

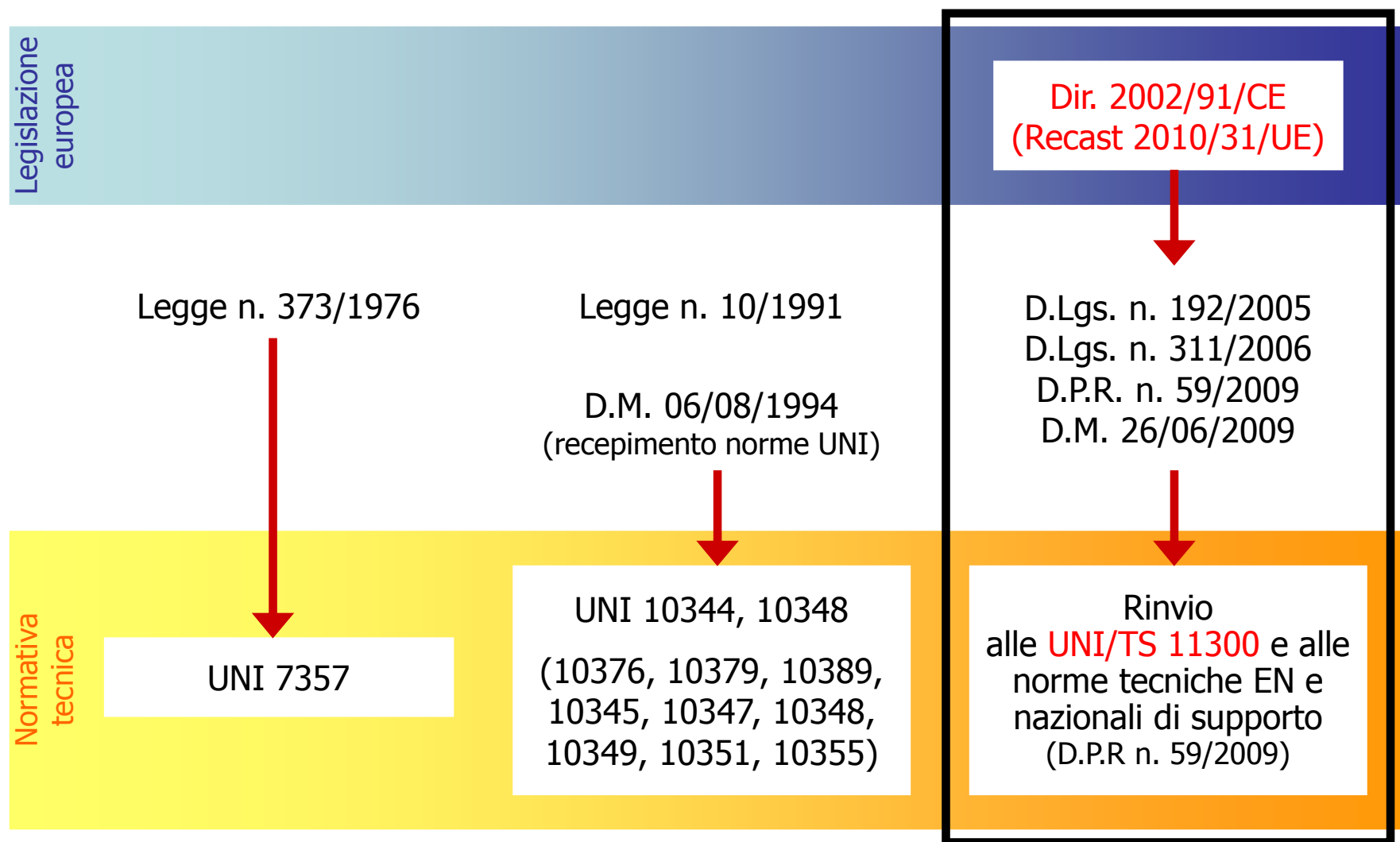


# **PRESTAZIONI ENERGETICHE DEGLI EDIFICI IN REGIME ESTIVO**

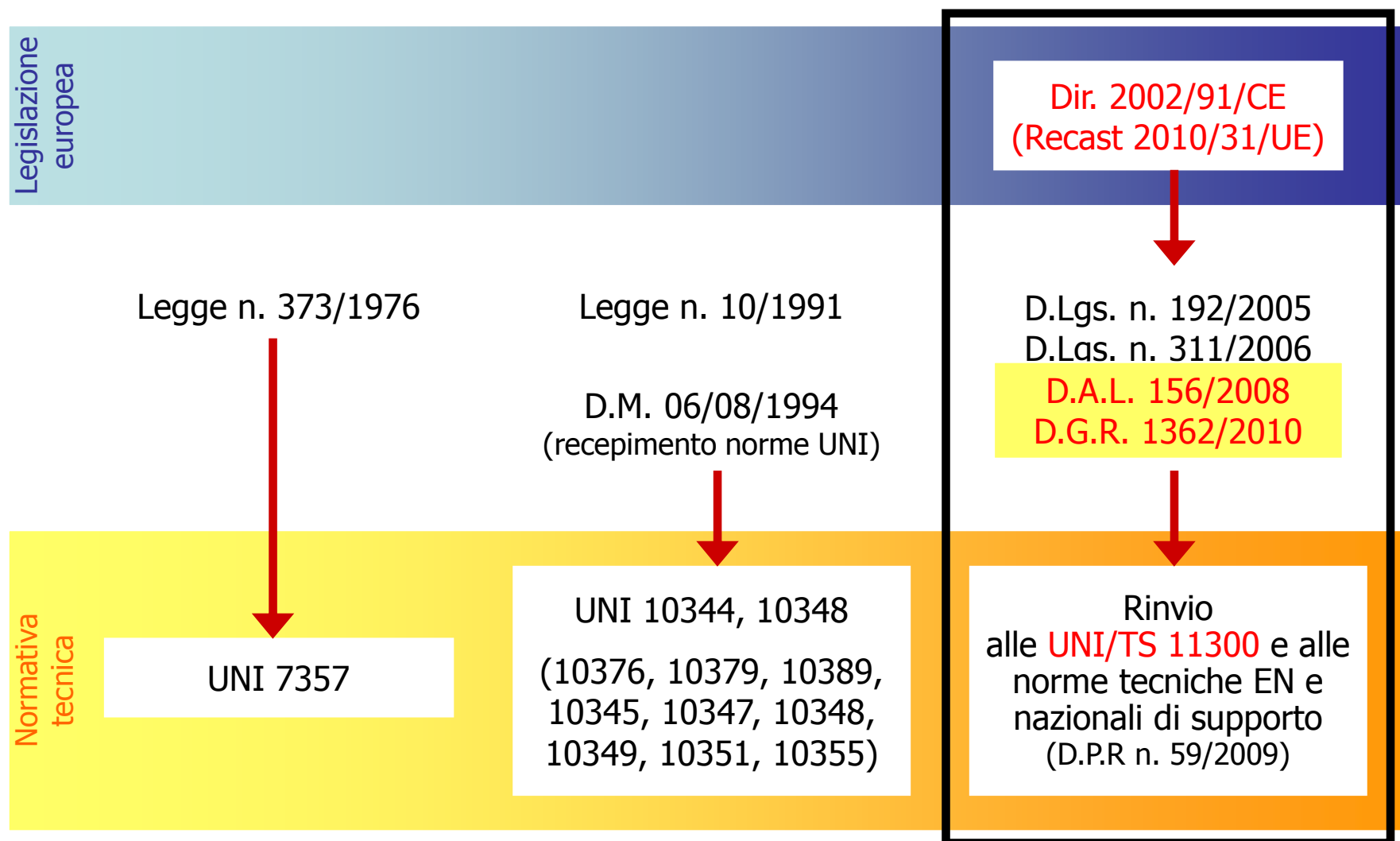
***Prof. Ing. Paolo Tartarini***

DIMeC – Dip. di Ingegneria Meccanica e Civile, Univ. di Modena e Reggio E.  
EELab – Laboratorio per l'Efficienza Energetica

## Quadro normativo nazionale



## Quadro normativo regionale



## **Edifici ad energia quasi zero (Direttiva 2010/31/UE)**

### **Articolo 9 – Edifici a energia quasi zero**

1. Gli Stati membri provvedono affinché:
  - a) entro il 31 dicembre 2020 **tutti gli edifici di nuova costruzione siano edifici a energia quasi zero**; e
  - b) a partire dal 31 dicembre 2018 gli edifici di nuova costruzione occupati da enti pubblici e di proprietà di questi ultimi siano edifici a energia quasi zero.

### **Articolo 2 – Definizioni**

- 2) «**edificio a energia quasi zero**»: edificio ad altissima prestazione energetica, determinata conformemente all'allegato I. Il **fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo** dovrebbe essere **coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili**, compresa l'energia da fonti rinnovabili **prodotta in loco o nelle vicinanze**;

**L'EDIFICIO A ENERGIA QUASI ZERO SI OTTIENE INNANZITUTTO  
LIMITANDO IL FABBISOGNO ENERGETICO DELL'INVOLUCRO EDILIZIO,  
INVERNALE ED ESTIVO, E SOLO DOPO OPERANDO SUGLI IMPIANTI!**

**D.P.R. 2 aprile 2009, n. 59**

ART. 4

*(Criteri generali e requisiti delle prestazioni energetiche degli edifici e degli impianti)*

[...]

3. Nel caso di edifici di nuova costruzione e nei casi di ristrutturazione di edifici esistenti, previsti dall'articolo 3, comma 2, lettere a)<sup>1</sup> e b)<sup>2</sup>, del decreto legislativo, si procede in sede progettuale alla determinazione della prestazione energetica per il raffrescamento estivo dell'involucro edilizio ( $EP_{e,inv}$ ), pari al rapporto tra il fabbisogno annuo di energia termica per il raffrescamento dell'edificio, calcolata tenendo conto della temperatura di progetto estiva secondo la norma UNI/TS 11300 – 1, e la superficie utile, per gli edifici residenziali, o il volume per gli edifici con altre destinazioni d'uso...

---

<sup>1</sup> RISTRUTTURAZIONE INTEGRALE DELL'INVOLUCRO O DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE PER EDIFICI CON  $S_u > 1000 \text{ m}^2$

<sup>2</sup> AMPLIAMENTI >20% DEL VOLUME ORIGINALE

**D.P.R. 2 aprile 2009, n. 59**

ART. 4

*(Criteri generali e requisiti delle prestazioni energetiche degli edifici e degli impianti)*

[...]

3. ... e alla verifica che la stessa sia non superiore a:
- a) per gli edifici residenziali di cui alla classe E1 [...] esclusi collegi, conventi, case di pena e caserme, ai seguenti valori:
    - 1) 40 kWh/m<sup>2</sup>anno nelle zone climatiche A e B;
    - 2) 30 kWh/m<sup>2</sup>anno nelle zone climatiche C, D, E, e F;
  - b) per tutti gli altri edifici ai seguenti valori:
    - 1) 14 kWh/m<sup>3</sup>anno nelle zone climatiche A e B;
    - 2) 10 kWh/m<sup>3</sup>anno nelle zone climatiche C, D, E, e F.

$$EP_{e,inv} = \frac{Q_{C,nd}}{S_u}$$

$$EP_{e,inv} = \frac{Q_{C,nd}}{V}$$

## **Calcolo delle prestazioni energetiche estive**

La prestazione del sistema edificio-impianto è il risultato delle prestazioni delle sue singole parti, articolate come segue:

- **fabbisogno di energia termica per il riscaldamento e il raffrescamento ambiente** ⇒ UNI TS 11300-1
- rendimento e fabbisogno di energia primaria degli impianti di climatizzazione invernale ⇒ UNI TS 11300-2
- rendimento e fabbisogno di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria ⇒ UNI TS 11300-2
- **rendimento e il fabbisogno di energia primaria degli impianti di climatizzazione estiva** ⇒ UNI TS 11300-3 (pubblicata a marzo 2010, ritirata?)
- risparmio di energia primaria ottenibile utilizzando energie rinnovabili ed altri metodi di generazione per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria ⇒ UNI TS 11300-4 (in preparazione)

## Fabbisogno di energia termica per raffrescamento

(UNI TS 11300-1)

Il **fabbisogno di energia termica per raffrescamento**,  $Q_{C,nd}$  [kWh], cioè la quantità di calore che deve essere sottratta ad un ambiente climatizzato per mantenere le condizioni di temperatura desiderate durante un dato periodo, si calcola con la formula:

$$Q_{C,nd} = Q_{int} + Q_{sol} - \eta_{C,ls} \cdot (Q_{C,tr} + Q_{C,ve})$$

$$EP_{e,invol} = \frac{Q_{C,nd}}{S_u} \approx \frac{Q_{sol}}{S_u} \quad \text{oppure} \quad EP_{e,invol} = \frac{Q_{C,nd}}{V} \approx \frac{Q_{sol}}{V}$$

ove

$Q_{int}$  apporti interni [kWh]

$Q_{sol}$  apporti solari [kWh]

$Q_{C,tr}$  dispersioni per trasmissione [kWh]

$Q_{C,ve}$  dispersioni ventilazione [kWh]

$\eta_{C,ls}$  coefficiente di utilizzo delle dispersioni

## Fabbisogno di effettivo di energia termica per raffrescamento

(UNI TS 11300-3)

Il **fabbisogno effettivo di energia termica per raffrescamento**,  $Q_{C,r}$  [kWh], si calcola con la formula:

$$Q_{Cr} = Q_{C,nd} + Q_{l,e} + Q_{l,rg} + Q_{l,d} + Q_{l,d,s} - Q_{rr}$$

ove

- $Q_{C,nd}$  fabbisogno termico ideale dell'edificio (secondo UNI/TS 11300-1) [kWh]
- $Q_{l,e}$  perdite totali di emissione [kWh]
- $Q_{l,rg}$  perdite totali di regolazione [kWh]
- $Q_{l,d}$  perdite totali di distribuzione [kWh]
- $Q_{l,d,s}$  perdite totali dei serbatoi di accumulo inerziale [kWh]
- $Q_{rr}$  energia termica recuperata [kWh]

## Fabbisogno di energia primaria per raffrescamento

(UNI TS 11300-3)

Il **fabbisogno di energia primaria per raffrescamento**,  $Q_{C,p}$  [kWh], si calcola con la formula :

$$Q_{C,p} = \sum_{\text{mese}} \left[ \sum_x \left( \frac{Q_{Cr,x} + Q_{v,x}}{\eta_{mm,x}} \times f_{p,x} \right) + Q_{aux} \times f_{p,el} \right]$$

ove

$Q_{Cr,x}$  fabbisogno effettivo per raffrescamento [kWh]

$Q_{v,x}$  fabbisogno per trattamenti dell'aria [kWh]

$\eta_{mm,x}$  coefficiente di prestazione medio mensile del sistema di produzione dell'energia frigorifera

$f_{p,x}$  fattore di conversione in energia primaria del vettore energetico x-esimo

$x$  indice del vettore energetico x-esimo utilizzato e del relativo generatore

$Q_{aux}$  fabbisogno di energia elettrica per ausiliari degli impianti di [kWhel]

$f_{p,el}$  fattore di conversione in energia primaria dell'energia elettrica (AEEG)

## Calcolo degli apporti solari

(UNI TS 11300-1)

$$Q_{C,nd} = Q_{int} + Q_{sol} - \eta_{C,ls} \cdot (Q_{C,tr} + Q_{C,ve})$$

Sono dati dalla sommatoria degli apporti attraverso ogni k-esimo elemento (opaco o trasparente) dell'involucro edilizio:

$$Q_{sol} = \left[ \sum_k (F_{sh,ob,k} \cdot A_{sol,k} \cdot I_{sol,k}) \right] \cdot t$$

ove

$F_{sh,ob,k}$  fattore di riduzione dovuto ad ombreggiamenti

$A_{sol,k}$  area di captazione solare effettiva [m<sup>2</sup>]

$I_{sol,k}$  irradianza solare media giornaliera [W/m<sup>2</sup>]

$t$  periodo di calcolo [s]

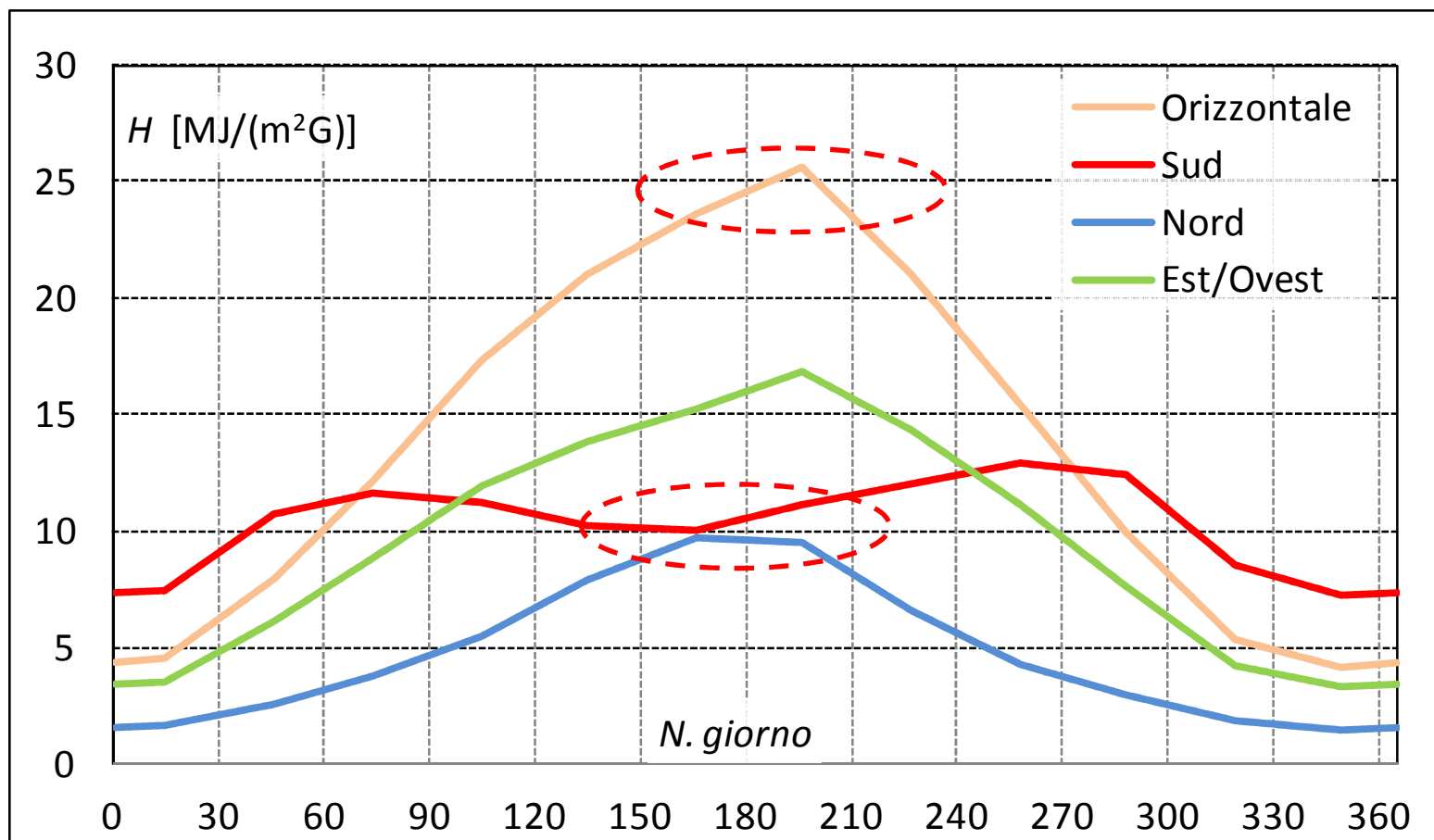
# Apporti solari giornalieri (UNI 10349)

Prospetto VIII — Irradiazione solare giornaliera media mensile diretta  $\bar{H}_{dh}$  e diffusa  $\bar{H}_{bh}$  sul piano orizzontale

| N° | GENNAIO                             |                                     | FEBBRAIO                            |                                     | MARZO                               |                                     | APRILE                              |                                     | MAGGIO                              |                                     | GIUGNO                              |                                     | LUGLIO                              |                                     | AGOSTO                              |                                     | SETTEMBRE                           |                                     | OTTOBRE                             |                                     | NOVEMBRE                            |                                     | DICEMBRE                            |                                     |
|----|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
|    | $\bar{H}_{dh}$<br>MJ/m <sup>2</sup> | $\bar{H}_{bh}$<br>MJ/m <sup>2</sup> | $\bar{H}_{dh}$<br>MJ/m <sup>2</sup> | $\bar{H}_{bh}$<br>MJ/m <sup>2</sup> | $\bar{H}_{dh}$<br>MJ/m <sup>2</sup> | $\bar{H}_{bh}$<br>MJ/m <sup>2</sup> | $\bar{H}_{dh}$<br>MJ/m <sup>2</sup> | $\bar{H}_{bh}$<br>MJ/m <sup>2</sup> | $\bar{H}_{dh}$<br>MJ/m <sup>2</sup> | $\bar{H}_{bh}$<br>MJ/m <sup>2</sup> | $\bar{H}_{dh}$<br>MJ/m <sup>2</sup> | $\bar{H}_{bh}$<br>MJ/m <sup>2</sup> | $\bar{H}_{dh}$<br>MJ/m <sup>2</sup> | $\bar{H}_{bh}$<br>MJ/m <sup>2</sup> | $\bar{H}_{dh}$<br>MJ/m <sup>2</sup> | $\bar{H}_{bh}$<br>MJ/m <sup>2</sup> | $\bar{H}_{dh}$<br>MJ/m <sup>2</sup> | $\bar{H}_{bh}$<br>MJ/m <sup>2</sup> | $\bar{H}_{dh}$<br>MJ/m <sup>2</sup> | $\bar{H}_{bh}$<br>MJ/m <sup>2</sup> | $\bar{H}_{dh}$<br>MJ/m <sup>2</sup> | $\bar{H}_{bh}$<br>MJ/m <sup>2</sup> | $\bar{H}_{dh}$<br>MJ/m <sup>2</sup> | $\bar{H}_{bh}$<br>MJ/m <sup>2</sup> |
| 1  | 3,4                                 | 5,4                                 | 4,2                                 | 8,3                                 | 5,3                                 | 11,6                                | 6,2                                 | 16,0                                | 6,3                                 | 20,6                                | 6,0                                 | 23,5                                | 5,4                                 | 24,2                                | 4,8                                 | 22,2                                | 4,9                                 | 16,0                                | 4,3                                 | 10,3                                | 3,5                                 | 6,6                                 | 3,0                                 | 5,2                                 |
| 2  | 2,4                                 | 2,3                                 | 3,5                                 | 4,0                                 | 5,1                                 | 6,5                                 | 6,7                                 | 9,1                                 | 7,9                                 | 10,6                                | 8,4                                 | 12,1                                | 7,7                                 | 14,9                                | 7,0                                 | 11,0                                | 5,6                                 | 7,8                                 | 4,0                                 | 4,5                                 | 2,7                                 | 2,6                                 | 2,1                                 | 2,1                                 |
| 3  | 2,5                                 | 1,8                                 | 3,7                                 | 3,9                                 | 5,2                                 | 6,9                                 | 6,6                                 | 11,7                                | 7,4                                 | 15,7                                | 7,9                                 | 16,2                                | 6,9                                 | 19,1                                | 6,4                                 | 15,6                                | 5,4                                 | 10,6                                | 4,1                                 | 6,4                                 | 2,8                                 | 2,7                                 | 2,3                                 | 1,8                                 |
| 4  | 2,4                                 | 2,9                                 | 3,4                                 | 4,6                                 | 4,9                                 | 7,2                                 | 6,7                                 | 9,0                                 | 7,9                                 | 10,3                                | 8,4                                 | 11,5                                | 8,0                                 | 13,0                                | 7,1                                 | 10,4                                | 5,6                                 | 7,6                                 | 3,9                                 | 4,8                                 | 2,6                                 | 3,5                                 | 2,1                                 | 2,7                                 |
| 5  | 2,8                                 | 2,6                                 | 3,8                                 | 4,4                                 | 5,3                                 | 7,3                                 | 6,8                                 | 10,4                                | 7,8                                 | 13,0                                | 8,0                                 | 15,7                                | 7,1                                 | 18,5                                | 6,3                                 | 16,0                                | 5,5                                 | 10,8                                | 4,2                                 | 6,2                                 | 3,0                                 | 3,4                                 | 2,5                                 | 2,3                                 |
| 6  | 2,8                                 | 3,2                                 | 3,8                                 | 4,6                                 | 5,3                                 | 6,7                                 | 6,9                                 | 7,9                                 | 8,0                                 | 11,3                                | 8,4                                 | 12,7                                | 7,7                                 | 15,9                                | 7,0                                 | 13,1                                | 5,7                                 | 10,0                                | 4,2                                 | 6,4                                 | 3,0                                 | 3,4                                 | 2,5                                 | 2,6                                 |
| 7  | 2,6                                 | 2,5                                 | 3,7                                 | 3,9                                 | 5,2                                 | 6,0                                 | 6,9                                 | 8,2                                 | 8,0                                 | 11,2                                | 8,2                                 | 14,0                                | 7,7                                 | 15,4                                | 7,0                                 | 12,2                                | 5,6                                 | 9,3                                 | 4,2                                 | 5,2                                 | 2,9                                 | 2,9                                 | 2,3                                 | 1,8                                 |
| 8  | 2,5                                 | 2,7                                 | 3,5                                 | 4,4                                 | 5,1                                 | 6,9                                 | 6,7                                 | 9,6                                 | 7,9                                 | 10,7                                | 8,4                                 | 12,2                                | 7,8                                 | 14,7                                | 7,1                                 | 10,7                                | 5,6                                 | 7,5                                 | 4,0                                 | 5,1                                 | 2,7                                 | 2,9                                 | 2,1                                 | 2,7                                 |
| 9  | 2,9                                 | 2,5                                 | 4,0                                 | 4,4                                 | 5,5                                 | 7,2                                 | 6,8                                 | 11,3                                | 7,6                                 | 14,7                                | 7,8                                 | 16,9                                | 6,6                                 | 20,3                                | 6,0                                 | 17,9                                | 5,4                                 | 12,3                                | 4,3                                 | 7,7                                 | 3,2                                 | 3,8                                 | 2,6                                 | 2,3                                 |
| 10 | 3,0                                 | 3,6                                 | 3,9                                 | 6,2                                 | 5,3                                 | 9,2                                 | 6,3                                 | 14,3                                | 6,8                                 | 18,5                                | 6,7                                 | 21,3                                | 5,9                                 | 22,7                                | 5,4                                 | 19,8                                | 5,0                                 | 14,0                                | 4,0                                 | 9,2                                 | 3,1                                 | 4,9                                 | 2,7                                 | 3,0                                 |
| 11 | 2,3                                 | 1,9                                 | 3,4                                 | 3,5                                 | 5,0                                 | 6,3                                 | 6,7                                 | 8,9                                 | 7,9                                 | 11,2                                | 8,4                                 | 12,2                                | 7,8                                 | 14,6                                | 6,9                                 | 11,9                                | 5,5                                 | 8,5                                 | 3,9                                 | 5,2                                 | 2,6                                 | 2,1                                 | 2,1                                 | 1,8                                 |
| 12 | 2,3                                 | 2,0                                 | 3,4                                 | 4,1                                 | 4,9                                 | 7,0                                 | 6,7                                 | 8,6                                 | 7,9                                 | 11,4                                | 8,4                                 | 12,1                                | 7,9                                 | 14,0                                | 7,0                                 | 10,8                                | 5,5                                 | 8,4                                 | 3,8                                 | 5,3                                 | 2,5                                 | 2,3                                 | 2,0                                 | 1,9                                 |
| 13 | 2,3                                 | 2,6                                 | 4,0                                 | 4,7                                 | 5,5                                 | 7,4                                 | 6,9                                 | 10,3                                | 7,8                                 | 13,1                                | 7,8                                 | 16,8                                | 6,8                                 | 19,6                                | 6,3                                 | 16,6                                | 5,7                                 | 10,7                                | 4,3                                 | 6,8                                 | 3,2                                 | 3,4                                 | 2,6                                 | 2,3                                 |
| 14 | 2,5                                 | 2,0                                 | 3,6                                 | 4,3                                 | 5,1                                 | 7,0                                 | 6,6                                 | 10,7                                | 7,7                                 | 13,3                                | 8,0                                 | 15,6                                | 7,1                                 | 18,5                                | 6,6                                 | 14,4                                | 5,4                                 | 10,0                                | 4,0                                 | 5,9                                 | 2,7                                 | 2,6                                 | 2,2                                 | 1,9                                 |
| 15 | 3,6                                 | 4,0                                 | 4,0                                 | 5,3                                 | 5,4                                 | 8,7                                 | 6,6                                 | 13,0                                | 7,4                                 | 16,1                                | 7,1                                 | 19,9                                | 6,4                                 | 21,0                                | 6,0                                 | 17,9                                | 5,3                                 | 13,1                                | 4,1                                 | 8,9                                 | 3,2                                 | 4,7                                 | 2,7                                 | 3,2                                 |
| 16 | 2,4                                 | 2,2                                 | 3,5                                 | 4,3                                 | 5,0                                 | 7,4                                 | 6,7                                 | 9,4                                 | 7,8                                 | 12,6                                | 8,2                                 | 14,3                                | 7,4                                 | 17,0                                | 6,7                                 | 13,5                                | 5,4                                 | 9,3                                 | 3,9                                 | 5,3                                 | 2,6                                 | 2,7                                 | 2,1                                 | 2,2                                 |
| 17 | 2,3                                 | 2,2                                 | 3,3                                 | 4,9                                 | 4,9                                 | 7,8                                 | 6,6                                 | 9,9                                 | 7,8                                 | 12,5                                | 8,4                                 | 12,9                                | 7,8                                 | 14,7                                | 6,9                                 | 11,6                                | 5,4                                 | 8,8                                 | 3,8                                 | 5,5                                 | 2,5                                 | 2,6                                 | 2,0                                 | 1,9                                 |
| 18 | 3,2                                 | 4,1                                 | 4,2                                 | 5,6                                 | 5,5                                 | 8,9                                 | 6,9                                 | 11,6                                | 7,6                                 | 14,9                                | 7,7                                 | 17,3                                | 6,5                                 | 20,8                                | 6,2                                 | 17,7                                | 5,7                                 | 11,9                                | 4,5                                 | 7,7                                 | 3,4                                 | 4,7                                 | 2,9                                 | 3,5                                 |
| 19 | 2,9                                 | 3,3                                 | 3,9                                 | 5,6                                 | 5,4                                 | 8,1                                 | 6,7                                 | 12,0                                | 7,4                                 | 16,1                                | 7,6                                 | 17,7                                | 6,9                                 | 19,6                                | 6,2                                 | 16,9                                | 5,4                                 | 12,0                                | 4,2                                 | 7,8                                 | 3,1                                 | 4,2                                 | 2,6                                 | 3,0                                 |
| 20 | 2,9                                 | 3,9                                 | 3,9                                 | 5,8                                 | 5,3                                 | 9,2                                 | 6,6                                 | 12,8                                | 7,3                                 | 16,5                                | 7,0                                 | 20,1                                | 6,2                                 | 21,6                                | 5,9                                 | 18,3                                | 5,2                                 | 13,1                                | 4,0                                 | 8,9                                 | 3,1                                 | 4,7                                 | 2,6                                 | 3,3                                 |
| 21 | 2,8                                 | 3,1                                 | 3,9                                 | 4,9                                 | 5,3                                 |                                     |                                     |                                     |                                     | 16,0                                | 7,8                                 | 17,0                                | 6,8                                 | 19,6                                | 6,4                                 | 16,1                                | 5,3                                 | 11,8                                | 4,0                                 | 7,8                                 | 3,0                                 | 3,8                                 | 2,5                                 | 2,6                                 |
| 22 | 3,3                                 | 5,7                                 | 4,2                                 | 7,7                                 | 5,5                                 |                                     |                                     |                                     |                                     | 18,6                                | 6,6                                 | 21,6                                | 6,1                                 | 22,1                                | 5,6                                 | 19,8                                | 5,4                                 | 14,1                                | 4,5                                 | 9,3                                 | 3,4                                 | 6,6                                 | 3,0                                 | 5,0                                 |
| 23 | 2,5                                 | 3,0                                 | 3,6                                 | 4,5                                 | 5,2                                 |                                     |                                     |                                     |                                     | 8,4                                 | 8,5                                 | 10,1                                | 8,1                                 | 12,2                                | 7,2                                 | 8,8                                 | 5,7                                 | 6,7                                 | 4,1                                 | 4,6                                 | 2,8                                 | 3,1                                 | 2,2                                 | 2,8                                 |
| 24 | 2,4                                 | 2,2                                 | 3,4                                 | 3,4                                 | 5,0                                 |                                     |                                     |                                     |                                     | 10,2                                | 8,4                                 | 12,1                                | 7,9                                 | 14,2                                | 7,0                                 | 11,0                                | 5,6                                 | 7,5                                 | 3,9                                 | 5,1                                 | 2,6                                 | 2,3                                 | 2,1                                 | 1,9                                 |
| 25 | 2,3                                 | 1,6                                 | 3,5                                 | 3,3                                 | 5,1                                 |                                     |                                     |                                     |                                     | 12,7                                | 8,0                                 | 15,8                                | 7,2                                 | 17,8                                | 6,7                                 | 13,5                                | 5,5                                 | 8,8                                 | 4,0                                 | 4,4                                 | 2,6                                 | 1,9                                 | 2,0                                 | 1,3                                 |
| 26 | 3,2                                 | 4,5                                 | 3,9                                 | 7,9                                 | 4,9                                 |                                     |                                     |                                     |                                     | 18,9                                | 6,0                                 | 23,6                                | 5,8                                 | 23,1                                | 5,2                                 | 20,8                                | 4,9                                 | 15,1                                | 4,3                                 | 8,6                                 | 3,2                                 | 6,2                                 | 2,8                                 | 4,9                                 |
| 27 | 3,3                                 | 5,7                                 | 4,2                                 | 7,7                                 | 5,5                                 |                                     |                                     |                                     |                                     | 18,6                                | 6,6                                 | 21,6                                | 6,1                                 | 22,1                                | 5,6                                 | 19,8                                | 5,4                                 | 14,1                                | 4,5                                 | 9,2                                 | 3,4                                 | 6,6                                 | 3,0                                 | 5,0                                 |
| 28 | 3,2                                 | 4,1                                 | 4,1                                 | 7,1                                 | 5,7                                 | 7,1                                 | 6,9                                 | 12,0                                | 7,5                                 | 15,6                                | 7,1                                 | 19,8                                | 6,5                                 | 20,9                                | 5,6                                 | 19,6                                | 5,9                                 | 10,9                                | 4,5                                 | 8,0                                 | 3,5                                 | 4,4                                 | 2,9                                 | 3,6                                 |
| 29 | 3,3                                 | 5,6                                 | 4,2                                 | 7,7                                 | 5,5                                 | 10,6                                | 6,5                                 | 14,6                                | 6,8                                 | 18,9                                | 6,5                                 | 22,1                                | 6,0                                 | 22,6                                | 5,4                                 | 20,5                                | 5,3                                 | 14,5                                | 4,5                                 | 9,4                                 | 3,4                                 | 6,7                                 | 3,0                                 | 4,9                                 |
| 30 | 2,5                                 | 2,1                                 | 3,6                                 | 4,1                                 | 5,2                                 | 5,7                                 | 6,7                                 | 10,7                                | 7,7                                 | 13,4                                | 8,2                                 | 14,2                                | 7,5                                 | 16,4                                | 7,0                                 | 12,2                                | 5,4                                 | 10,2                                | 3,9                                 | 6,8                                 | 2,7                                 | 2,0                                 | 2,1                                 | 1,3                                 |
| 31 | 2,9                                 | 3,5                                 | 3,9                                 | 5,8                                 | 5,3                                 | 8,6                                 | 6,5                                 | 13,0                                | 7,3                                 | 16,5                                | 7,5                                 | 18,2                                | 6,8                                 | 19,8                                | 6,2                                 | 17,0                                | 5,3                                 | 12,5                                | 4,1                                 | 8,4                                 | 3,1                                 | 4,6                                 | 2,6                                 | 3,1                                 |
| 32 | 2,6                                 | 2,7                                 | 3,7                                 | 4,5                                 | 5,2                                 | 7,0                                 | 6,7                                 | 10,7                                | 7,6                                 | 14,3                                | 7,9                                 | 16,2                                | 7,0                                 | 18,6                                | 6,5                                 | 15,2                                | 5,3                                 | 11,0                                | 4,0                                 | 6,9                                 | 2,9                                 | 3,2                                 | 2,3                                 | 2,3                                 |
| 33 | 2,5                                 | 2,3                                 | 3,6                                 | 4,3                                 | 5,1                                 | 7,5                                 | 6,6                                 | 11,1                                | 7,5                                 | 14,7                                | 7,7                                 | 17,6                                | 6,7                                 | 19,9                                | 6,3                                 | 15,9                                | 5,2                                 | 11,4                                | 4,0                                 | 6,3                                 | 2,8                                 | 2,7                                 | 2,2                                 | 1,9                                 |
| 34 | 2,9                                 | 3,6                                 | 3,9                                 | 5,3                                 | 5,3                                 | 8,5                                 | 6,7                                 | 10,7                                | 7,7                                 | 13,2                                | 7,6                                 | 17,0                                | 6,9                                 | 19,0                                | 6,4                                 | 15,9                                | 5,4                                 | 11,8                                | 4,2                                 | 7,4                                 | 3,1                                 | 4,3                                 | 2,5                                 | 3,1                                 |
| 35 | 2,5                                 | 2,8                                 | 3,6                                 | 4,6                                 | 5,1                                 | 7,4                                 | 6,7                                 | 10,2                                | 7,8                                 | 12,8                                | 8,2                                 | 14,5                                | 7,4                                 | 17,4                                | 6,8                                 | 13,7                                | 5,5                                 | 9,9                                 | 4,0                                 | 6,6                                 | 2,8                                 | 3,0                                 | 2,2                                 | 2,7                                 |

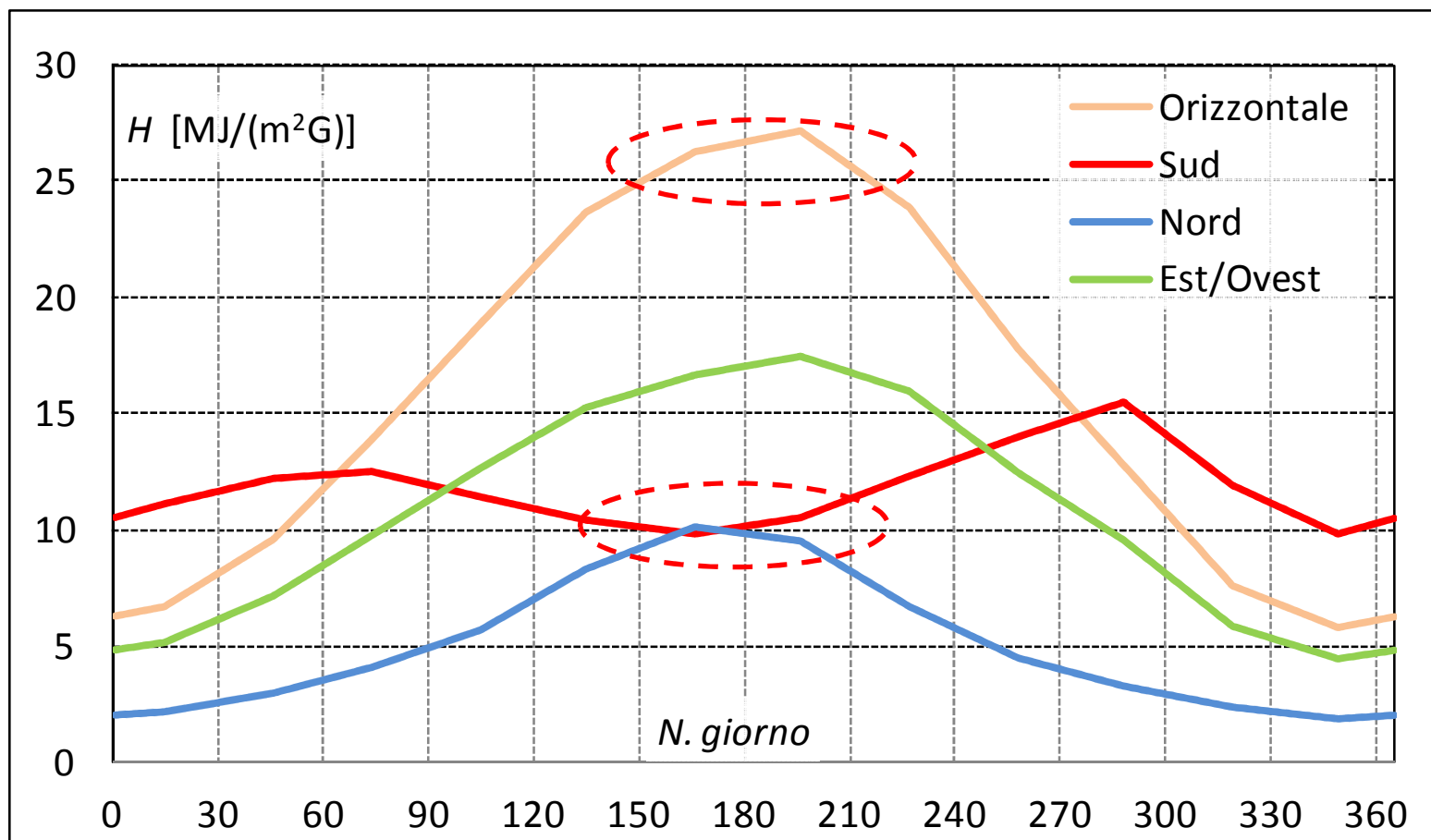
$$I_{sol,k} = \frac{\bar{H}}{t_{day}}$$

## Apporti solari giornalieri (UNI 10349): Modena



A causa dell'elevata frazione di radiazione diffusa, l'irradiazione giornaliera estiva a nord (dove solitamente non si installano schermi) è simile a quella a sud. La massima irradiazione giornaliera estiva si ha sulle coperture.

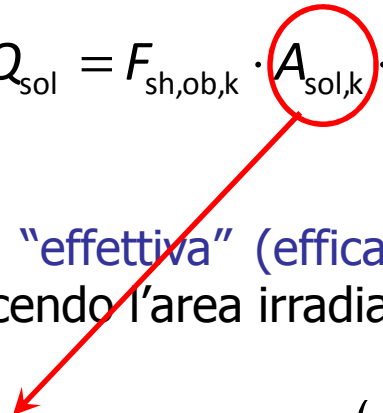
## Apporti solari giornalieri (UNI 10349): Napoli



A causa dell'elevata frazione di radiazione diffusa, l'irradiazione giornaliera estiva a nord (dove solitamente non si installano schermi) è simile a quella a sud

La massima irradiazione giornaliera estiva si ha sulle **coperture**.

## Calcolo degli apporti solari attraverso gli elementi trasparenti

$$Q_{\text{sol}} = F_{\text{sh,ob,k}} \cdot A_{\text{sol,k}} \cdot I_{\text{sol,k}} \cdot t$$


L'area di captazione solare "effettiva" (efficace?) del k-esimo elemento vetrato dell'involucro si calcola riducendo l'area irradiata secondo la formula:

$$A_{\text{sol,k}} = \tau_{\text{gl,k}} \cdot F_{\text{sh,gl,k}} \cdot (1 - F_{\text{f,k}}) \cdot A_k$$

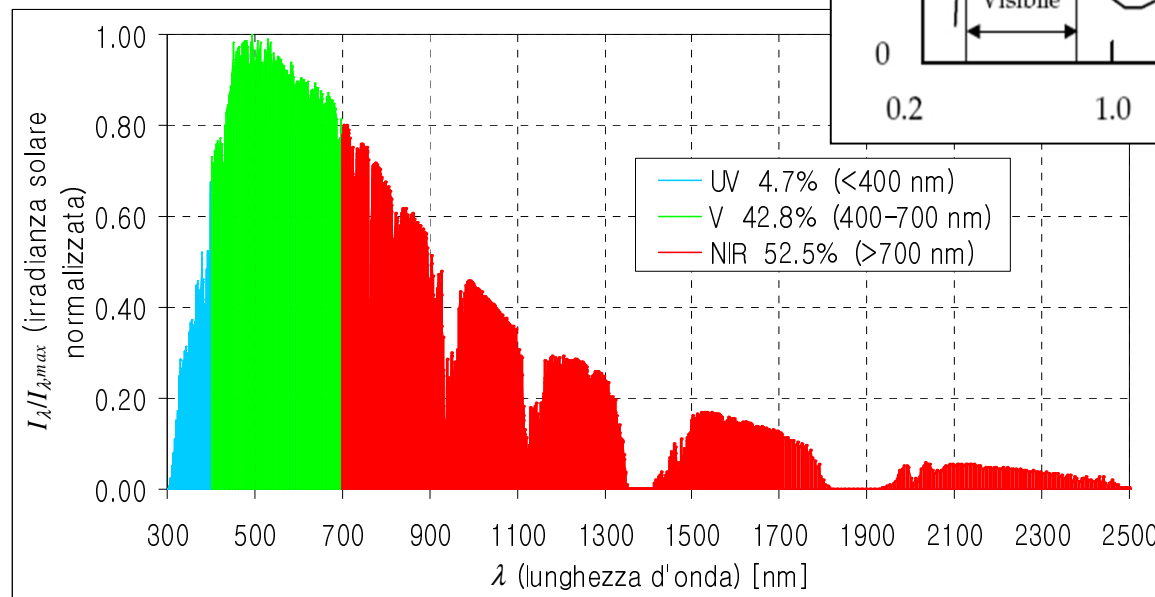
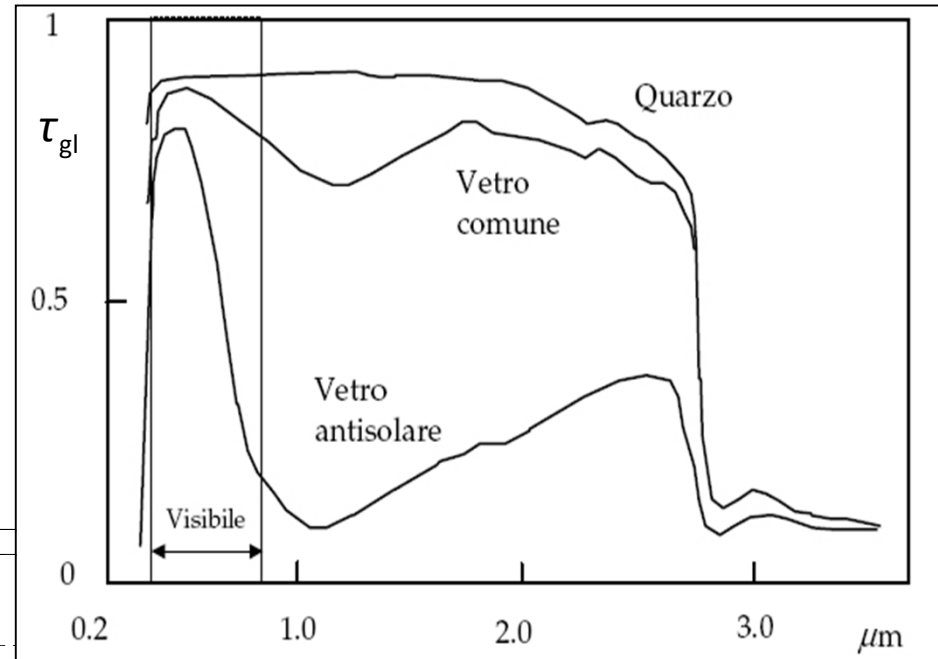
ove

- $\tau_{\text{gl,k}}$  trasmittanza solare della parte vetrata dell'elemento
- $F_{\text{sh,gl,k}}$  fattore di riduzione relativo all'utilizzo di schermature mobili
- $F_{\text{f,k}}$  frazione di copertura del telaio (rapporto tra l'area proiettata del telaio e l'area proiettata totale dell'elemento vetrato)
- $A_k$  area proiettata totale dell'elemento vetrato (area della luce finestra)  
[m<sup>2</sup>]

## Calcolo degli apporti solari attraverso gli elementi trasparenti

$$Q_{\text{sol}} = F_{\text{sh,ob,k}} \cdot A_{\text{sol,k}} \cdot I_{\text{sol,k}} \cdot t$$

$$A_{\text{sol,k}} = \tau_{\text{gl,k}} \cdot F_{\text{sh,gl,k}} \cdot (1 - F_{\text{f,k}}) \cdot A_k$$



Il **vetro antisolare selettivo** lascia passare prevalentemente la radiazione nel visibile, assorbendo quella nell'infrarosso

## Calcolo degli apporti solari attraverso gli elementi opachi

$$Q_{\text{sol}} = F_{\text{sh,ob,k}} \cdot A_{\text{sol,k}} \cdot I_{\text{sol,k}} \cdot t$$

L'area di captazione solare effettiva del k-esimo elemento opaco dell'involucro si calcola riducendo l'area irradiata secondo la formula:

$$A_{\text{sol,k}} = (1 - r_{\text{sol,k}}) \cdot R_{\text{se,k}} \cdot U_k \cdot A_k$$

ove

|                    |                                                                                  |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| $r_{\text{sol,k}}$ | riflettanza solare della superficie esterna dell'elemento opaco                  |
| $R_{\text{se,k}}$  | resistenza termica superficiale esterna dell'elemento opaco [m <sup>2</sup> K/W] |
| $U_k$              | trasmittanza termica dell'elemento opaco [W/(m <sup>2</sup> K)]                  |
| $A_k$              | area proiettata totale dell'elemento opaco [m <sup>2</sup> ]                     |

## Calcolo degli apporti solari attraverso gli elementi opachi

$$Q_{\text{sol}} = F_{\text{sh,ob,k}} \cdot A_{\text{sol,k}} \cdot I_{\text{sol,k}} \cdot t$$

$$A_{\text{sol,k}} = (1 - r_{\text{sol,k}}) \cdot R_{\text{se,k}} \cdot U_k \cdot A_k$$

La **resistenza superficiale esterna** include contributi convettivo e radiativo:

$$R_{\text{se,k}} = \frac{1}{h_{\text{ce}} + h_{\text{re,k}}}$$

ove

$$h_{\text{ce}} = 4 + 4 \cdot v_{\text{vento}} \quad \text{coefficiente di convezione esterno [W/(m}^2\text{K)]}$$

$$h_{\text{re,k}} \quad \text{coefficiente di irraggiamento esterno [W/(m}^2\text{K)]:}$$

$$h_{\text{re,k}} = e_{\text{ter,k}} \cdot 4 \cdot \sigma_0 \cdot T_{\text{me,k}}^3$$

$e_{\text{ter,k}}$  **emissività termica** della superficie esterna dell'elemento opaco k-esimo  
( $e_{\text{ter}} \approx 0.9$  per superfici non metalliche)

$$\sigma_0 = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W/(m}^2\text{K}^4) \text{ costante}$$

$T_{\text{me,k}}$  media delle temp. termodinamiche della superficie e dell'ambiente [K]

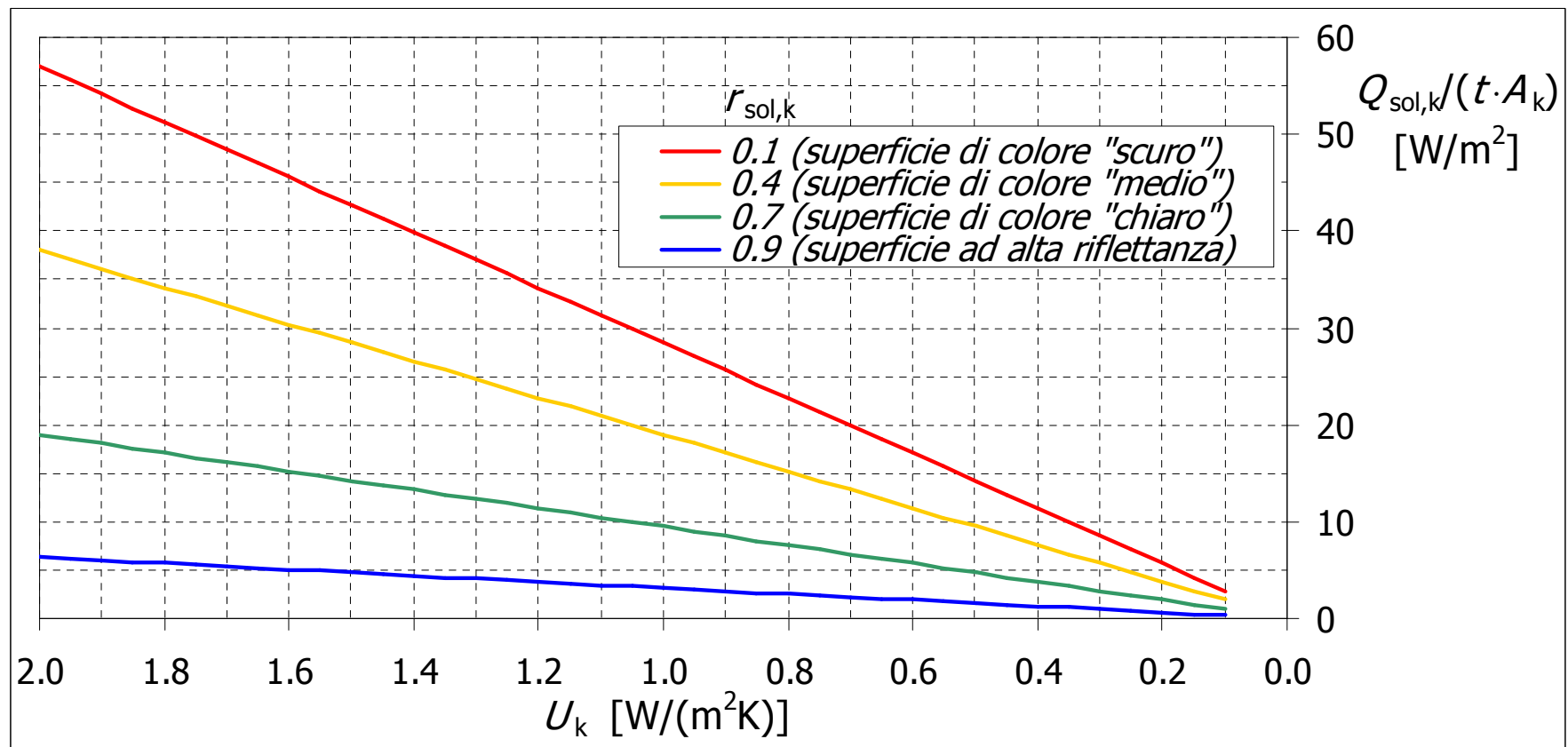
## Riflettanza solare ed emissività termica

In definitiva, gli apporti solari attraverso gli elementi opachi dell'involucro dipendono, oltre che dalle condizioni meteorologiche del sito (irradianza solare media giornaliera, temperatura ambiente, velocità del vento) e dall'ombreggiamento della parete, dalla riflettanza solare e dall'emissività termica:

$$Q_{\text{sol},k} = U_k \cdot A_k \cdot \frac{F_{\text{sh,ob},k} \cdot (1 - r_{\text{sol},k}) \cdot I_{\text{sol},k}}{(4 + 4 \cdot v_{\text{vento}}) + e_{\text{ter},k} \cdot 4 \cdot \sigma_0 \cdot T_{\text{me},k}^3} \cdot t$$

## Apporti solari estivi attraverso gli elementi opachi

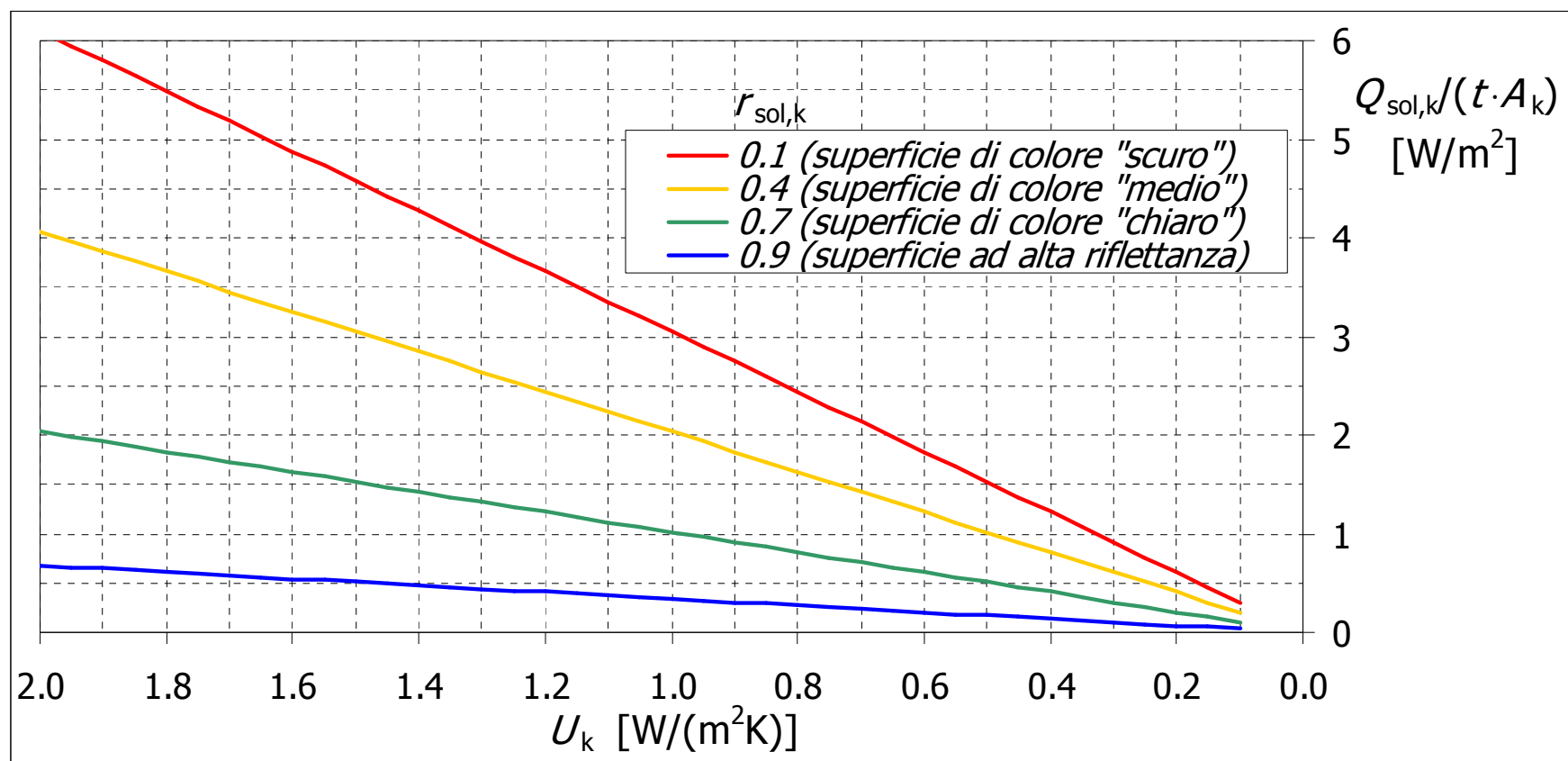
$$Q_{\text{sol},k} = U_k \cdot A_k \cdot \frac{F_{\text{sh,ob},k} \cdot (1 - r_{\text{sol},k}) \cdot I_{\text{sol},k}}{(4 + 4 \cdot v_{\text{vento}}) + e_{\text{ter},k} \cdot 4 \cdot \sigma_0 \cdot T_{\text{me},k}^3} \cdot t$$



Modena, superficie orizzontale, mese di **luglio**,  $v_{\text{vento}} = 0$  m/s,  $e_{\text{ter},k} = 0.9$

## Apporti solari invernali attraverso gli elementi opachi

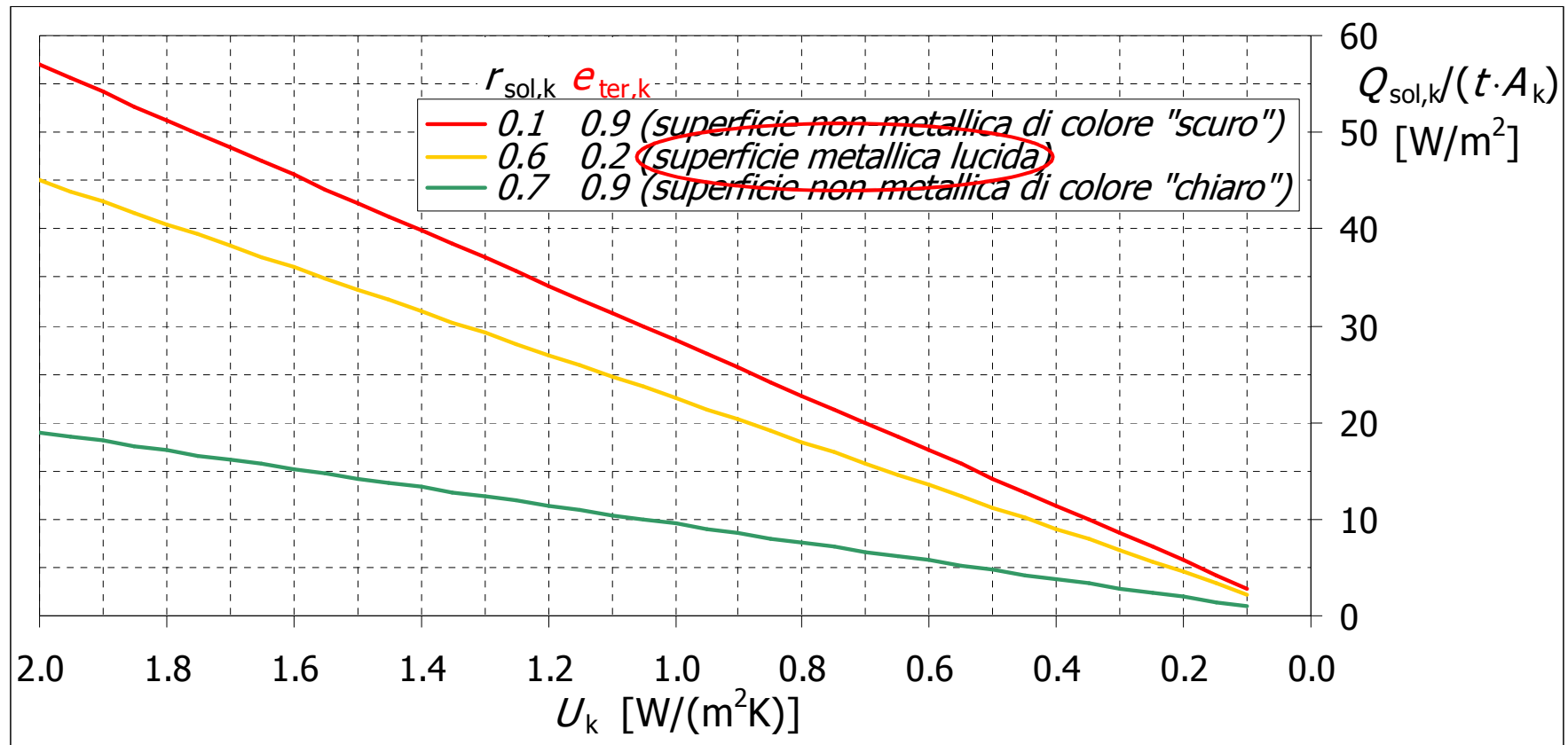
$$Q_{\text{sol},k} = U_k \cdot A_k \cdot \frac{F_{\text{sh},\text{ob},k} \cdot (1 - r_{\text{sol},k}) \cdot I_{\text{sol},k}}{(4 + 4 \cdot v_{\text{vento}}) + e_{\text{ter},k} \cdot 4 \cdot \sigma_0 \cdot T_{\text{me},k}^3} \cdot t$$



Modena, superficie orizzontale, mese di **gennaio**,  $v_{\text{vento}} = 1.6$  m/s,  $e_{\text{ter},k} = 0.9$

## Apporti solari estivi attraverso gli elementi opachi

$$Q_{\text{sol},k} = U_k \cdot A_k \cdot \frac{F_{\text{sh},\text{ob},k} \cdot (1 - r_{\text{sol},k}) \cdot I_{\text{sol},k}}{(4 + 4 \cdot v_{\text{vento}}) + e_{\text{ter},k} \cdot 4 \cdot \sigma_0 \cdot T_{\text{me},k}^3} \cdot t$$



Modena, superficie orizzontale, mese di **luglio**,  $v_{\text{vento}} = 0$  m/s

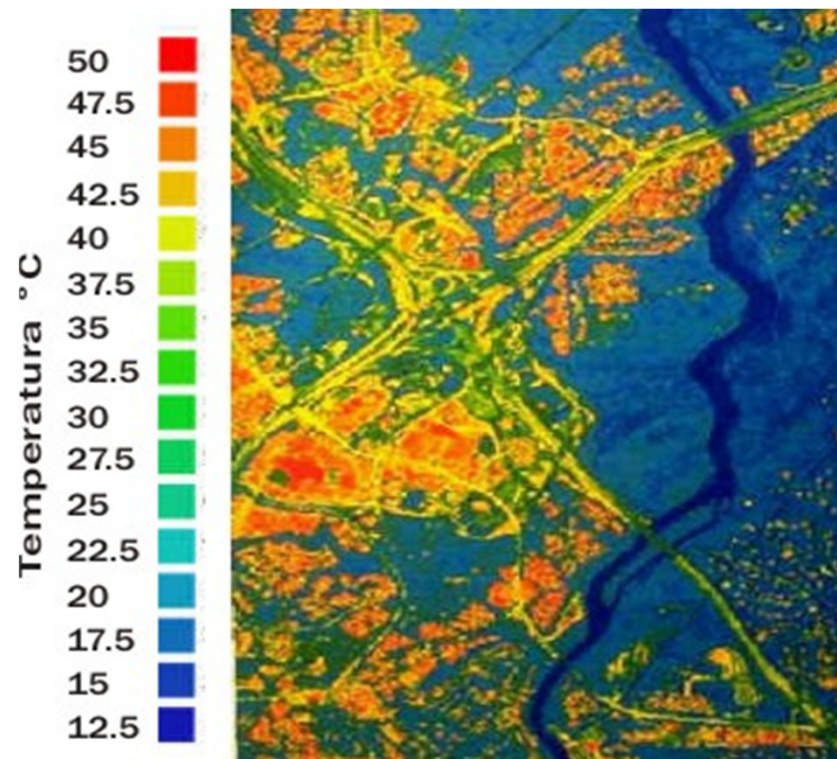
## Cool roofs (tetti freddi)

Nella terminologia tecnica U.S.A., un **cool roof** è una copertura che si riscalda poco grazie a:

- **Riflettanza solare** elevata
- **Emissività termica** nell'infrarosso elevata
- **Stabilità nel tempo** delle proprietà superficiali
- **Tendenza allo sporcamento** ridotta

I cool roof sono nati in risposta al problema dell'**isola di calore urbana**), un fenomeno tipico delle aree urbanizzate:

- Le coperture degli edifici e del manto stradale si riscaldano a causa dell'irradiazione solare
- Gli edifici e l'asfalto rilasciano calore all'aria, di giorno e anche di notte
- La temperatura dell'aria rimane 4÷5°C e oltre più alta che nelle campagne circostanti



## **Cool roofs (tetti freddi)**

### **Vantaggi diretti** (per l'utenza):

- Minori costi di condizionamento
- Maggiore benessere all'interno degli edifici (minore temperatura percepita, no effetto testa calda)
- Minori sollecitazioni strutturali e a fatica del tetto
- Minore degrado chimico-fisico dei materiali (ricoprimenti, isolanti, ecc.)

### **Vantaggi indiretti** (per la collettività):

- Minore rilascio di inquinanti per degrado chimico-fisico dei materiali
- Minore riscaldamento dell'ambiente urbano circostante (isola di calore)
- Riduzione dello smog foto-chimico
- Riduzione dei consumi elettrici e del rilascio di anidride carbonica

### **Svantaggi:**

- Impatto estetico (eventuale) in contesti di interesse storico artistico
- Costo di installazione o conversione (ridotto e ammortizzabile)
- Necessità di manutenzione periodica (lavaggio)

## **Cool roofs (tetti freddi)**

### **Vantaggi diretti** (per l'utenza):

- Minori costi di condizionamento
- Maggiore benessere all'interno degli edifici (minore temperatura percepita, no effetto testa calda)
- Minori sollecitazioni strutturali e a fatica del tetto
- Minore degrado chimico-fisico dei materiali (ricoprimenti, isolanti, ecc.)

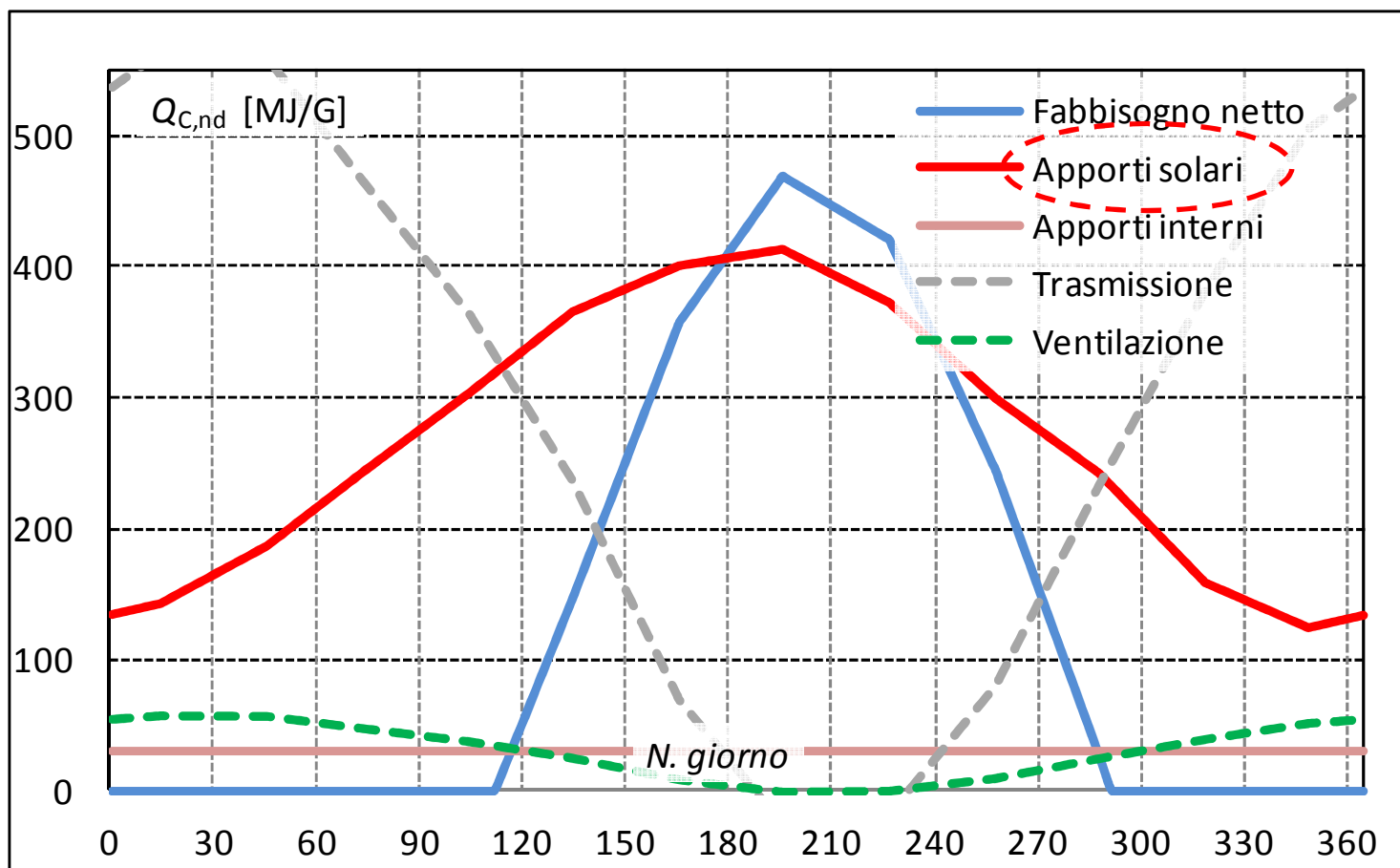
### **Vantaggi indiretti** (per la collettività):

- Minore rilascio di inquinanti per degrado chimico-fisico dei materiali
- Minore riscaldamento dell'ambiente urbano circostante (isola di calore)
- Riduzione dello smog foto-chimico
- Riduzione dei consumi elettrici e del rilascio di anidride carbonica

### **Svantaggi:**

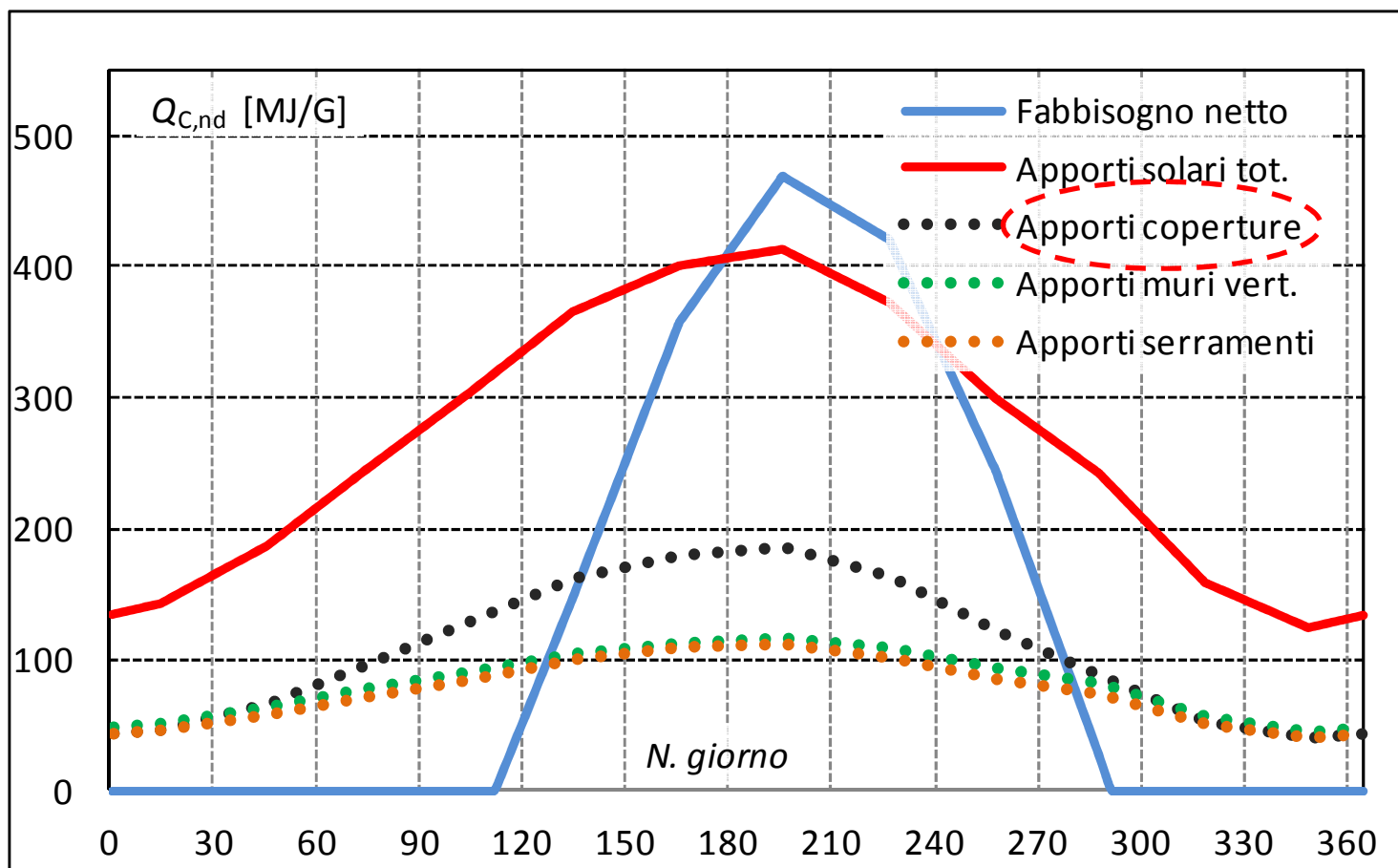
- Impatto estetico (eventuale) in contesti di interesse storico artistico
- Costo di installazione o conversione (ridotto e ammortizzabile)
- Necessità di manutenzione periodica (lavaggio)

Caso campione: unità immobiliare uso servizi a Modena



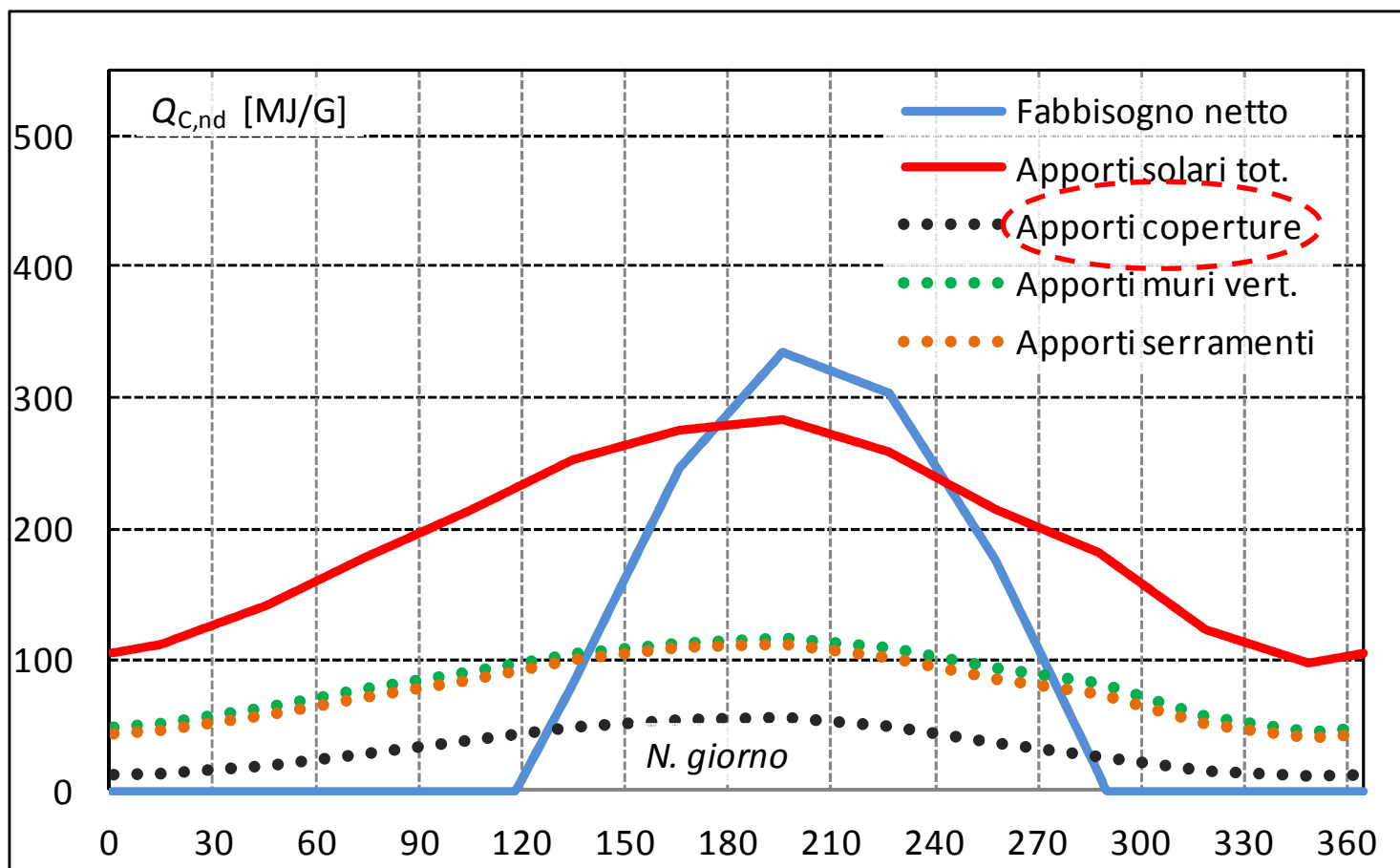
In caso di **edificio con pareti e copertura non isolate e vetrature non isolate e sostanzialmente prive di schermi**, è evidente come i carichi solari forniscano il massimo contributo ai fabbisogni energetici estivi.

Caso campione: unità immobiliare uso servizi a Modena



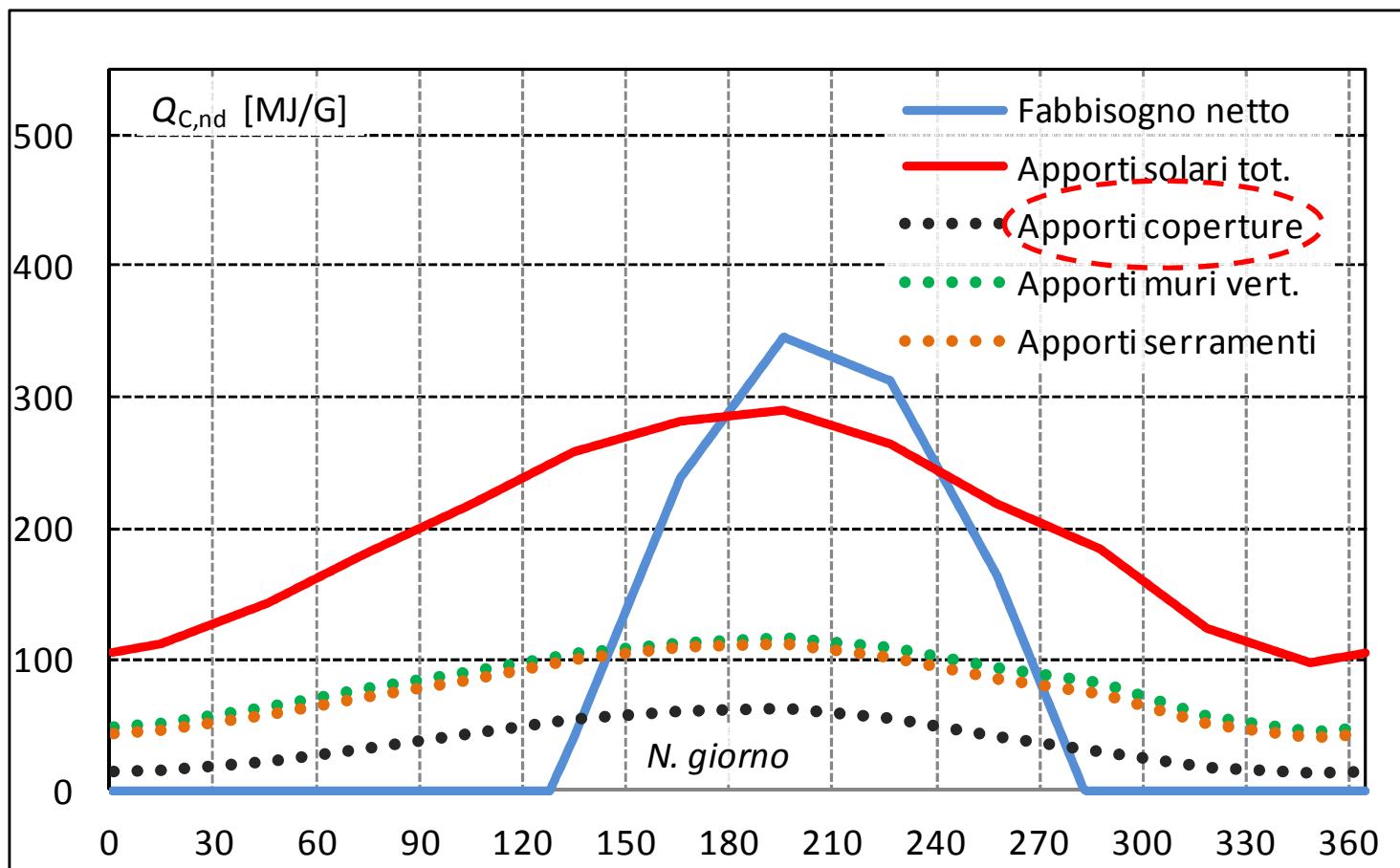
Andando a scindere i diversi contributi agli apporti solari, si verifica che quelli massimi derivano dalla copertura e, a seguire, dalle pareti verticali piuttosto che dalle superfici vetrate.

## Caso campione: unità immobiliare uso servizi a Modena



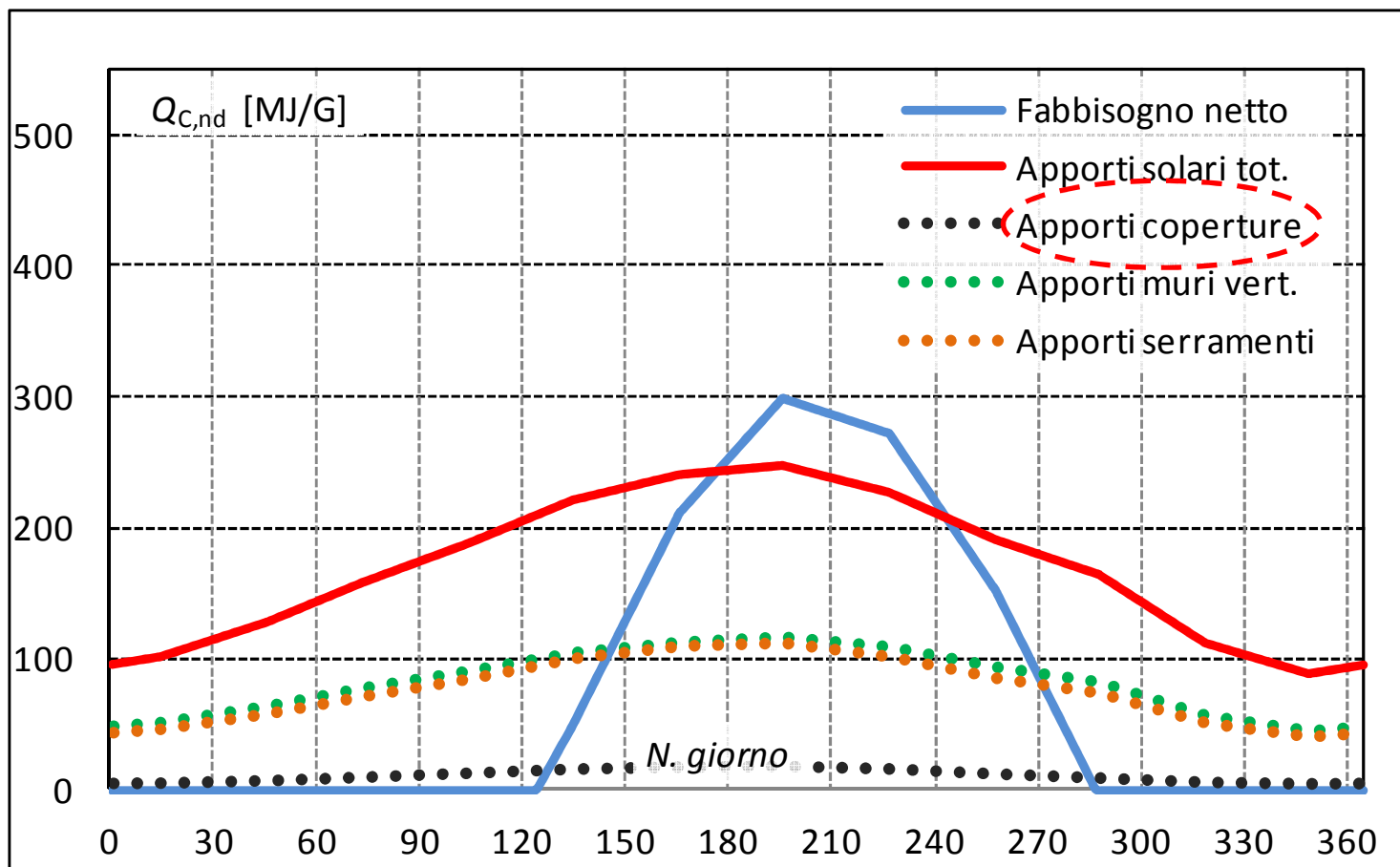
Una **copertura isolata esternamente secondo normativa vigente** (spessore dell'isolante **>10 cm**) permette di abbattere i carichi, ma comporterebbe un elevato surriscaldamento della guaina esterna e dell'isolante.

## Caso campione: unità immobiliare uso servizi a Modena



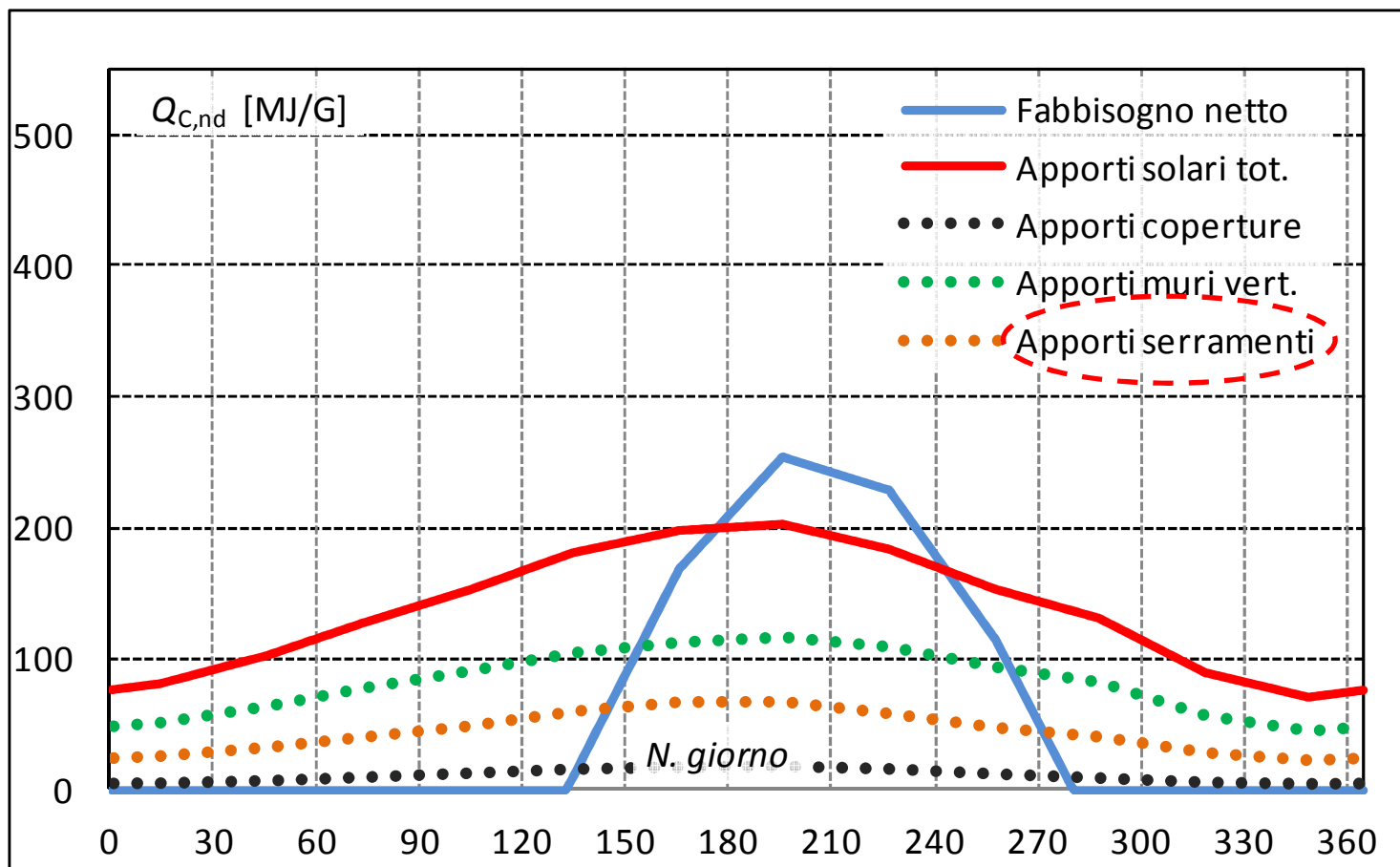
Un simile risultato si ottiene semplicemente trattando la superficie di copertura a cool roof (coefficiente di assorbimento <30%).

Caso campione: unità immobiliare uso servizi a Modena



Combinando un cool roof ed un adeguato livello di isolamento termico in copertura (obbligatorio se si mette mano alla guaina di tenuta all'acqua), si va pressoché ad annullare il contributo della copertura (e pure l'effetto testa calda).

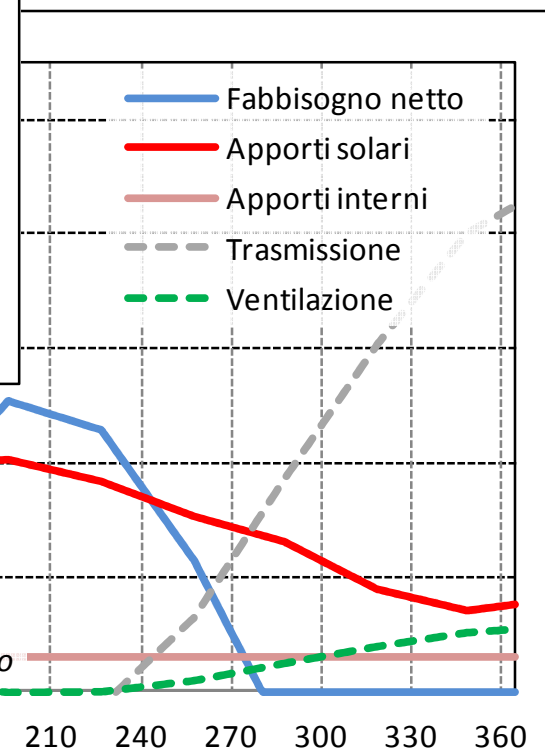
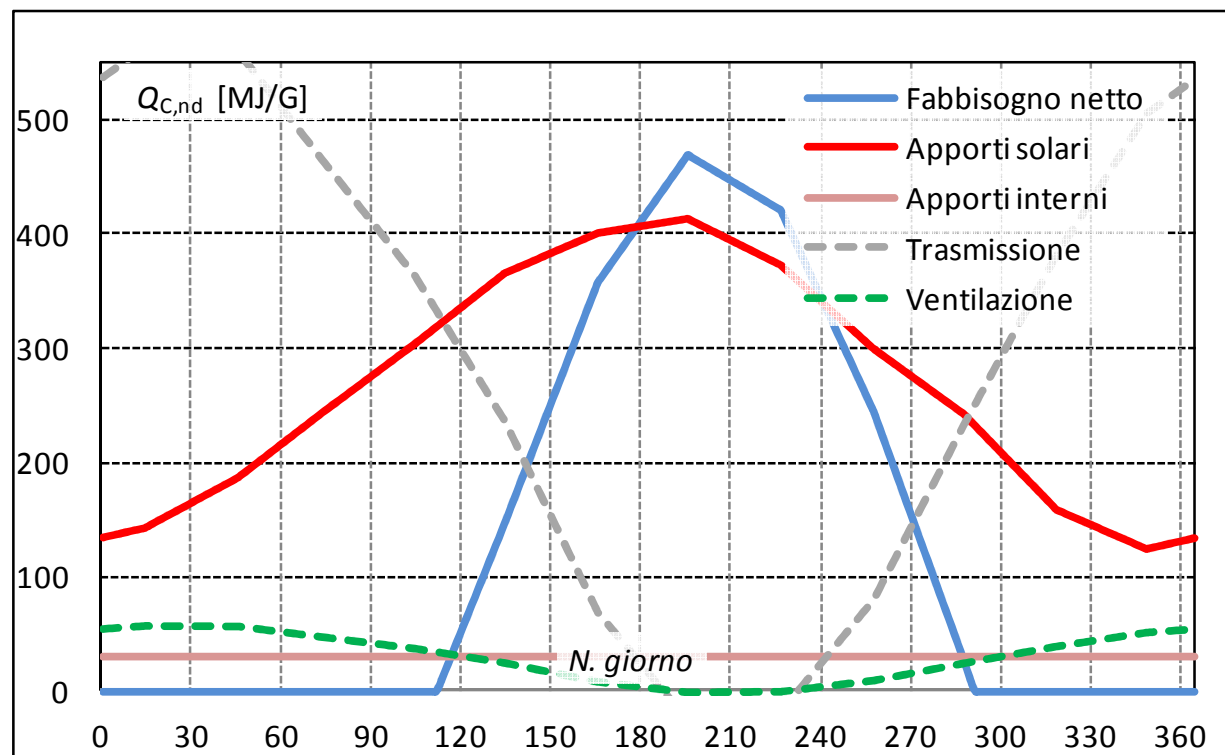
Caso campione: unità immobiliare uso servizi a Modena



La schermatura delle superfici vetrate con veneziane interne, seppur scelte con caratteristiche ottimali, non comporta miglioramenti comparabili rispetto agli interventi sulla copertura.

**Caso campione: unità immobiliare uso servizi a Modena**

Prima



Dopo (con cool roof,  
isolamento della  
copertura e schermi  
interni)

## **Cool roofs: soluzioni realizzative**

### **Verniciatura delle superfici**

- Riflettanza solare dipendente dal colore ( $>0.80 \div 0.90$  per colore bianco)
- Emissività termica influenzata dal materiale di base ( $0.50 \div 0.90$ )
- (Problemi di adesione al materiale di base e di durata)

### **Membrane polimeriche**

- Riflettanza solare dipendente dal colore ( $>0.70$  per colore bianco)
- Emissività termica elevata ( $>0.90$ )

### **Granulati chiari su base asfaltata**

- Riflettanza solare dipendente dal colore ( $>0.60$  per colore bianco)
- Emissività termica elevata ( $>0.90$ )

### **Piastrelle e pietre in lastra**

- Riflettanza solare  $>0.70 \div 0.80$
- Emissività termica elevata  $>0.90$

### **Tetti metallici (alluminio, rame, ecc.) verniciati chiari**

- Riflettanza solare  $>0.70 \div 0.80$
- Emissività termica  $>0.60 \div 0.70$

**Tegole o mattoni in terracotta rossa** hanno riflettanza  $\approx 0.30$ , emissività  $\approx 0.90$

Un **tetto catramato nero** presenta riflettanza  $< 0.10$ , emissività  $\approx 0.90$

## Cool roofs: programmi di incentivazione e certificazione

### Energy Star Cool Roof Program

Possono fregiarsi del logo materiali per coperture edilizie orizzontali o poco inclinate con:

- riflettanza solare iniziale  $>0.65$
- riflettanza solare dopo 3 anni  $>0.50$
- emissività termica  $>0.80$



### Cool Roof Rating Council (CRRC)

- Organizzazione nata nel 1998 per sviluppare metodi di misura di riflessiva solare ed emissività termica dei prodotti per coperture edili
- Non prescrive valori minimi delle proprietà emissive, ma procedure per la loro determinazione
- La **procedura standard** prevede l'analisi di campioni nuovi e dopo invecchiamento di 3 anni, installati in 3 località diverse di cui almeno una in area metropolitana
- Le analisi sono svolte da **laboratori certificati e indipendenti**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                          |                        |                             |                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>Solar Reflectance</b> | <u>Initial</u><br>0.00 | <u>Weathered</u><br>Pending |                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>Thermal Emittance</b> | <u>Initial</u><br>0.00 | <u>Weathered</u><br>Pending |                 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Rated Product ID         |                        |                             | XXXXXX          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Licensed Manufacturer ID |                        |                             | XXXXXX          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Classification           |                        |                             | Production Line |
| <p>Cool Roof Rating Council ratings are determined for a fixed set of conditions, and may not be appropriate for determining seasonal energy performance. The actual effect of solar reflectance and thermal emittance on building performance may vary.</p> <p>Manufacturer of product stipulates that these ratings were determined in accordance with the applicable Cool Roof Rating Council procedures.</p> |                          |                        |                             |                 |

## **Cool roofs: programmi di incentivazione e certificazione**

### **LEED Green Building Rating System**

È un sistema volontario di classificazione della sostenibilità energetica e ambientale degli edifici.

Vengono stabiliti requisiti per la progettazione e la costruzione di edifici eco-compatibili, sostenibili ed autosufficienti a livello energetico.

Viene definito un sistema di classificazione (rating) basato sull'attribuzione di crediti per ciascuno dei requisiti soddisfatti:

- Siti sostenibili
- Gestione efficiente dell'acqua
- Energia ed atmosfera
- Materiali e risorse
- Qualità degli ambienti interni
- Progettazione ed innovazione
- Priorità regionale



In tema di cool roofs e cool colors, il Sistema LEED si basa sulla valutazione del **Solar Reflectance Index (SRI)**

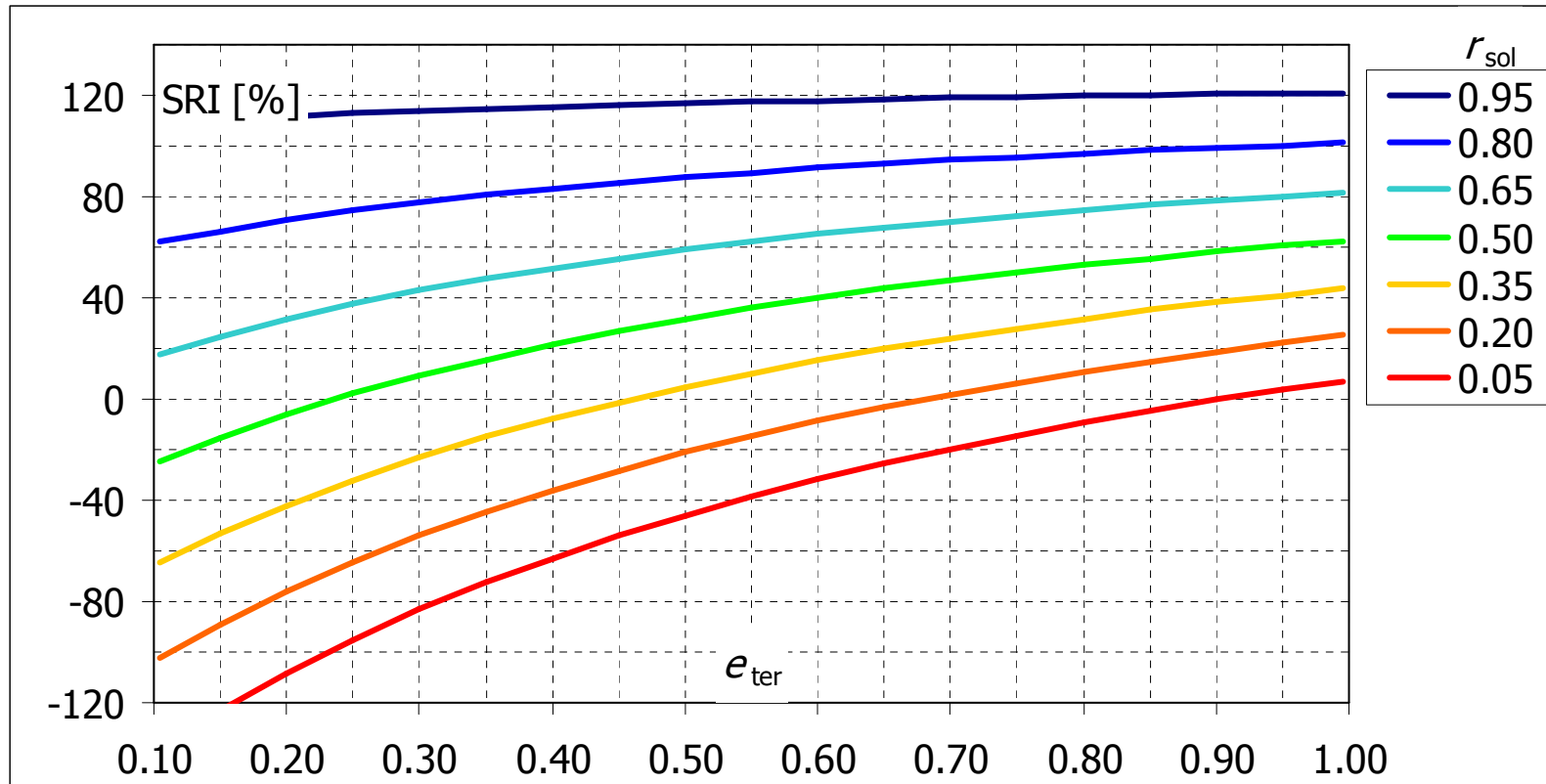
## Solar Reflectance Index (SRI)

Si calcola secondo lo **standard ASTM E1980** a partire dalle misure di riflettanza solare ed emissività termica:

$$\text{SRI} = 100 \cdot \frac{T_{\text{black}} - T_{\text{sup,campione}}}{T_{\text{black}} - T_{\text{white}}}$$

black ( $e_{\text{ter}} = 0.90, r_{\text{sol}} = 0.05$ )  $\Rightarrow 0\%$

white ( $e_{\text{ter}} = 0.90, r_{\text{sol}} = 0.80$ )  $\Rightarrow 100\%$



## **Solar Reflectance Index (SRI) e Sistema LEED**

### **Intento:**

- Ridurre l'effetto isola di calore per minimizzare l'impatto sul microclima e gli habitat umani e selvatici.



### **Requisiti (coperture):**

- [...]
- Utilizzare per un minimo del 75% della superficie di copertura materiali con **SRI  $\geq 78$**  per tetti a bassa inclinazione ( $\leq 2:12$ )  
**SRI  $\geq 29$**  per tetti a elevata inclinazione ( $> 2:12$ )

### **Requisiti (elementi diversi dalle coperture):**

- [...]
- Utilizzare materiali per pavimentazioni con **SRI  $\geq 29$**

Il calcolo del SRI si esegue secondo lo standard ASTM E1980, che a sua volta richiede la misura della riflettanza solare e dell'emissività termica

**Regione Emilia-Romagna, D.G.R. 26 settembre 2011, n. 1366**

(Proposta di modifica della Parte seconda – Allegati – della D.A.L. 156/2008)

**Allegato 2 - Disposizioni in materia di requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli impianti**

[...]

Gli effetti positivi che si ottengono con il rispetto dei valori di massa superficiale o di trasmittanza termica periodica delle pareti opache previsti alla lettera b), possono essere raggiunti, in alternativa, con l'utilizzo di tecniche e materiali, anche innovativi, ovvero coperture a verde, che permettano di contenere le oscillazioni della temperatura degli ambienti in funzione dell'andamento dell'irraggiamento solare.

Analogamente, possono essere adottate soluzioni idonee a ridurre il carico termico di pareti e coperture (cool roof), mediante l'utilizzo di materiali (quali intonaci, vernici, guaine, lastricati solari) con riflettanza solare uguale o superiore a 0,65.

## Cool roofs: studi scientifici

### Principali laboratori attivi:

- Lawrence Berkeley Laboratory
- Oak Ridge National Laboratory
- Florida Solar Energy Center



| Location        | Description         | Insulation Roof Slope | Albedo uncoated | Albedo coated | Cooling Energy Savings |
|-----------------|---------------------|-----------------------|-----------------|---------------|------------------------|
| Sacramento, CA  | One-Story Residence | R-11 Flat Roof        | 0.18            | 0.77          | 67%                    |
| Sacramento, CA  | One-Story School    | R-19 Flat Roof        | 0.08            | 0.68          | 40%                    |
| Cocoa Beach, FL | One-Story Residence | R-11 22° Slope        | 0.21            | 0.70          | 25%                    |
| Cocoa Beach, FL | One-Story Residence | Uninsulated Flat Roof | 0.20            | 0.73          | 43%                    |
| Cocoa Beach, FL | One-Story School    | R-19 Flat Roof        | 0.23            | 0.67          | 35%                    |

## **Analisi di proprietà termiche dei materiali e delle strutture**



Il Laboratorio EELab esegue:

- Misure di **riflettanza solare** (ASTM E903) ed **emissività termica** (ASTM C1371)
- Calcolo di **parametri di prestazione termica estiva dell'involucro** (**SRI**, indici di attenuazione e sfasamento, trasmittanza termica periodica, ecc.)
- Misure di **conduttività termica** (piastra calda con anello di guardia)
- Misure di **diffusività termica** (metodo di Angstroem)
- Misure di **trasmittanza termica** di pareti finite (metodo hot box), con Kerakoll
- **Simulazioni CFD**, simulazioni 2D/3D di ponti termici, analisi dinamiche
- **Diagnosi energetica degli edifici**, rilevazioni videotermografiche all'infrarosso
- Misure di **microclima** (WGBT, indici di Fanger, ecc.)

## **Cool roofs: studio sperimentale (Facoltà di Ingegneria di Modena)**



La temperatura interna estiva anche oltre 35°C, combinata con l'umidità modenese, rendeva l'edificio inospitale tra giugno e settembre

## Cool roofs: studio sperimentale (Facoltà di Ingegneria di Modena)



Preparazione della superficie  
(pulitura e lavaggio)



| Energy Seal Coatings ACU-SHIELD |                                      |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| Tipologia                       | Vernice sigillante bianca base acqua |
| Riflettanza solare              | 0.88 (0.84 dopo tre anni)            |
| Emissività termica              | 0.94 (0.98 con ACU-GLOSS)            |



## **Cool roofs: studio sperimentale (Facoltà di Ingegneria di Modena)**



Applicazione  
(tre passate successive,  
finitura c/ACU-GLOSS)



## **Cool roofs: studio sperimentale (Facoltà di Ingegneria di Modena)**

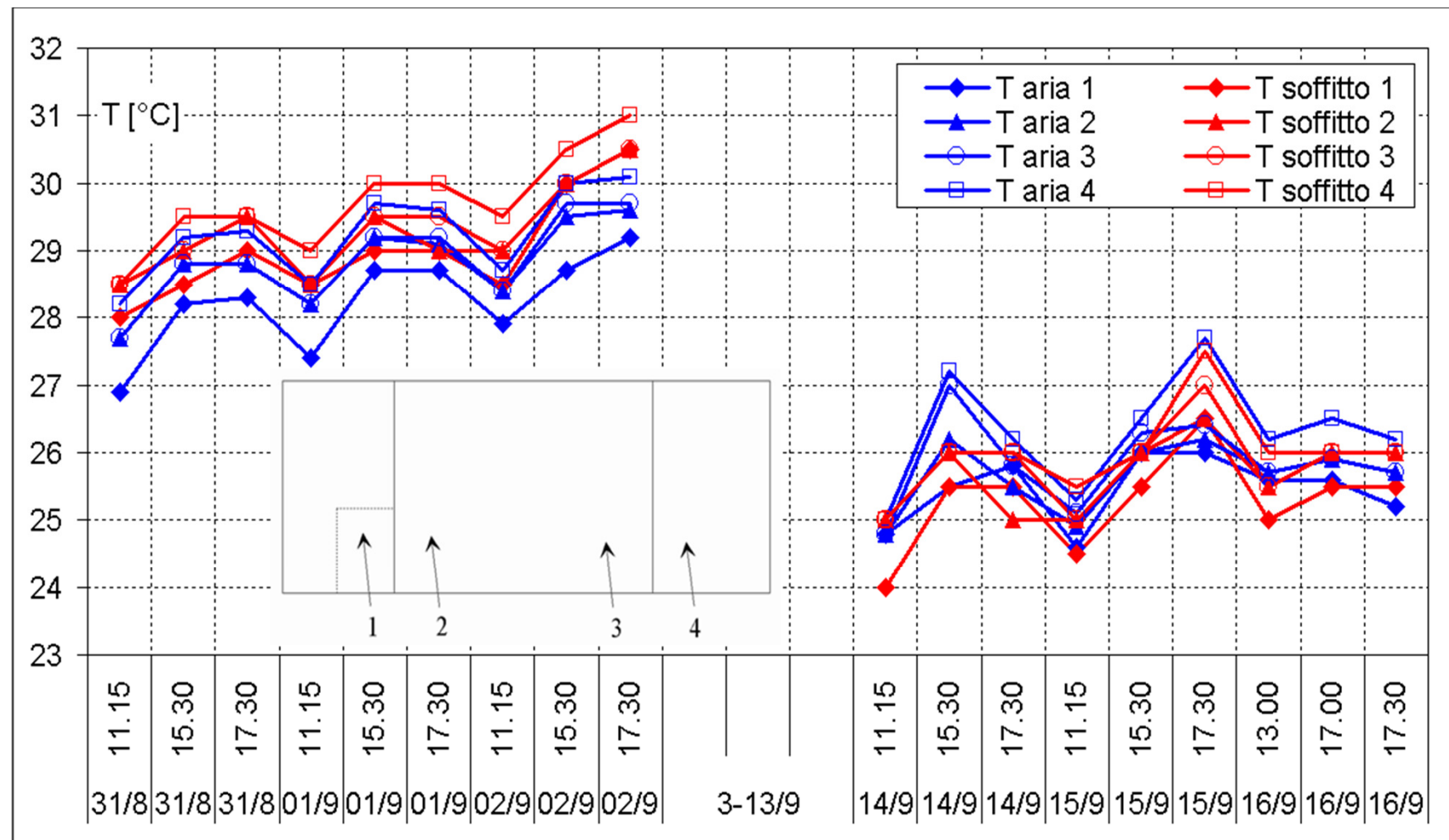
Stato iniziale



Stato finale



## Cool roofs: studio sperimentale (Facoltà di Ingegneria di Modena)



Si è riscontrata una diminuzione significativa della temperatura  
a terra ( $-3.0^{\circ}\text{C}$ ) e al soffitto ( $-3.7^{\circ}\text{C}$ )

## **Conclusioni**

- La **normativa italiana** comincia a recepire l'impatto dei **fabbisogni energetici per condizionamento estivo**, che dipendono principalmente dagli **apporti solari**, e ha iniziato a disporne la limitazione
- Il **controllo degli apporti solari** è necessario anche per gli **elementi opachi** dell'involucro edilizio e può essere ottenuto attraverso l'adozione di **cool roofs e cool colors**
- Analisi teoriche e sperimentali specifiche sono in corso a Modena da svariati anni, con risultati di estremo interesse tecnico-scientifico.
- Recentemente, **è stato strutturato un laboratorio (E<sup>2</sup>CIT/EELab) completamente attrezzato**, tra le altre cose, per **misure di emissività termica, misure di riflettanza solare e valutazioni di SRI**, eseguite in conformità ai migliori standard di misura richiamati dalla normativa di riferimento (**CRRC/ASTM**) e dai programmi di incentivazione (**LEED, EnergyStar**, ecc.)
- Sono stati già avviati svariati studi sperimentali con aziende italiane ed estere, aventi per obiettivi la **misura delle proprietà radiative**, lo **sviluppo di materiali e elementi prefabbricati per cool roofs**



*Università di Modena e Reggio Emilia*

DIMeC – Dip. di Ingegneria Meccanica e Civile  
EELab – Laboratorio per l'Efficienza Energetica

***GRAZIE PER  
L'ATTENZIONE***