

# SUPERBONUS 110%

## Il contributo del termoisolamento dei solai sulla classe energetica

**prof. Fabrizio Ascione**

DII - Dipartimento di Ingegneria Industriale  
Università degli Studi di Napoli Federico II



Gruppo di Ricerca

Fabrizio Ascione

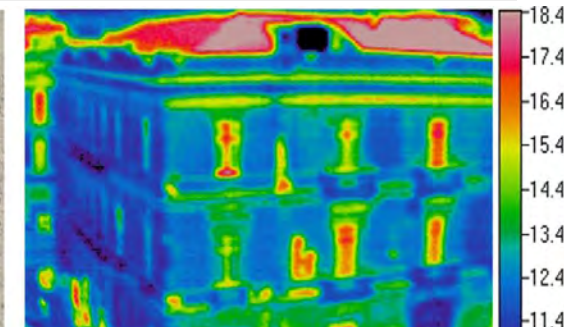
Nicola Bianco

Rosa Francesca De Masi

Filippo de Rossi

Gerardo Maria Mauro

Giuseppe Peter Vanoli



## Il contesto italiano: lo stock edilizio e la nuova legislazione

### EPBD Recast 2010/31/EU

- Reg. 244/2012
- D.L. 63/2013
- L. 90/2013
- DM 26/06/2015
- requisiti minimi

**siamo completamente nell'era dei Nearly Zero-Energy Building.** A partire dal D.L. 63/2013, convertito dalla L. 90/2013 e attuato dai decreti DM 26/06/2015, in completo recepimento della Direttiva 2010/31/EC, si stabilisce che:

- dal 1 Gennaio 2021 (*da poche settimane*) tutti gli edifici di nuova costruzione siano edifici a energia quasi zero;
- la data è anticipata di due anni per gli edifici pubblici o a uso pubblico.

**Nella primavera/estate 2018**, la Commissione ed il Parlamento Europeo hanno emanato la nuova versione della EPBD: Nuova Direttiva UE 2018/844 sull'efficienza energetica.

**Gli Stati Membri dovranno quindi adeguare leggi, regolamenti e procedure amministrative.** Al 2050 il parco edilizio dovrà essere fortemente decarbonizzato.

**In Italia, a giugno 2020, emanato il D.Lgs. 48/2020.**



**Considerando il tasso di turn-over dell'edilizia italiana, è necessario lavorare su 2 obiettivi:**



**Nuove edificazioni ad altissima efficienza energetica**

**Riqualificazioni energetiche dell'edilizia esistente**

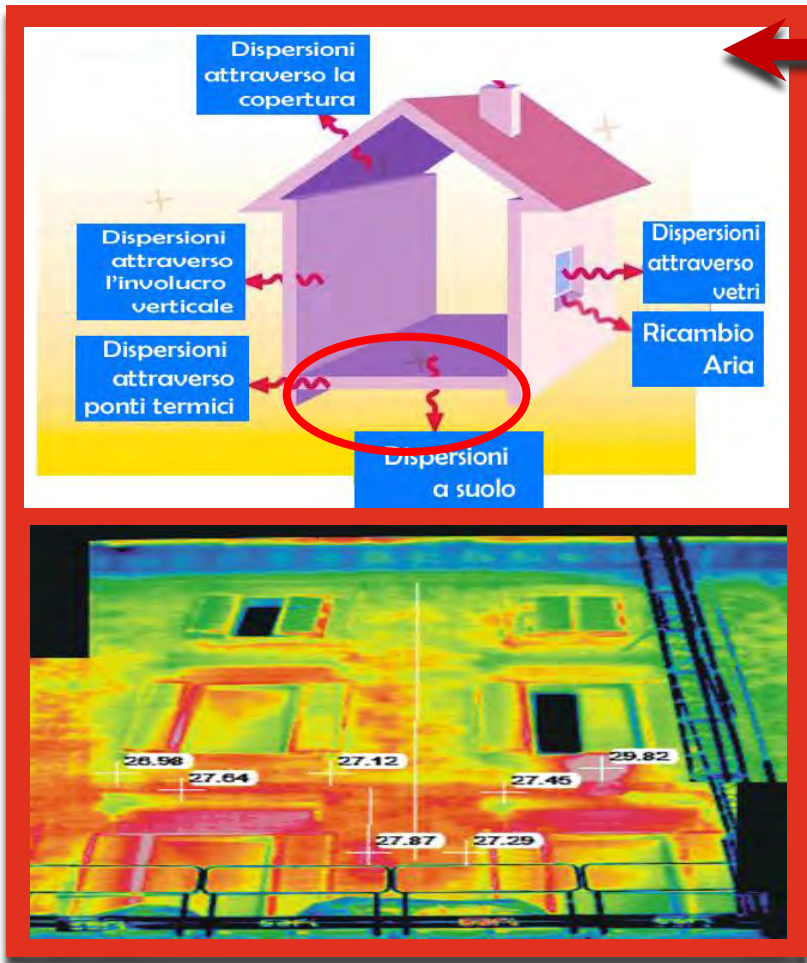
LE LEVE DELL'EFFICIENZA ENERGETICA

NZEB  
A=B

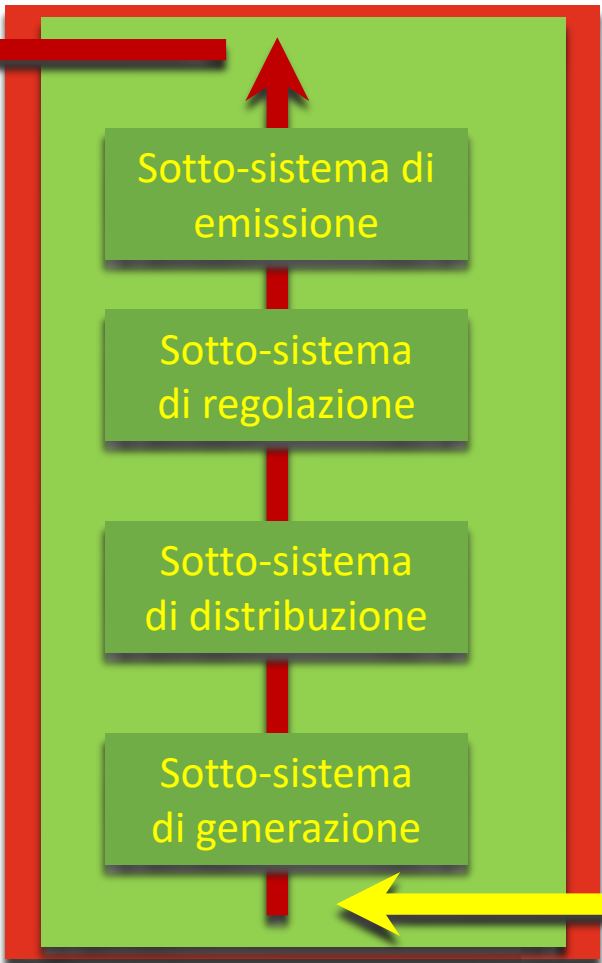
SISTEMA EDIFICIO

SISTEMA IMPIANTI

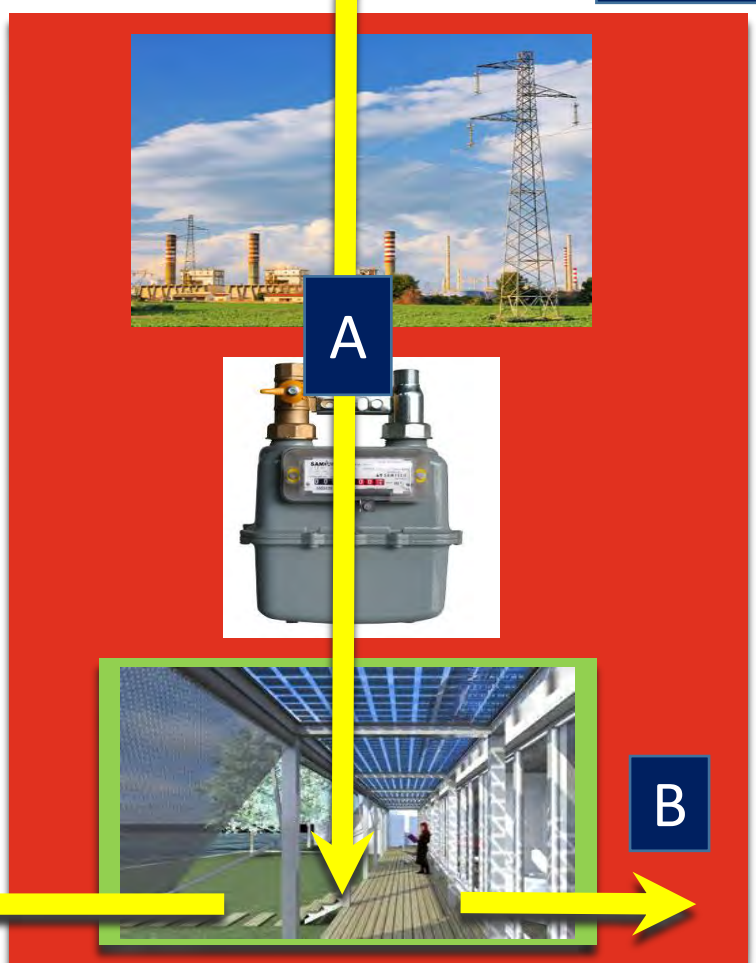
APPROVVIGIONAMENTO



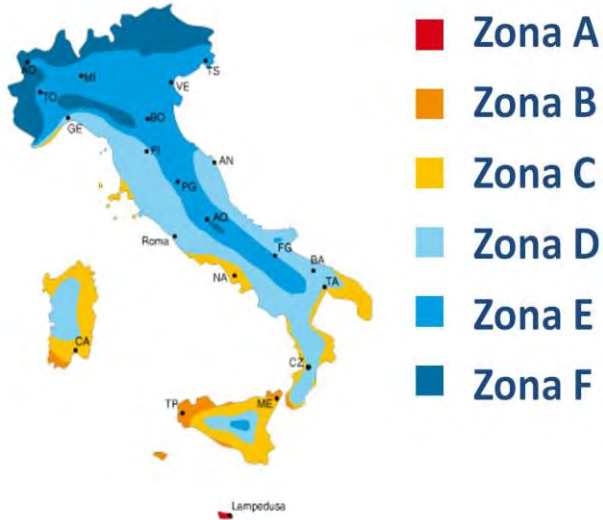
$kWh_{TH}$



$kWh_{GAS o EL}$



Evoluzione legislativa: dalla legge 10/91 al Nearly Zero-Energy Building



- Napoli
- Zona Climatica C
  - 1034 Gradi Giorno (HDD)
  - T esterna di progetto invernale: 2 °C
  - T esterna di progetto estiva: 26 °C

|                           | 2006 | 2008 | 2010 | 2015 | 2019/2021 |
|---------------------------|------|------|------|------|-----------|
| U <sub>MURO</sub> (W/m²K) | 0.57 | 0.46 | 0.4  | 0.38 | 0.34      |
| % DECREASE (%)            |      | 19%  | 30%  | 33%  | 40%       |

$$Q = U_{MURO} \cdot A_{MURO} \cdot (T_i - T_e)$$

$$Q = U_{WIND} \cdot A_{WIND} \cdot (T_i - T_e)$$

|                              | 2006 | 2008 | 2010 | 2015 | 2019/2021 |
|------------------------------|------|------|------|------|-----------|
| U <sub>WINDOWS</sub> (W/m²K) | 3.3  | 3    | 2.6  | 2.4  | 2.2       |
| % DECREASE (%)               |      | 9%   | 21%  | 27%  | 33%       |

I requisiti per accedere a Superbonus 110% sono ancora più restrittivi (ottobre 2020)

Evoluzione legislativa: Tipi di valutazione e condizioni al contorno

CEN – European Committee for Standardization, EN 15603: Energy performance of buildings - Overall energy use and definition of energy ratings, 2008.

| Rating Type | Output Data | Project Stage     | Input Data     |          | Purpose                                                                 |
|-------------|-------------|-------------------|----------------|----------|-------------------------------------------------------------------------|
|             |             |                   | Use            | Climate  |                                                                         |
| DESIGN      | Calculated  | Designed building | Standard       | Standard | Building Permit, Certification                                          |
|             |             |                   |                |          | Building permission, Certification or Energy qualification of a project |
| ASSET       |             | Built             | Standard       | Standard | Energy Label, compliance with building regulations                      |
| TAILORED    |             | Built or Designed | Related to use | Actual   | Optimization, Energy Diagnosis and planning of energy retrofit          |
| OPERATIONAL | Measured    | Built             | Related to use | Actual   | Energy signature                                                        |

UNI/TS 11300-1

Prestazioni energetiche degli edifici  
Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale

| Tipo di valutazione                      | Dati di ingresso        |          |          | Scopo della valutazione                                                                  |
|------------------------------------------|-------------------------|----------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                          | Uso                     | Clima    | Edificio |                                                                                          |
| di Progetto<br>(Design rating)           | Standard                | Standard | Progetto | Permesso di costruire<br>Certificazione o Qualificazione energetica del progetto         |
| Standard<br>(Asset rating)               | Standard                | Standard | Reale    | Certificazione o Qualificazione energetica                                               |
| Adattata all'utenza<br>(Tailored rating) | In funzione dello scopo |          | Reale    | Ottimizzazione, Validazione, Diagnosi e programmazione di interventi di riqualificazione |



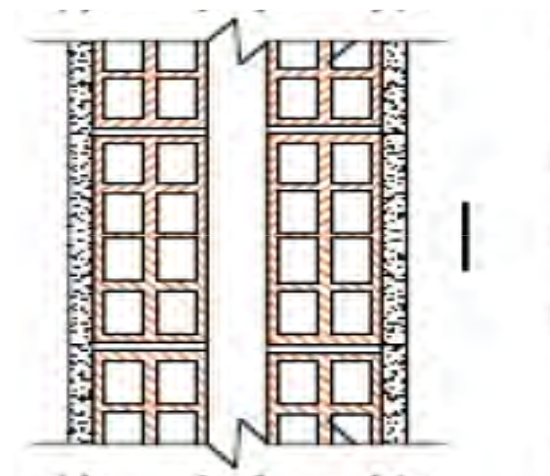
**Evoluzione legislativa:** Tipi di valutazione e condizioni al contorno

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \times Q_{gn} = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_{H,gn} \times (Q_{int} + Q_{sol})$$

$$Q_{H,tr} = H_{tr,adj} \times (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \times t + \left\{ \sum_k F_{r,k} \Phi_{r,mn,k} \right\} \times t$$

$$Q_{H,ve} = H_{ve,adj} \times (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \times t$$

$$Q = U_{MURO} \cdot A_{MURO} \cdot \left( T_i - \bar{T}_e \right) \cdot t$$

**TEMPERATURA E UMIDITÀ RELATIVA INTERNA****Valutazione sul progetto o standard****Climatizzazione invernale**

Per tutte le categorie di edifici ad esclusione delle categorie E.6(1), E.6(2) e E.8<sup>11)</sup>, si assume una temperatura interna costante pari a 20 °C.

Dal D.P.R. 412/1993 Art. 9, comma 2.  
L'esercizio degli impianti termici è consentito con i **seguenti limiti massimi** relativi al periodo annuale di esercizio dell'impianto termico ed alla durata giornaliera di attivazione:

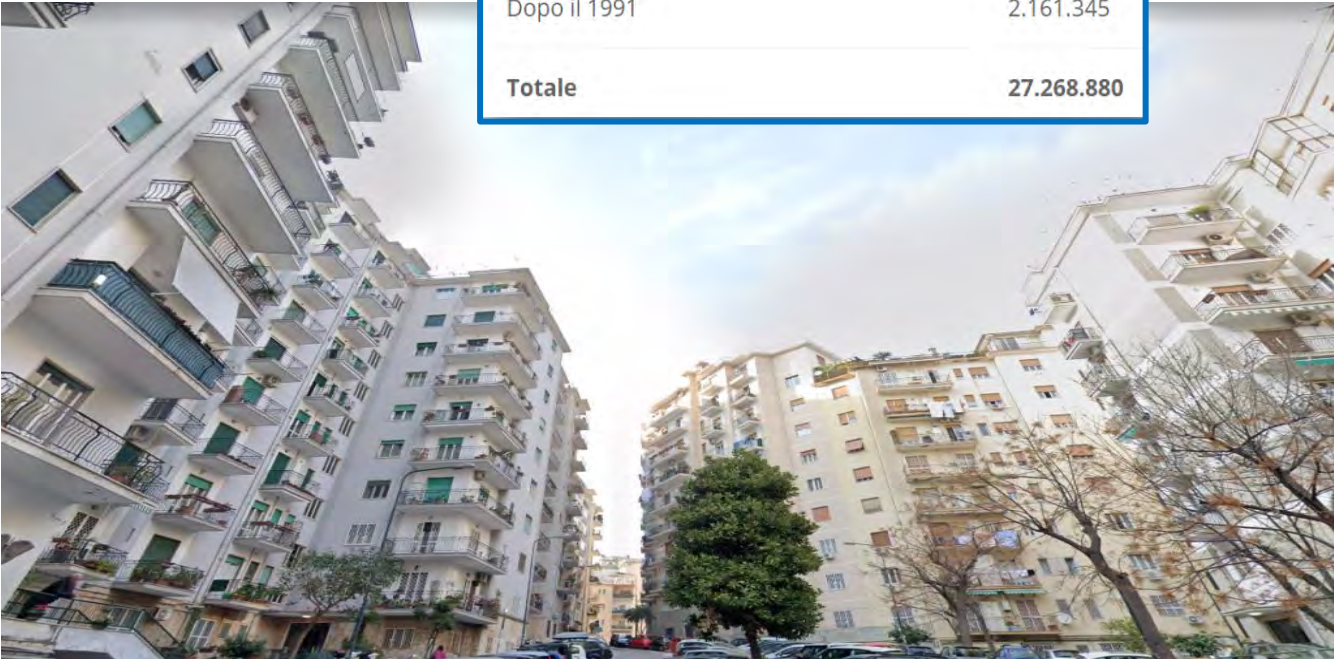
- **Zona C: ore 10 giornaliere dal 15 novembre al 31 marzo.**



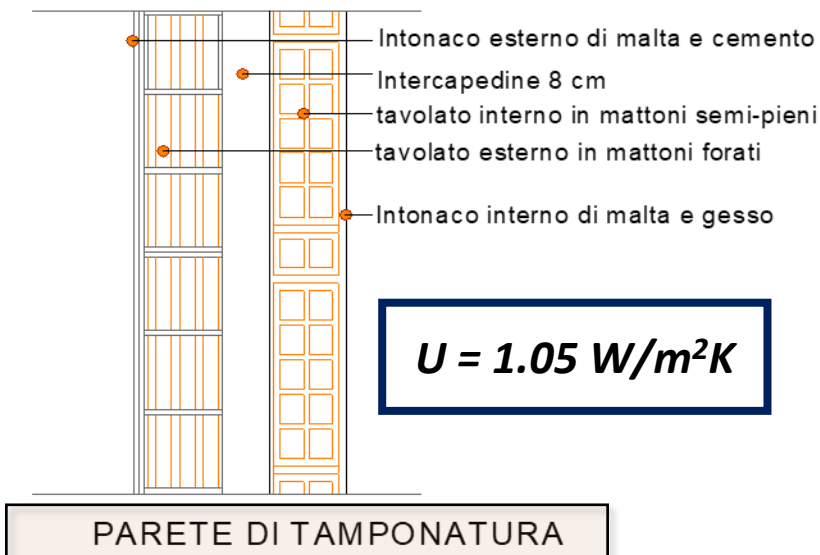
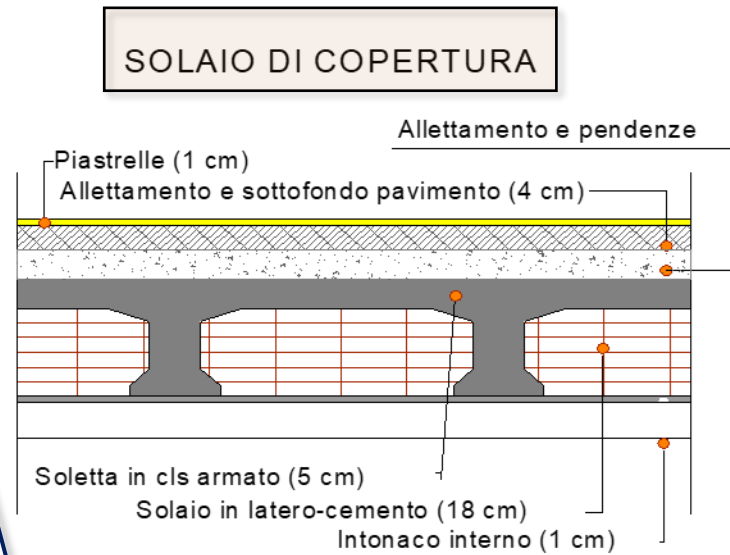
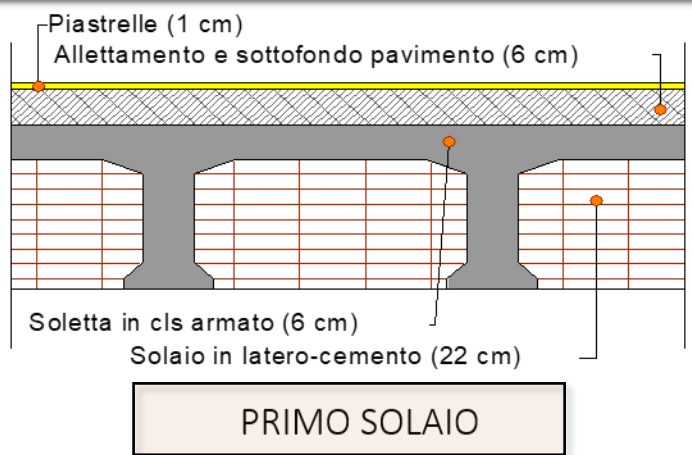
|                  |                   |
|------------------|-------------------|
| Prima del 1919   | 3.893.567         |
| Dal 1919 al 1945 | 2.704.969         |
| Dal 1946 al 1961 | 4.333.882         |
| Dal 1962 al 1971 | 5.707.383         |
| Dal 1972 al 1981 | 5.142.940         |
| Dal 1982 al 1991 | 3.324.794         |
| Dopo il 1991     | 2.161.345         |
| <b>Totale</b>    | <b>27.268.880</b> |



|                                           |                  |                                           |
|-------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------|
|                                           | <b>Classe A4</b> | ≤ 0,40 EP <sub>gl,nren,rif,standard</sub> |
| 0,40 EP <sub>gl,nren,rif,standard</sub> < | <b>Classe A3</b> | ≤ 0,60 EP <sub>gl,nren,rif,standard</sub> |
| 0,60 EP <sub>gl,nren,rif,standard</sub> < | <b>Classe A2</b> | ≤ 0,80 EP <sub>gl,nren,rif,standard</sub> |
| 0,80 EP <sub>gl,nren,rif,standard</sub> < | <b>Classe A1</b> | ≤ 1,00 EP <sub>gl,nren,rif,standard</sub> |
| 1,00 EP <sub>gl,nren,rif,standard</sub> < | <b>Classe B</b>  | ≤ 1,20 EP <sub>gl,nren,rif,standard</sub> |
| 1,20 EP <sub>gl,nren,rif,standard</sub> < | <b>Classe C</b>  | ≤ 1,50 EP <sub>gl,nren,rif,standard</sub> |
| 1,50 EP <sub>gl,nren,rif,standard</sub> < | <b>Classe D</b>  | ≤ 2,00 EP <sub>gl,nren,rif,standard</sub> |
| 2,00 EP <sub>gl,nren,rif,standard</sub> < | <b>Classe E</b>  | ≤ 2,60 EP <sub>gl,nren,rif,standard</sub> |
| 2,60 EP <sub>gl,nren,rif,standard</sub> < | <b>Classe F</b>  | ≤ 3,50 EP <sub>gl,nren,rif,standard</sub> |
|                                           | <b>Classe G</b>  | > 3,50 EP <sub>gl,nren,rif,standard</sub> |



Caso Studio: Edilizia Residenziale anni '60, TERMOFISICA INVOLUCRO EDILIZIO



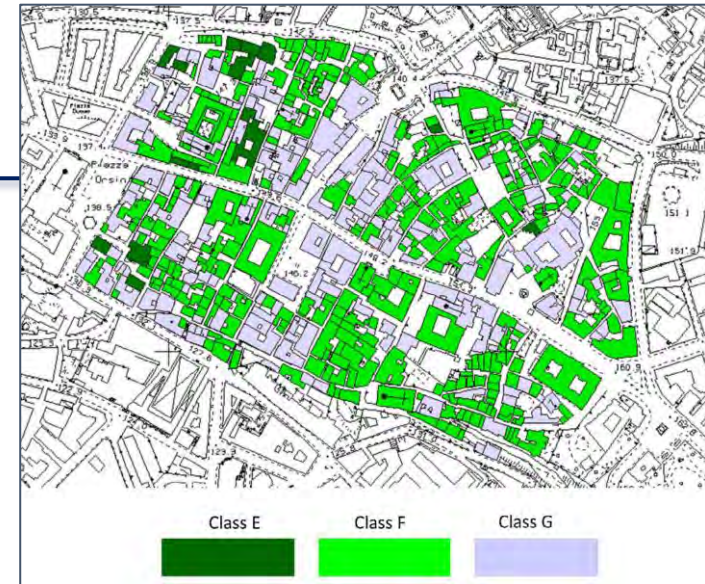
$U = 1.05 \text{ W/m}^2\text{K}$



Finestre in vetrocamera semplice, infissi in PVC, no gas in intercapedine (sistema anni '90).

HEATING AND COOLING

Sistema di riscaldamento convettivo (fan coil, con produzione di fluido termo-vettore da caldaia centralizzata, tecnologia standard alta temperatura, e macchina frigorifera del tipo aria-acqua).



Source: Ascione, De Masi, De Rossi, Vanoli. / Cities 35 (2013) 270–283

Caso Studio: Edilizia Residenziale anni '60, TERMOFISICA INVOLUCRO EDILIZIO

Prospetto A.3: Trasmittanza termica delle pareti interne verticali [W/m²K].

| Spessore [m] | Muratura di mattoni pieni intonacati sulle due facce | Muratura di mattoni forati intonacati sulle due facce | Parete in cls intonacata | Parete a cassa vuota con mattoni forati | Struttura isolata |
|--------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------|-------------------|
| 0,15         | 1,91                                                 | 1,38                                                  | 2,96                     | 1,16                                    | 0,56              |
| 0,20         | 1,67                                                 | 1,11                                                  | 2,79                     | 1,12                                    | 0,54              |
| 0,25         | 1,43                                                 | 0,93                                                  | 2,62                     | 1,08                                    | 0,52              |
| 0,30         | 1,19                                                 | 0,80                                                  | 2,46                     | 1,04                                    | 0,50              |



Prospetto A.5: Trasmittanza termica dei solai sotto ambienti interni [W/m²K].

| Spessore [m] | Soletta in laterocemento | Soletta in laterocemento confinante con sottotetto | Solaio prefabbricato in cls tipo Predalle | Soletta generica coibentata |
|--------------|--------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------|
| 0,20         | 1,59                     | 1,68                                               | 2,16                                      | 0,68                        |
| 0,25         | 1,39                     | 1,47                                               | 2,01                                      | 0,63                        |
| 0,30         | 1,19                     | 1,25                                               | 1,87                                      | 0,58                        |
| 0,35         | 1,00                     | 1,03                                               | 1,73                                      | 0,53                        |

Prospetto A.4: Trasmittanza termica delle coperture piane e a falde [W/m²K].

| Spessore [m] | Soletta piana non coibentata in laterocemento | Soletta piana coibentata | Tetto a falda in laterizio non coibentato | Tetto a falda in laterizio coibentato | Tetto in legno poco isolato | Tetto in legno mediamente isolato |
|--------------|-----------------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| 0,15         | 2,00                                          | 0,77                     | 2,77                                      | 0,87                                  | 1,31                        | 0,72                              |
| 0,20         | 1,76                                          | 0,72                     | 2,39                                      | 0,81                                  |                             |                                   |
| 0,25         | 1,53                                          | 0,67                     | 2,02                                      | 0,75                                  |                             |                                   |
| 0,30         | 1,30                                          | 0,61                     | 1,65                                      | 0,68                                  |                             |                                   |
| 0,35         | 1,06                                          | 0,56                     | 1,28                                      | 0,62                                  |                             |                                   |

Prospetto A.6: Trasmittanza termica dei solai a terra, su spazi aperti o su ambienti non riscaldati [W/m²K].

| Spessore [m] | Soletta in laterocemento su cantina | Soletta in laterocemento su vespaio o pilotis | Basamento in laterocemento su terreno | Basamento in cls su terreno | Soletta generica coibentata su cantina-vespaio-pilotis |
|--------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------|
| 0,20         | 1,54                                | 1,76                                          | 1,37                                  | 1,35                        | 0,71                                                   |
| 0,25         | 1,35                                | 1,53                                          | 1,24                                  | 1,31                        | 0,66                                                   |
| 0,30         | 1,16                                | 1,30                                          | 1,11                                  | 1,27                        | 0,61                                                   |
| 0,35         | 0,97                                | 1,06                                          | 0,98                                  | 1,23                        | 0,55                                                   |

Abachi da Raccomandazione CTI R03/2003

Comuni dell'Irpinia in Zona Climatica E: Diagnosi secondo DPR 412/93 (Tailored Rating 14 h/day)

Appendice A, allegato 1 DM  
26/06/2015

ALLEGATO E  
Requisiti degli interventi di isolamento termico

Tabella 2 - Trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura, verso l'esterno e gli ambienti non climatizzati

| Zona climatica | U (W/m²K)           |                          |
|----------------|---------------------|--------------------------|
|                | 2015 <sup>(1)</sup> | 2019/2021 <sup>(2)</sup> |
| A e B          | 0,38                | 0,35                     |
| C              | 0,36                | 0,33                     |
| D              | 0,30                | 0,26                     |
| E              | 0,25                | 0,22                     |
| F              | 0,23                | 0,20                     |

Tabella 3 - Trasmittanza termica U delle opache orizzontali di pavimento, verso l'esterno, gli ambienti non climatizzati o contro terra

| Zona climatica | U (W/m²K)           |                          |
|----------------|---------------------|--------------------------|
|                | 2015 <sup>(1)</sup> | 2019/2021 <sup>(2)</sup> |
| A e B          | 0,46                | 0,44                     |
| C              | 0,40                | 0,38                     |
| D              | 0,32                | 0,29                     |
| E              | 0,30                | 0,26                     |
| F              | 0,28                | 0,24                     |

Tabella 1 - Valori di trasmittanza massimi consentiti per l'accesso alle detrazioni

| Tipologia di intervento                                                                                   | Requisiti tecnici di soglia per la tipologia di intervento |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------|
|                                                                                                           | Zona climatica                                             | U (W/m²K)    |
| i. Strutture opache orizzontali: isolamento coperture (calcolo secondo le norme UNI EN ISO 6946)          | Zona climatica A                                           | ≤ 0,27 W/m²K |
|                                                                                                           | Zona climatica B                                           | ≤ 0,27 W/m²K |
|                                                                                                           | Zona climatica C                                           | ≤ 0,27 W/m²K |
|                                                                                                           | Zona climatica D                                           | ≤ 0,22 W/m²K |
|                                                                                                           | Zona climatica E                                           | ≤ 0,20 W/m²K |
|                                                                                                           | Zona climatica F                                           | ≤ 0,19 W/m²K |
| ii. Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti (calcolo secondo le norme UNI EN ISO 6946)         | Zona climatica A                                           | ≤ 0,40 W/m²K |
|                                                                                                           | Zona climatica B                                           | ≤ 0,40 W/m²K |
|                                                                                                           | Zona climatica C                                           | ≤ 0,30 W/m²K |
|                                                                                                           | Zona climatica D                                           | ≤ 0,28 W/m²K |
|                                                                                                           | Zona climatica E                                           | ≤ 0,25 W/m²K |
|                                                                                                           | Zona climatica F                                           | ≤ 0,23 W/m²K |
| iii. Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali (calcolo secondo le norme UNI EN ISO 6946) | Zona climatica A                                           | ≤ 0,38 W/m²K |
|                                                                                                           | Zona climatica B                                           | ≤ 0,38 W/m²K |
|                                                                                                           | Zona climatica C                                           | ≤ 0,30 W/m²K |
|                                                                                                           | Zona climatica D                                           | ≤ 0,26 W/m²K |
|                                                                                                           | Zona climatica E                                           | ≤ 0,23 W/m²K |
|                                                                                                           | Zona climatica F                                           | ≤ 0,22 W/m²K |
| iv. Sostituzione di finestre comprensive di infissi (calcolo secondo le norme UNI EN ISO 10077-1)         | Zona climatica A                                           | ≤ 2,60 W/m²K |
|                                                                                                           | Zona climatica B                                           | ≤ 2,60 W/m²K |
|                                                                                                           | Zona climatica C                                           | ≤ 1,75 W/m²K |
|                                                                                                           | Zona climatica D                                           | ≤ 1,67 W/m²K |
|                                                                                                           | Zona climatica E                                           | ≤ 1,30 W/m²K |
|                                                                                                           | Zona climatica F                                           | ≤ 1,00 W/m²K |

Per i solai, **sia di copertura** che di **separazione con il terreno o ambienti sottostanti non riscaldati**, di primaria importanza risulta essere il **comportamento igrometrico** e di tenuta all'acqua.

Per il resto, con riferimento alle prestazioni «termiche», occorrono condizioni profondamente diverse.

Norma UNI 7357/1974 (RITIRATA): Calcolo del fabbisogno termico per il riscaldamento di edifici

**SOLAI A TERRA**

5.2.1.2. Temperatura approssimativa dei locali non riscaldati

Per una prima approssimazione l'esperienza ha consentito di stabilire di massima le temperature dei locali non riscaldati in corrispondenza ad una temperatura dei locali contigui riscaldati di 20 °C e ad una temperatura esterna di — 5 °C (vedere prospetto seguente).

| Tipo di locale                                    | Temperatura °C                                                                          | Correzioni da portare se                              |                                            |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
|                                                   |                                                                                         | la temperatura dei locali contigui è diversa da 20 °C | la temperatura esterna è diversa da — 5 °C |
| Cantine con serramenti aperti                     | — 2                                                                                     | $(t_i - 20) 0,1$                                      | $(t_e + 5) 0,9$                            |
| Cantine con serramenti chiusi                     |  5 | $(t_i - 20) 0,4$                                      | $(t_e + 5) 0,6$                            |
| Sottotetti non plafonati con tegole non sigillate | temperatura esterna                                                                     | —                                                     | —                                          |

## Norma UNI 7357/1974 (RITIRATA): Calcolo del fabbisogno termico per il riscaldamento di edifici

**SOLAI A TERRA****7.3.2.2. Dispersioni verso il sottosuolo**

Le dispersioni di calore del pavimento verso il sottosuolo sono proporzionali alla differenza tra la temperatura del locale  $t_i$  e la temperatura dell'acqua delle falde superficiali ( $10 \div 15$  °C) e la superficie interessata è in questo caso l'intera superficie del pavimento quale che sia la quota di esso rispetto al terreno circostante.

Detta  $K$  la trasmittanza unitaria normale del pavimento si fa uso di una trasmittanza fittizia

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{K} + \frac{1}{C}}$$

dove  $C$  è la conduttanza del terreno.

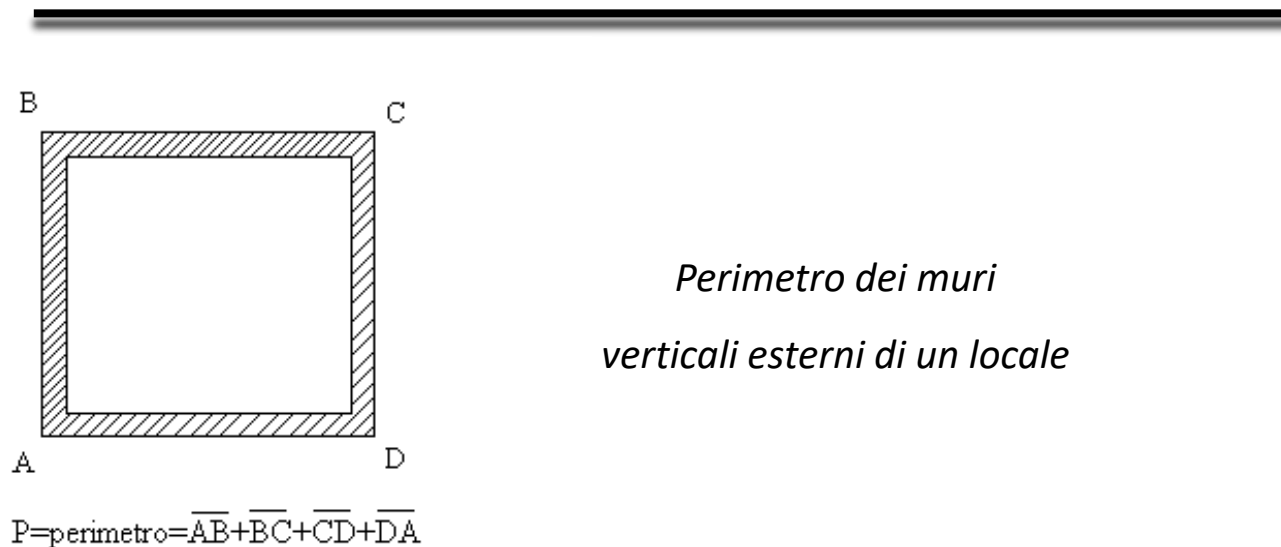
In condizioni di regime stazionario un valore accettabile per  $C$  varia da 1 a 2; poiché peraltro le dispersioni non variano proporzionalmente a  $(t_i - t_e)$  come per le altre pareti occorre riscaldare i locali sotterranei con un circuito separato ove si voglia mantenere una  $t_i$  determinata.

**SOLAI A TERRA****Pavimenti posati sul terreno**

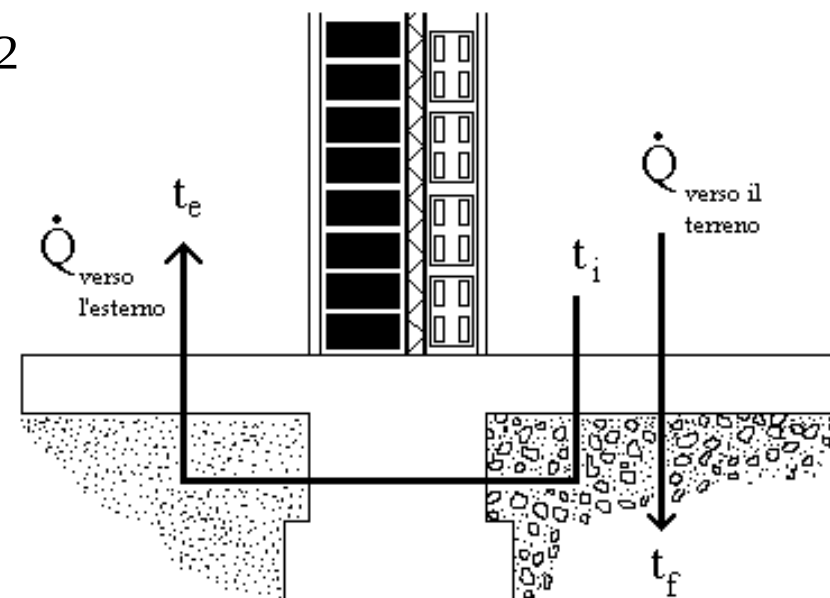
La potenza termica dispersa per trasmissione attraverso pavimenti posati sul terreno è **somma di due aliquote**:

- una verso l'ambiente esterno ( $Q_{s-1}$ ),
- l'altra verso il sottosuolo ( $Q_{s-2}$ )

$$\dot{Q}_s = \dot{Q}_{s-1} + \dot{Q}_{s-2}$$



*Perimetro dei muri  
verticali esterni di un locale*



*Dispersione termica, 2 aliquote*

**SOLAI A TERRA****IL CARICO TERMICO INVERNALE**

La **potenza termica dispersa verso l'ambiente esterno** ( $\dot{Q}_{s-1}$ ) è proporzionale alla differenza di temperatura ( $t_i - t_e$ ) ed **interessa una striscia di pavimento adiacente ai muri esterni** (se il pavimento è alla quota del terreno circostante), o ai muri interrati (se si tratta del pavimento di un locale parzialmente o totalmente interrato).

Detta "P" la lunghezza in metri dei suddetti muri, misurata all'interno del locale, la potenza termica dispersa verso l'ambiente esterno vale:

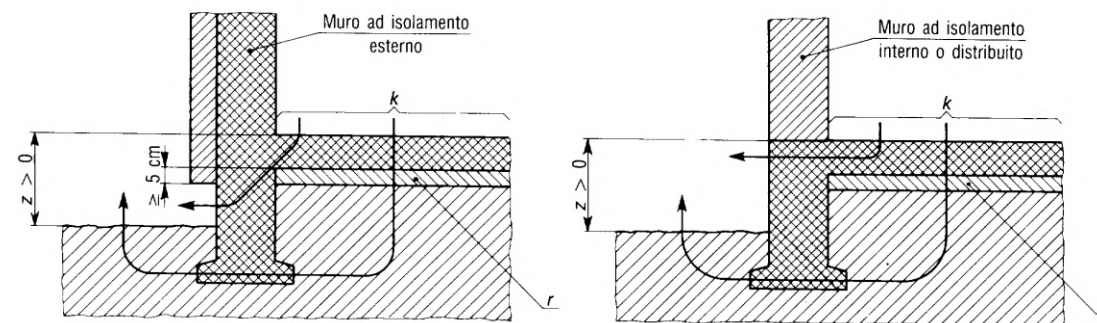
$$\dot{Q}_{s-1} = P \cdot (2 - h) \cdot U_1 \cdot (t_i - t_e)$$

in cui "h" è la **profondità del pavimento** rispetto al terreno circostante [m] e  $U_1$  è la trasmittanza termica **unitaria fittizia** valutata come:

$$U_1 = \frac{1}{\frac{1}{U} + \frac{2}{\lambda'}}$$

Nell'ultima equazione chiamata:

- U è la **trasmittanza termica unitaria del pavimento** [W/m<sup>2</sup>K]
- $\lambda'$  è la **conduttività del terreno umido**, posta pari a circa [2.9 W/mK]



**SOLAI A TERRA****IL CARICO TERMICO INVERNALE**

La seconda aliquota, e quindi la potenza termica dispersa dal pavimento verso il sottosuolo ( $Q_{s-2}$ ) è proporzionale alla differenza tra temperatura  $t_i$  della zona riscaldata e la temperatura dell'acqua delle falde superficiali ( $10 \div 15$  °C).

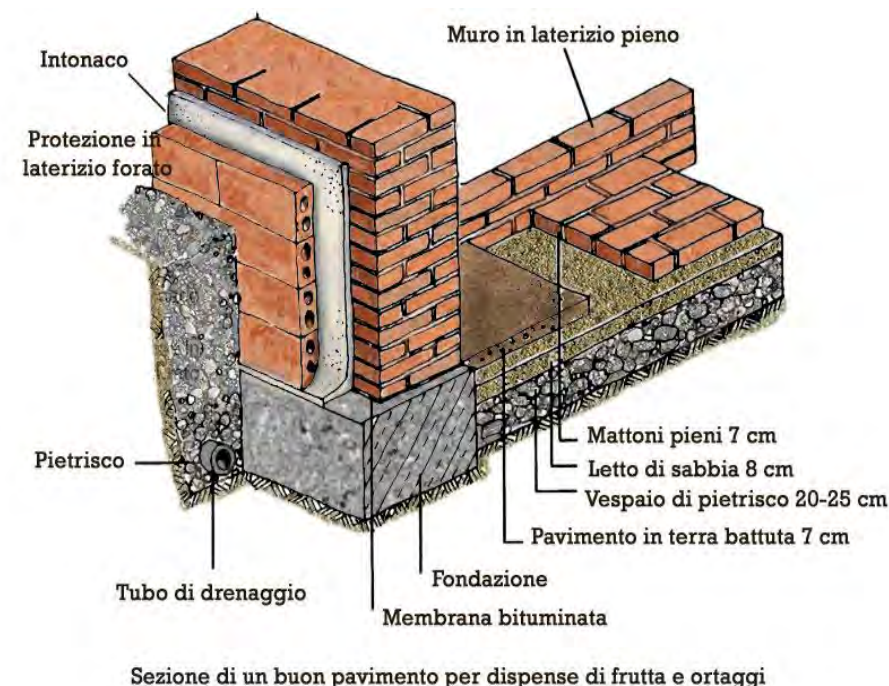
La superficie interessata è in questo caso l'intera superficie del pavimento, quale che sia la sua quota rispetto al terreno circostante.

$$\dot{Q}_{s-2} = U_1 \cdot A_{pav} \cdot (t_i - t_{terreno})$$

Detta  $U$  la trasmittanza termica unitaria del pavimento e  **$C$  la conduttanza termica unitaria del terreno**, si usa la seguente **trasmittanza termica unitaria fittizia  $U_1$** .

$$U_1 = \frac{1}{\frac{1}{U} + \frac{1}{C}}$$

In condizioni di regime stazionario un valore usuale di  $C$  è compreso tra 1.2 e 2.3 W/m<sup>2</sup>K.



## IL CASO DI TERRENO LIBERO, E QUINDI LONTANO DALLE INTERFERENZE CON L'EDIFICIO SOPRASTANTE, E' DIVERSO

### FONTE

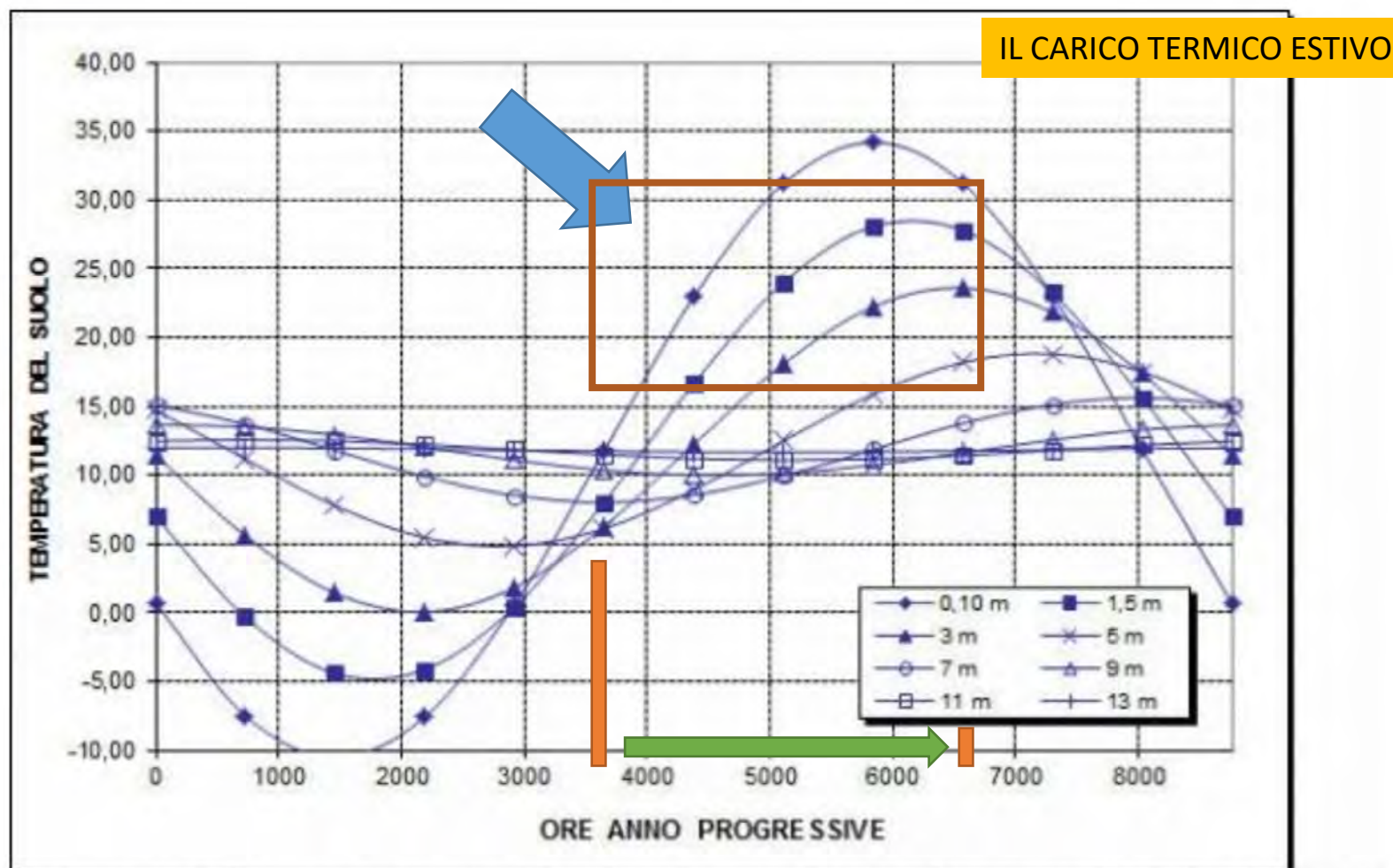
«Sistemi geotermici a bassa temperatura: caratteristiche e opportunità Una guida alle caratteristiche e alle opportunità garantite dai sistemi geotermici a bassa temperatura, tra le più interessanti fonti energetiche rinnovabili».

[http://www.cngeologi.it/wp-content/uploads/2014/12/GeologiInfo\\_Sistemi-geotermici-a-bassa-temperatura.pdf](http://www.cngeologi.it/wp-content/uploads/2014/12/GeologiInfo_Sistemi-geotermici-a-bassa-temperatura.pdf)

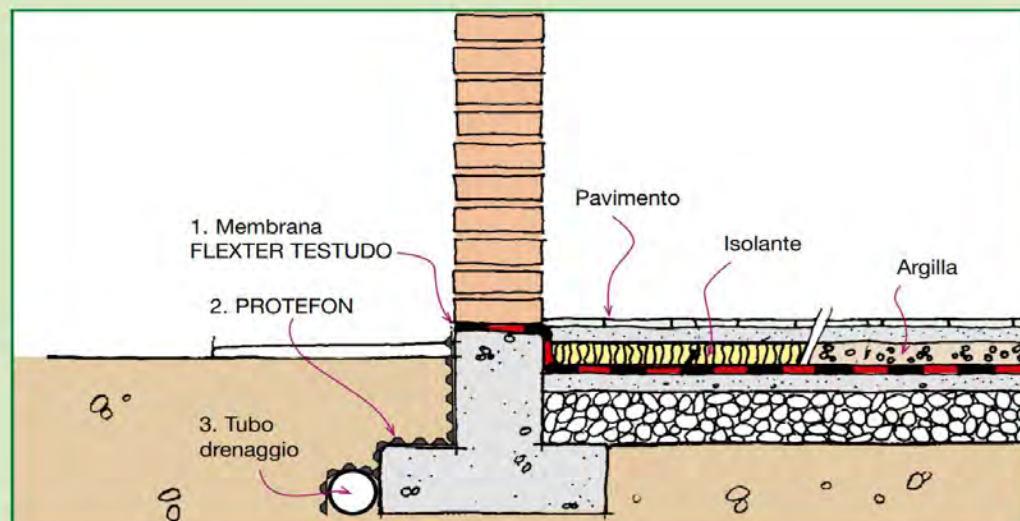
Anno: 8760 h

3624 = 1 maggio

6552 = 30 settembre



*Andamento della temperatura (in °C) del suolo superficiale a diverse profondità in funzione del tempo nel Nord Italia*

**SOLAI A TERRA****A1****Pavimento controterra su terreni umidi****Situazione**

**Pavimentazione controterra, su terreni argillosi dove si accumulano sacche di acqua piovana, su terreni in pendenza.** L'acqua dispersa verrà raccolta dal canale di drenaggio posto sotto un marciapiede. L'impiego di uno strato prefabbricato drenante che rivesta la parte verticale può essere vantaggioso quando scarseggia l'inerte drenante. L'umidità che sale per capillarità verrà fermata da una stratificazione impermeabile continua applicata su di un magrone di calcestruzzo.

**Manto impermeabile**

Sarà costituito da una membrana impermeabilizzante bitume distillato polimero elastoplastomerica, di 4 mm di spessore, tipo **FLEXTER TESTUDO SPUNBOND POLIESTERE**, certificata con Agrement/DVT dell'I.T.C.-CNR a base di bitume distillato, plastomeri ed elastomeri, con armatura composita in "tessuto non tessuto" di poliestere da filo continuo Spunbond stabilizzato con fibra di vetro.

La membrana sarà classificata in Euroclasse E di reazione al fuoco (EN13501-1), avrà una resistenza a trazione (EN12311-1) L/T. di 850/750 N/50 mm, un allungamento a rottura

(EN 12311-1) L/T. del 50/50%, una resistenza alla lacerazione (EN12310-1) L/T di 200/200 N, una resistenza al punzonamento dinamico (EN 12691 metodo A) di 1.250 mm, una resistenza al punzonamento statico (EN 12730) di 20 kg, una stabilità dimensionale a caldo (EN1107-1) L/T del -0,3%/+0,3%, una flessibilità a freddo (EN1109) di -20°C ed una tenuta al calore a caldo (EN1110) di 140°C.

I teli verranno posati a secco sul magrone in calcestruzzo e verranno sormontati per 10 cm. La saldatura della sovrapposizione verrà eseguita con la fiamma di un bruciatore a gas propano e, per fermare la salita capillare nei muri in

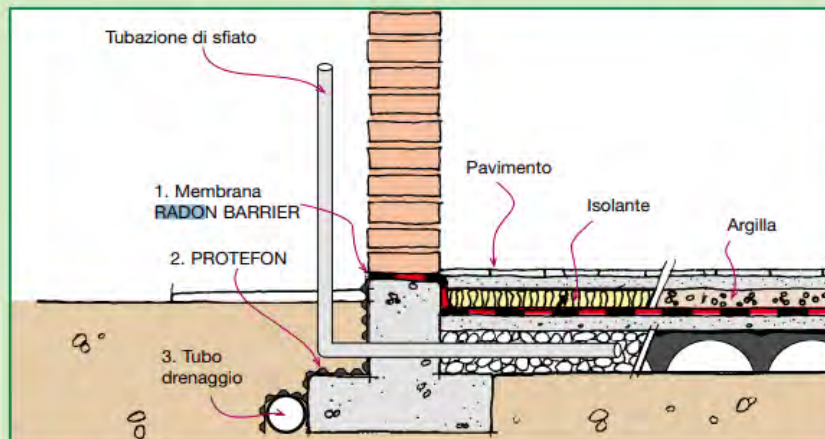
elevazione, i fogli verranno risvoltati e incollati a fiamma sul cordolo di fondazione.

Al di sopra della membrana può essere stesa dell'argilla espansa sfusa (granulometria 8-15) oppure un pannello isolante resistente alla compressione, applicati in spessore sufficiente a prevenire la condensazione sul pavimento, su di questi poi verrà appoggiata la cappa del pavimento.

Qualora l'igrotermia degli ambienti lo richieda (locali dove avvengono forti produzioni di vapore) per isolanti permeabili al vapore è necessario applicare al di sopra di questi una barriera di vapore.

**FONTE:**

[https://www.indexspa.it/indexspacom/capitolati/cap\\_pdf/1/cap5.pdf](https://www.indexspa.it/indexspacom/capitolati/cap_pdf/1/cap5.pdf)

**SOLAI A TERRA****A2****Pavimento controterra su terreni umidi  
Soluzione a protezione dal Gas Radon****Situazione**

Pavimentazione controterra, su terreni argillosi invasi dal gas Radon dove si accumulano sacche di acqua piovana, su terreni in pendenza. L'umidità che sale per capillarità ed il gas Radon verranno fermati da una stratificazione impermeabile continua applicata su di un magrone di calcestruzzo con le stesse modalità indicate per il caso precedente. Una o più tubazioni di sfiato, che potranno essere collegate ad un sistema di aspirazione, verranno inserite nel vespaio come ulteriore misura di sicurezza contro la diffusione del Radon.

**Manto impermeabile e protezione dal Gas Radon**

Sarà costituito da una membrana impermeabilizzante multifunzionale in bitume distillato polimero elastoplastomerica di 4 mm di spessore tipo **RADON BARRIER POLIESTERE**, a base di bitume distillato, plastomeri ed elastomeri, con armatura in in tessuto non tessuto di poliestere da filo continuo Spunbond.

La membrana avrà le seguenti caratteristiche determinate conforme le norme EN: forza a trazione massima Long./Trasv. (EN 12311-1) di 700/500 N/50 mm; allungamento a rottura L/T del 40/45%; flessibilità a freddo di -10°C; resistenza al punzonamento dinamico (EN 12691-A) di 1250 mm; resistenza al punzonamento statico (EN 12691-B) 20 kg; resistenza alla lacerazione con il chiodo L/T [EN 12310-1] di 160/200 N.

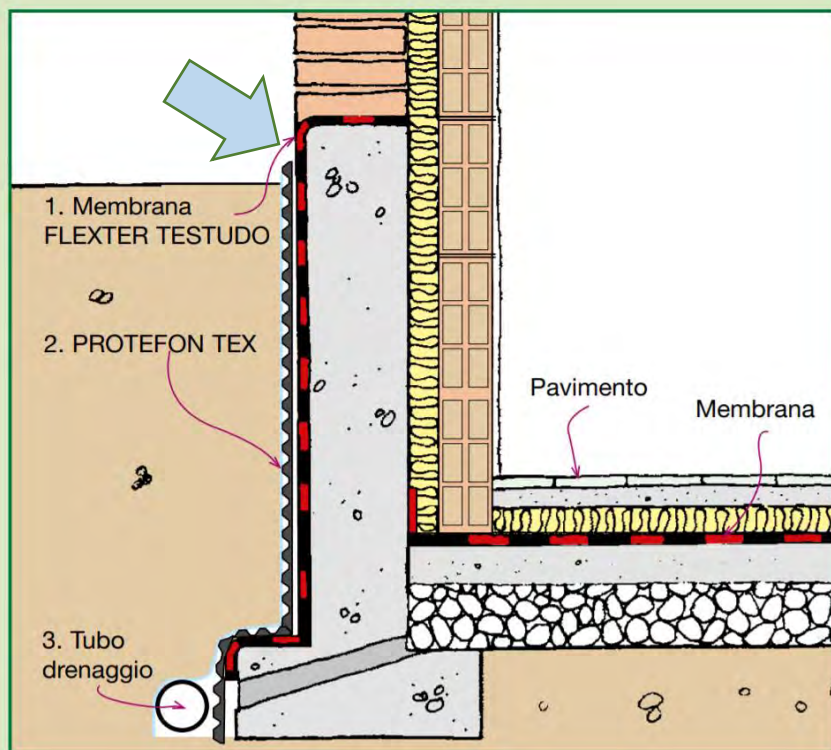
La membrana dovrà fornire una permeabilità certificata al RADON  $< 10 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \times 24\text{h} \times \text{atm}$ . I teli verranno posati a secco sul magrone in calcestruzzo e verranno sormontati per 10 cm. La saldatura della sovrapposizione verrà eseguita con la fiamma di un bruciatore a gas propano e, per fermare la salita capillare nei muri in elevazione, i fogli verranno risvoltati e incollati a fiamma sul cordolo di fondazione.

Nel caso sia necessaria una barriera al Radon più performante si potrà sostituire la precedente con la membrana impermeabilizzante multifunzionale in bitume distillato polimero elastoplastomerica di 4 mm di spessore tipo **RADON BARRIER/V**, a base di bitume distillato, plastomeri ed elastomeri, con armatura in feltro di vetro imputrescibile a cui è accoppiata una lamina di alluminio che costituisce una ulteriore barriera al RADON praticamente impenetrabile. La membrana avrà le seguenti caratteristiche determinate conforme le norme EN: forza a trazione massima Long./Trasv. (EN 12311-1) di 450/350 N/50 mm; allungamento a rottura L/T del 3/3%; flessibilità a freddo di -10°C e dovrà fornire una permeabilità al RADON certificata  $< 0,1 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \times 24\text{h} \times \text{atm}$ .

**FONTE**

CAPITOLATO TECNICO:  
FONDAZIONI\_  
Impermeabilizzazione e  
protezione delle opere  
controterra nuove  
dall'acqua e dal radon,  
anche in zona sismica  
*Index - Contruction  
System and Products*

[https://www.indexspa.it/indexspacom/capitolati/cap\\_pdf/1/cap5.pdf](https://www.indexspa.it/indexspacom/capitolati/cap_pdf/1/cap5.pdf)

**SOLAI A TERRA****Situazione**

**Vani interrati in terreni argillosi.** È una situazione a rischio elevato di penetrazione dell'umidità. I terreni argillosi sono in grado di adescare l'umidità da una falda profonda da 3 fino ad 8 m e durante le precipitazioni trattengono l'acqua meteorica a lungo.

La soluzione proposta prevede il rivestimento delle pareti contro terra ed il rivestimento delle pareti orizzontali sotto pavimento con una membrana spessa 4 mm e armata con "tessuto non tessuto" di poliestere, integrati dall'additivazione del getto di fondazione con fluidificante e idrofugo di massa. Particolare attenzione progettuale va rivolta al livello raggiungibile da un improvviso innalzamento della falda freatica perché, se la stratigrafia posta sopra il manto impermeabile che riveste la parte orizzontale non è in grado di controbilanciare la spinta, questa può causare lo sfondamento del pavimento e del manto stesso. Se si è in presenza di una falda a livello variabile è conveniente passare alla soluzione **E**.

**Primer**

La superficie del muro controterra verrà preventivamente trattata con una mano di primer

bituminoso di adesione a rapida essiccazione idoneo per la preparazione delle superfici alla posa a fiamma delle membrane bitume polimero, tipo **INDEVER**, a base di bitume, additivi e

solventi con residuo secco (UNI EN ISO 3251) del 40% e viscosità in coppa DIN/4 a 23°C (UNI EN ISO 2431) di 12÷17 s.

**FONTE**

CAPITOLATO TECNICO:  
FONDAZIONI\_

Impermeabilizzazione e protezione delle opere controterra nuove dall'acqua e dal radon, anche in zona sismica

*Index - Contruction System and Products*

[https://www.indexspa.it/indexspacom/capitolati/cap\\_pdf/1/cap5.pdf](https://www.indexspa.it/indexspacom/capitolati/cap_pdf/1/cap5.pdf)

| LEGENDA                                         |                                                              |
|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 1. elementi di rivestimento rigido              | 9. foro di ventilazione vespaio                              |
| 2. strato di allettamento                       | 10. getto di completamento con rete elettrosaldata           |
| 3. strato di livellamento a base cementizia     | 11. vespaio con intercapedine ventilata tipo iglù            |
| 4. massetto impiantistico                       | 12. canalizzazione di ventilazione ed espulsione radon       |
| 5. strato di controllo del flusso di vapore     | 13. ghiaia drenante pulita                                   |
| 6. strato di isolamento termico ad alta densità | 14. pozzetto di aspirazione e/o di alloggiamento ventilatore |
| 7. membrana antiradon                           | 15. ventilatore elettrico                                    |

Figura 1 – Chiusura orizzontale inferiore alla quota del terreno

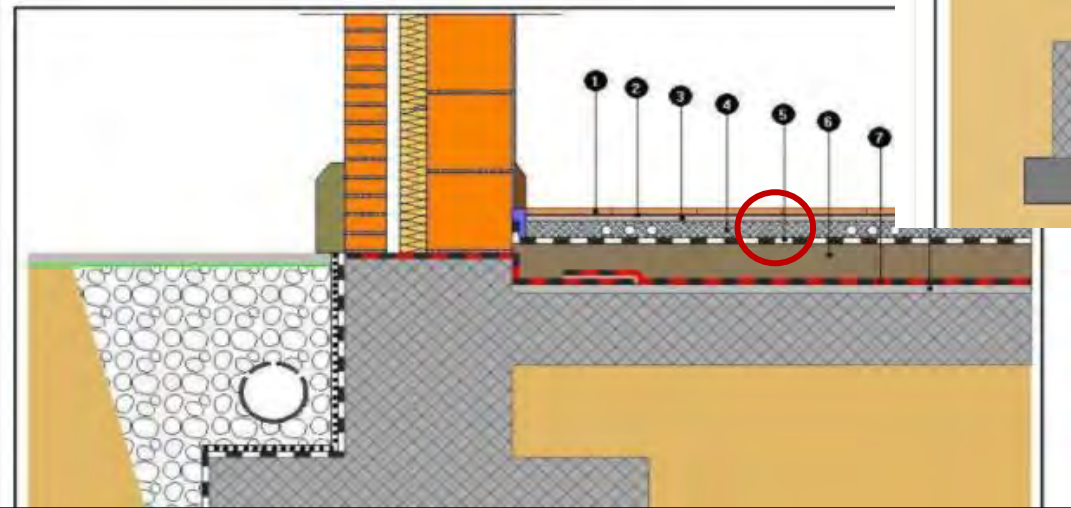
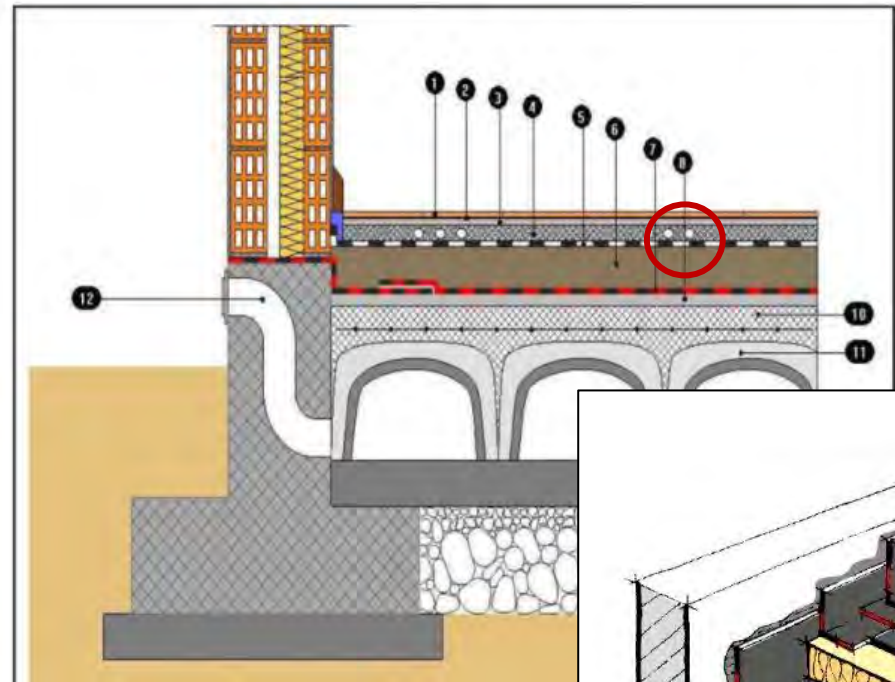
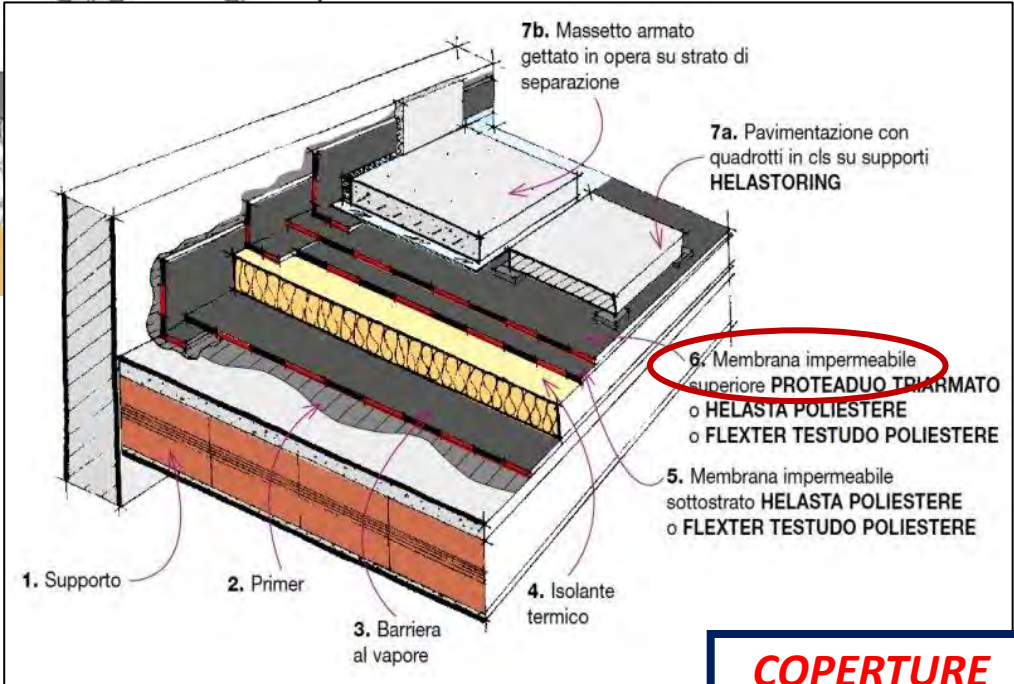


Figura 3 – Chiusura orizzontale inferiore sopra la quota del terreno su vespaio ventilato



**SOLAI A TERRA**



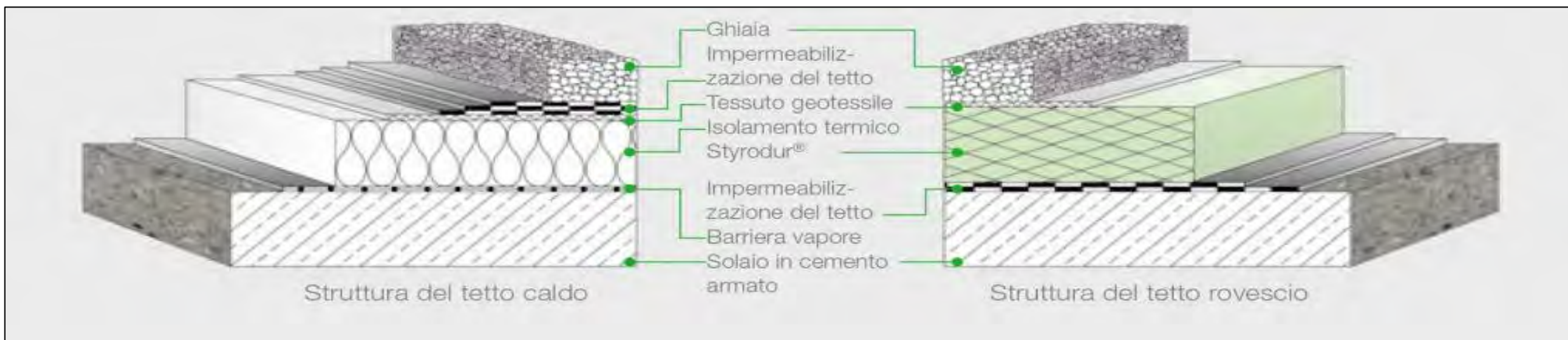
**COPERTURE**

<https://www.arpa.piemonte.it/arpa-comunica/events/eventi-2009/atti-convegno-agenti-fisici/bigliotto1.pdf>

**SOLAI DI COPERTURA**

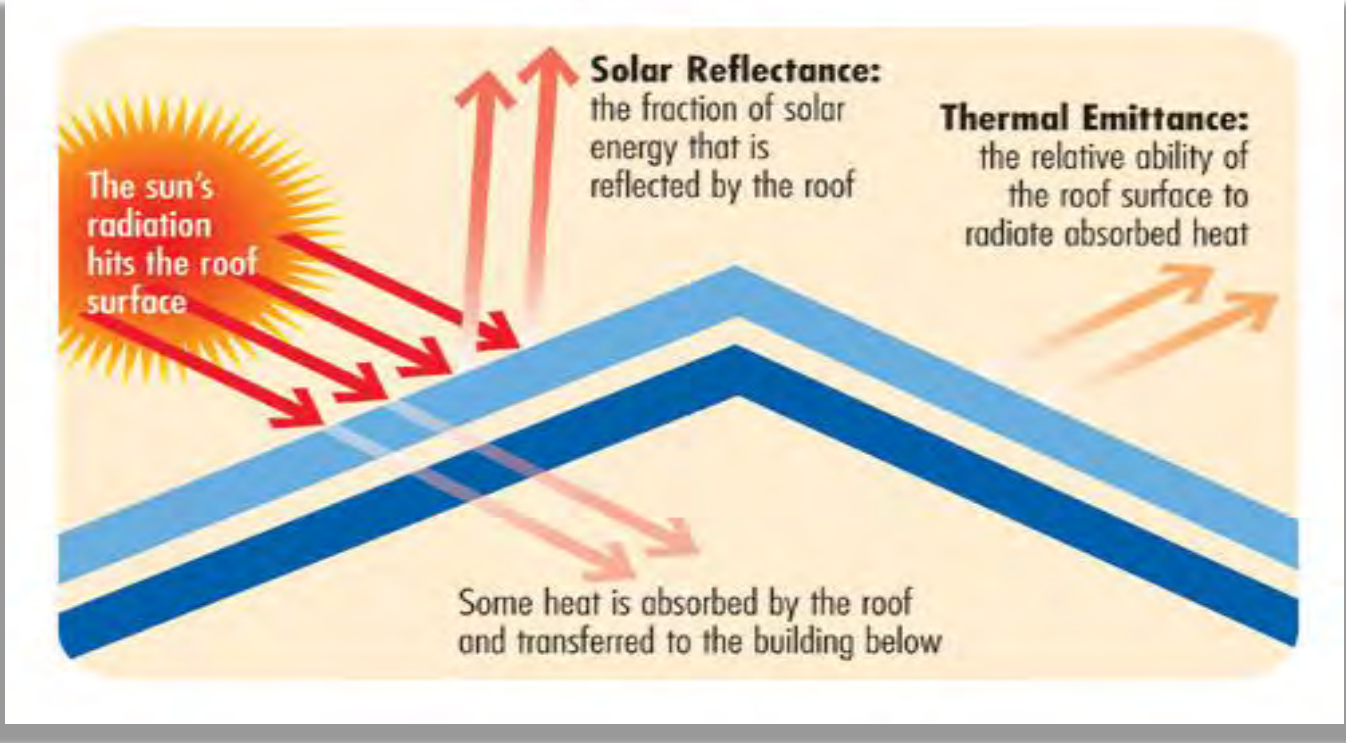
La sollecitazione termica che interessa le coperture, **DIVERSAMENTE**, è molto molto spinta:

- **in INVERNO**: A causa delle basse temperature dell'aria esterna, nonché del flusso termico radiativo verso la volta celeste;
- **in ESTATE**: a causa della radiazione solare che, come quantificabile andando a guardare la temperatura sole-aria, porta facilmente la  $T$  superficiale del tetto anche molto oltre la  $T$  dell'aria.

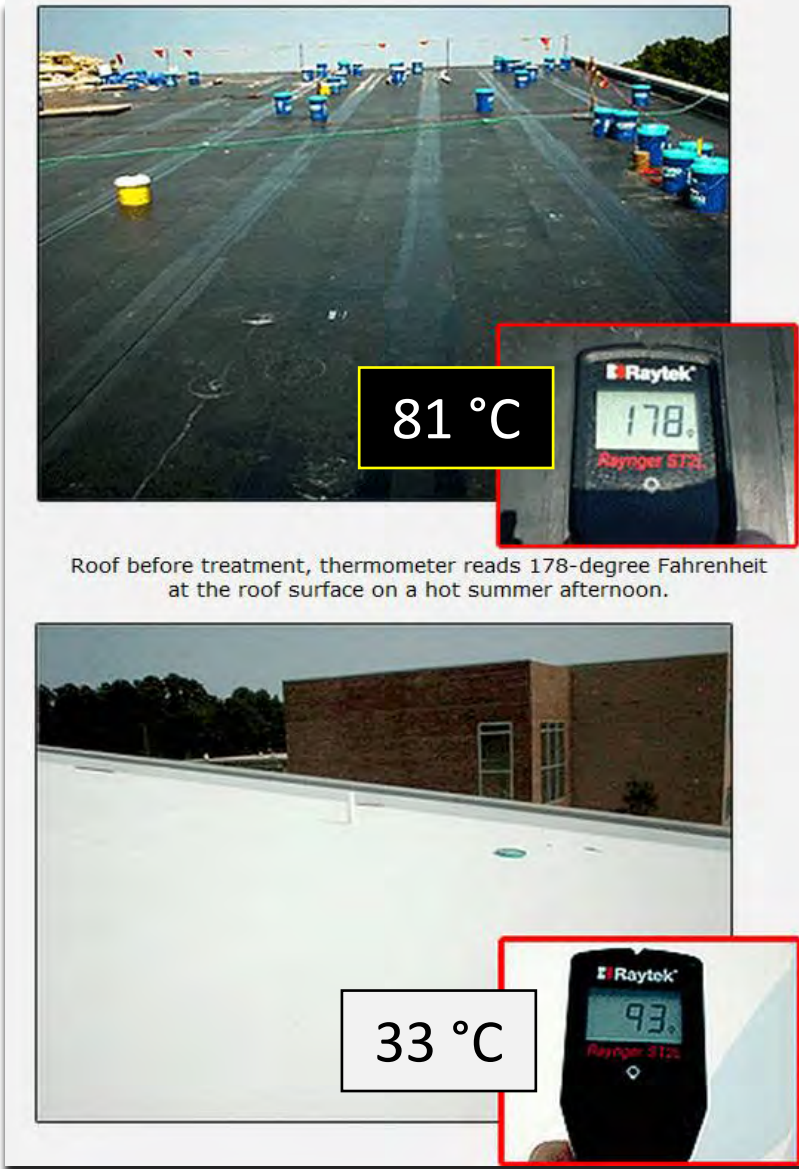


<https://www.styrodur-italia.it/si/perche-il-tetto-piano-rovescio/>

SOLAI DI COPERTURA



$$T_{\text{SOLE-ARIA}} = T_{\text{ESTERNA}} + (\alpha_{\text{SOLARE}} \cdot I / h_{\text{LIM-EST}}) - (\epsilon_{\text{INFRAROSSO}} \cdot \Delta R / h_{\text{LIM-EST}})$$



SOLAI DI COPERTURA

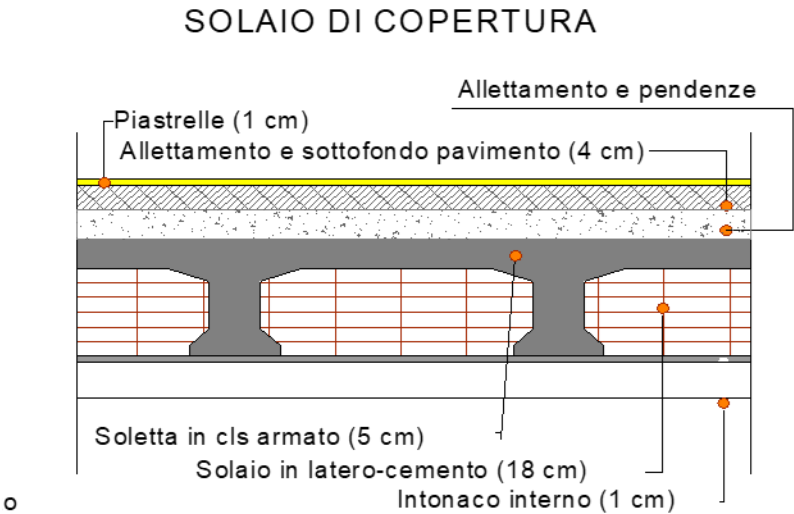
D - 34

CARICHI TERMICI

2005

Tab. 19 - Differenze di temperatura equivalenti<sup>(1)</sup>  $\Delta t_{eq}$  [°C] per coperture opache, in funzione dell'esposizione, della massa frontale  $m_f$  [kg/m<sup>2</sup>] e dell'ora del giorno<sup>(2)</sup>.

|      | $m_f$ | Ora solare |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|-------|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|      |       | 6          | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   |
|      |       | 18         | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    |
| sole | 50    | -2,5       | -3,6 | -4,1 | -3,1 | -0,8 | 3,6  | 8,1  | 13,1 | 17,5 | 20,8 | 23,6 | 25,2 |
|      |       | 24,7       | 22,5 | 19,2 | 15,2 | 11,9 | 8,5  | 5,3  | 3,6  | 1,3  | 0,2  | -0,8 | -1,9 |
|      | 100   | -0,3       | -0,8 | -1,4 | -0,8 | 0,8  | 4,7  | 8,5  | 12,5 | 16,4 | 19,7 | 22,5 | 23,6 |
|      |       | 23,6       | 21,9 | 19,2 | 16,4 | 13,6 | 10,8 | 8,1  | 6,4  | 4,2  | 3,0  | 1,9  | 0,8  |
| 200  |       | 1,9        | 1,3  | 0,8  | 1,3  | 3,0  | 5,3  | 8,5  | 12,5 | 15,2 | 18,1 | 20,8 | 21,9 |
|      |       | 22,5       | 21,3 | 19,2 | 17,5 | 15,2 | 13,1 | 10,8 | 9,2  | 6,9  | 5,8  | 4,7  | 3,0  |
| 300  |       | 4,7        | 4,2  | 3,0  | 3,6  | 4,2  | 5,8  | 8,5  | 11,9 | 14,7 | 16,9 | 19,2 | 20,8 |
|      |       | 21,3       | 20,8 | 19,7 | 18,6 | 16,9 | 15,2 | 13,6 | 11,9 | 9,7  | 8,5  | 6,9  | 5,8  |
| 400  |       | 6,9        | 6,4  | 5,8  | 5,8  | 6,4  | 6,9  | 8,5  | 11,9 | 14,1 | 15,2 | 17,5 | 19,2 |
|      |       | 20,3       | 20,3 | 19,2 | 18,6 | 18,6 | 17,5 | 16,4 | 14,7 | 12,5 | 10,8 | 9,7  | 7,4  |



A fonte di una temperatura dell'aria esterna generalmente non superiore a 30-35 °C al picco, i delta T equivalenti, secondo Pizzetti Carrier sono significativi.

CLASSE DI EPOCA DI COSTRUZIONE

CLASSE DI DIMENSIONE EDILIZIA

| Area climatica media | CASE MONOFAMILIARI                                                                  | CASE A SCHIERA                                                                      | EDIFICI MULTIFAMILIARI                                                                | BLOCCHI DI APPARTAMENTI                                                               |
|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 Fino al 1900       |    |    |    |    |
| 2 1901-1920          |    |    |    |    |
| 3 1921-1945          |    |    |    |    |
| 4 1946-1960          |    |    | HIGH-RISE BUILDING ANNI '60                                                           |                                                                                       |
| 5 1961-1975          |    |    |    |    |
| 6 1976-1990          |   | MONOFAMILIARE ANNI '90                                                              |                                                                                       |   |
| 7 1991-2005          |  |  |  |  |
| 8 Dopo il 2005       |  |  |  | PALAZZINA PROVINCIA ANNI 2000                                                         |



Edificio anni '60  
10 piani  
Area utile 5573 m<sup>2</sup>  
Area lorda di piano 658 m<sup>2</sup>



Temperatura indoor controllata 10h (REAL USE)

|                    | Electricity [kWh] | Natural Gas [kWh] |
|--------------------|-------------------|-------------------|
| Heating            | 8.96              | 238658.92         |
| Cooling            | 0.00              | 0.00              |
| Interior Lighting  | 49497.52          | 0.00              |
| Exterior Lighting  | 0.00              | 0.00              |
| Interior Equipment | 93212.34          | 0.00              |
| Exterior Equipment | 0.00              | 0.00              |
| Fans               | 0.00              | 0.00              |
| Pumps              | 65.48             | 0.00              |
| Heat Rejection     | 0.00              | 0.00              |
| Humidification     | 0.00              | 0.00              |
| Heat Recovery      | 0.00              | 0.00              |
| Water Systems      | 0.00              | 0.00              |
| Refrigeration      | 0.00              | 0.00              |
| Generators         | 0.00              | 0.00              |
|                    |                   |                   |
| Total End Uses     | 142784.29         | 238658.92         |

Table 3: Input parameters, operational and performance data, for the definition of the building numerical model – BUILDING C (palazzo 10 piani)

| BUILDING GEOMETRY                                  |                         |                                   |                  |                     |      |
|----------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|------------------|---------------------|------|
| Total Building Area [m²]                           | 6080                    | Total building Volume [m³]        | 18327            |                     |      |
| Net Conditioned Building Area [m²]                 | 5573                    | Conditioned total volume [m³]     | 16810            |                     |      |
| Gross Roof Area [m²]                               | 658                     | Surface to volume ratio [1/m]     | 0.49             |                     |      |
| ENVELOPE - WINDOW TO WALL RATIO                    |                         |                                   |                  |                     |      |
|                                                    | Total                   | North                             | East             | South               | West |
| Gross Wall Area [m²]                               | 4989                    | 451                               | 2043             | 451                 | 2044 |
| Window Opening Area [m²]                           | 796                     | 11                                | 387              | 11                  | 387  |
| Gross Window-Wall Ratio [%]                        | 16                      | 3                                 | 19               | 3                   | 19   |
| BOUNDARY CONDITIONS                                |                         |                                   |                  |                     |      |
| Number of conditioned zones                        | 60                      | Number of unconditioned zones     | 22               |                     |      |
| Infiltration: 0.7 h <sup>-1</sup>                  |                         |                                   |                  |                     |      |
| HEATING SYSTEM – GAS BOILER                        |                         |                                   |                  |                     |      |
| Generation systems efficiency [-]                  | 0.79                    |                                   | Nominal capacity | 400 kW <sub>i</sub> |      |
| Naples                                             |                         |                                   |                  |                     |      |
| DHW SYSTEM                                         |                         |                                   |                  |                     |      |
| Electric water heater                              | systems efficiency: 0.9 |                                   |                  |                     |      |
| THERMOPHYSICAL PROPERTIES – thermal transmittances |                         |                                   |                  |                     |      |
| External walls [W/m²K]                             | 0.95                    | Ground floor [W/m²K]              | 0.98             |                     |      |
| Roof floor [W/m²K]                                 | 0.94                    | Floor internal partitions [W/m²K] | 1.02             |                     |      |
| Glass (windows) [W/m²K]                            | 5.78                    | Frame (windows) [W/m²K]           | 5.88             |                     |      |

|                                    |                                      |       |
|------------------------------------|--------------------------------------|-------|
| EP <sub>i</sub> (esercizio reale)  | (kWh <sub>p</sub> /m <sup>2</sup> a) | 44.95 |
| EP usi elettrici (esercizio reale) | (kWh <sub>p</sub> /m <sup>2</sup> a) | 49.96 |

Abitazione 100 m<sup>2</sup>

|                               |                                       |      |
|-------------------------------|---------------------------------------|------|
| Acquisto m <sup>3</sup> gas   | (m <sup>3</sup> /100 m <sup>2</sup> ) | 447  |
| Acquisto kWh elettrici        | (kWh/100 m <sup>2</sup> )             | 2562 |
| Costi annui riscaldamento     | (€/100 m <sup>2</sup> )               | 581  |
| Costi annui energia elettrica | (€/100 m <sup>2</sup> )               | 769  |
| Costi annui energia           | (€/100 m <sup>2</sup> )               | 1350 |

|                                    |                                      |       |
|------------------------------------|--------------------------------------|-------|
| EP <sub>i</sub> (esercizio reale)  | (kWh <sub>p</sub> /m <sup>2</sup> a) | 41.70 |
| EP usi elettrici (esercizio reale) | (kWh <sub>p</sub> /m <sup>2</sup> a) | 49.96 |

Abitazione 100 m<sup>2</sup>

|                               |                                       |      |
|-------------------------------|---------------------------------------|------|
| Acquisto m <sup>3</sup> gas   | (m <sup>3</sup> /100 m <sup>2</sup> ) | 435  |
| Acquisto kWh elettrici        | (kWh/100 m <sup>2</sup> )             | 2562 |
| Costi annui riscaldamento     | (€/100 m <sup>2</sup> )               | 565  |
| Costi annui energia elettrica | (€/100 m <sup>2</sup> )               | 769  |
| Costi annui energia           | (€/100 m <sup>2</sup> )               | 1334 |

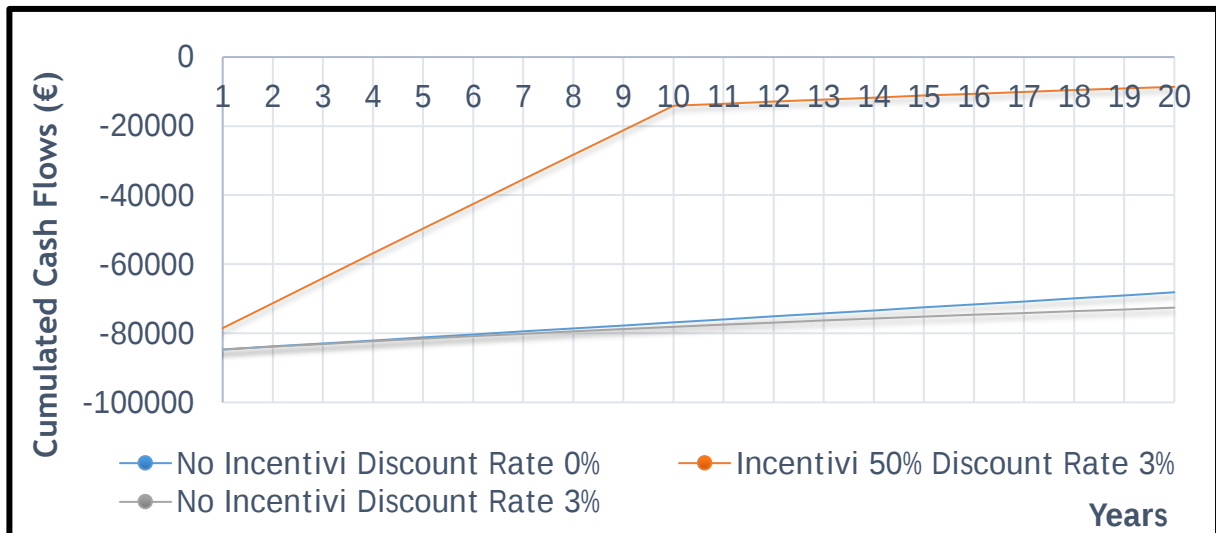
RETROFIT SOLAIO A TERRA

U iniziale = 0.98 W/m<sup>2</sup>K,  
aggiunta di isolante termico XPS 10 cm: U finale = 0.25 W/m<sup>2</sup>K

INCIDENZA SU INVOLUCRO: 10.4%

|                                            |                         |        |
|--------------------------------------------|-------------------------|--------|
| Risparmio per famiglia                     | (€/100 m <sup>2</sup> ) | 16     |
| Risparmio complessivo                      | (€/edificio)            | 869    |
| Costo investimento (130 €/m <sup>2</sup> ) | (€/edificio)            | 85'540 |
| SPB se incentivato al 50%                  | (anni)                  | > 30   |

Edificio anni '60





Edificio anni 2000  
4 piani  
Area utile 1234 m<sup>2</sup>  
**Area lorda di piano 374 m<sup>2</sup>**

| BUILDING GEOMETRY                  |       |                                   |      |       |      |
|------------------------------------|-------|-----------------------------------|------|-------|------|
| Total Building Area [m²]           | 1318  | Total building Volume [m³]        |      | 3986  |      |
| Net Conditioned Building Area [m²] | 1234  | Conditioned total volume [m³]     |      | 3739  |      |
| Gross Roof Area [m²]               | 374   | Surface to volume ratio [1/m]     |      | 0.99  |      |
| ENVELOPE - WINDOW TO WALL RATIO    |       |                                   |      |       |      |
|                                    | Total | North                             | East | South | West |
| Gross Wall Area [m²]               | 1328  | 405                               | 259  | 405   | 259  |
| Window Opening Area [m²]           | 227   | 88                                | 25   | 89    | 25   |
| Gross Window-Wall Ratio [%]        | 17    | 22                                | 10   | 22    | 10   |
| BOUNDARY CONDITIONS                |       |                                   |      |       |      |
| Number of conditioned zones        | 32    | Number of unconditioned zones     |      | 5     |      |
| Infiltration: 0.3 h <sup>-1</sup>  |       |                                   |      |       |      |
| HEATING SYSTEM – GAS BOILER        |       |                                   |      |       |      |
| DHW SYSTEM                         |       |                                   |      |       |      |
| Gas water heater                   |       | systems efficiency: 0.85          |      |       |      |
| THERMOPHYSICAL PROPERTIES          |       |                                   |      |       |      |
| External walls [W/m²K]             | 0.51  | Ground floor [W/m²K]              |      | 0.46  |      |
| Roof floor [W/m²K]                 | 0.47  | Floor internal partitions [W/m²K] |      | 0.71  |      |
| Glass (windows) [W/m²K]            | 2.72  | Frame (windows) [W/m²K]           |      | 2.31  |      |

|                    | Electricity [kWh] | Natural Gas [kWh] |
|--------------------|-------------------|-------------------|
| Heating            | 3.55              | 12616.16          |
| Cooling            | 0.00              | 0.00              |
| Interior Lighting  | 11068.47          | 0.00              |
| Exterior Lighting  | 0.00              | 0.00              |
| Interior Equipment | 20201.54          | 0.00              |
| Exterior Equipment | 0.00              | 0.00              |
| Fans               | 0.00              | 0.00              |
| Pumps              | 4.13              | 0.00              |
| Heat Rejection     | 0.00              | 0.00              |
| Humidification     | 0.00              | 0.00              |
| Heat Recovery      | 0.00              | 0.00              |
| Water Systems      | 0.00              | 0.00              |
| Refrigeration      | 0.00              | 0.00              |
| Generators         | 0.00              | 0.00              |
|                    |                   |                   |
| Total End Uses     | 31277.69          | 12616.16          |

|                                    |                                      |      |
|------------------------------------|--------------------------------------|------|
| EP <sub>i</sub> (esercizio reale)  | (kWh <sub>p</sub> /m <sup>2</sup> a) | 10.7 |
| EP usi elettrici (esercizio reale) | (kWh <sub>p</sub> /m <sup>2</sup> a) | 49.4 |
| Abitazione 100 m <sup>2</sup>      |                                      |      |
| Acquisto m <sup>3</sup> gas        | (m3/100 m <sup>2</sup> )             | 107  |
| Acquisto kWh elettrici             | (kWh/100 m <sup>2</sup> )            | 2534 |
| Costi annui riscaldamento          | (€/100 m <sup>2</sup> )              | 139  |
| Costi annui energia elettrica      | (€/100 m <sup>2</sup> )              | 760  |
| Costi annui energia                | (€/100 m <sup>2</sup> )              | 899  |

RETROFIT SOLAIO A TERRA

Palazzina anni 2000

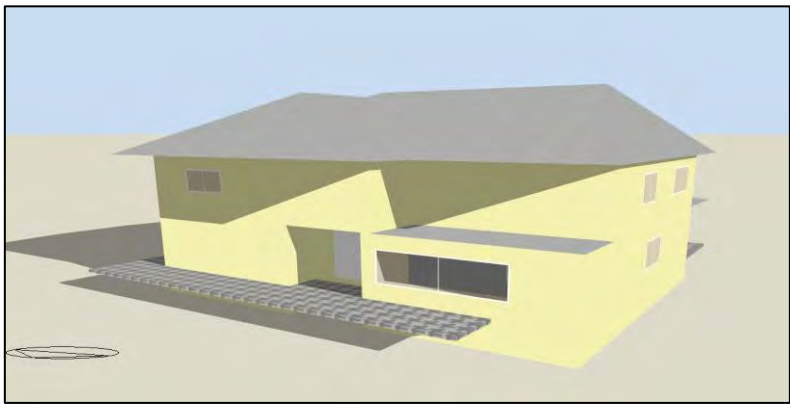
U iniziale = 0.46 W/m<sup>2</sup>K,  
aggiunta di isolante termico XPS 5 cm: U finale = 0.27 W/m<sup>2</sup>K

INCIDENZA SU INVOLUCRO: 19.4%

|                                            |                         |        |
|--------------------------------------------|-------------------------|--------|
| Risparmio per famiglia                     | (€/100 m <sup>2</sup> ) | 10     |
| Risparmio complessivo                      | (€/edificio)            | 118    |
| Costo investimento (110 €/m <sup>2</sup> ) | (€/edificio)            | 41'140 |
| SPB se incentivato al 50%                  | (anni)                  | > 30   |

|                                    |                                      |       |
|------------------------------------|--------------------------------------|-------|
| EP <sub>i</sub> (esercizio reale)  | (kWh <sub>p</sub> /m <sup>2</sup> a) | 9.9   |
| EP usi elettrici (esercizio reale) | (kWh <sub>p</sub> /m <sup>2</sup> a) | 49.42 |
| Abitazione 100 m <sup>2</sup>      |                                      |       |
| Acquisto m <sup>3</sup> gas        | (m3/100 m <sup>2</sup> )             | 99    |
| Acquisto kWh elettrici             | (kWh/100 m <sup>2</sup> )            | 2534  |
| Costi annui riscaldamento          | (€/100 m <sup>2</sup> )              | 129   |
| Costi annui energia elettrica      | (€/100 m <sup>2</sup> )              | 760   |
| Costi annui energia                | (€/100 m <sup>2</sup> )              | 889   |





Villetta Anni 90  
2 piani più taverna riscaldata  
Area utile 330 m<sup>2</sup>  
**Area di pavimento su terreno 137 m<sup>2</sup>**

Table 1: Input parameters, operational and performance data, for the definition of the building numerical model – BUILDING A (villetta)

| BUILDING GEOMETRY                                 |       |                               |      |       |      |
|---------------------------------------------------|-------|-------------------------------|------|-------|------|
| Total Building Area [m²]                          | 230   | Total building Volume [m³]    |      |       | 601  |
| Net Conditioned Building Area [m²]                | 223   | Conditioned total volume [m³] |      |       | 586  |
| Gross Roof Area [m²]                              | 198   | Surface to volume ratio [1/m] |      |       | 0.71 |
| ENVELOPE - WINDOW TO WALL RATIO                   |       |                               |      |       |      |
|                                                   | Total | North                         | East | South | West |
| Gross Wall Area [m²]                              | 254   | 70                            | 57   | 70    | 57   |
| Window Opening Area [m²]                          | 21    | 6                             | 4    | 5     | 6    |
| Gross Window-Wall Ratio [%]                       | 8     | 9                             | 7    | 7     | 10   |
| BOUNDARY CONDITIONS                               |       |                               |      |       |      |
| Number of conditioned zones                       | 12    | Number of unconditioned zones |      |       | 1    |
| Infiltration: 0.5 h <sup>-1</sup>                 |       |                               |      |       |      |
| DHW SYSTEM                                        |       |                               |      |       |      |
| The DHW is provided by the centralized gas boiler |       |                               |      |       |      |
| THERMOPHYSICAL PROPERTIES                         |       |                               |      |       |      |
| External walls [W/m²K]                            | 0.73  | Floor                         |      |       | 1.62 |
| Roof floor                                        | 1.15  |                               |      |       |      |
| Glass (windows) [W/m²K]                           | 2.80  | Frame (windows) [W/m²K]       |      |       | 2.31 |

|                    | Electricity [kWh] | Natural Gas [kWh] |
|--------------------|-------------------|-------------------|
| Heating            | 9.79              | 16457.62          |
| Cooling            | 0.00              | 0.00              |
| Interior Lighting  | 3354.90           | 0.00              |
| Exterior Lighting  | 0.00              | 0.00              |
| Interior Equipment | 5151.01           | 0.00              |
| Exterior Equipment | 0.00              | 0.00              |
| Fans               | 0.00              | 0.00              |
| Pumps              | 28.08             | 0.00              |
| Heat Rejection     | 0.00              | 0.00              |
| Humidification     | 0.00              | 0.00              |
| Heat Recovery      | 0.00              | 0.00              |
| Water Systems      | 0.00              | 0.00              |
| Refrigeration      | 0.00              | 0.00              |
| Generators         | 0.00              | 0.00              |
|                    |                   |                   |
| Total End Uses     | 8543.78           | 16457.62          |

|                                    |                                       |       |
|------------------------------------|---------------------------------------|-------|
| EP <sub>i</sub> (esercizio reale)  | (kWh <sub>p</sub> /m <sup>2</sup> a)  | 52.36 |
| EP usi elettrici (esercizio reale) | (kWh <sub>p</sub> /m <sup>2</sup> a)  | 50.48 |
| Abitazione 100 m <sup>2</sup>      |                                       |       |
| Acquisto m <sup>3</sup> gas        | (m <sup>3</sup> /100 m <sup>2</sup> ) | 520   |
| Acquisto kWh elettrici             | (kWh/100 m <sup>2</sup> )             | 2589  |
| Costi annui riscaldamento          | (€/100 m <sup>2</sup> )               | 676   |
| Costi annui energia elettrica      | (€/100 m <sup>2</sup> )               | 777   |
| Costi annui energia                | (€/100 m <sup>2</sup> )               | 1453  |

|                                    |                                       |       |
|------------------------------------|---------------------------------------|-------|
| EP <sub>i</sub> (esercizio reale)  | (kWh <sub>p</sub> /m <sup>2</sup> a)  | 50.70 |
| EP usi elettrici (esercizio reale) | (kWh <sub>p</sub> /m <sup>2</sup> a)  | 50.48 |
| Abitazione 100 m <sup>2</sup>      |                                       |       |
| Acquisto m <sup>3</sup> gas        | (m <sup>3</sup> /100 m <sup>2</sup> ) | 503   |
| Acquisto kWh elettrici             | (kWh/100 m <sup>2</sup> )             | 2588  |
| Costi annui riscaldamento          | (€/100 m <sup>2</sup> )               | 654   |
| Costi annui energia elettrica      | (€/100 m <sup>2</sup> )               | 777   |
| Costi annui energia                | (€/100 m <sup>2</sup> )               | 1431  |

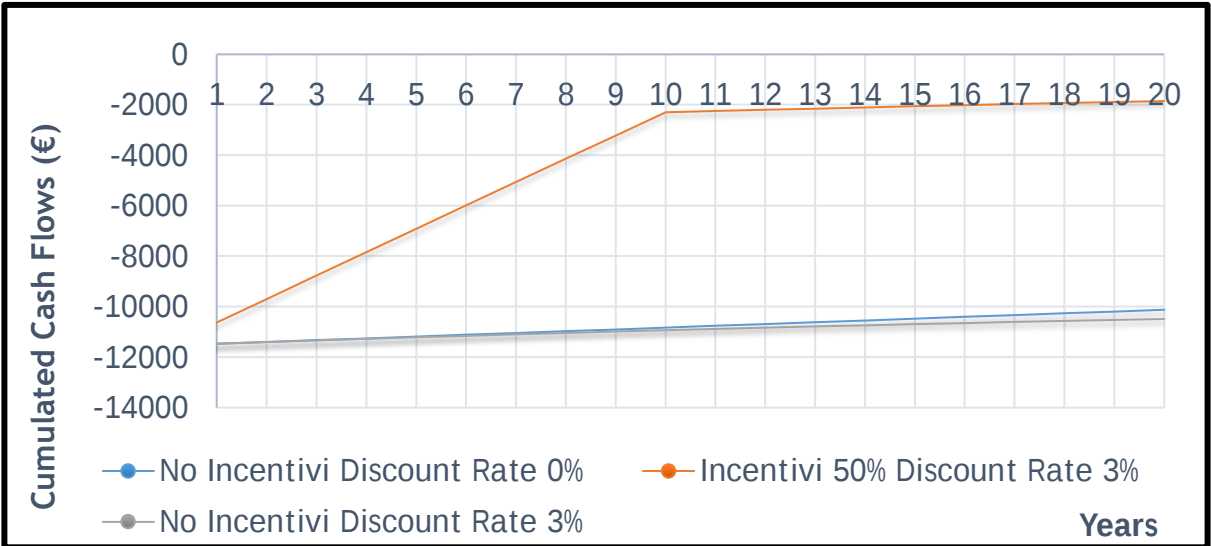
RETROFIT SOLAIO A TERRA

U iniziale = 1.62 W/m<sup>2</sup>K,  
aggiunta di isolante termico XPS 10 cm: U finale = 0.28 W/m<sup>2</sup>K

INCIDENZA SU INVOLUCRO: 23%

|                                           |                         |        |
|-------------------------------------------|-------------------------|--------|
| Risparmio per unità                       | (€/100 m <sup>2</sup> ) | 22     |
| Risparmio complessivo                     | (€/edificio)            | 71     |
| Costo investimento (85 €/m <sup>2</sup> ) | (€/edificio)            | 11'545 |
| SPB se incentivato al 50%                 | (anni)                  | > 30   |

Villetta anni '90



## RETROFIT – INDIVIDUALE E CUMULATO – DI SOLAIO CONTROTERRA E SOLAIO DI COPERTURA

| <b>Area utile 5573 m<sup>2</sup></b>  | Heating demand [kWh gas] | delta E [%] | EP 10h [kWhp/m <sup>2</sup> ] |
|---------------------------------------|--------------------------|-------------|-------------------------------|
| Edificio Anni '60 base (heating, kWh) | 238659                   |             | 45.0                          |
| Isolamento Solaio a terra             | 232254                   | -2.7%       | 43.8                          |
| Isolamento Copertura                  | 228406                   | -4.3%       | 43.0                          |
| Isolamento basamento e copertura      | 221940                   | -7.0%       | 41.8                          |

| <b>Area utile 330 m<sup>2</sup></b>   | Heating demand [kWh gas] | delta E [%] | EP 10h [kWhp/m <sup>2</sup> ] |
|---------------------------------------|--------------------------|-------------|-------------------------------|
| Villetta Anni '90 base (heating, kWh) | 16454                    |             | 52.4                          |
| Isolamento Solaio a terra             | 15937                    | -3.1%       | 50.7                          |
| Isolamento Copertura                  | 11533                    | -29.9%      | 36.7                          |
| Isolamento basamento e copertura      | 10983                    | -33.3%      | 34.9                          |

| <b>Area utile 1234 m<sup>2</sup></b> | Heating demand [kWh gas] | delta E [%] | EP 10h [kWhp/m <sup>2</sup> ] |
|--------------------------------------|--------------------------|-------------|-------------------------------|
| Palazzina 2000 base (heating, kWh)   | 12616                    |             | 10.7                          |
| Isolamento Solaio a terra            | 11746                    | -6.9%       | 10.0                          |
| Isolamento Copertura                 | 10555                    | -16.3%      | 9.0                           |
| Isolamento basamento e copertura     | 9686                     | -23.2%      | 8.2                           |



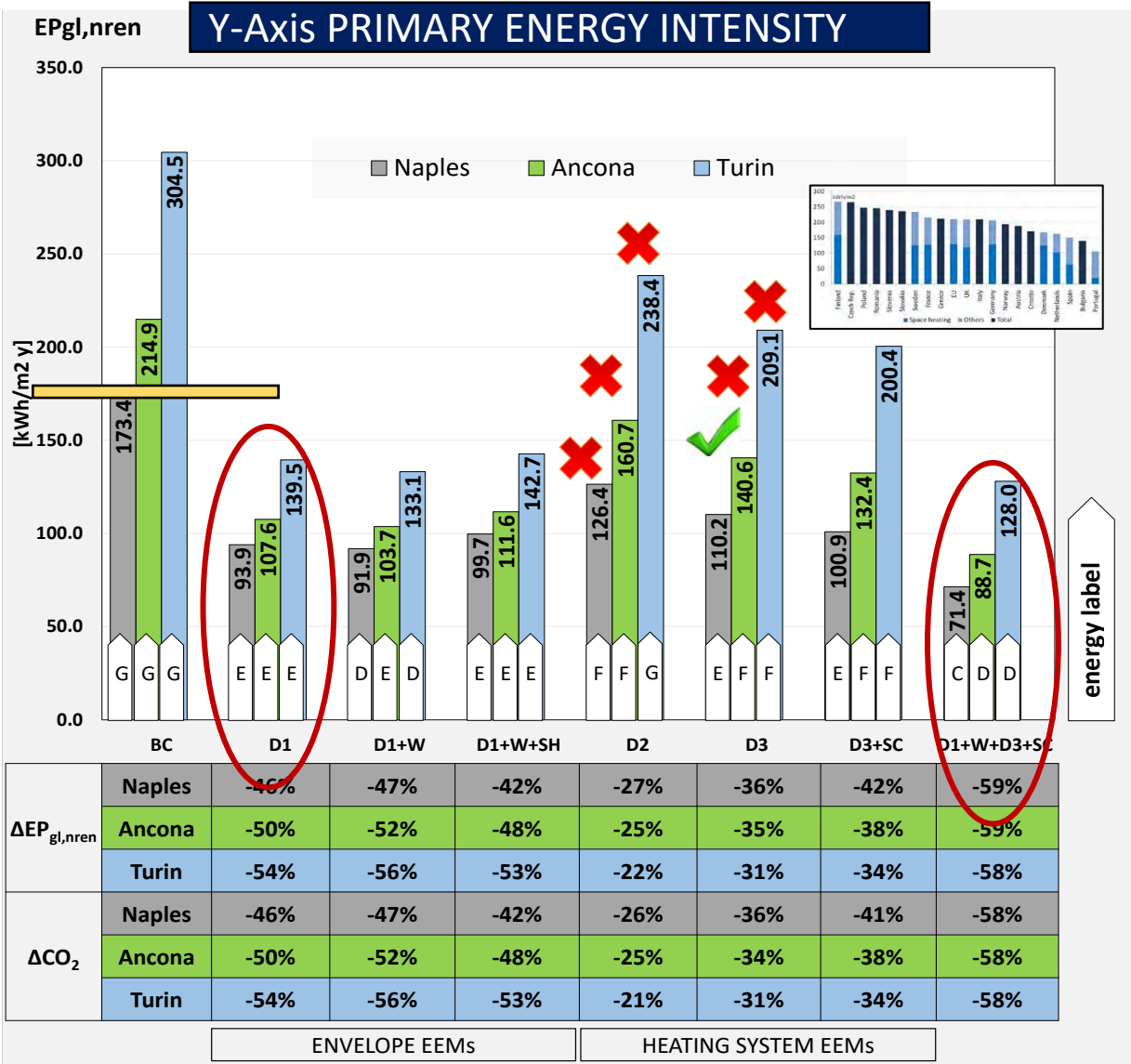
Questo approfondimento si riferisce alle condizioni “standard”, da APE, ed è sviluppato in 3 città (**Napoli, Ancona, Torino**), rappresentative di tre climi italiani: C, 1034 HDD; D, 1688 HDD; and E, 2617 HDD (baseline 20° C).

| Zona climatica                                              | Gradi giorno                     | Alcuni esempi                      | Periodo di riscaldamento     |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| <br>TORINO<br>2617 kD HDD<br>$T_{o\ design} = -8\ ^\circ C$ | <b>F</b><br>> 3000 Kd            | Trento, Belluno,                   | nessun limite (tutto l'anno) |
| ANCONA<br>1688 kD HDD<br>$T_{o\ design} = -2\ ^\circ C$     | <b>E</b><br>from 2101 to 3000 Kd | Milano, Torino, Bologna            | 15 Ottobre - 15 Aprile       |
| NAPOLI<br>1034 kD HDD<br>$T_{o\ design} = 2\ ^\circ C$      | <b>D</b><br>from 1401 to 2100 Kd | Roma, Firenze, Genova, Ancona      | 1 Novembre - 15 Aprile       |
|                                                             | <b>C</b><br>from 901 to 1400 Kd  | Napoli, Bari, Cagliari             | 15 Novembre - 31 Marzo       |
|                                                             | <b>B</b><br>from 601 to 900 Kd   | Catania, Palermo, Reggio Calabria  | 1 Dicembre - 31 Marzo        |
|                                                             | <b>A</b><br>< 601 Kd             | Lampedusa, Linosa, Porto Empedocle | 1 Dicembre - 15 Marzo        |



APPROFONDIMENTO CASA UNIFAMILIARE

| EEM codice                                        |                                                                           | EEM descrizione | EEM prestazione                        | EEM investimento                                            |
|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| D1<br>Trainante<br>(ETICS)                        |                                                                           | Isolamento Muro |                                        |                                                             |
|                                                   | Napoli                                                                    | Spessore 0.08 m | U= 0.27 W/m²K                          | 16'785 €                                                    |
|                                                   | Ancona                                                                    | Spessore 0.09 m | U= 0.25 W/m²K                          | 18'012 €                                                    |
|                                                   | Torino                                                                    | Spessore 0.11 m | U= 0.22 W/m²K                          | 18'484 €                                                    |
|                                                   |                                                                           | Roof insulation |                                        |                                                             |
|                                                   | Napoli                                                                    | Spessore 0.10 m | U= 0.26 W/m²K                          | 8'643 €                                                     |
|                                                   | Ancona                                                                    | Spessore 0.13 m | U= 0.21 W/m²K                          | 9'066 €                                                     |
|                                                   | Torino                                                                    | Spessore 0.15 m | U= 0.19 W/m²K                          | 9'173 €                                                     |
| W<br>Cambio<br>finestre comprensive<br>di infissi | Triplo vetro basso-emissivo con argon                                     |                 | U <sub>g</sub> =0.90 W/m²K             | 1'748 € (Napoli)<br>1'795 € (Ancona)<br>3'285 € (Torino)    |
|                                                   | Telaio in alluminio a taglio termico                                      |                 | U <sub>f</sub> =1.10 W/m²K             | 8'573 € (Napoli)<br>9'331 € (Ancona)<br>12'871 € (Torino)   |
| SH<br>Schermi Solari                              | Schermi solari esterni a lamelle altp-riflettenti                         |                 | g <sub>tot</sub> = 0.35                | 5'120 € (Napoli)<br>5'133 € (Ancona)<br>5'149 € (Torino)    |
| D2<br>Trainante 2<br>(Generatore e regolazione)   | Caldaia a condensazione                                                   |                 | η <sub>(LHV)</sub> = 97.5 % (80-60°C)  | 2'527 € (Napoli)<br>2'552 € (Ancona)<br>2'692 € (Torino)    |
| D3<br>Intero impianto riscaldamento               | Caldaia a condensazione con termoregolazione evoluta                      |                 | η <sub>(HHV)</sub> = 104.8 % (50-30°C) | 16'095 € (Napoli)<br>16'605 € (Ancona)<br>16'912 € (Torino) |
|                                                   | Ventilconvettori a bassa temperatura, isolamento rete idronica e accumuli |                 |                                        |                                                             |
| SC<br>Collettori Solari                           | Collettori piani vetrati, inclinazione a 45°, area di 6.6 m²              |                 |                                        | 8'646€ (Napoli)<br>8'920€ (Ancona)<br>8'965 € (Torino)      |



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Fabrizio Ascione

Università degli Studi di Napoli Federico II