

LA SCUOLA IN BOLLETTA FA TAPPA IN FRANCIACORTA

## ERBUSCO PASSA LA VERIFICA

di Marco Borgarello | RSE

«Gli interventi di efficientamento di un edificio potrebbero essere intesi come la *dieta ideale* per una persona. Certo, ci sono delle regole di base e di buon senso che valgono per tutti. Poi, però, molto dipende dalle caratteristiche specifiche della persona; dalla sua età, dal suo peso, dal tipo di attività che svolge durante la giornata, dalla zona geografica in cui risiede, dal metabolismo e da eventuali intolleranze o patologie, e così via. Non esiste una dieta universale che può andar bene per tutti e in tutte le occasioni. E non è detto, peraltro, che un eventuale intervento debba necessariamente stravolgere la dieta che già si segue.

Allo stesso modo, non esiste un "pacchetto di interventi" standard applicabile a tutte le scuole, a prescindere. Definire preventivamente la *carta di identità* di un edificio, sapendo anche scegliere le informazioni davvero significative (e sapendo dove ottenerle, elemento per nulla scontato), è un **passaggio fondamentale per**

**evitare di sprecare tempo e risorse.**

È questo uno dei punti fermi del progetto *La scuola in bolletta* (promosso a inizio 2015 dalla multiutility LGH, da Nuova Energia e da RSE, con l'obiettivo di portare l'efficienza energetica all'interno degli edifici scolastici), che ha scelto di partire proprio dalle *fondamenta*, ovvero dall'incontro *sul campo* degli esperti di RSE in alcune scuole rappresentative della più generale realtà di un'ampia porzione di territorio – il Cento-Sud della Lombardia – che nel complesso ospita circa 650 edifici scolastici.

L'Istituto Antonietti di Iseo (vedi *Nuova Energia* 3|2016) ha rappresentato una prima esperienza significativa. Seconda tappa a Erbusco (BS).

“La stima dei consumi termici effettuata da RSE ha dato un valore di 24.500 m<sup>3</sup> di gas, assolutamente in linea con i dati di consumo termici reali forniti dalla Provincia (23.600 m<sup>3</sup> di gas). La modellizzazione è stata quindi promossa sul campo e appare molto soddisfacente. Estendibile dunque allo studio di altre scuole del territorio”

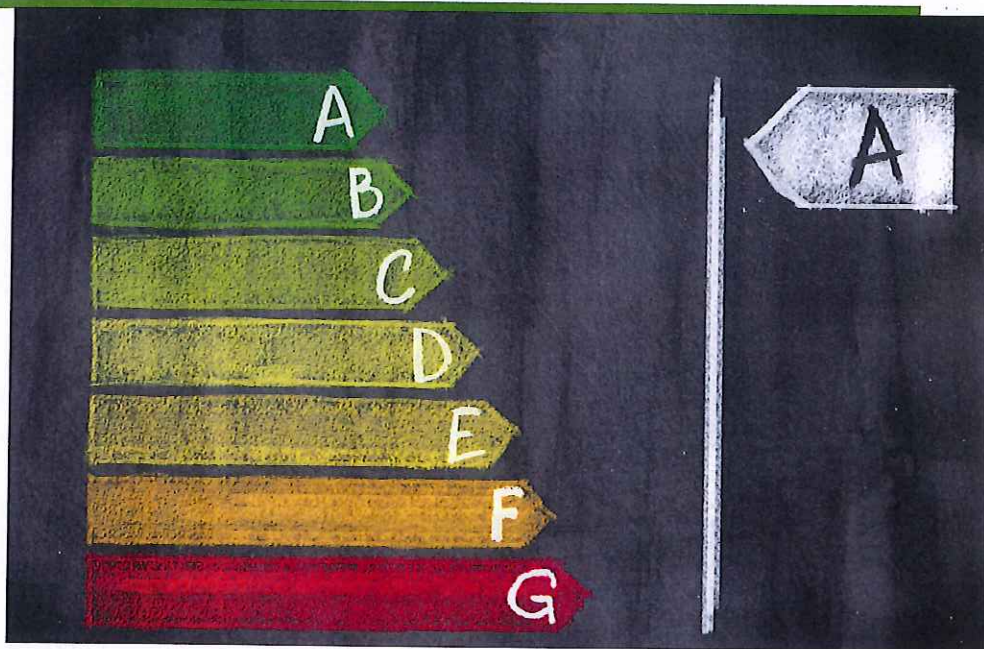


Foto in esterno della scuola primaria di Erbusco





“Con un valore di circa 60 kWh/metro quadro, e valutate le prestazioni medie di consumo delle altre scuole, questo edificio può essere considerato ‘di qualità’. Non sono dunque da consigliare interventi di efficientamento di tipo strutturale. Sarà invece più utile concentrarsi sul tema della gestione e rimuovere le cattive pratiche”

Già a partire dal mese di marzo le amministrazioni comunali di Coccaglio, Erbusco, Provaglio d'Iseo e Rovato hanno iniziato a utilizzare un software integrato per il monitoraggio dei consumi elettrici delle utenze pubbliche. A giugno RSE ha aggiunto il proprio contributo, concentrando l'attenzione proprio sull'edificio scolastico di Erbusco.

Si tratta di una **scuola primaria, costruita nel 1988**, poco più grande di 3.500 metri quadrati, con circa 150 studenti. È un edificio isolato, a forma di L, esposto su quattro lati, con un orientamento NE-SO. Si caratterizza per essere una **struttura prefabbricata,**

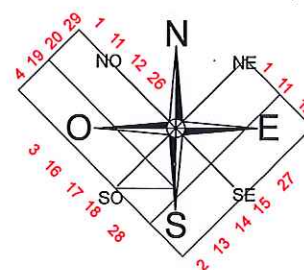
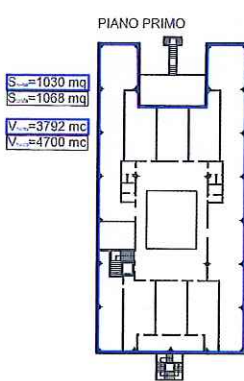
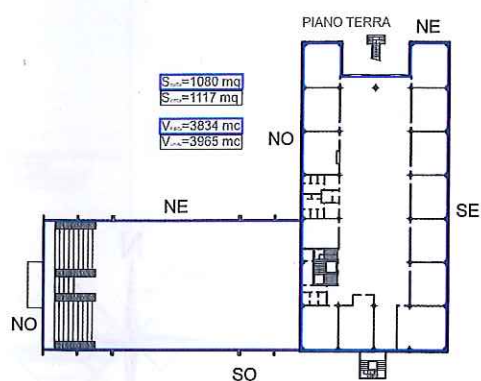
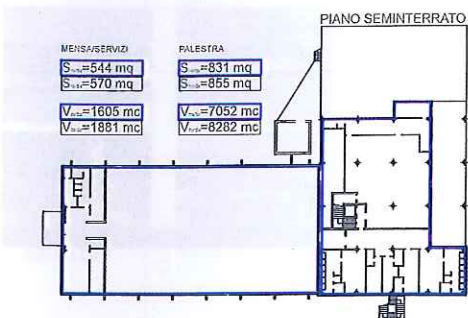
**con pareti in cemento e copertura in legno** con struttura inclinata, a doppia falda e manto in coppi, con ampi lucernari e vetrate continue in alluminio.

È appoggiata a una collina e per questo si articola su tre piani: nel piano terra si trova un ampio ingresso con ai lati aule e salendo su una scala in legno si arriva al primo piano, dove si trovano altre aule. Scendendo nel piano seminterrato si trovano la palestra e la mensa.

**Ebbene, quanta energia consuma una struttura di questo tipo?** È la prima importante domanda cui abbiamo dato una risposta.

Anche in questo caso abbiamo applicato l'approccio metodologico già

Nelle tavole (da pagina III a pagina V) sono riportati, per i quattro lati cardinali della scuola, in sintesi, da sinistra verso destra: i materiali, le superfici lorde, i relativi valori di trasmittanza e lo sviluppo delle superfici



**COMP 1 - N/E**  
facciata cementata  
perforata bianca

$SL_{parete} = 204 \text{ mq}$

UNI/TS 11300 - 1  
app.A - prosp.AZ. zona E - 1565/91 U = 0,61

**COMP 11 - N/E**  
finestra doppio vetro alluminio  
- tecnica fessio

$SL_{finestra} = 120 \text{ mq}$

UNI/TS 11300 - 1  
app.C - prosp.C1: vetrata doppia normale 4-8-4 serie U<sub>g</sub> = 3,1  
app.C - prosp.C2: telaio metallico taglio termico U<sub>g</sub> = 2,4  
app.C - prosp.C2: infiera finestra U = 3,15 telaio 20%

**COMP 12 - N/E**  
finestra doppio vetro alluminio -  
fessio fessio  
tetto portico ingresso -  
SEMPRE IN OMBRA

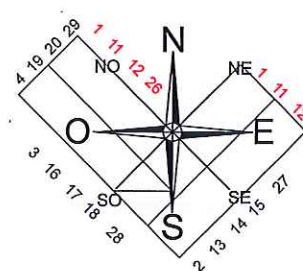
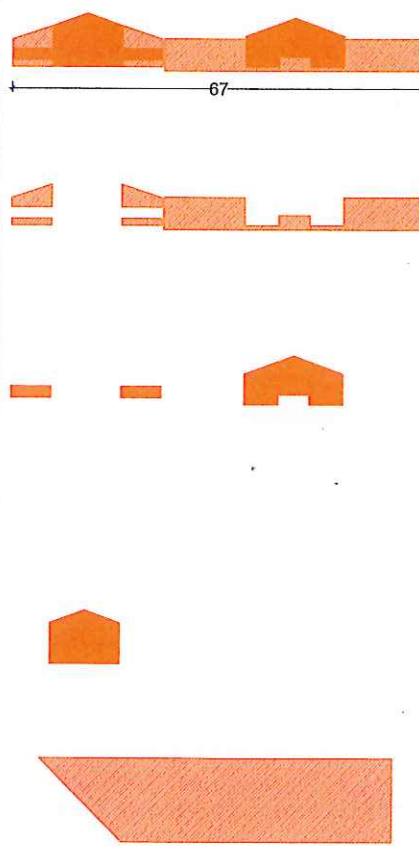
$SL_{finestra} = 88 \text{ mq}$

UNI/TS 11300 - 1  
app.D - prosp.D1: vetrata doppia normale 4-8-4 serie U<sub>g</sub> = 3,1  
app.C - prosp.C2: telaio metallico taglio termico U<sub>g</sub> = 2,4  
app.C - prosp.C2: infiera finestra U = 3,15 telaio 20%

**COMP 26 - N/E**  
copertura inclinata in legno  
1985-1991 zona climatica E

$SL_{copertura} = 686 \text{ mq}$

Comitato Termotecnico Italiano Energia e Ambiente  
U = 0,75 media

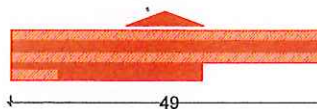


Nelle tavole (da pagina III a pagina V) sono riportati, per i quattro lati cardinali della scuola, in sintesi, da sinistra verso destra: i materiali, le superfici lorde, i relativi valori di trasmittanza e lo sviluppo delle superfici

**COMP 2 - S/E**  
 facciata cemento  
 prefabbricato bianco

SL<sub>pareti</sub> = 176mq

UNI/TS 11300 - 1  
 app.A - prosp.A7: zona E - 1990/91 U = 0,61



**COMP 13 - S/E**  
 finestra doppio vetro alluminio  
 - senza tenda

SL<sub>finestre</sub> = 22mq

UNI/TS 11300 - 1  
 app.C - prosp.C1: vetrata doppia normale 4-8-4 aria U<sub>v</sub> = 3,1  
 app.C - prosp.C2: telaio metallo taglio termico U<sub>t</sub> = 2,4  
 app.C - prosp.C3: infiera finestra U = 3,15 telaio 20%



**COMP 14 - S/E**  
 finestra doppio vetro alluminio  
 - tende oscuranti esterne

SL<sub>finestre</sub> = 92mq

UNI/TS 11300 - 1  
 app.C - prosp.C1: vetrata doppia normale 4-8-4 aria U<sub>v</sub> = 3,1  
 app.C - prosp.C2: telaio metallo taglio termico U<sub>t</sub> = 2,4  
 app.C - prosp.C3: infiera finestra U = 3,15 telaio 20%  
 14.3.3 - prosp.14: tenda esterna antracite Fall.Rid. = 0,5



**COMP 15 - S/E**  
 finestra doppio vetro alluminio -  
 senza tenda  
 solo giorno in ombra -  
 SEMPRE IN OMBRA

SL<sub>finestre</sub> = 65mq

UNI/TS 11300 - 1  
 app.C - prosp.C1: vetrata doppia normale 4-8-4 aria U<sub>v</sub> = 3,1  
 app.C - prosp.C2: telaio metallo taglio termico U<sub>t</sub> = 2,4  
 app.C - prosp.C3: infiera finestra U = 3,15 telaio 20%



**COMP 27 - S/E**  
 copertura inclinata in legno  
 1998-1991 zona climatica E

SL<sub>copertura</sub> = 848mq

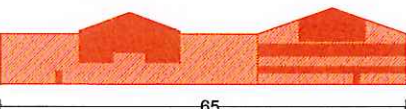
Comitato Termotecnico Italiano Energia e Ambiente  
 U = 0,75 media



**COMP 3 - S/O**  
 facciata cemento  
 prefabbricato bianco

SL<sub>pareti</sub> = 385mq

UNI/TS 11300 - 1  
 app.A - prosp.A7: zona E - 1990/91 U = 0,61



**COMP 16 - S/O**  
 finestra doppio vetro alluminio  
 - senza tenda

SL<sub>finestre</sub> = 119mq

UNI/TS 11300 - 1  
 app.C - prosp.C1: vetrata doppia normale 4-8-4 aria U<sub>v</sub> = 3,1  
 app.C - prosp.C2: telaio metallo taglio termico U<sub>t</sub> = 2,4  
 app.C - prosp.C3: infiera finestra U = 3,15 telaio 20%



**COMP 17 - S/O**  
 finestra doppio vetro alluminio  
 - tende oscuranti esterne

SL<sub>finestre</sub> = 36mq

UNI/TS 11300 - 1  
 app.C - prosp.C1: vetrata doppia normale 4-8-4 aria U<sub>v</sub> = 3,1  
 app.C - prosp.C2: telaio metallo taglio termico U<sub>t</sub> = 2,4  
 app.C - prosp.C3: infiera finestra U = 3,15 telaio 20%  
 14.3.3 - prosp.14: tenda esterna antracite Fall.Rid. = 0,5



**COMP 18 - S/O**  
 finestra doppio vetro alluminio -  
 senza tenda - SEMPRE IN  
 OMBRA

SL<sub>finestre</sub> = 58mq

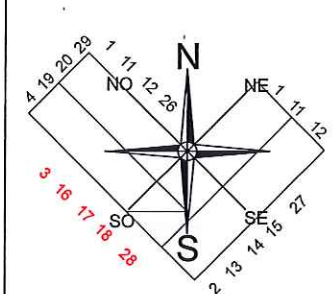
UNI/TS 11300 - 1  
 app.C - prosp.C1: vetrata doppia normale 4-8-4 aria U<sub>v</sub> = 3,1  
 app.C - prosp.C2: telaio metallo taglio termico U<sub>t</sub> = 2,4  
 app.C - prosp.C3: infiera finestra U = 3,15 telaio 20%




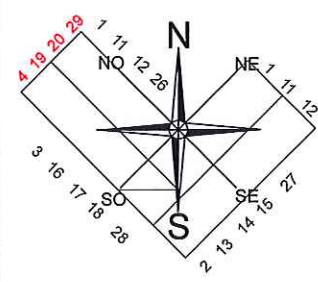
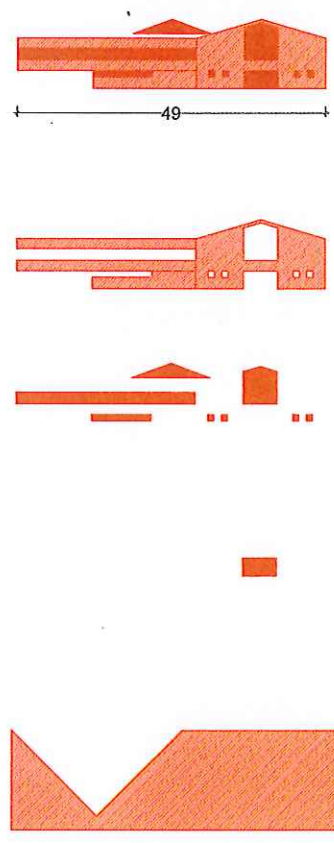
**COMP 28 - S/O**  
 copertura inclinata in legno  
 1998-1991 zona climatica E

SL<sub>copertura</sub> = 686mq

Comitato Termotecnico Italiano Energia e Ambiente  
 U = 0,75 media



<p><b>COMP 4 - N/O</b>                  finestra con velo                  portabatterie bianco</p>	<p>SL<sub>parete</sub> = 278mq</p>	<p>UNI/TS 11300 - 1                  app A - prosp A7: zona E - 1995/91 U = 0,81</p>
<p><b>COMP 19 - N/O</b>                  finestra doppia vetro alluminio                  - senza tende</p>	<p>SL<sub>finestra</sub> = 111mq</p>	<p>UNI/TS 11300 - 1                  app C - prosp C1: vetrata doppia normale 4-8-4 aria U<sub>g</sub> = 3,1                  app C - prosp C2: telaio metallo taglio termico U<sub>g</sub> = 2,4                  app C - prosp C3: intera finestra U = 3,15 telaio 20%</p>
<p><b>COMP 20 - N/O</b>                  finestra doppia vetro alluminio                  - senza tende                  8000 portico portento                  - sculture in cortina</p>	<p>SL<sub>finestra</sub> = 15mq</p>	<p>UNI/TS 11300 - 1                  app C - prosp C1: vetrata doppia normale 4-8-4 aria U<sub>g</sub> = 3,1                  app C - prosp C2: telaio metallo taglio termico U<sub>g</sub> = 2,4                  app C - prosp C3: intera finestra U = 3,15 telaio 20%</p>
<p><b>COMP 29 - N/O</b>                  copertura inclinata in legno                  1856-1991 zona climatica E</p> 	<p>SL<sub>copertura</sub> = 733mq</p>	<p>Comitato Termotecnico Italiano Energia e Ambiente                  U = 0,76 media</p>



messo a punto nelle precedenti rilevazioni (vedi Istituto Antonietti):

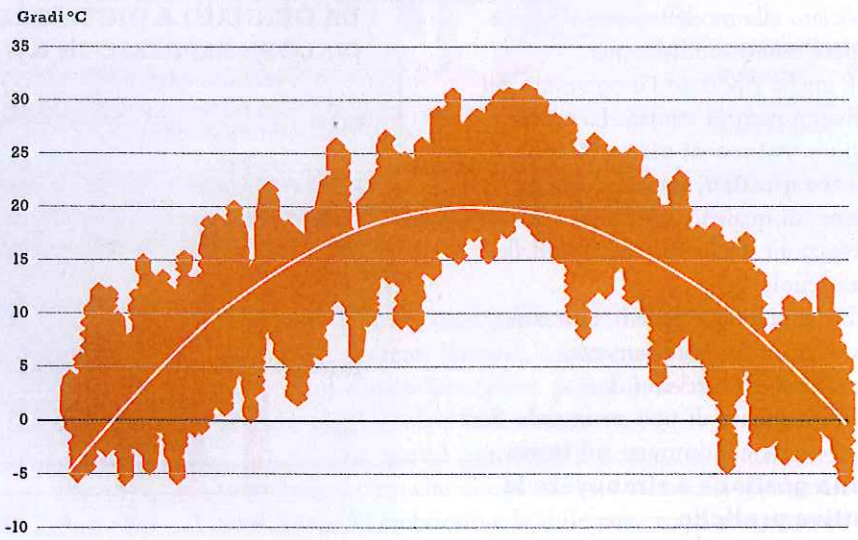
- ▶ acquisizione dei dati (planimetrie, caratteristiche degli impianti, eccetera);
- ▶ sopralluogo di persona per effettuare e verificare - planimetria alla mano - le misure;
- ▶ rilevazione delle caratteristiche dell'edificio/impianto;
- ▶ **modellazione mediante simulatore RSE tre nodi (norma UNI/TS 11300)** dei consumi;
- ▶ verifica dei risultati mediante confronto con i dati effettivi di consumo a consuntivo (messi a disposizione, in questo caso, dalla Fondazione Cogeme e dalla Provincia di Brescia).

Nelle Tavole sono riportati, per i quattro lati cardinali della scuola, in sintesi gli elementi della costruzione desunti dall'audit effettuato: i materiali, le superfici lorde, i relativi valori di trasmittanza, lo sviluppo delle superfici.

Inserendo questi valori di input nel modello è stato possibile ricostruire i profili mensili di consumo della scuola nei mesi interessati dal riscaldamento:

complessivamente risulta che la scuola **consuma mediamente ogni anno circa 24,5 mila m<sup>3</sup> di gas** (rendimento caldaia stimato 85 per

**PROFILO DELL'ANDAMENTO "ANNO TIPO" DEI VALORI DI GRADO/GIORNO DI ERBUSCO DA GENNAIO A DICEMBRE (ASSE X)**





### RISCALDAMENTO [kWh]

	Trasmissione	Ventilazione	Solare	Carichi	Fabbisogno
Gennaio	60.715,5	22.335,4	2.0946,0	11.876,9	52.801,7
Febbraio	64.760,3	23.209,8	31436,3	13226,3	45275,2
Marzo	45.463,8	15583,2	28516,0	10048,0	18626,6
Aprile	18.962,5	6177,8	16378,7	5129,9	2393,1
Maggio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Giugno	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Luglio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Agosto	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Settembre	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ottobre	26.499,8	8.835,9	18.442,8	7.968,1	7.631,3
Novembre	58.166,7	20.820,4	25.079,7	13.967,9	39.407,1
Dicembre	36.562,0	13.837,0	9.562,2	7.828,7	33.359,7
<b>TOTALE [kWh]</b>	<b>311.130,6</b>	<b>110.799,6</b>	<b>150.361,7</b>	<b>70.045,7</b>	<b>199.494,7</b>
<b>TOTALE/superficie netta [kWh/m<sup>2</sup>]</b>	<b>89,3</b>	<b>31,8</b>	<b>43,1</b>	<b>20,1</b>	<b>57,2</b>
<b>TOTALE/superficie lorda [kWh/m<sup>2</sup>]</b>	<b>86,2</b>	<b>30,7</b>	<b>41,7</b>	<b>19,4</b>	<b>55,3</b>

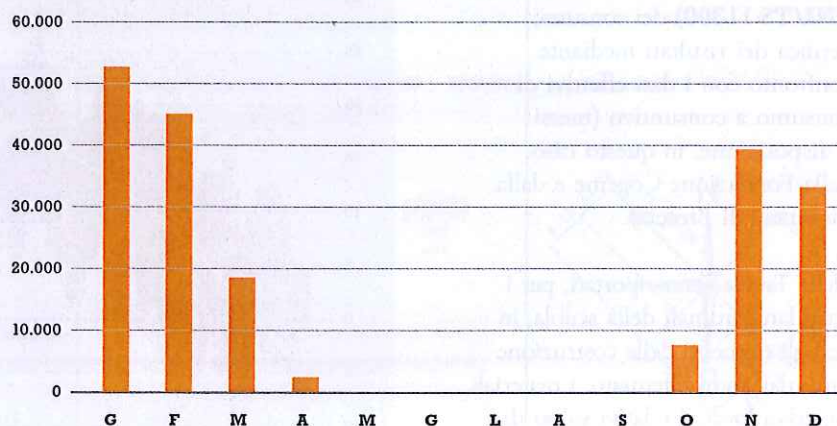
cento), valore assolutamente in linea con i dati di consumo termici forniti dalla Provincia (23,6 mila m<sup>3</sup> di gas). Considerato il margine di errore associato alla modellazione, il valore appare molto soddisfacente.

È anche riportato l'istogramma dei consumi mensili stimati. La scuola, con un **valore di circa 60 kWh/metro quadro**, appare dunque essere "di qualità", considerate le prestazioni medie di consumo delle altre scuole.

In questo caso, quindi, non sono necessari (o economicamente giustificabili) interventi di efficientamento di tipo strutturale. Sarà invece utile concentrarsi sul **tema della gestione e rimuovere le cattive pratiche**.

E questo sarà il prossimo step.

### STIMA DEI VALORI DI FABBISOGNO TERMICO PER RISCALDAMENTO DELLA SCUOLA DI ERBUSCO DA GENNAIO A DICEMBRE (VALORE ESPRESSO IN KWH TERMICI)



# COSÌ IL SIMULATORE DI RSE STUDIA I CONSUMI



Per la caratterizzazione della domanda di servizio termica si è tenuto conto della norma UNI/TS 11300-1 e delle relative appendici, oltre che di altre norme tecniche; in particolare si è fatto riferimento ad un programma di calcolo, sviluppato da RSE nell'ambito delle attività della Ricerca di Sistema (RdS), che implementa la procedura descritta nella norma UNI EN ISO 13790:2008.

**Le simulazioni forniscono i valori orari di fabbisogno termico**, assumendo di avere a disposizione un impianto ideale, ossia capace di soddisfare in ogni momento il fabbisogno termico dell'edificio. Il modello, descritto in Figura, tiene conto dei seguenti scambi termici:

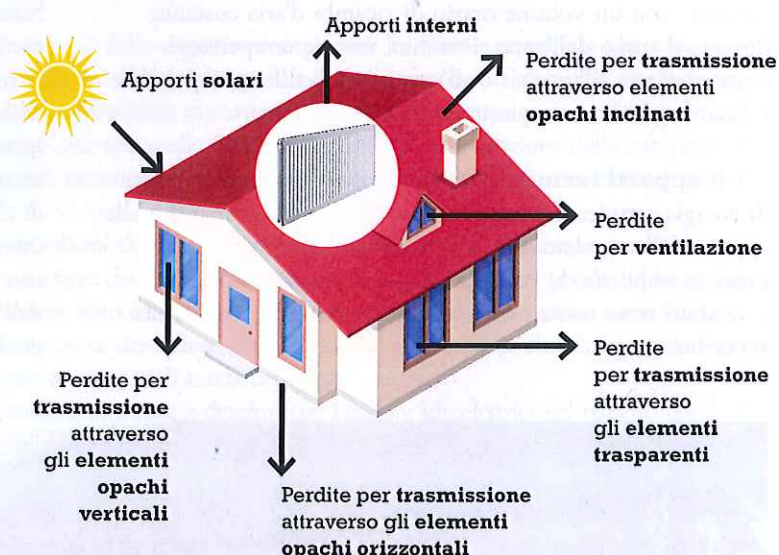
- ▶ scambi termici per trasmissione;
- ▶ scambi termici per ventilazione e/o infiltrazioni;
- ▶ apporti termici interni;
- ▶ apporti termici solari.

Lo schema qui illustrato è semplificato sull'esempio di una abitazione domestica ma, naturalmente, può essere esteso a qualsiasi tipo di immobile, anche una scuola.

**Lo scambio termico per trasmissione** rappresenta il calore scambiato con l'ambiente circostante attraverso

## APPORTI/SCAMBI TERMICI PER IL FABBISOGNO DI UN EDIFICIO

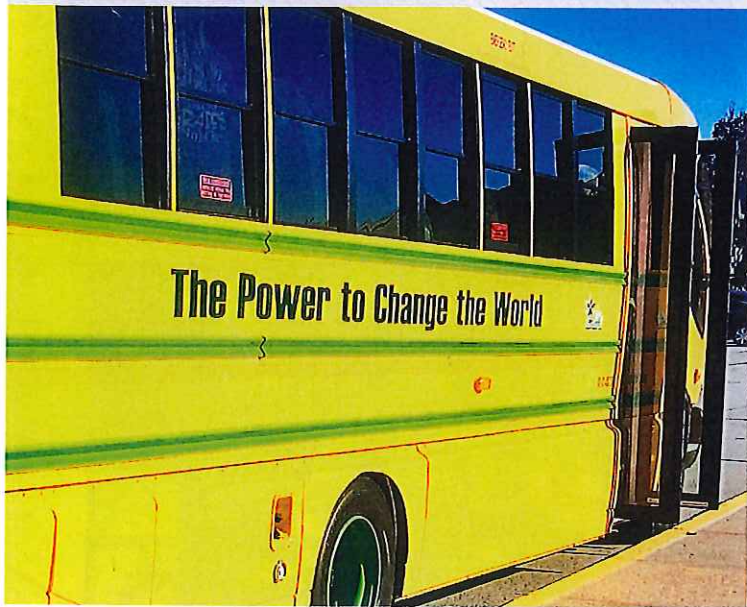
### Riscaldamento



l'involucro edilizio, ossia pareti/murature perimetrali, chiusure trasparenti (finestre, comprensive di infissi e cassonetto) e assimilate (porte, portoni), solaio di copertura (a falde, piano), solaio contro terra.

Per valutare questo contributo è necessario conoscere le trasmittanze termiche di ogni singolo elemento costituente l'involucro del fabbricato e la differenza tra la temperatura interna dell'edificio e la temperatura dell'ambiente esterno.

**“Il programma di calcolo è stato sviluppato nell'ambito delle attività della Ricerca di Sistema (RdS)”**



Nel caso in cui l'ambiente esterno sia il terreno, una soffitta o in generale un vano non riscaldato, la sua temperatura viene stimata attraverso dei coefficienti che, tenendo conto delle caratteristiche proprie dell'ambiente in questione, valutano opportunamente la differenza di temperatura tra la superficie interna ed esterna dell'elemento di involucro in questione.

#### Gli **scambi termici per ventilazione e/o**

**infiltrazioni** rappresentano il calore ceduto o acquisito attraverso il ricambio dell'aria. Per gli edifici oggetto delle simulazioni si è ipotizzato di essere, nel caso di ventilazione naturale, con un volume orario di ricambi d'aria costante durante il corso dell'anno. Pertanto, note le temperature orarie dell'aria all'interno e all'esterno dell'edificio, è possibile valutare agevolmente questo contributo.

Gli **apporti termici interni** rappresentano gli apporti di energia termica dovuti principalmente agli occupanti e alle apparecchiature elettriche, d'illuminazione e di cottura. In maniera implicita, le parti radiativa e convettiva di questi contributi sono trattate in maniera distinta all'interno della procedura.

Infine gli **apporti termici solari** rappresentano gli apporti dovuti all'irraggiamento solare sull'edificio (sia elementi opachi, sia trasparenti) e allo scambio termico per radiazione infrarossa verso la volta celeste.

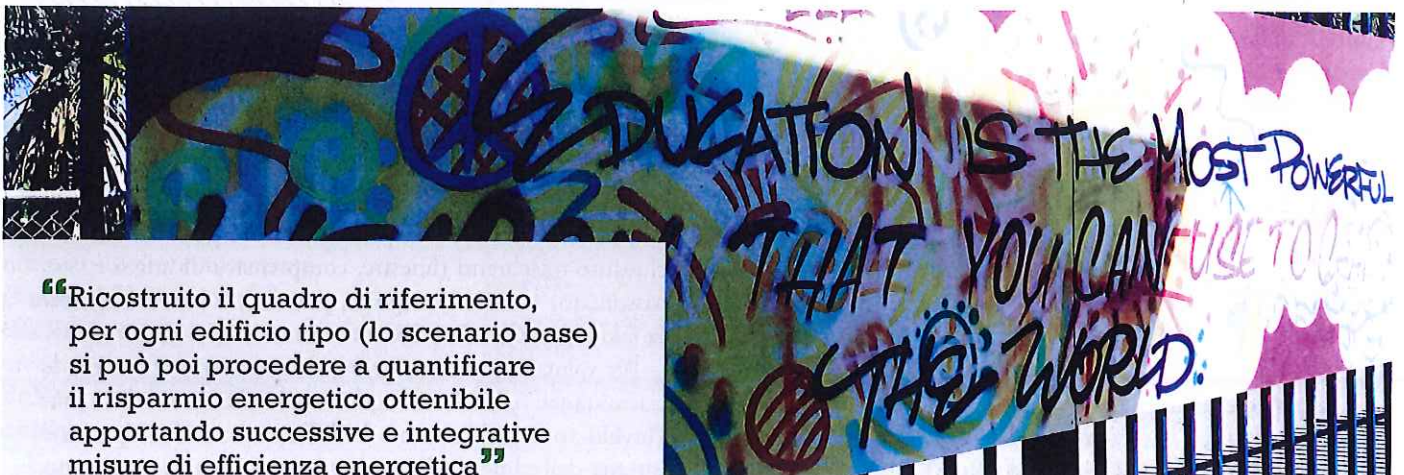
Questa categoria richiede dati di *input* sia di tipo meteorologico sia relativo alle caratteristiche termiche e ottiche dei singoli elementi costituenti l'involucro. In particolare, per quel che concerne i dati meteo, le grandezze richieste sono le seguenti: la radiazione diretta e totale (diretta+diffusa+riflessa) su ciascuna superficie, la posizione del sole (*azimut* e *zenit*) e la differenza tra la temperatura dell'aria esterna e la temperatura del cielo.

Noti gli scambi termici, altri importanti aspetti trattati all'interno del foglio di calcolo sono l'inerzia termica dell'edificio e le condizioni interne desiderate.

Per quel che concerne l'**inerzia termica**, il modello utilizza due parametri ricavabili dalla capacità termica e dalla superficie dei singoli elementi costituenti l'edificio (comprese anche le pareti interne, ma esclusi gli elementi trasparenti e le porte in quanto di massa trascurabile rispetto a pareti e solai).

Applicando tale modello è possibile definire il fabbisogno termico attuale degli edifici tipo. A partire da tale stima si procede quindi alla definizione del consumo termico, sulla base delle principali tipologie impiantistiche prevalenti negli anni di costruzione degli edifici e dalle aree geografiche.

In tal modo, ricostruito il quadro di riferimento, per ogni edificio tipo (lo scenario base), si può poi procedere a quantificare il risparmio energetico ottenibile apportando, secondo lo schema previsto, successive ed integrative misure di efficienza energetica sugli edifici, come ad esempio interventi di miglioramento/sostituzione delle tecnologie in uso (strutture opache e trasparenti, impianti tecnici) e dall'applicazione di interventi di risparmio energetico in grado di ridurre gli "sprechi".



“Ricostruito il quadro di riferimento, per ogni edificio tipo (lo scenario base) si può poi procedere a quantificare il risparmio energetico ottenibile apportando successive e integrative misure di efficienza energetica”