uno dei protocolli di sostenibilità energetico-ambientale degli edifici (rating systems) di livello nazionale o internazionale, la conformità al presente criterio può essere dimostrata se nella certificazione risultano soddisfatti tutti i requisiti riferibili alle prestazioni ambientali richiamate dal presente criterio. In tali casi il progettista è esonerato dalla presentazione della documentazione sopra indicata, ma è richiesta la presentazione degli elaborati e/o dei documenti previsti dallo specifico protocollo di certificazione di edilizia sostenibile perseguita.



## La Casa Mediterranea e le coperture: risparmio energetico e comfort

# MATERIALI CERAMICI AD ALTA RIFLETTANZA. I cool roof.

Cristina SILIGARDI, Dip. di Ingegneria Enzo Ferrari, Univ. di Modena e Reggio Emilia

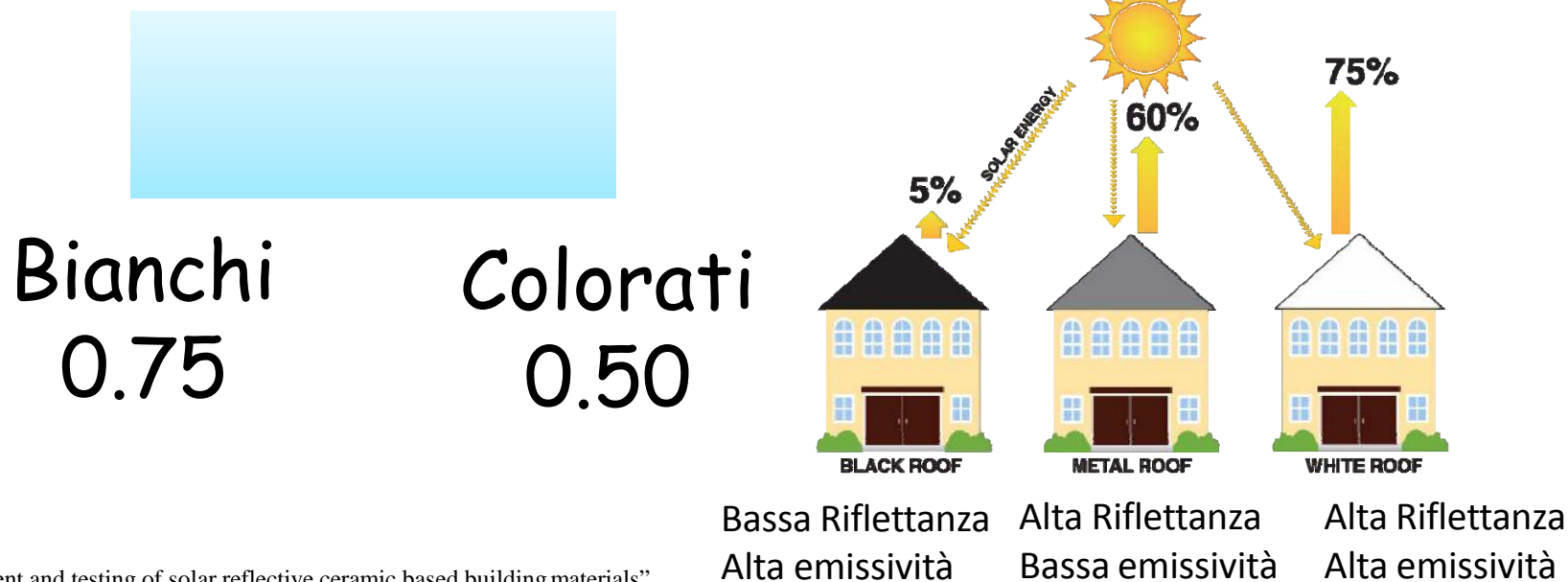




## Cool roof



I cool roof sono coperture che hanno una elevata capacità di riflettere la radiazione solare incidente e contemporaneamente emettere energia termica nell'infrarosso - hanno cioè una elevata riflettanza solare ed una elevata emissività termica.



Ferrari C. (2014), "Design, development and testing of solar reflective ceramic based building materials"





## Cool e cool color roofs



### Vantaggi

Riduzione del fenomeno isola di calore:

- Riduzione temperatura coperture
- Riduzione temperatura area urbana
- Minor consumo energetico
- Minori emissioni in atmosfera
- Riduzione smog fotochimico

### Svantaggi

- (Minima) riduzione di temperatura nel periodo invernale
- Pulizia e manutenzione

### NB

Per un aumento di 0.1 in riflettanza al m<sup>2</sup> si può avere una riduzione di 6.5 kg CO<sub>2</sub> equivalente e una leggera diminuzione di temperatura

Ferrari C. (2014), "Design, development and testing of solar reflective ceramic based building materials"

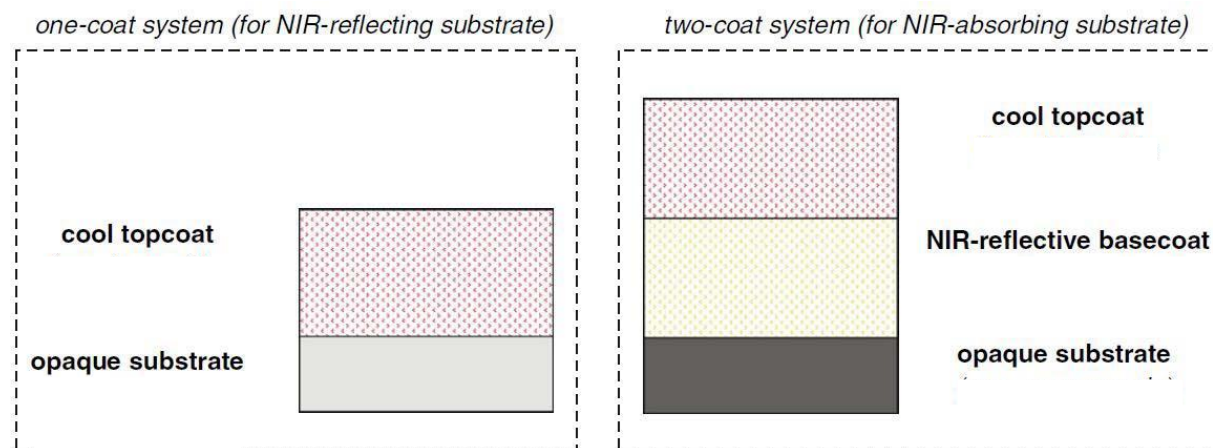




# Cool roof: metodi di produzione



## Combinazione di diversi materiali



### Due casi studio



**1) Piastrelle ceramiche smaltate  
Colorate (cool colors)**

**2) Laterizio**

Levinson R. et al (2007), Science Direct, Solar Energy Materials and Solar Cells, 91,304-314



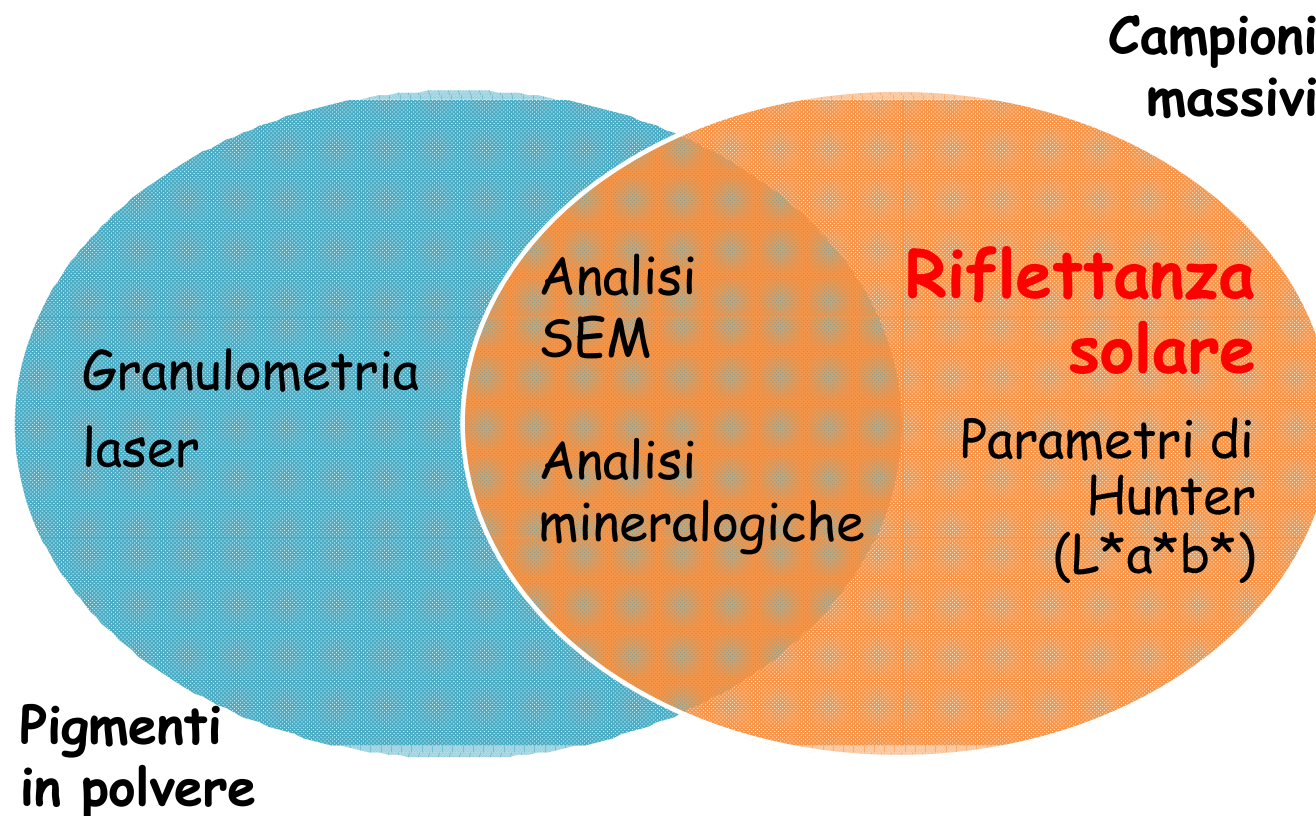


## 112 CAMPIONI





## Caratterizzazione materiali studiati



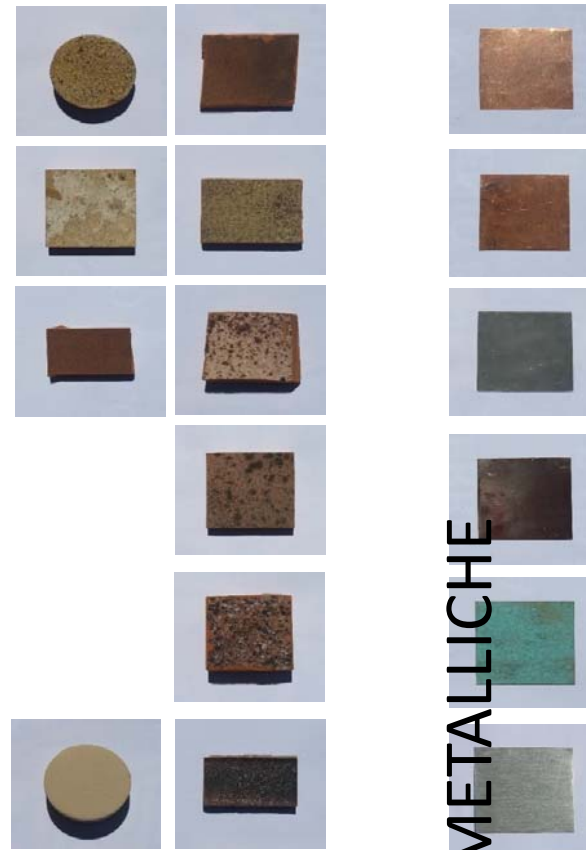
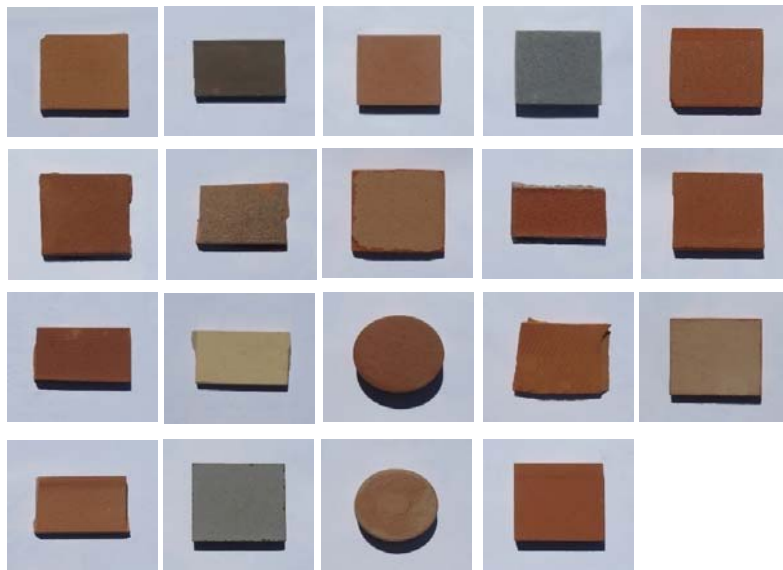
Vediamo alcuni risultati...





CON INGobbIO

SENZA INGobbIO



RIFLETTENTE

METALLICHE





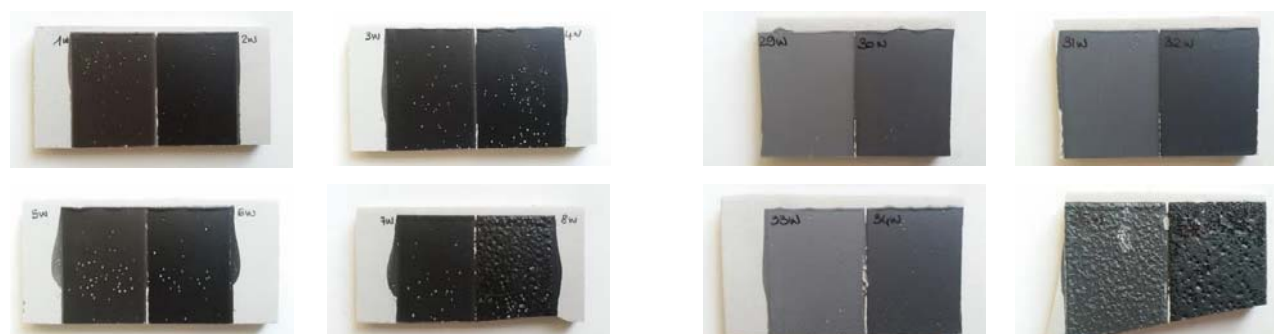


## Campioni neri: smalti



*Campioni Lucidi*

*Campioni Lucidi con Silicato di Zirconio*

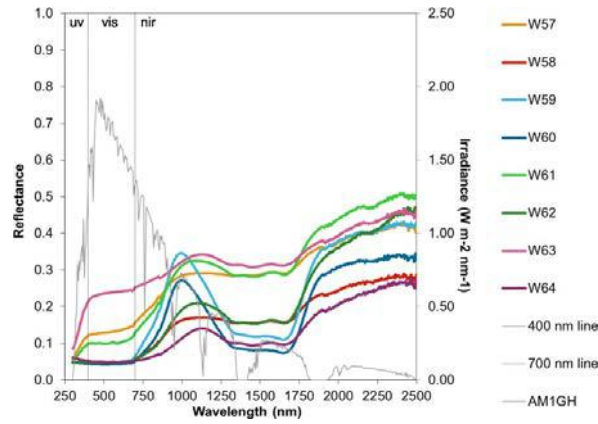


*Campioni Matt*

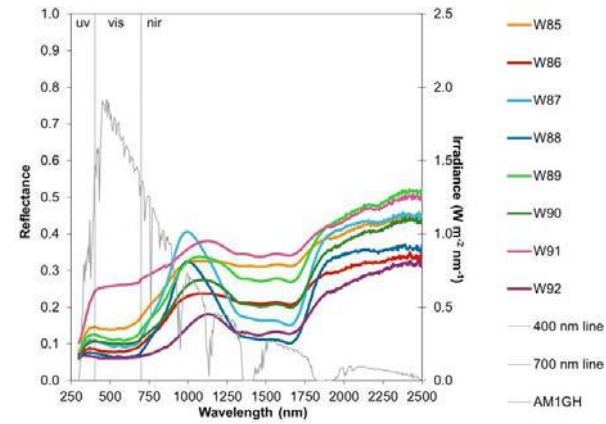
*Campioni Matt con Silicato di Zirconio*



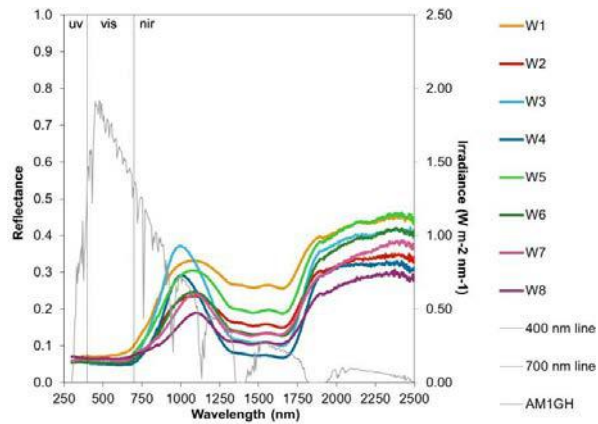
# Campioni neri: smalti



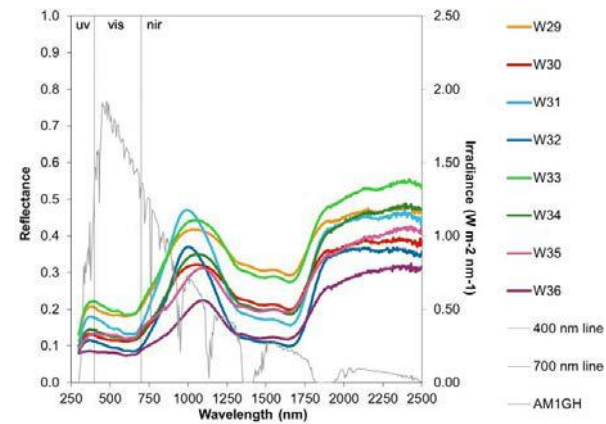
*Campioni Lucidi*



*Campioni Lucidi con Silicato di Zirconio*



*Campioni Matt*



*Campioni Matt con Silicato di Zirconio*

## Riflettività spettrale (spettrofotometro UV-Vis-NIR)





# Campioni neri: smalti



## *Campioni più performanti*



*Campioni Lucidi*

*Campioni Lucidi con Silicato di Zirconio*



*Campioni Matt*

*Campioni Matt con Silicato di Zirconio*





## Fattori che influiscono sulla riflettanza

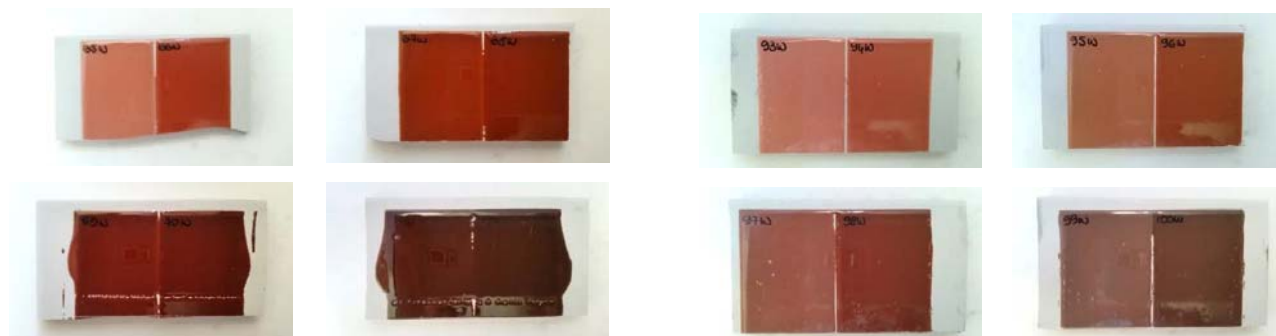
Campioni neri

	Campioni Lucidi	Campioni Matt
• Granulometria	+	+
• Tipologia	+	-
• Concentrazione	+	+
• Risposta visiva	-	-
• Cambio fritta		-
	<i>Campioni Lucidi con ZrSiO<sub>4</sub></i>	<i>Campioni Matt con ZrSiO<sub>4</sub></i>
• Granulometria	+	+
• Tipologia	+	-
• Concentrazione	+	+
• Risposta visiva	-	+
• Cambio fritta		-
• Aggiunta ZrSiO <sub>4</sub>	-	+



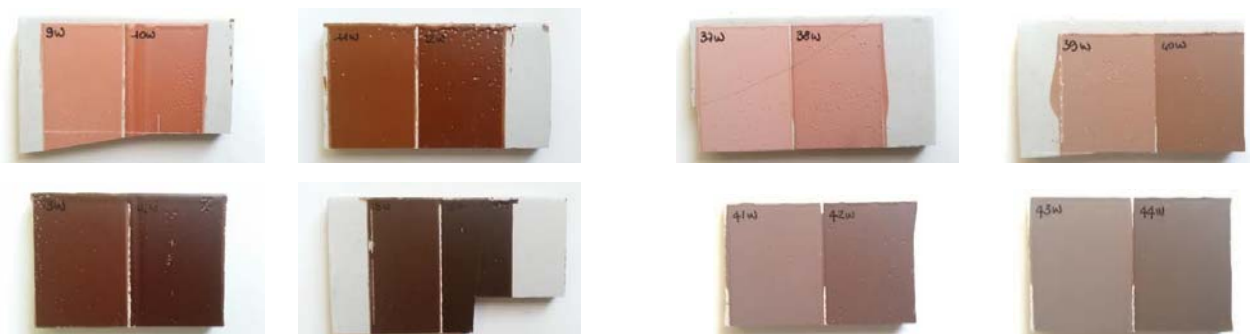


## Campioni rossi: smalti



*Campioni Lucidi*

*Campioni Lucidi con Silicato di Zirconio*



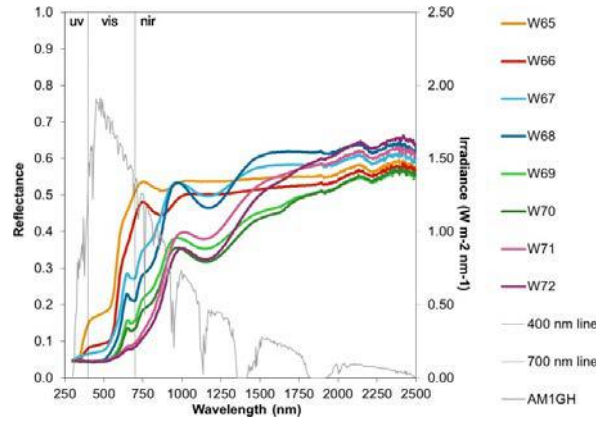
*Campioni Matt*

*Campioni Matt con Silicato di Zirconio*

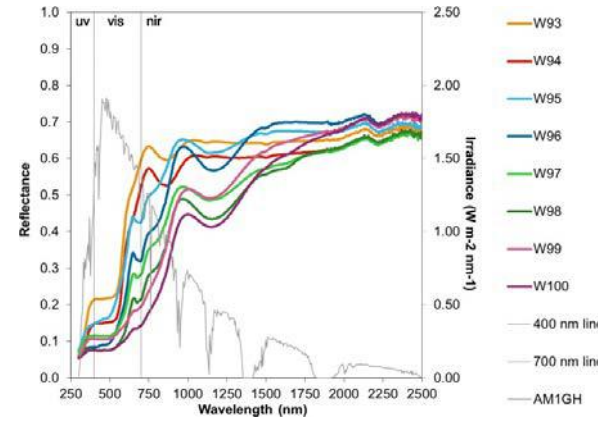




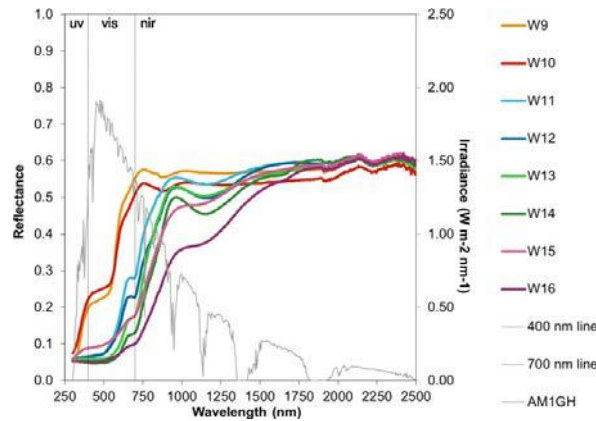
Campioni  
rossi: smalti



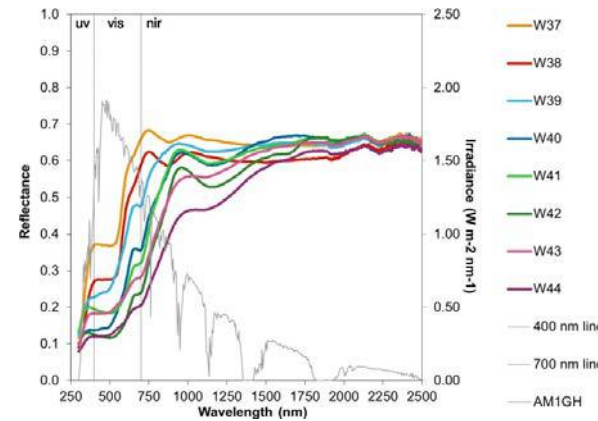
*Campioni Lucidi*



*Campioni Lucidi con Silicato di Zirconio*



*Campioni Matt*



*Campioni Matt con Silicato di Zirconio*

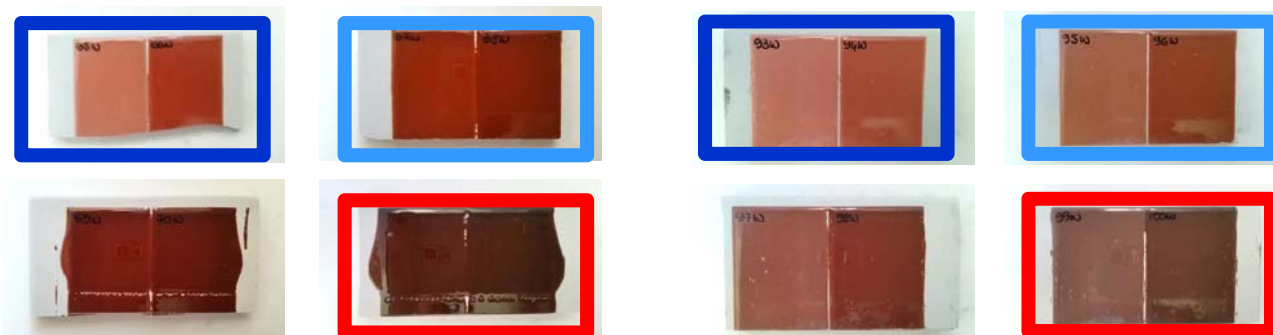
***Riflettività spettrale (spettrofotometro UV-Vis-NIR)***





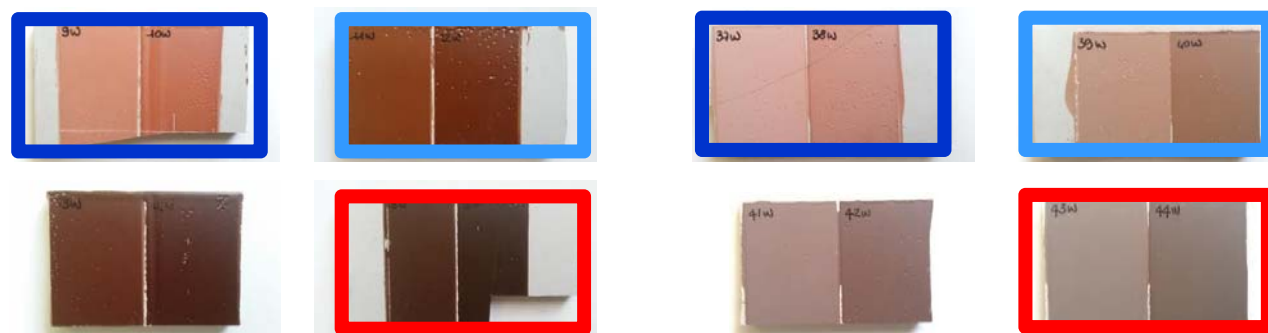
## Campioni rossi: smalti

### *Campioni più performanti*



*Campioni Lucidi*

*Campioni Lucidi con Silicato di Zirconio*



*Campioni Matt*

*Campioni Matt con Silicato di Zirconio*



## Fattori che influiscono sulla riflettanza



### Campioni rossi

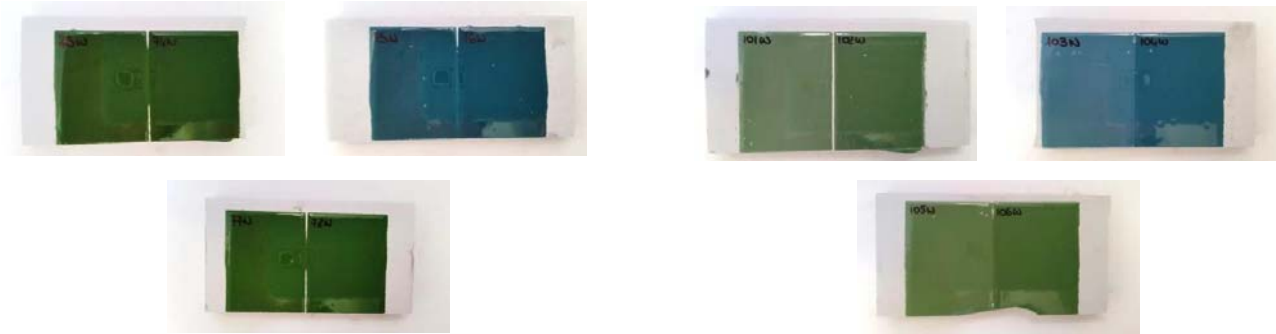
	<i>Campioni Lucidi</i>	<i>Campioni Matt</i>
• Granulometria	+	+
• Tipologia	+	+
• Concentrazione	+	+
• Risposta visiva	+	+
• Cambio fritta		+
	<i>Campioni Lucidi con ZrSiO<sub>4</sub></i>	<i>Campioni Matt con ZrSiO<sub>4</sub></i>
• Granulometria	+	+
• Tipologia	+	+
• Concentrazione	+	+
• Risposta visiva	+	+
• Cambio fritta		+
• Aggiunta ZrSiO <sub>4</sub>	+	+





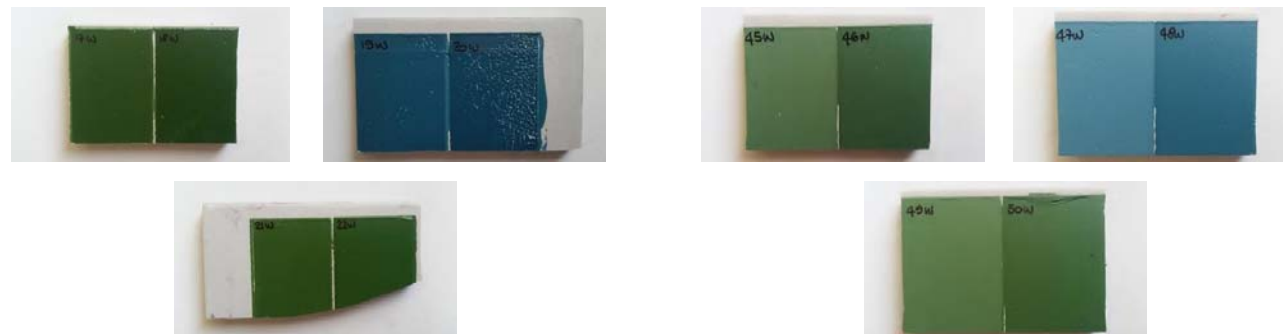


# Campioni verdi: smalti



*Campioni Lucidi*

*Campioni Lucidi con Silicato di Zirconio*



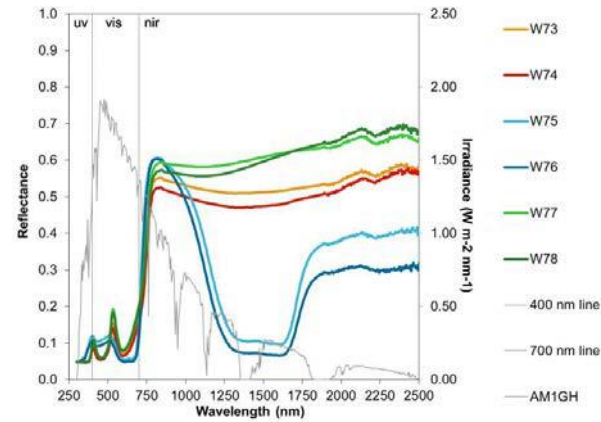
*Campioni Matt*

*Campioni Matt con Silicato di Zirconio*

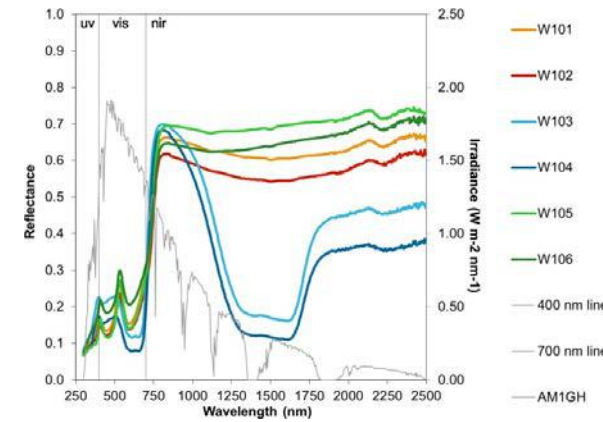




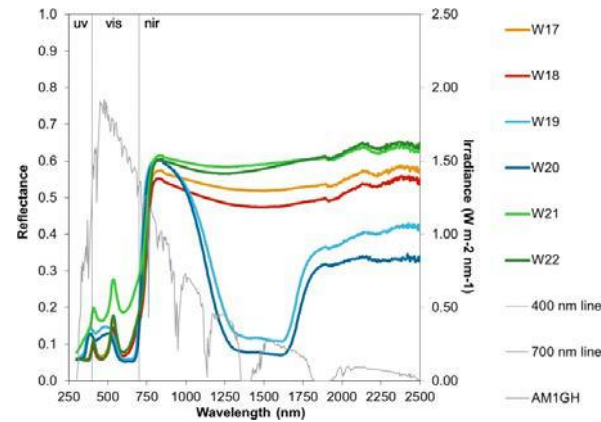
# Campioni verdi: smalti



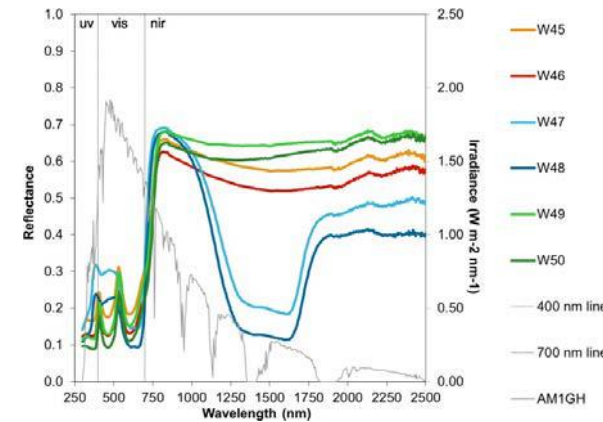
*Campioni Lucidi*



*Campioni Lucidi con Silicato di Zirconio*



*Campioni Matt*



*Campioni Matt con Silicato di Zirconio*

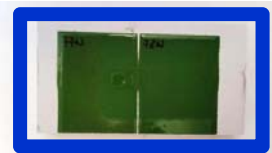
## *Riflettività spettrale (spettrofotometro UV-Vis-NIR)*





# Campioni verdi

## *Campioni più performanti*



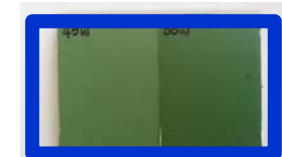
*Campioni Lucidi*



*Campioni Lucidi con Silicato di Zirconio*



*Campioni Matt*



*Campioni Matt con Silicato di Zirconio*

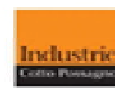


## Fattori che influiscono sulla riflettanza

### Campioni verdi

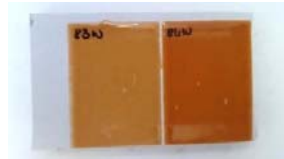
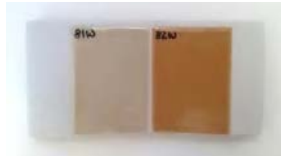
	<i>Campioni Lucidi</i>	<i>Campioni Matt</i>
• Granulometria	+	+
• Tipologia	+	+
• Concentrazione	-	-
• Risposta visiva	-	-
• Cambio frittta		-

	<i>Campioni Lucidi con ZrSiO4</i>	<i>Campioni Matt con ZrSiO4</i>
• Granulometria	+	+
• Tipologia	+	+
• Concentrazione	-	-
• Risposta visiva	-	-
• Cambio frittta		-
• Aggiunta ZrSiO <sub>4</sub>	+	+





## Campioni gialli



*Campioni Lucidi*



*Campioni Lucidi con Silicato di Zirconio*



*Campioni Matt*

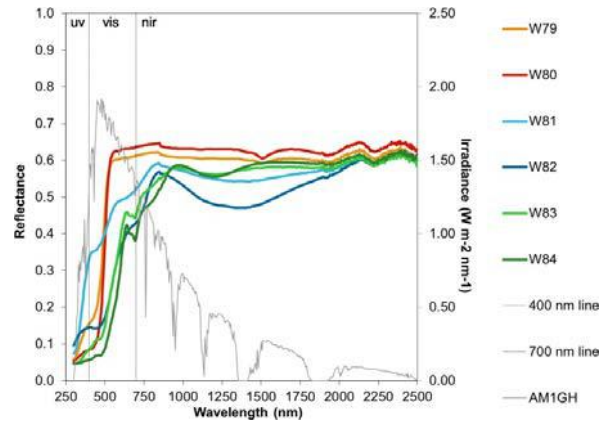


*Campioni Matt con Silicato di Zirconio*

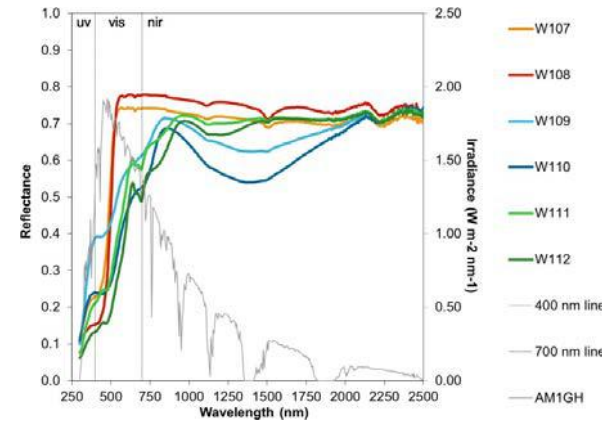




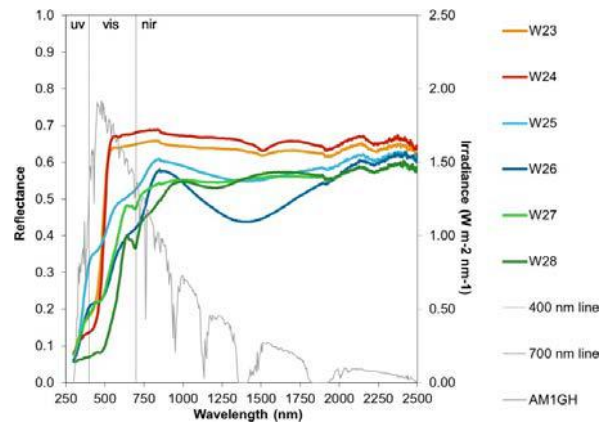
# Campioni gialli



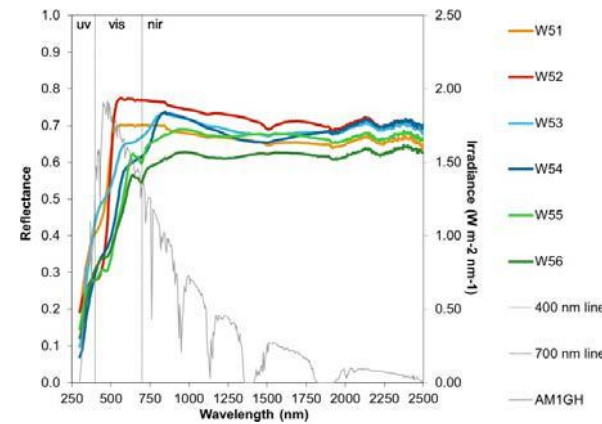
*Campioni Lucidi*



*Campioni Lucidi con Silicato di Zirconio*



*Campioni Matt*



*Campioni Matt con Silicato di Zirconio*

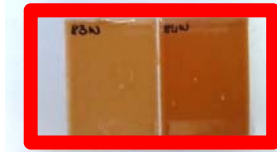
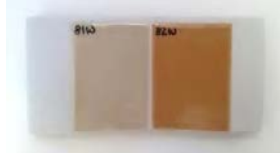
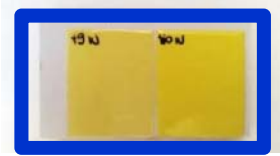
## Riflettività spettrale (spettrofotometro UV-Vis-NIR)





Campioni gialli:  
smalti

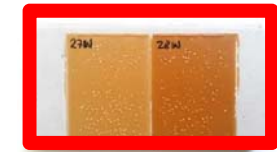
*Campioni più performanti*



*Campioni Lucidi*



*Campioni Lucidi con Silicato di Zirconio*



*Campioni Matt*



*Campioni Matt con Silicato di Zirconio*





## Fattori che influiscono sulla riflettanza



Campioni gialli:  
smalti

	<i>Campioni Lucidi</i>	<i>Campioni Matt</i>
• Granulometria	+	+
• Tipologia	+	+
• Concentrazione	+	+
• Risposta visiva	+	+
• Cambio fritta		-

	<i>Campioni Lucidi con ZrSiO<sub>4</sub></i>	<i>Campioni Matt con ZrSiO<sub>4</sub></i>
• Granulometria	+	+
• Tipologia	+	+
• Concentrazione	+	+
• Risposta visiva	+	+
• Cambio fritta		-
• Aggiunta ZrSiO <sub>4</sub>	+	+







Laterizio Tradizionale  $\rho_{sol} = 0.22$   
Laterizio cool  $\rho_{sol} = 0.46$



LATERIZIO



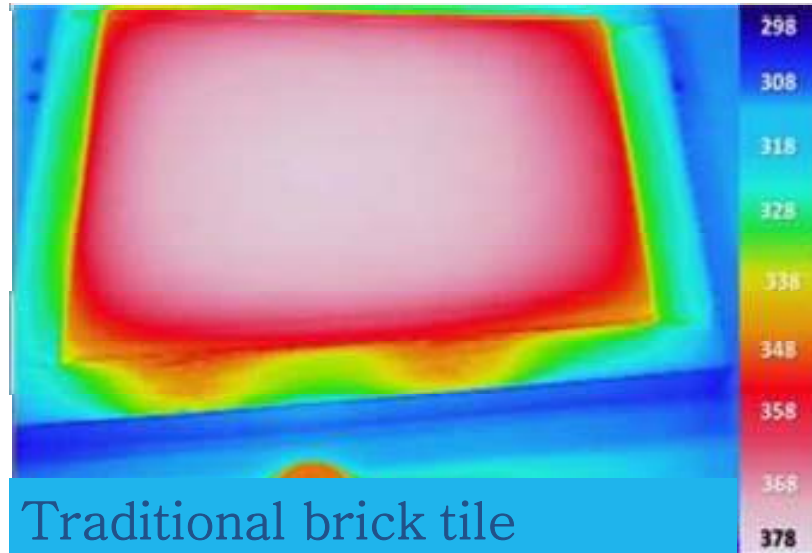
PLUS  
Aerogel di silice  
e alluminio

Sezione trasversale

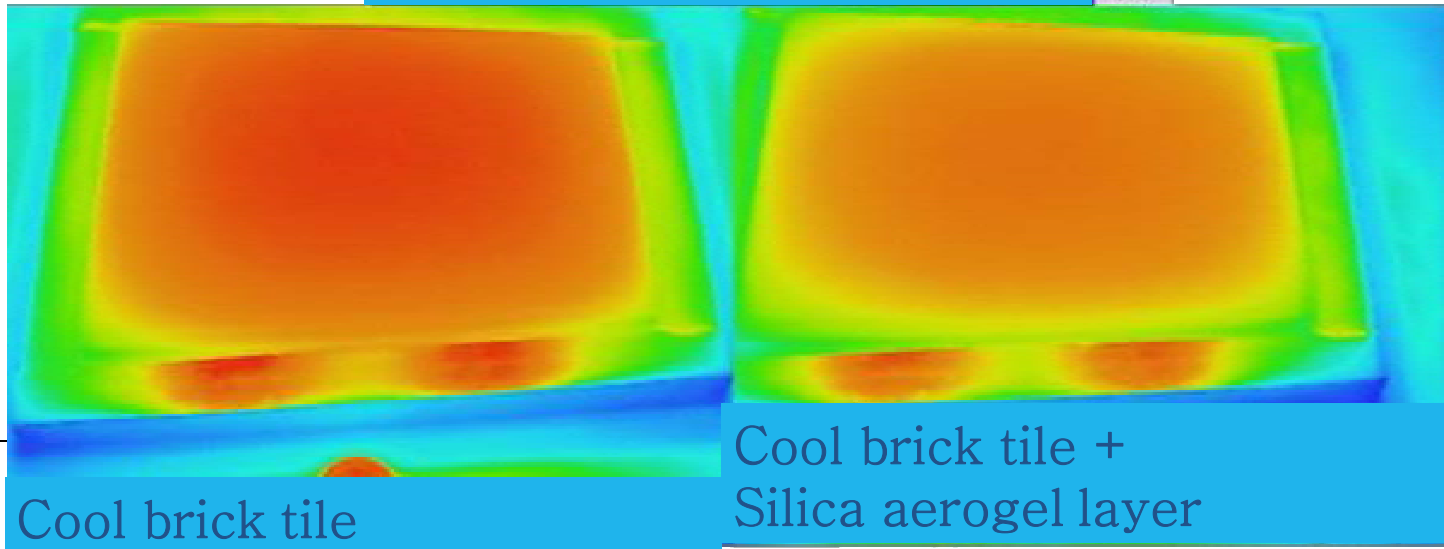




# Analisi sperimentale



Traditional brick tile

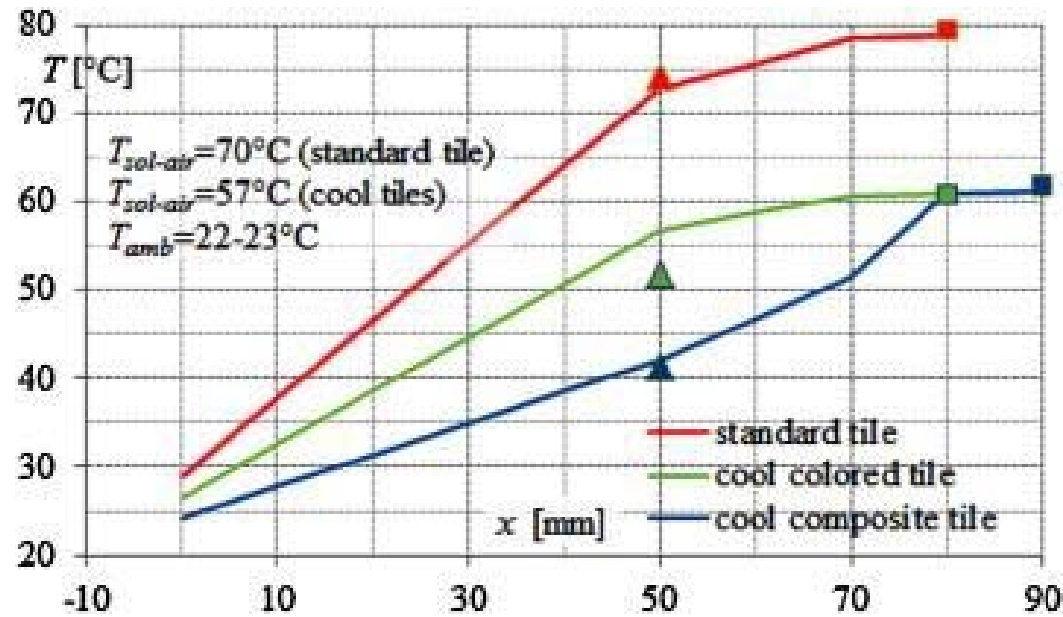


Cool brick tile

Cool brick tile +  
Silica aerogel layer



# Analisi sperimentale



Linea continua → temperatura **calcolate** dello spessore,  
Quadrati → temperatura misurata sulla superficie superiore,  
Triangoli → temperatura misurata sulla superficie inferiore

	Termocoppie		IR camera
	$T_{amb}$ [°C]	$T_{airspace\ bottom}$ [°C]	$T_{tile\ top\ surface}$ [°C]
Laterizio standard	23.2	74.0	79.5
Laterizio cool	22.5	51.8	60.9
Laterizio composito	21.9	41.5	61.7





## Conclusioni



- **Gli smalti cool colors sono dipendenti da diversi fattori, quindi è consigliabile fare prove di riflettanza solare sui materiali commerciali**
- **Applicando un coating cool sulla superficie aumenta la riflettanza solare e il materiale rimane più fresco in superficie.**
- **Aggiungendo uno strato di aerogel, il laterizio, rimane più freddo anche nello strato inferiore.**



**MOLTO IMPORTANTE NELLA RISTRUTTURAZIONE DI TETTI DI EDIFICI STORICI**





# Studi EELab: invecchiamento naturale



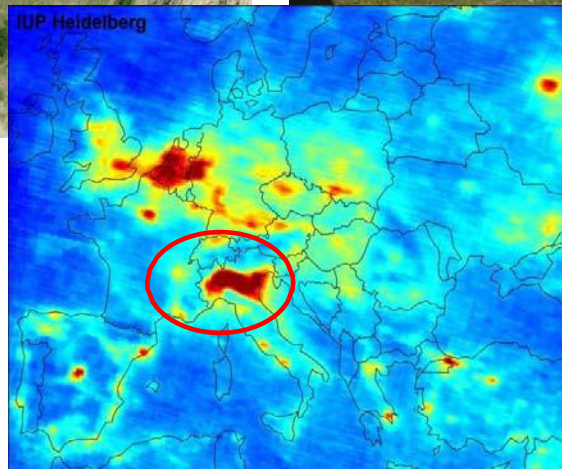
Test farm per invecchiamento naturale a Modena



«Soiling» superficiale



espositori per invecchiamento naturale

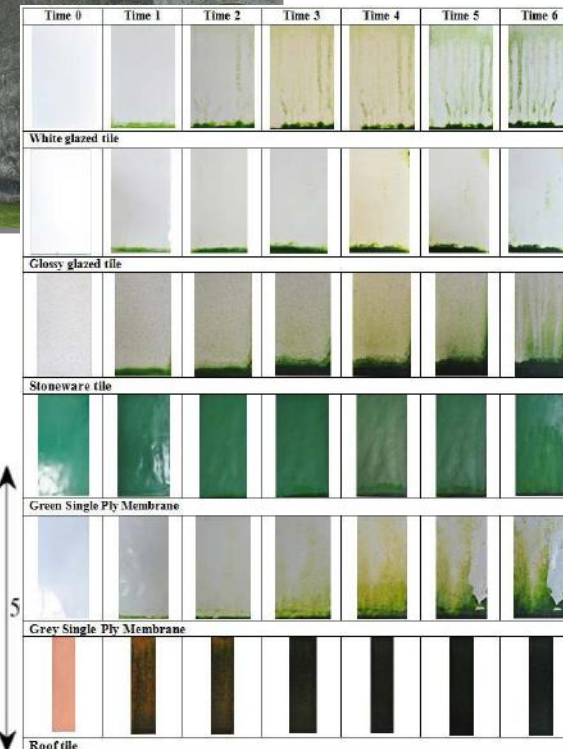
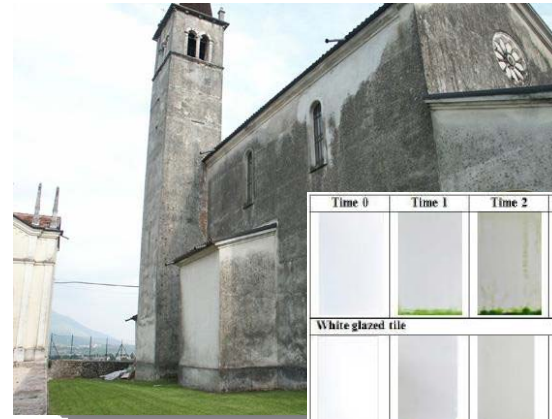


concentrazione inquinanti

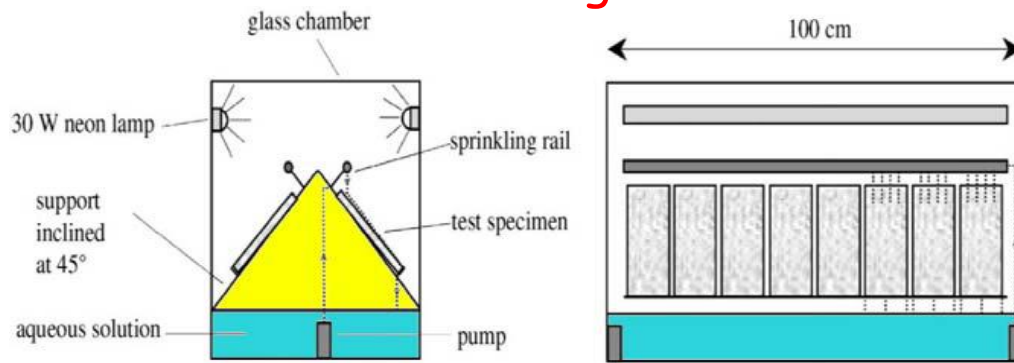




# Studi EELab: invecchiamento accelerato



## Apparato sperimentale per invecchiamento biologico accelerato





# Apparato sperimentale per invecchiamento chimico accelerato



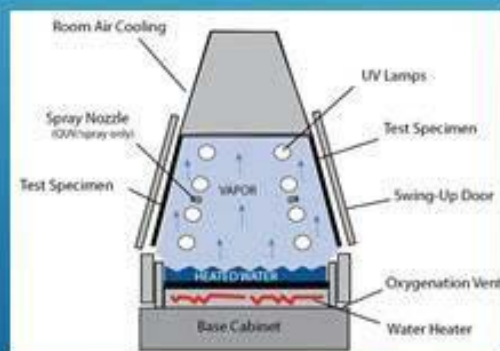
## AGING

### Soiling

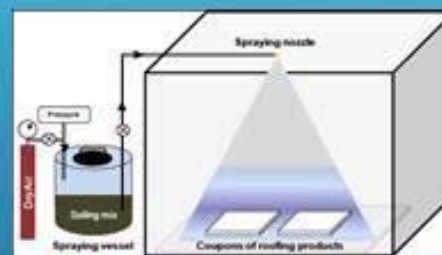
24h in camera climatica a temperatura e UV controllati (ASTM G154)  
Deposizione di soluzione contaminante  
24h in camera climatica a temperatura e UV controllati (ASTM G154)

**Argille Sali fuliggine acido umico**

**Trattamento di tre giorni corrispondono ad un invecchiamento naturale di 3 anni**



Fonte: [www.q-lab.com](http://www.q-lab.com)



Fonte: Heat Island Group - LBNL

14





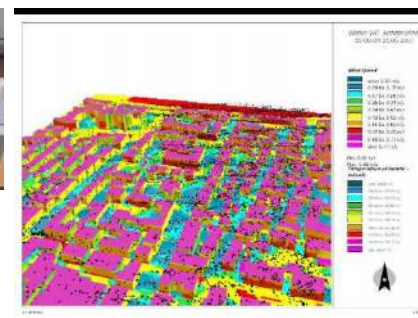
## La Casa Mediterranea e le coperture: risparmio energetico e comfort

### La ricerca: COPERTURE VENTILATE ED ISOLA DI CALORE

Si è sviluppata quindi una ricerca volta a valutare:

Influenza delle proprietà radiative di manti in laterizio sul confort interno

Influenza delle proprietà radiative del manto in laterizio sul fenomeno HIE



Prof. Ing. Arch. Marco D'Orazio | Università Politecnica delle Marche  
Prof. Ing. Costanzo Di Perna | Università Politecnica delle Marche  
Dott. Ing. Elisa Di Giuseppe | Università Politecnica delle Marche  
Dott. Ing. Alessandro Frattesi | Università Politecnica delle Marche







# Caratterizzazione



## **METODI**

**Determinazione della riflettanza (ASTM E903-12)**

**Detemrinazione dell'emissività (ASTM E1933-14)**

**Caratterizzazione colorimetrica ( UV-VIS - scala CIELab)**

**Calcolo SRI (ASTM E 1980-11)**

## **MATERIALI**

**39 tipologie di prodotti per coperture a falde**

**Tegole in laterizio (semplici, con ingobbio, con ingobbio  
altamente riflettente)**

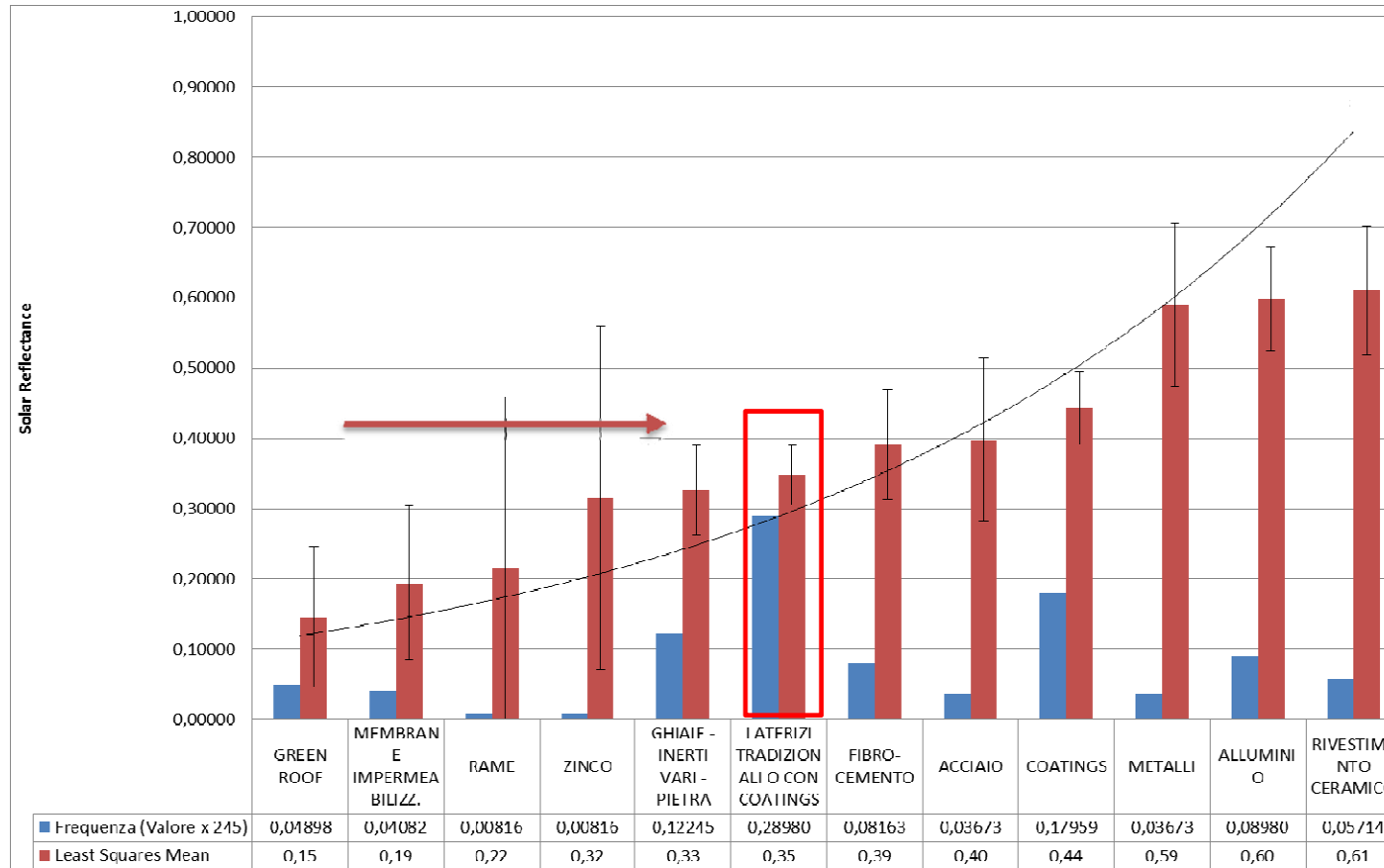
**Tegole in cemento**

**Lastre metalliche (rame e rame pre-ossidato, zinco  
patinato)**





# I dati in letteratura

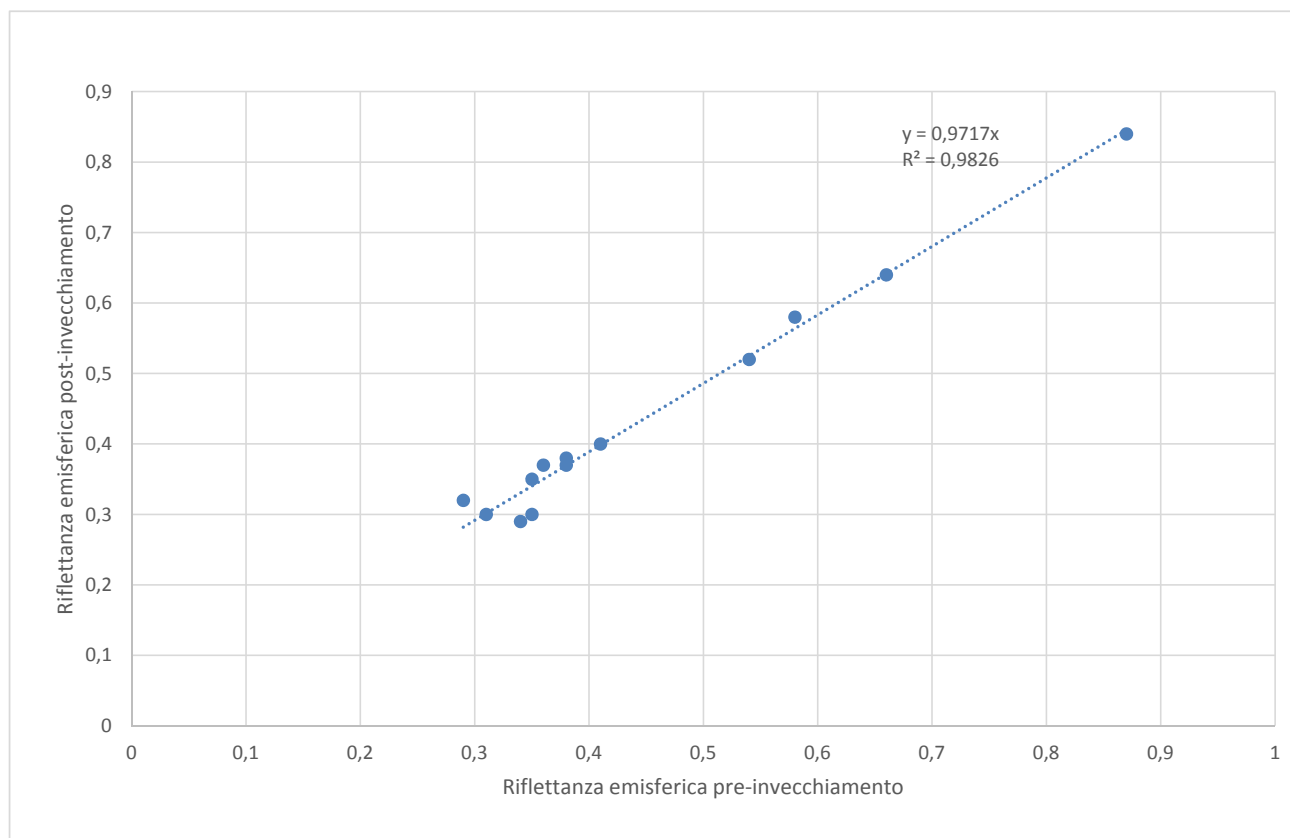


Ca. 300 valori



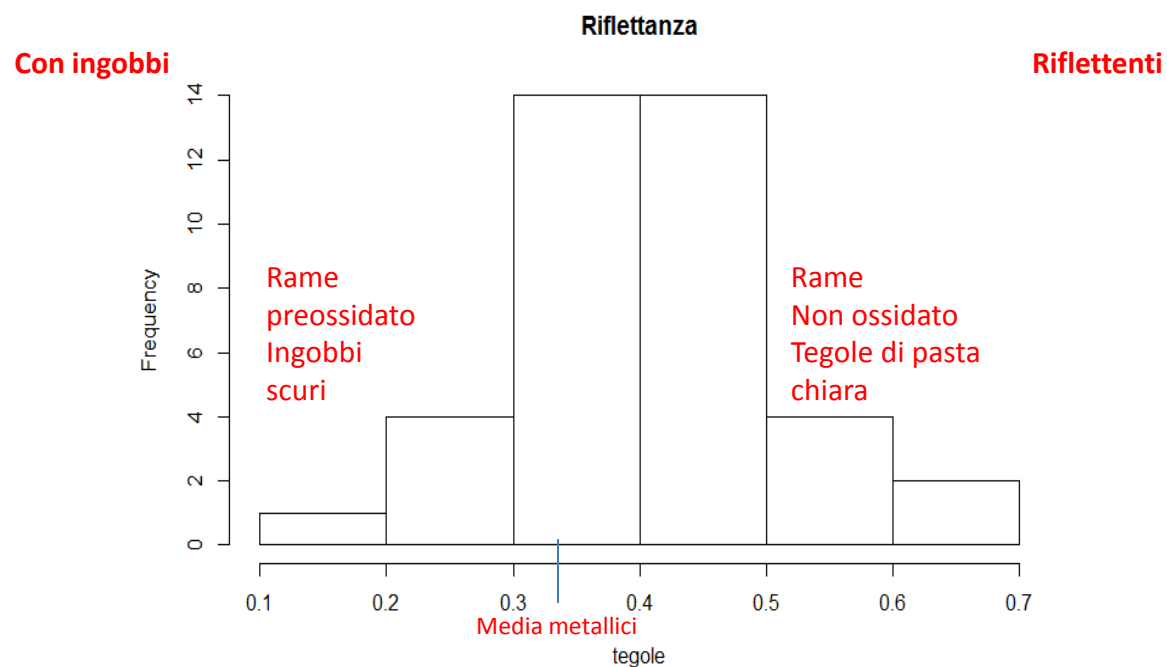


## I dati in letteratura *invecchiamento*





# Risultati della caratterizzazione



## Emissivita'

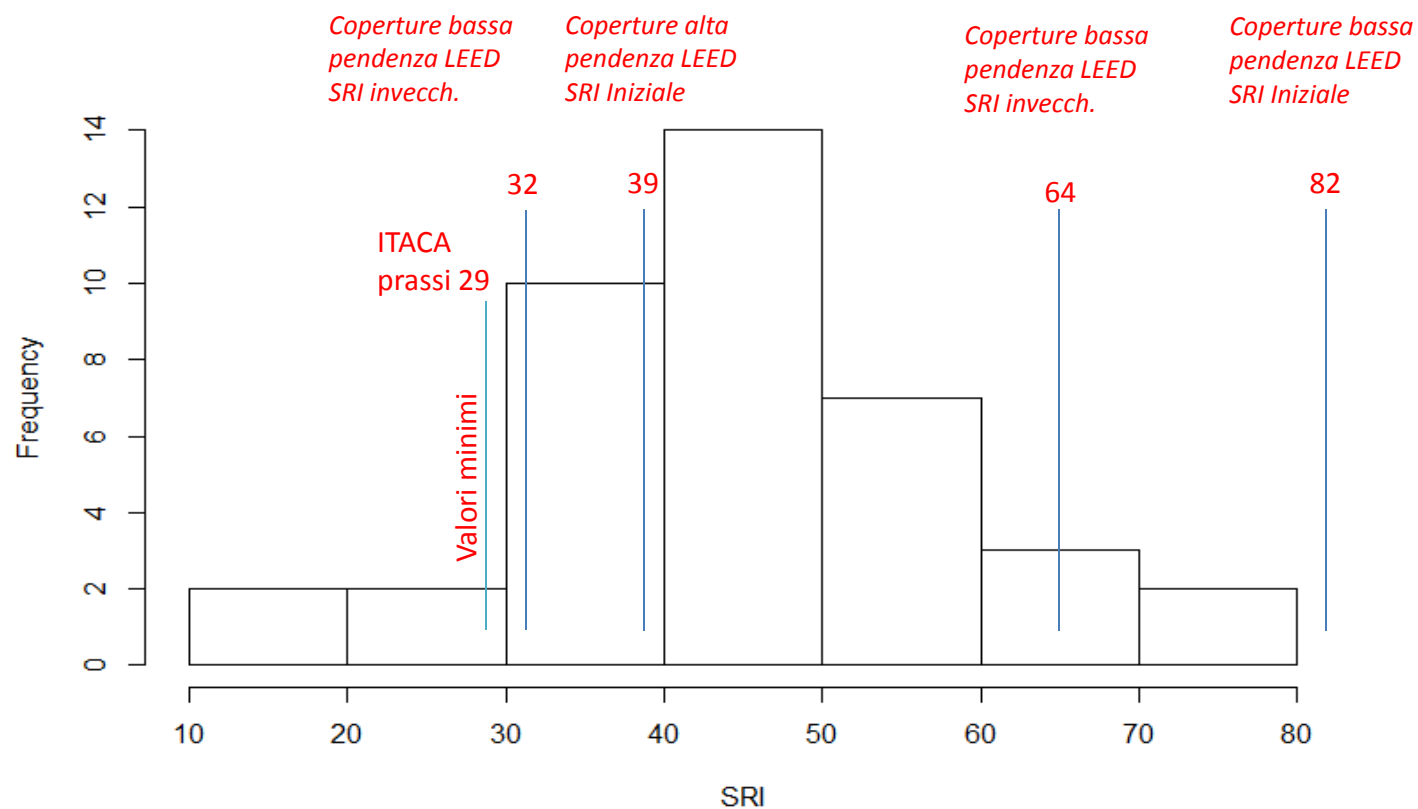
T 0.8:0.9

M 0.1:0.9 patine



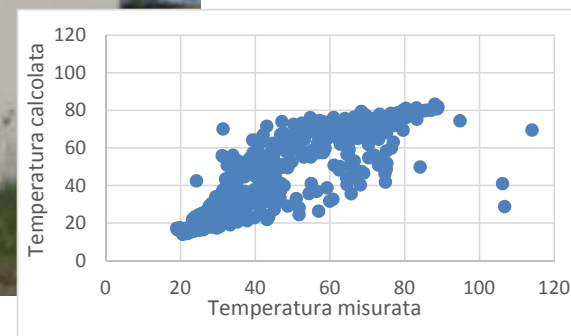


# SRI



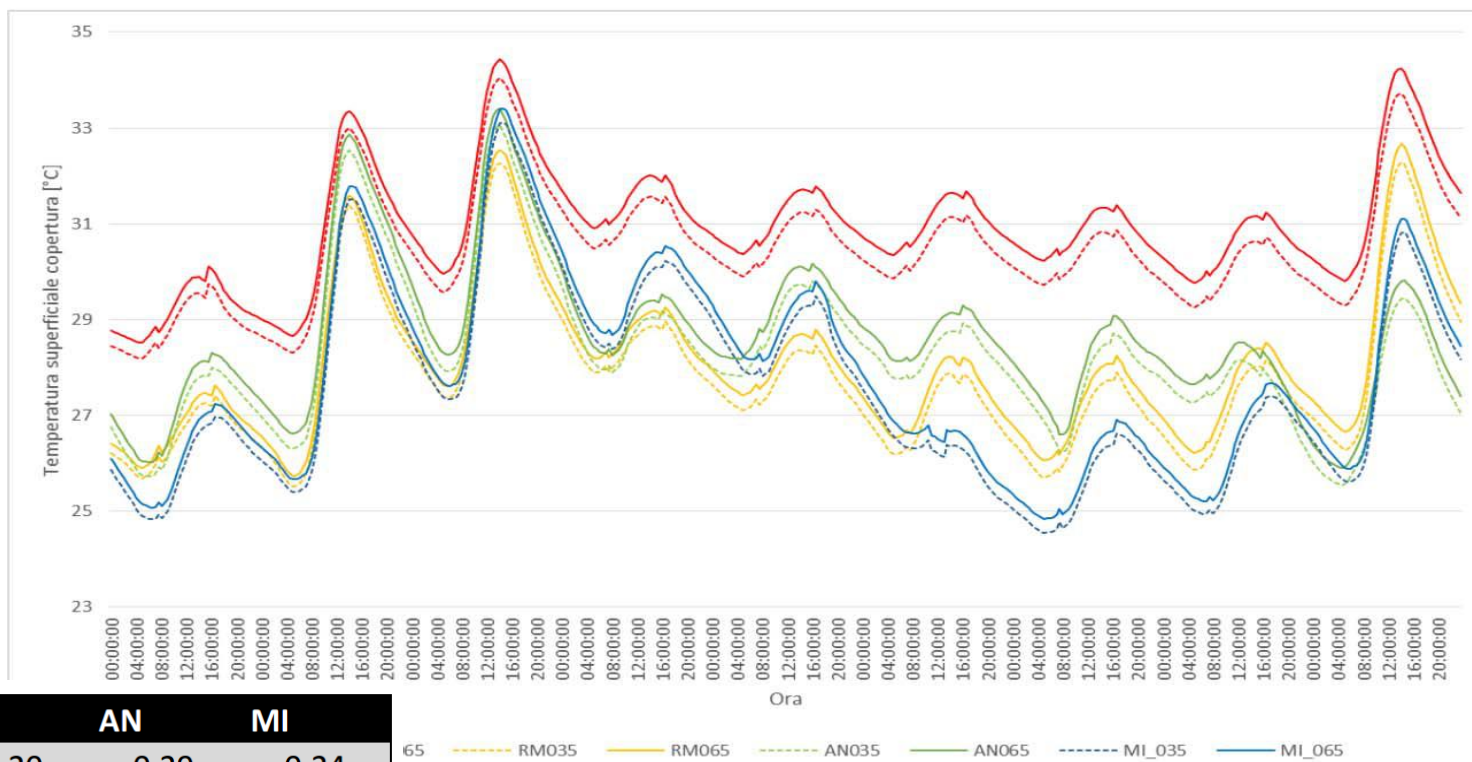


- COPERTURA 1 – MNV-A (copertura metallica non ventilata su solaio ligneo in abete);
- COPERTURA 2 – MV6-A (manto metallico, camera di ventilazione 6 cm, solaio in legno di abete);
- COPERTURA 3 – LV6-A (copertura in laterizio ventilata con condotto da 6 cm su solaio ligneo)
- COPERTURA 4 – LV6-A (manto in laterizio, camera di ventilazione 6 cm, solaio in legno di abete);
- COPERTURA 5 – LV6-L (manto in laterizio, camera di ventilazione 6 cm, solaio in laterocemento);
- COPERTURA 6 – MV6-L (manto metallico, camera di ventilazione 6 cm, solaio in laterocemento).





# TEMPERATURE SUPERFICIALI INTRADOSSO



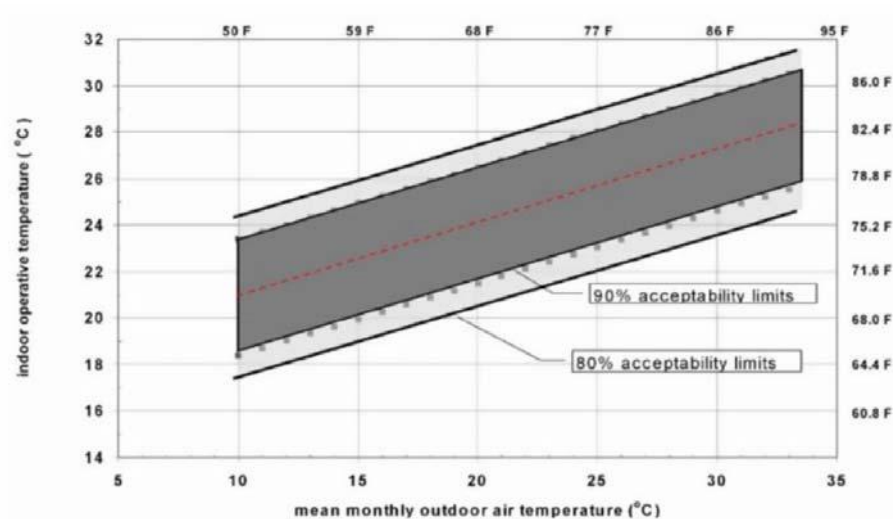
	PA	RM	AN	MI
MIN	0.32	0.20	0.29	0.24
MED	0.45	0.31	0.35	0.29
MAX	0.54	0.38	0.38	0.32

Valori massimi, medi e minimi delle differenze di temperatura superficiale per ciascuna località Climatica – soluzione riflettanza 0.35 e 0.65





## Variazione nel confort



	PA035	PA_065
% Ore fuori confort per 80% individui	8%	9%

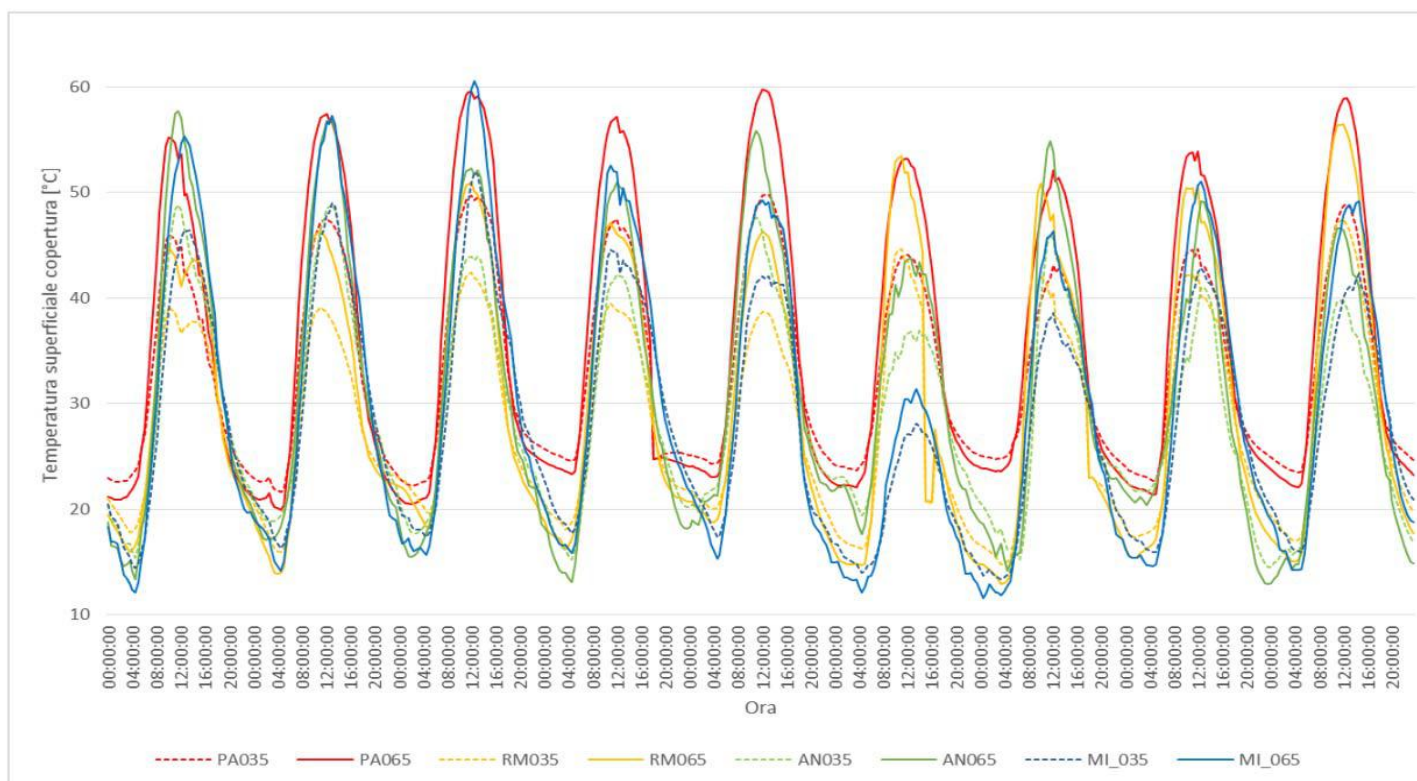
	PA035_NW	PA_065_NW
% Ore fuori confort per 80% individui	7%	9%





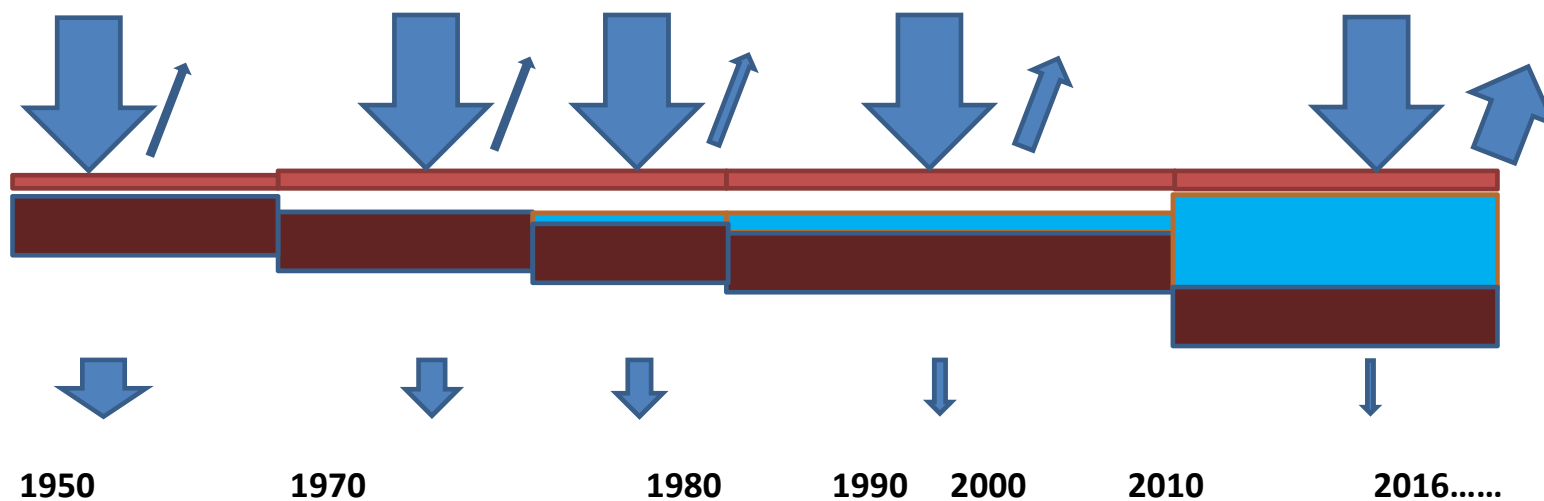


# TEMPERATURA SUPERFICIALE ESTERNA





## Le motivazioni





**Minore** influenza delle tecnologie passive sul confort e sui consumi energetici degli edifici data la prevalenza del ruolo dell'isolante secondo l'attuale DM

**Maggiore** influenza delle proprietà radiative del manto su HIE per inibizione (quasi totale) dei flussi termici passanti e conseguentemente innalzamento della temperatura superficiale del manto





# Il raffronto con i dati sperimentali

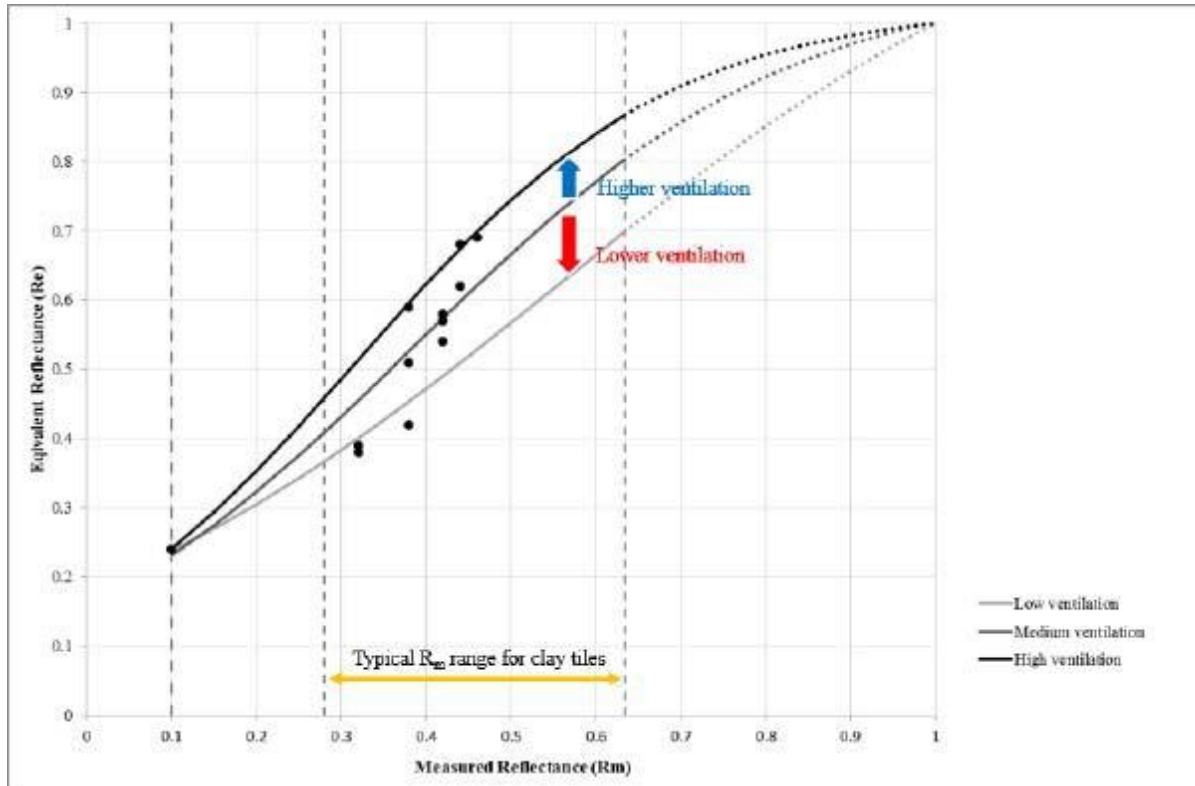




# CONCLUSIONI

$$R_e = \alpha / (1 + be^{-cR_m})$$

	a	b	c
Low ventilation	1.248967	5.813903	3.151888
Medium ventilation	1.066092	5.658137	4.492567
High ventilation	1.025227	5.624551	5.410576

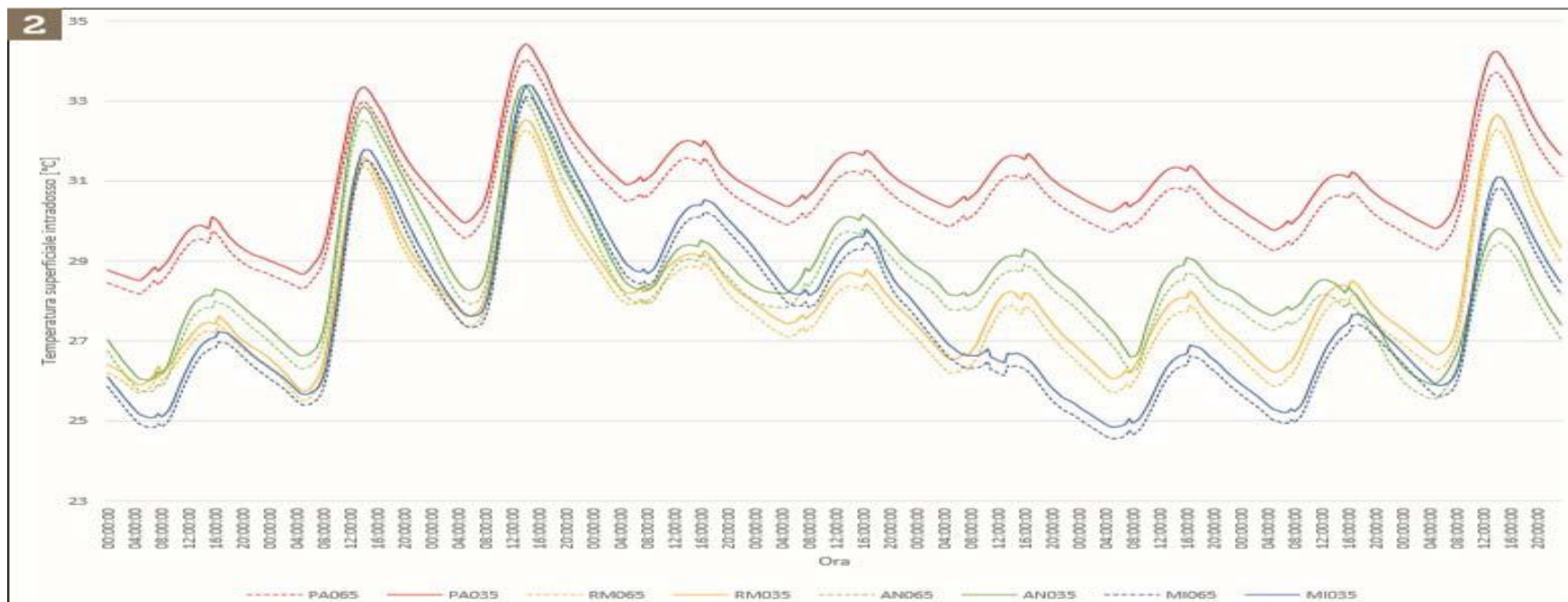


I risultati ottenuti confermano quanto già affermato in letteratura: l'uso di un tetto ventilato è un modo efficace per mitigare le temperature interne nei climi estivi, anche se i materiali di rivestimento non sono esplicitamente qualificati come «riflettenti». Il presente studio definisce un parametro di "riflettanza equivalente" del tetto al fine di rappresentare sinteticamente questa capacità passiva di raffreddamento dei tetti ventilati in cotto, rispetto ai colori riflettenti, fornisce un utile riferimento ai progettisti e agli utilizzatori dell'edificio.



LA RICERCA

# COMPARAZIONE 4 LOCALITA' E 2 RIFLETTANZE CON VENTILAZIONE «INEFFICACE» - intradosso



*NOTA: All'estradosso le tegole caratterizzate da alta riflettanza rispetto alle tegole a bassa riflettanza comportano differenze dell'ordine dei 10 °C*

Fonte: «Strategie in copertura per il comfort interno estivo» di M.D'orazio | C.Di Perna | Elisa Di Giuseppe

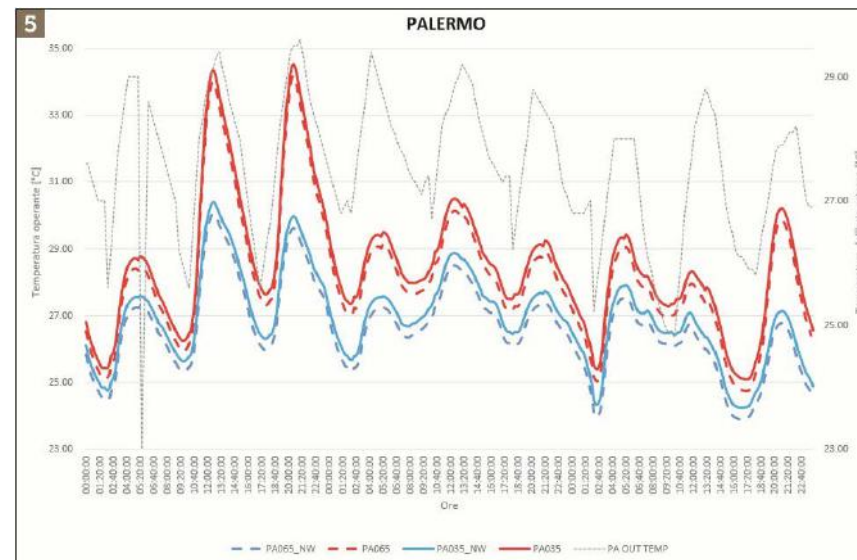
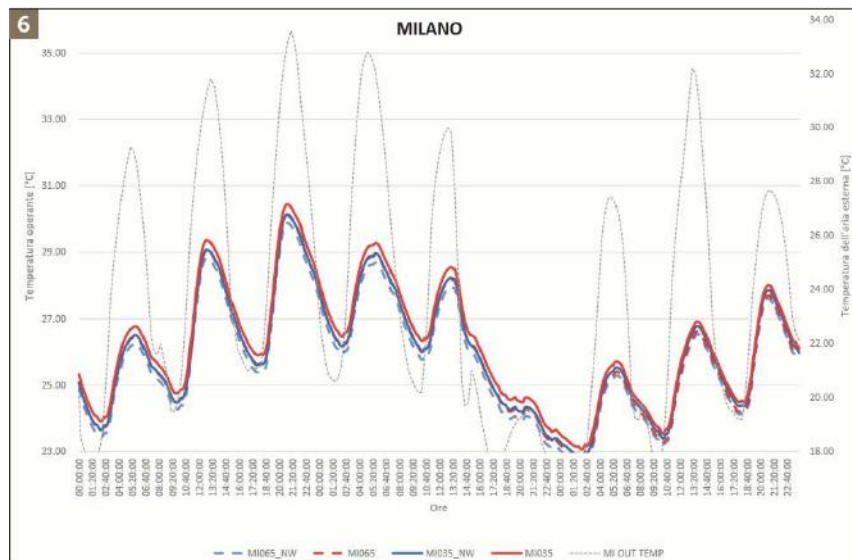
	Palermo	Roma	Ancona	Milano
Minimi	0,32	0,20	0,29	0,24
Medi	0,45	0,31	0,35	0,29
Massimi	0,54	0,38	0,38	0,32





# LA RICERCA

## TEMPERATURA OPERANTE IN 2 LOCALITA' ESTREME CON VENTILAZIONE «INEFFICACE»



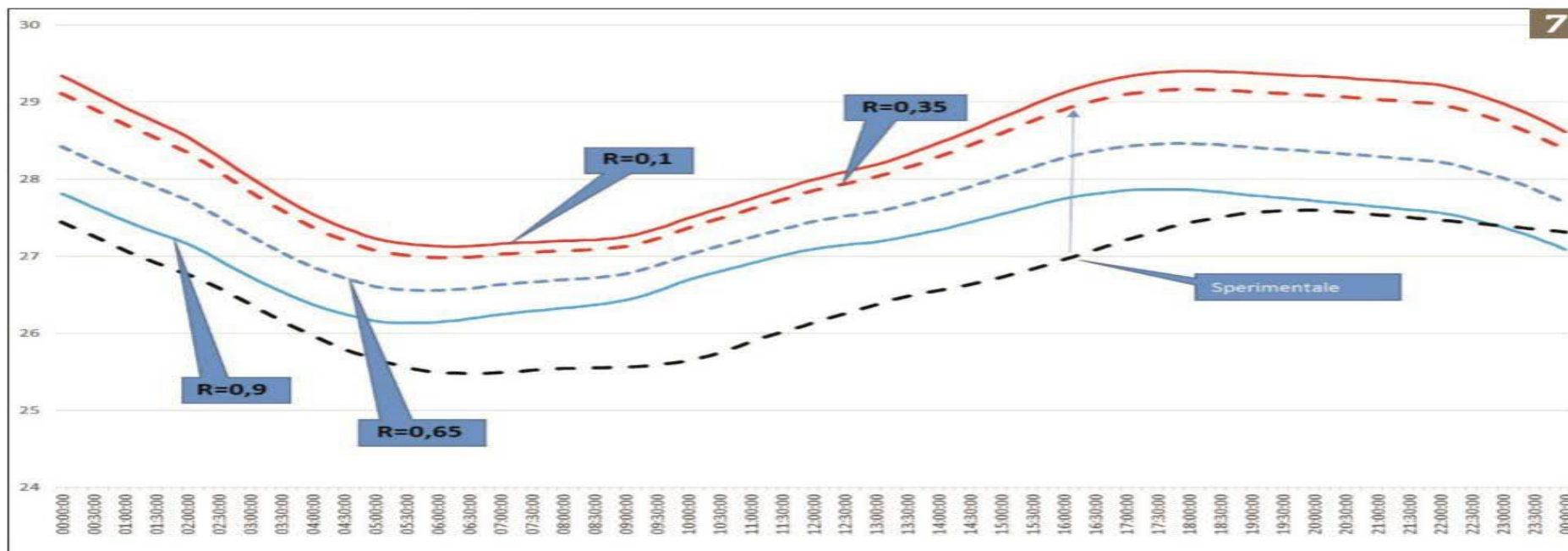
-le linee rosse rappresentano la situazione con apporti solari mentre quelli blu senza  
 -le linee continue rappresentano i valori con riflettanza di 0,35 mentre quelle tratteggiate con riflettanza di 0,65.  
 -in grigio la temperatura esterna.  
 Si nota che nel passaggio da alta a bassa riflettanza lo scostamento è di solo un punto percentuale.

Fonte: «Strategie in copertura per il comfort interno estivo» di M.D'orazio|C.Di Perna|Elisa DiGiuseppe





# VARIE RIFLETTANZE vs TETTO VENTILATO



La figura mostra l'andamento della temperatura operante con valori di riflettanza pari a 0,9-0,65-0,35-0,1 la curva nera tratteggiata rappresenta il risultato ottenuto con il modello a ventilazione efficace, ovvero sulla base del raffronto dei dati sperimentali (riflettanza del manto pari a 0,35)

Lo scostamento della riflettanza da 0,1 a 0,9 comporta una differenza della temperatura pari a circa 1,5 °C invece se la riflettanza passa da 0,35 a 0,65 la differenza di temperatura è di 0,7 °C

Fonte: «Strategie in copertura per il comfort interno estivo» di M.D'orazio|C.Di Perna|Elisa DiGiuseppe







## VARIE RIFLETTANZE vs TETTO VENTILATO

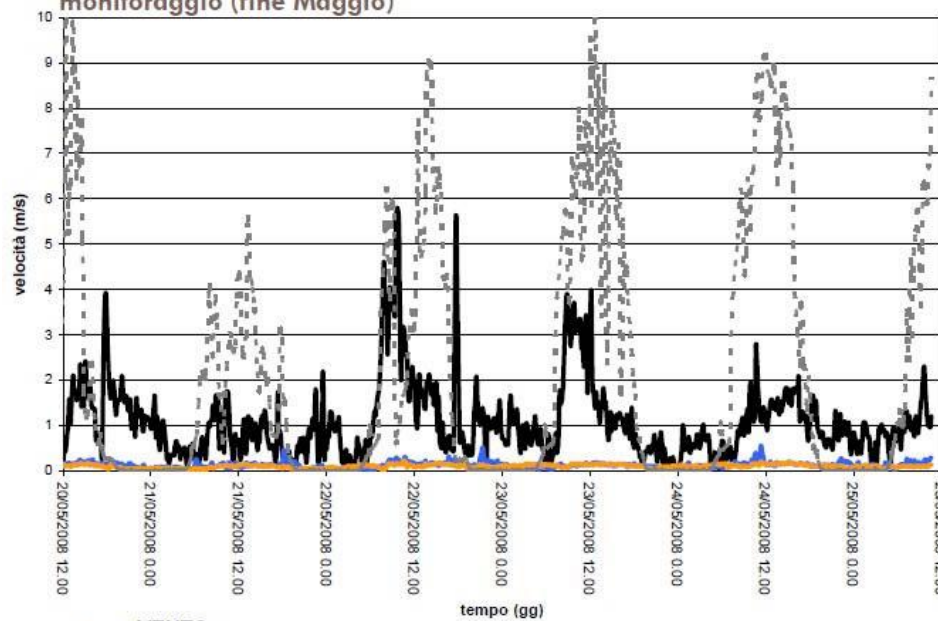
curva delle temperature	Riflettanza <b>RI</b>	Tegole in cotto <b>SRI</b>	ventilazione	Temperatura °C	Riflettanza equivalente <b>SRIE</b>
	0,10	10	<u>NO</u>	29,3	
	0,35	37	<u>NO</u>	29,1	
	0,65	75	<u>NO</u>	28,5	
	0,90	98	<u>NO</u>	27,8	
	0,35	37	SI	27,4	0,627

Fonte: «Strategie in copertura per il comfort interno estivo» di M.D'orazio|C.Di Perna|Elisa Di Giuseppe



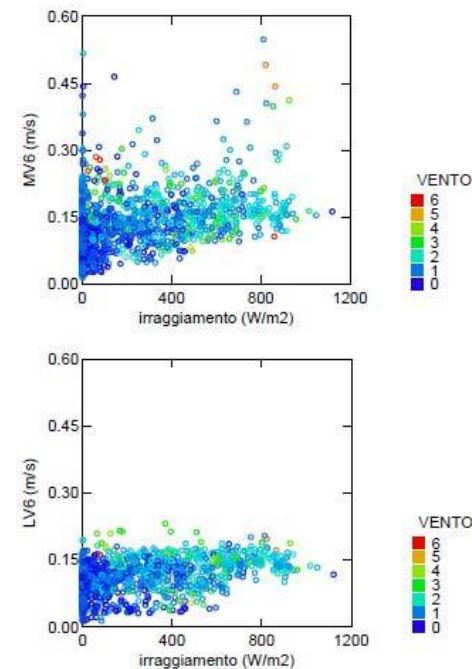
# La Ventilazione

Andamento velocità dell'aria (vento-intercapedine) nel periodo di monitoraggio (fine Maggio)



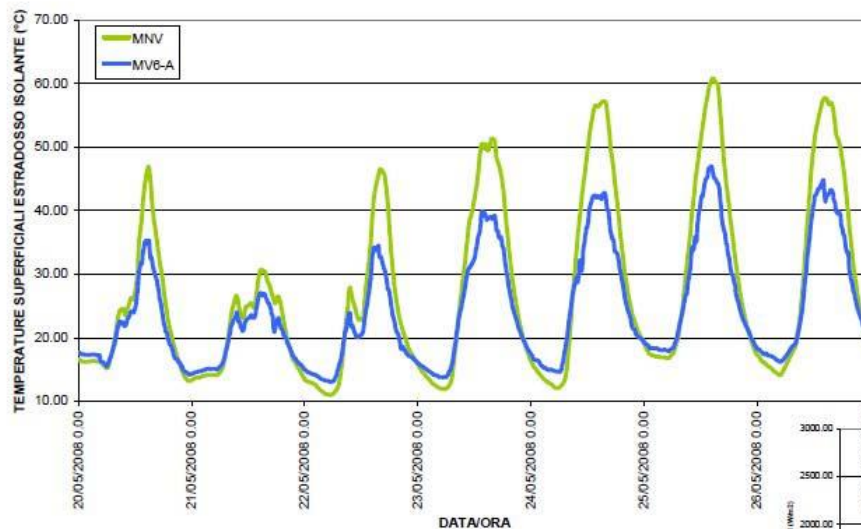
- VENTO
- RAME
- LATERIZIO

Basse velocità dell'aria in intercapedine (0,25 m/s)





# La Ventilazione



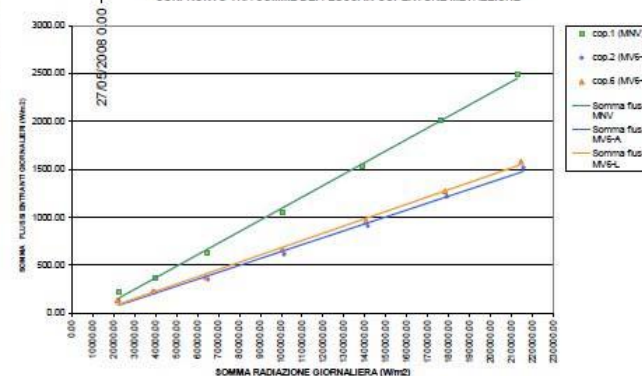
- NON VENTILATA
- VENTILATA

L'aria in intercapedine favorisce comunque l'asportazione di calore verso l'esterno

Le tipologie ventilate presentano minori flussi entranti (5-6 W/m<sup>2</sup>) rispetto a quelle non ventilate (8-10W/m<sup>2</sup>)

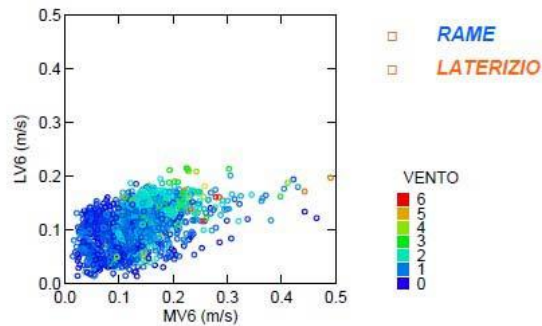
**MAGGIORE COMFORT INTERNO**

CONFRONTO TRA SOMME DEI FLUSSI IN COPERTURE METALLICHE





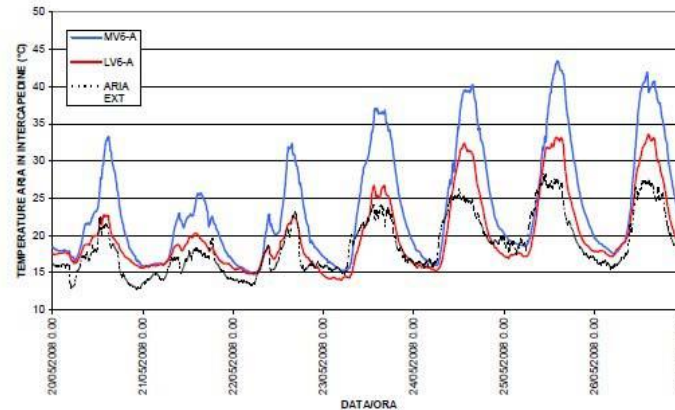
# La Ventilazione



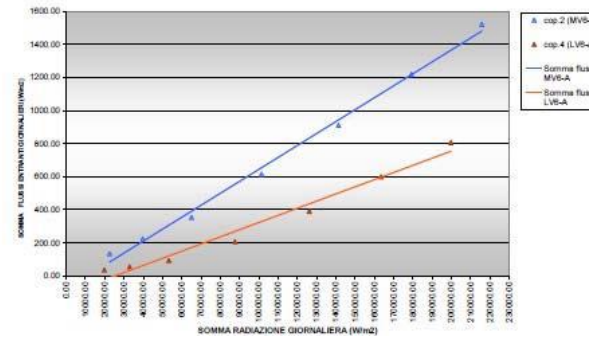
Copertura metallica registra velocità in intercapedine maggiori di quella in laterizio (fino a 0,5 m/s contro i 0,25 m/s)

MA a queste corrispondono maggiori temperature dell'aria in intercapedine e quindi maggiore flusso entrante

CONFRONTO DELLE TEMPERATURE DELL'ARIA IN INTERCAPEDINE



CONFRONTO TRA SOMME DEI FLUSSI NELLA COPERTURA METALLICA E IN LATERIZIO





# La Ventilazione

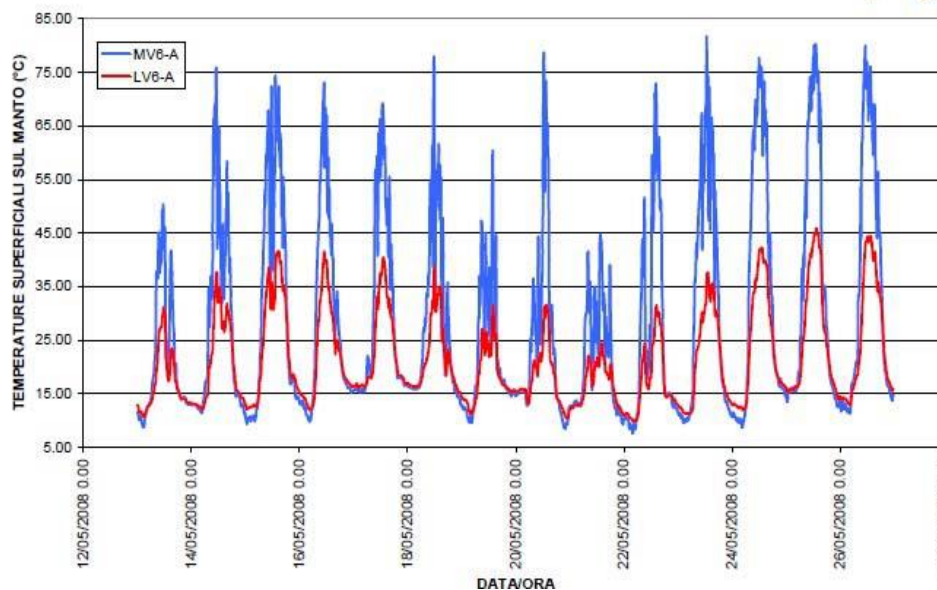
## POSSIBILI CAUSE:

1\_ La ventilazione in coperture discontinue dissipa calore ma presumibilmente non secondo la direzione gronda-colmo

2\_ la copertura con manto continuo è interessata da una forte trasmissione di calore per scambio radiativo in intercapedine

CONFRONTO DELLE TEMPERATURE SUPERFICIALI ALL'ESTRADOSSO

- RAME
- LATERIZIO



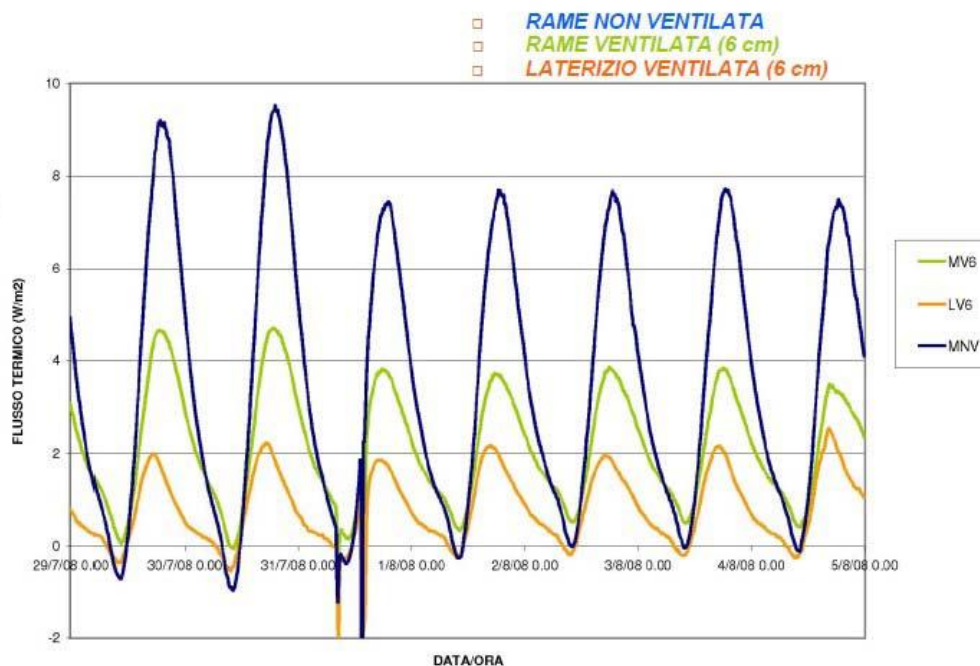


# Ventilazione in fase estiva

## flussi termici agosto

Le tipologie ventilate presentano minori flussi entranti (2-4 W/m<sup>2</sup>) rispetto a quelle non ventilate (7-8W/m<sup>2</sup>)

**MAGGIORE COMFORT INTERNO**



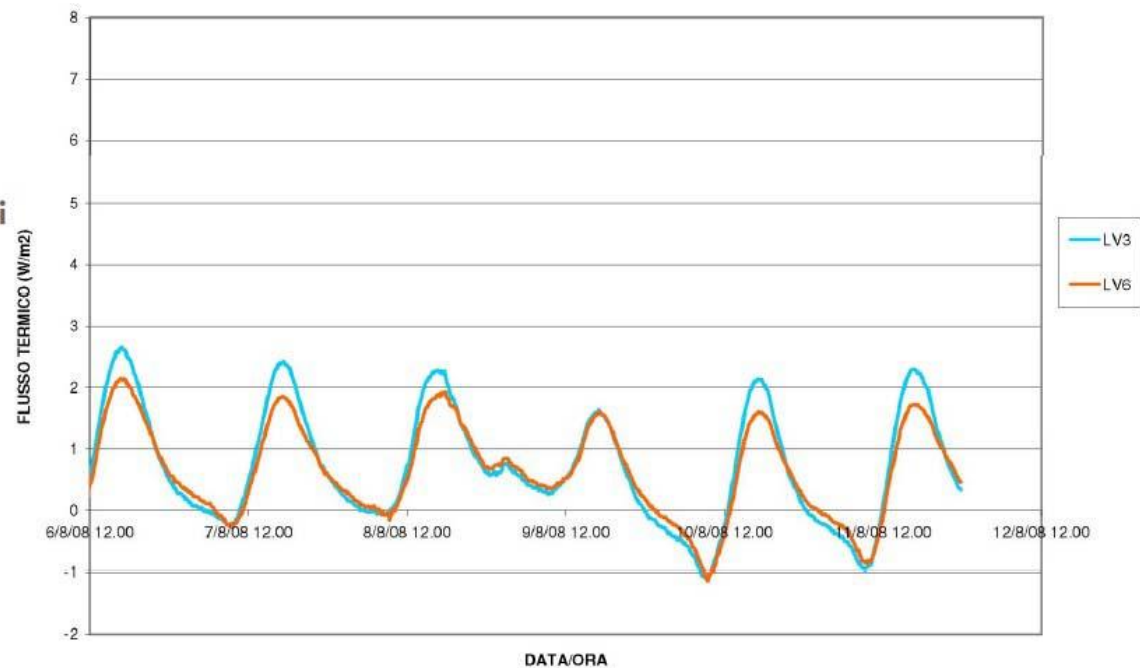


# I flussi termici

## Flussi termici agosto

Le tipologie ventilate in laterizio presentano flussi termici simili

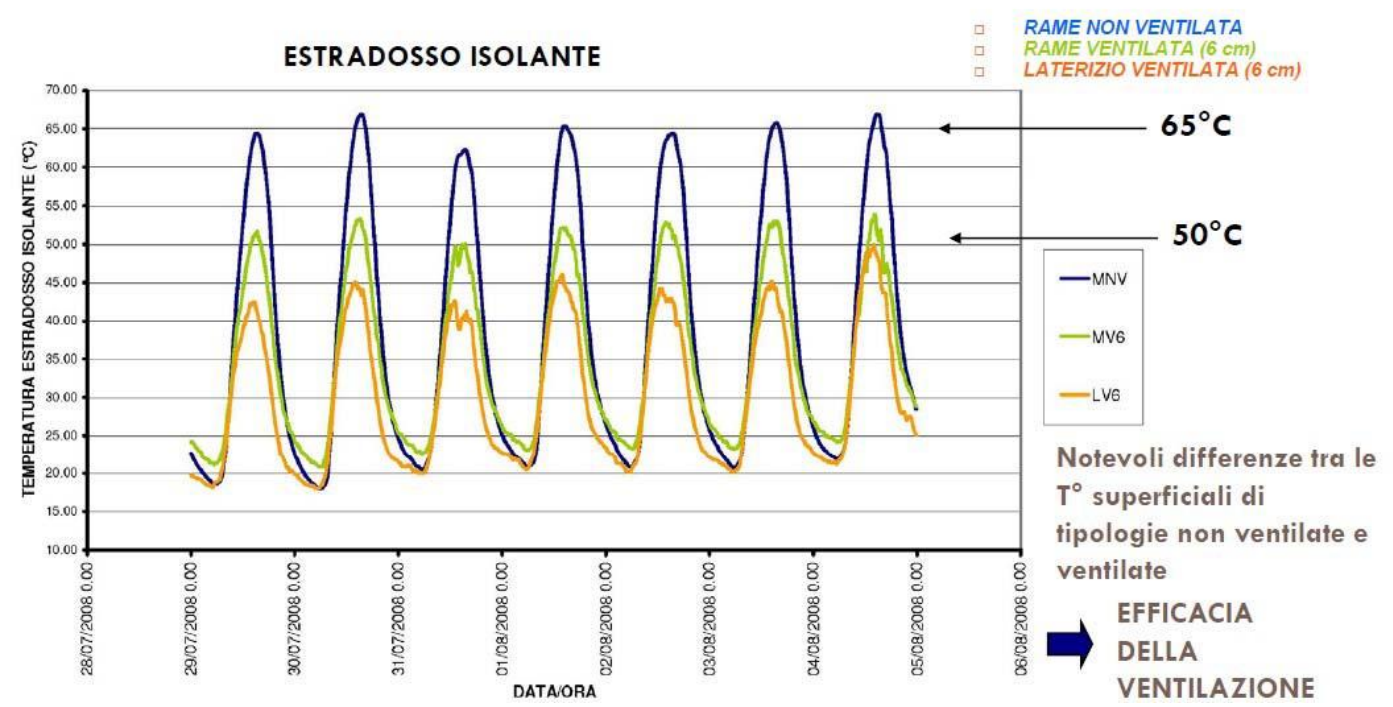
- LATERIZIO VENTILATA (3cm)
- LATERIZIO VENTILATA (6 cm)





# Le temperature

## Temperature estradosso isolante (agosto)

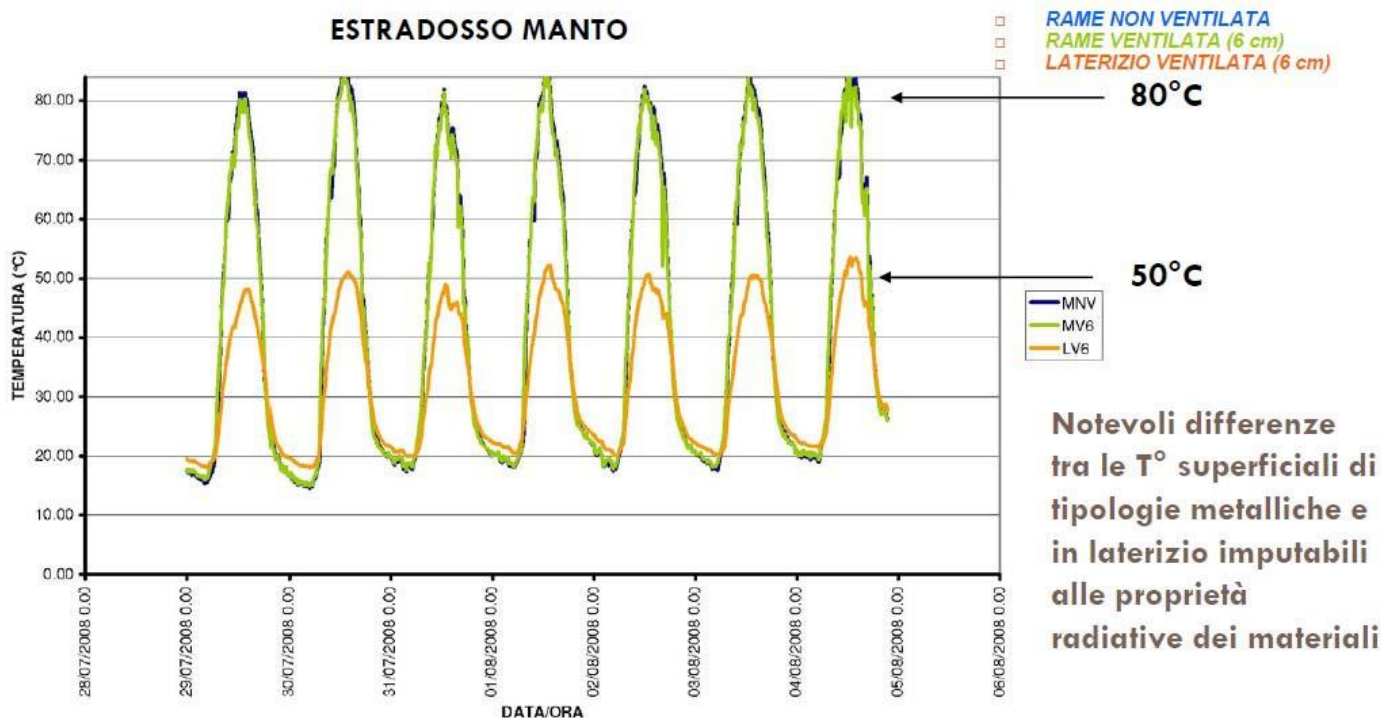






# Le temperature

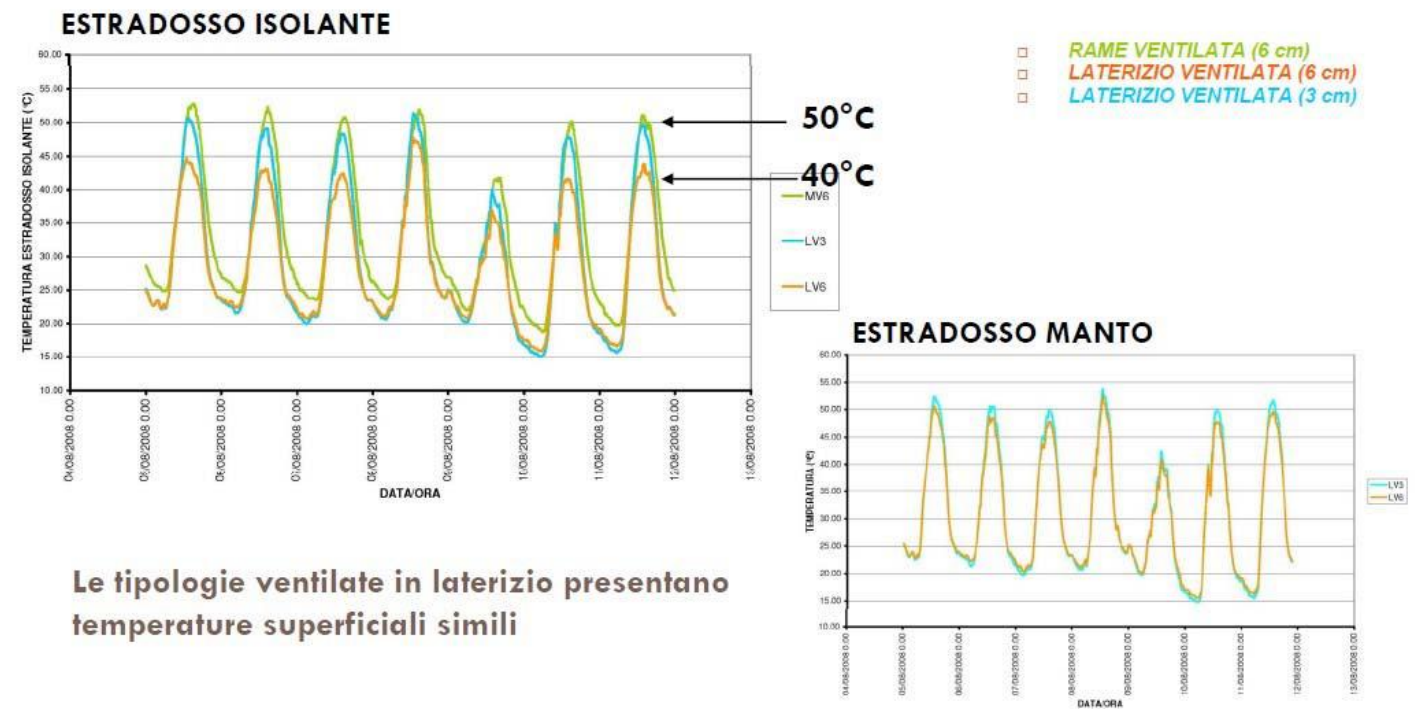
## Monitoraggio mese di Agosto – temperature





# Le temperature

## Monitoraggio mese di Agosto – temperature



Le tipologie ventilate in laterizio presentano temperature superficiali simili





# RIFLETTANZA EQUIVALENTE PER COPERTURE IN LATERIZIO VENTILATE



Ricerca scientifica Unità Politecnica delle Marche  
Elisa di Giuseppe PhD DICEA

Marco D'Orazio Professore ordinario DICEA e Presidente commissione UNI Coperture  
Costanzo Di Perna professore Associato DICEA





La figura mostra l'andamento della temperatura dell'ambiente sottotetto con valori di riflettanza da 0,1 a 0,9.

La curva nera tratteggiata rappresenta la temperatura rilevata con la presenza di ventilazione sotto manto e con riflettanza di 0,35.

La curva nera tratteggiata in grafico evidenzia come la presenza di uno strato di ventilazione offra, in termini di confort, risultati migliori rispetto a quelli ottenibili mediante la sola adozione di materiali ad elevata riflettanza.

La ventilazione contribuisce inoltre a risolvere la problematica delle "isole di calore" limitando il surriscaldamento a scala urbana.

E' pertanto evidente che a parità di riflettanza la temperatura del sotto manto è notevolmente inferiore in presenza della sola ventilazione rispetto alla migliore ipotesi di elevata riflettanza.

A tal proposito è stata definita una "riflettanza equivalente" ( $R_e$ ) da assegnare al manto di copertura per considerare non solo la riflettanza misurata ma anche la capacità dissipativa dell'intercapedine d'aria.





curva delle temperature	Riflettanza RI	Tegole in cotto SRI	ventilazione	Temperatura °C	Riflettanza equivalente SRIE
	0,10	10	NO	29,3	
	0,35	37	NO	29,1	
	0,65	75	NO	28,5	
	0,90	98	NO	27,8	
	0,35	37	SI	27,4	0,627



Considerando il contributo della ventilazione relativamente alle proprietà radiative del manto di copertura (vedi grafico allegato) e tenendo conto che i benefici effettivi sul cool roof vengono amplificati dagli alti valori di emissività termica (0,85) tipici del nostro laterizio, si può affermare che la riflettanza equivalente di un tetto ventilato con **PORTOGHESI ROSSE** sia pari a 0,86

La riflettanza equivalente SRIE (solar reflex index equivalent) è un indicatore che misura effettivamente le prestazioni di un tetto, sia rispetto all'edificio, e quindi al confort interno dello stesso, sia rispetto all'ambiente circostante, riferito all'ormai noto fenomeno "isola di calore" delle aree molto urbanizzate, correlando la temperatura radiante del tetto in funzione della geometria del tetto, del colore e della tipologia di materiali e della presenza o meno del tetto ventilato.





## Conclusioni



- L'incremento degli spessori di isolamento determinerà riduzioni nei consumi energetici in fase invernale ma non riuscirà da solo a migliorare le condizioni di confort ambientale in fase estiva per ambienti sottotetto
- Si assisterà ad un possibile peggioramento delle condizioni ambientali interne in relazione all'effetto "scatola" ed al disaccoppiamento termoigrometrico del manto
- Occorrerà ripensare alcune strategie volte alla minimizzazione degli effetti di surriscaldamento
- Da un punto di vista igrometrico le tipologie non ventilate potranno manifestare problemi sia di formazione muffe (con solai lignei) sia di variazione di conducibilità dell'isolante se igroscopico
- Le coperture metalliche tendono ad innalzare fortemente le temperature superficiali interne con problemi di confort ambientale rispetto ad una copertura con manto in laterizio
- L'adozione di un solaio in laterocemento risulta significativo nello stabilizzare le oscillazioni nella temperatura superficiale del solaio