

LESO-PB

Manuale utente LESOSAI 4

Leresche F.
Eggimann J.-P.

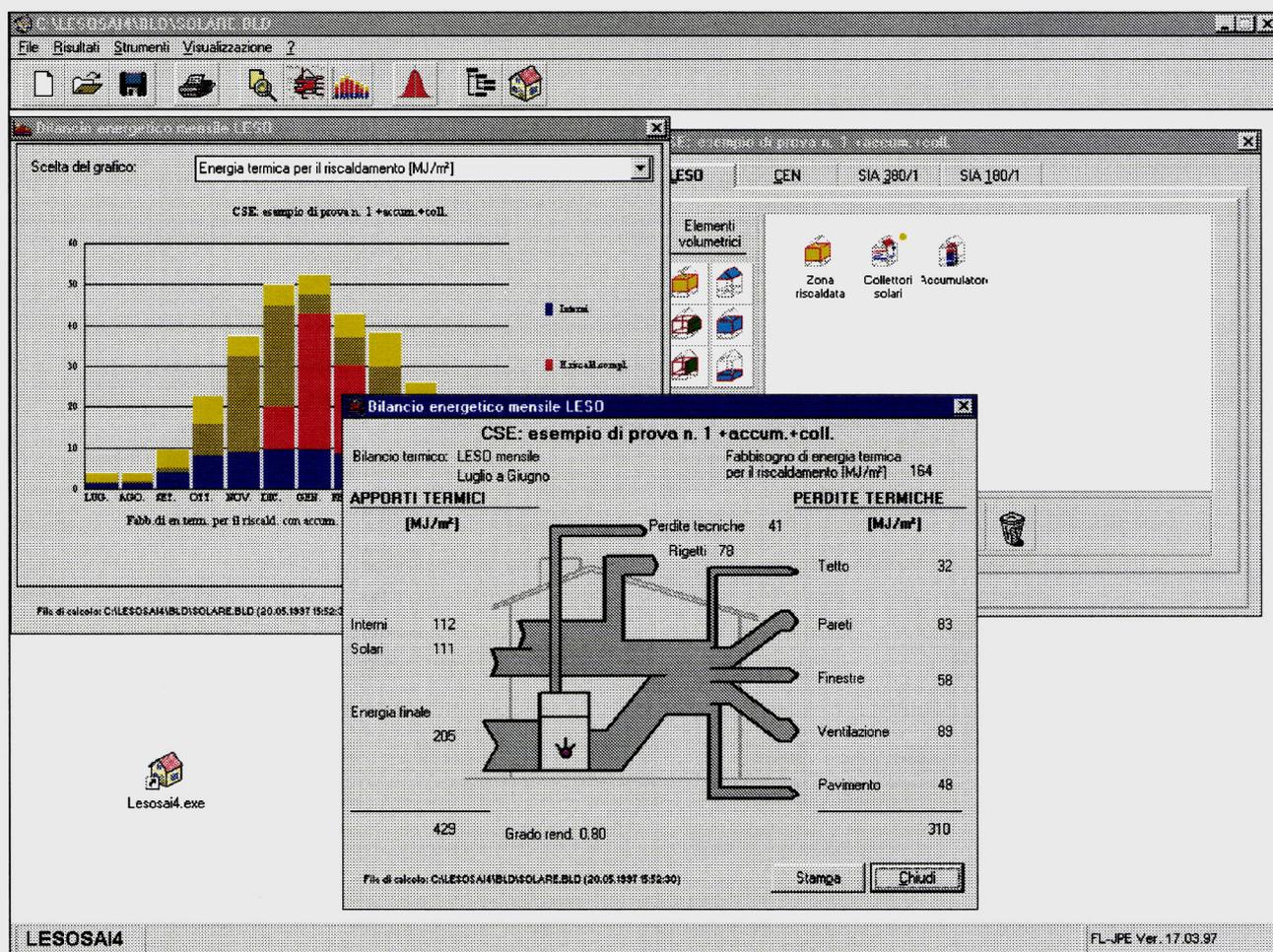
Mode d'emploi italien - version 1



ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

MANUALE UTENTE LESOSAI 4

Versione 1 - maggio 1997



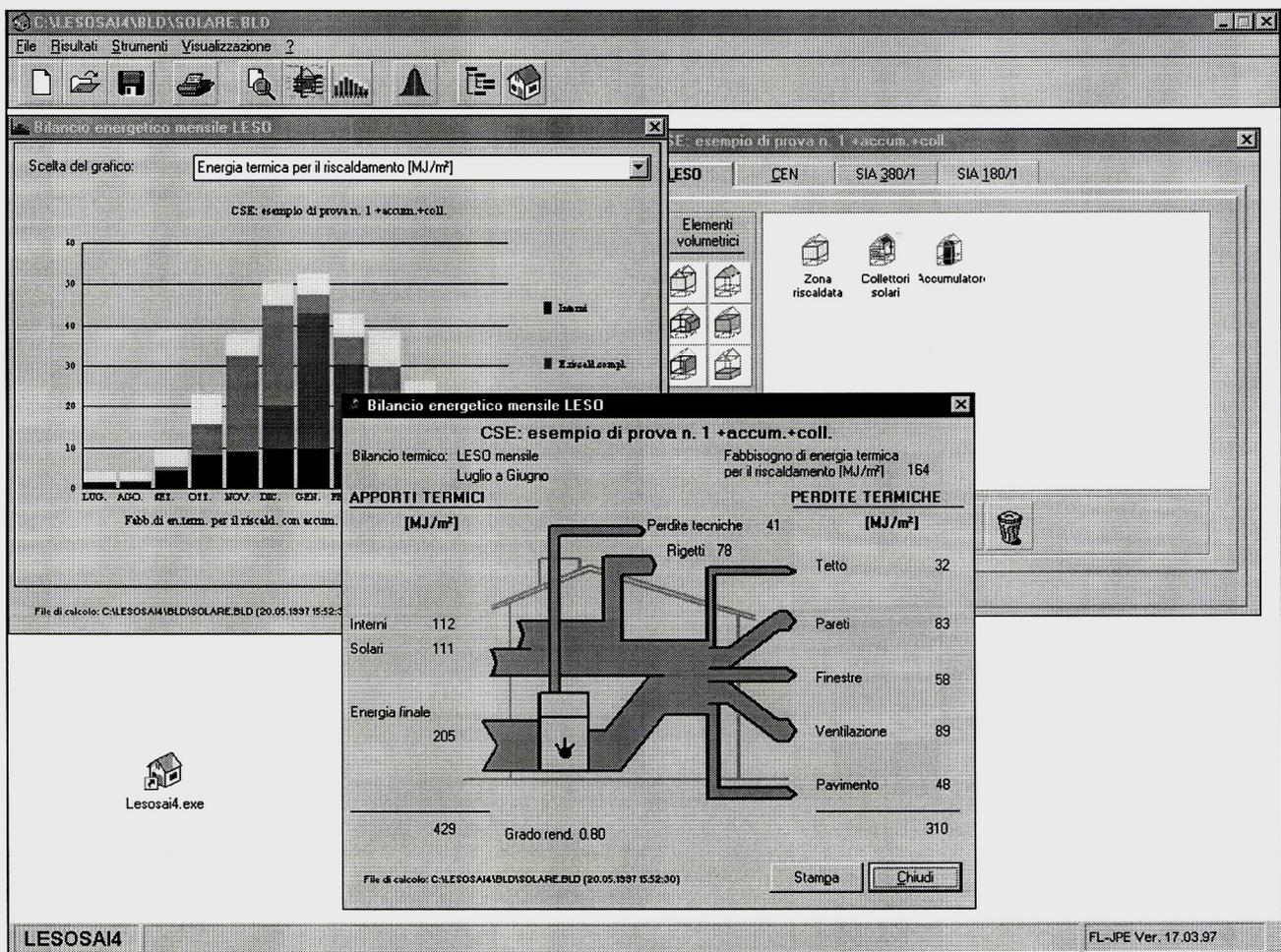
*Calcolo del bilancio energetico di una costruzione
LESO - CEN prEN832 - SIA 380/1 e SIA 180/1*



ÉCOLE POLYTECHNIQUE
FÉDÉRALE DE LAUSANNE

MANUALE UTENTE LESOSAI 4

Versione 1 - maggio 1997



*Calcolo del bilancio energetico di una costruzione
LESO - CEN prEN832 - SIA 380/1 e SIA 180/1*

Per informazioni:

F. Leresche, J.-P. Eggimann
Laboratoire d'énergie solaire et de physique du bâtiment LESO - EPFL
CH - 1015 LAUSANNE

Tel. +41 21 / 693 45 40 o 693 45 45

Fax +41 21 / 693 27 22

Ringraziamenti

Questa versione del programma LESOSAI è stata realizzata con l'appoggio finanziario dell'ufficio federale dell'energia (OFEN).

Responsabilità

Le indicazioni del presente manuale sono fornite senza garanzia e possono essere modificate in tutti i momenti senza comunicazioni all'utente. Così facendo, gli autori del programma non si assumono nessuna responsabilità. Il programma descritto in questo manuale è fornito sulla base di una licenza per calcolatore, con la proibizione di trasmetterla a terzi. Non si risponde in caso di danni e spese. Spetta all'utente verificare che i dati siano corretti e plausibili.

Sommario

1. INTRODUZIONE	3
1.1 Obiettivi del programma.....	3
1.1.1 Cosa fa LESOSAI 4.....	3
1.1.2 Cosa non fa LESOSAI 4.....	4
1.2 Struttura del programma.....	4
2. DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO	5
2.1 Divisione dell'edificio in zone (e pseudo-zone)	5
2.2 Involucro dell'edificio.....	6
2.2.1 Involucro di una zona.....	6
2.2.2 Elementi dell'involucro.....	8
2.3 Superfici.....	8
2.4 Volume.....	9
2.5 Ricambio d'aria, ventilazione	9
2.5.1 Tasso di ricambio d'aria con l'esterno	9
2.5.2 Tasso di ricambio d'aria tra zone.....	10
2.5.3 Impianti di ventilazione	11
2.5.4 Capacità termica volumica di aria	11
2.6 Altitudine	12
2.7 Ombre.....	12
2.8 Inclinazione	13
2.9 Orientamento	14
2.10 Destinazione	14
2.11 Tipo di costruzione.....	14
2.12 Coefficiente di trasmissione del calore (coefficiente k)	15
2.12.1 Collegamento con LESOKAI 4	15
3. METODI DI CALCOLO	16
3.1 Metodi di calcolo e di controllo delle prestazioni.....	16
3.1.1 Metodi di calcolo.....	16
3.1.2 Controllo delle prestazioni	16
3.1.3 Regolamentazione cantonale	17
3.1.4 Differenze tra i metodi di calcolo	17
3.2 Perdite termiche verso il terreno.....	18
3.3 Perdite termiche.....	19
3.4 Caratteristiche delle finestre	19
3.5 Muro con isolamento traslucido.....	20
3.6 Collettori-finestre.....	21
3.7 Serre	21
3.8 Sistemi a doppia pelle.....	22
3.9 Locali, solai e cantine non riscaldati	22
3.10 Elemento riscaldante	22
3.11 Scambi per irraggiamento	22
3.12 Grado di sfruttamento degli apporti di calore interni e solari	23
4. CALCOLI COMPLEMENTARI	25
4.1 Riscaldamento solare	25
4.2 Calcolo dell'incertezza	26
4.2.1 Procedimento	26
4.2.2 Incertezza sui dati.....	27
5. FILES ANNESSI	28
5.1 Lesosai4.ini.....	28
5.2 Clima.....	28
5.2.1 Irraggiamento globale per una orientazione e un'inclinazione qualunque.....	31
5.2.2 Relazione con METEONORM 95.....	31
5.3 Vetri, isolamento traslucido, collettori	32
5.3.1 Rendimento dei collettori solari	33
5.3.2 Coefficiente di trasmissione termica superficiale	33
6. DIVERSI.....	35
6.1 Unità	35
6.2 Sinonimi	35

7. DESCRIZIONE DI UN EDIFICIO	36
<input type="checkbox"/> Barra degli strumenti	36
.: Nuovo	36
.: Apri	36
.: Salva.....	36
.: Stampa il formulario	36
.: Formulario	36
.: Grafico sinottico.....	36
.: Grafico mensile	36
.: Grafico dell'incertezza	36
.: Lista degli elementi.....	36
.: Ricapitolazione degli elementi	36
<input type="checkbox"/> Nuovo edificio	37
.: Indirizzo	37
.: Opzioni di calcolo	37
.: Inventario delle zone	37
<input type="checkbox"/> Zona riscaldata	37
.: Proprietà generali	37
.: Involucro	37
.: Tipologia.....	37
<input type="checkbox"/> Facciate	38
.: Dati generali	38
.: Elementi dell'involucro.....	38
.: Situazione.....	38
<input type="checkbox"/> Elementi della facciata.....	38
<input type="checkbox"/> Pavimento.....	38
.: Dati generali	38
.: Situazione.....	38
<input type="checkbox"/> Soffitto	38
<input type="checkbox"/> Locali, solai e cantine non riscaldati	38
.: Generalità	38
.: Involucro	38
<input type="checkbox"/> Serra, veranda, giardino d'inverno	39
.: Inventario delle zone	39
.: Involucro (zona riscaldata)	39
.: Elementi dell'involucro (contro serra)	39
.: Involucro (serra)	39
.: Involucro (davanti, sinistra, destra)	39
<input type="checkbox"/> Doppia pelle.....	39
<input type="checkbox"/> Collettori solari e accumulatore	39

1. INTRODUZIONE

1.1 Obiettivi del programma

1.1.1 Cosa fa LESOSAI 4

LESOSAI 4 è un programma per il calcolo dei bilanci energetici mensili e annuali di un edificio. Il programma tiene conto dei guadagni solari degli elementi quali:

- finestre;
- serre, verande, giardini d'inverno;
- sistemi a doppia pelle;
- collettori-finestre;
- muri con isolamento traslucido.

LESOSAI 4 permette il calcolo del riscaldamento solare (accumulatore e collettori) ed è adatto per lo studio di edifici a basso fabbisogno di riscaldamento.

Il suo utilizzo è stato reso il più semplice e rapido possibile in modo da permettere l'ottimizzazione del bilancio energetico già nella fase del progetto di massima. A questo stadio molti dati sono ancora sconosciuti, ragione per la quale il programma suggerisce sempre dei valori.

LESOSAI 4 comprende diversi metodi di calcolo e di controllo delle prestazioni energetiche:

- metodo LESO;
- norma europea prEN832 "Prestazioni termiche degli edifici - Calcolo del fabbisogno d'energia per il riscaldamento";
- raccomandazione SIA 380/1 "L'energia nell'edilizia" (è possibile eseguire unicamente il "Calcolo del fabbisogno di energia termica per il riscaldamento);
- modello d'ordinanza "Utilizzo razionale dell'energia nell'edilizia";
- raccomandazione SIA 180/1 "Verifica del coefficiente k medio dell'involucro dell'edificio".

LESOSAI 4 è riconosciuto dall'Ufficio federale dell'energia conforme per i calcoli secondo la SIA 380/1 e il modello d'ordinanza.

LESOSAI 4 calcola gli edifici mono-zona da semi-massicci a massicci (costruzioni svizzere tradizionali). Il calcolo secondo il metodo CEN è ammesso anche per le costruzioni leggere (prefabbricati).

Ad eccezione del metodo SIA 180/1, il programma calcola successivamente i diversi parametri che fanno parte del bilancio energetico:

- fabbisogno lordo di energia termica per il riscaldamento;
- apporti di calore interni e solari;
- guadagno termico (parte utilizzabile degli apporti di calore);
- fabbisogno di energia termica per il riscaldamento;
- nel caso di riscaldamento solare: fabbisogno di energia termica ausiliaria.

I risultati sono presentati in diverse forme:

- diagramma del bilancio termico (diagramma di Sankey);
- grafico dei bilanci mensili;
- tabella dei valori mensili dei differenti valori del bilancio;
- formulario SIA 1083 "Calcolo del fabbisogno di energia termica per il riscaldamento e del grado di rendimento", secondo la raccomandazione SIA 380/1;
- formulario SIA 1081 "Verifica del coefficiente k medio dell'involucro dell'edificio", secondo la raccomandazione SIA 180/1.

In più, LESOSAI 4 effettua il calcolo dell'incertezza del risultato (fabbisogno d'energia termica per il riscaldamento). Fornisce la probabilità che il fabbisogno d'energia effettiva dell'edificio sia superiore o inferiore a quello calcolato. Questo risultato è presentato graficamente. Il riscaldamento solare non è considerato nel calcolo poiché, nel flusso d'energia, appare a monte del fabbisogno d'energia per il riscaldamento.

1.1.2 Cosa non fa LESOSAI 4

Questo programma non effettua il calcolo grado di rendimento previsto dalla raccomandazione SIA 380/1, per contro le pagine corrispondenti sono stampate senza dati.

Questo programma non calcola i muri ventilati (muro Trombe e altre pareti opache ventilate) e l'intermittenza del riscaldamento come definita nella norma europea CEN prEN832.

LESOSAI 4 non può essere richiamato direttamente da un programma CAD (Progettazione/disegno assistito dal calcolatore).

LESOSAI 4 non è un programma di dimensionamento dell'impianto di riscaldamento. Il calcolo, effettuato secondo la raccomandazione SIA 384/2 "Fabbisogno di potenza termica degli edifici", richiede numerosi dati supplementari; nonostante ciò è possibile avere una prima stima della potenza necessaria con l'aiuto della temperatura minima (file del clima) e dei coefficienti di dispersione (calcolo CEN) o dei flussi di calore (calcolo LESO).

Esempio di stima della potenza termica

Un edificio, riscaldato a 20 °C, è situato in una località con una temperatura minima di -8 °C e una temperatura a gennaio di -1.1 °C.

Secondo il calcolo CEN (in gennaio), questo edificio possiede:

- un coefficiente di dispersione per trasmissione attraverso l'involucro (formulario 3.1): $L_T = 174 \text{ W/K}$
 - un coefficiente di dispersione per ventilazione (formulario 3.2): $H_T = 41 \text{ W/K}$
- La potenza termica può essere stimata a: $(174 \text{ W/K} + 41 \text{ W/K}) \times (20 \text{ K} - (-8 \text{ K})) = 6000 \text{ W}$

Lo stesso edificio può essere calcolato secondo il metodo LESO (in gennaio) con:

- un flusso di calore verso l'esterno per trasmissione attraverso l'involucro (formulario 3.1): $\Phi_{Te} = 2937 \text{ W}$
 - un flusso di calore verso l'esterno per ventilazione (formulario 3.2): $\Phi_V = 855 \text{ W}$
 - un flusso di calore verso i locali non riscaldati (formulario 3.1): $\Phi_U = 726 \text{ W}$
- La potenza termica può essere stimata a:
 $(2937 \text{ W} + 855 \text{ W}) \times (20 \text{ K} - (-8 \text{ K})) / (20 \text{ K} - (-1.1 \text{ K})) + 726 \text{ W} = 5800 \text{ W}$

Osservazione: questi metodi di calcolo non sono conformi alla raccomandazione SIA 384/2.

1.2 Struttura del programma

Il programma LESOSAI 4 è composto principalmente da:

- un file eseguibile LESOSAI4.EXE;
- un file eseguibile LESOINC4.EXE (gestisce il calcolo dell'incertezza dei risultati);
- una libreria LSAI4.DLL.

I dati di un edificio e i risultati dei calcoli sono registrati in un file che ha generalmente l'estensione .BLD. Questi files possono essere aperti sia con un editore di testi, in modo "solo testo" (ASCII), per esempio NotePad, WordPad o Word, sia con un programma tipo Excel.

2. DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO

2.1 Divisione dell'edificio in zone (e pseudo-zone)

L'edificio è composto da una zona riscaldata e da eventuali altre zone non riscaldate. Non è possibile definire più di una zona riscaldata per edificio.

Non è obbligatorio definire tutte le zone non riscaldate di un edificio. Questo dipende dal calcolo richiesto, dai dati disponibili e dalla precisione voluta per i risultati.

LESOSAI 4 possiede 5 tipi di zone non riscaldate:

- serra, veranda o giardino d'inverno;
- il volume dei sistemi a doppia pelle;
- solai non riscaldati;
- locali non riscaldati;
- cantine non riscaldate.

Per ognuna di queste zone, l'utente deve indicare il volume, le superfici, il tasso di ricambio d'aria e le caratteristiche dell'involucro, allo scopo di permettere al programma di calcolarne la temperatura.

Non è possibile definire scambi termici, per trasmissione o per ventilazione, fra due zone non riscaldate.

A lato delle zone non riscaldate, il programma riconosce diversi tipi di "pseudo-zone". Si tratta di volumi per i quali la temperatura è già conosciuta in precedenza. Il programma non necessita dunque di dati per calcolarla. È sufficiente introdurre i dati per il calcolo delle perdite della zona riscaldata verso le "pseudo-zone". Questi dati si trovano nella pagina "Situazione" di ogni elemento dell'involucro. La lista delle "pseudo-zone" è la seguente:

"pseudo-zone"	temperatura (mensile o annuale)
Solai	4°C in più della temperatura esterna
Solai con tetto isolato ($k < 0.4 \text{ W/m}^2\text{K}$)	6°C in più della temperatura esterna
Solai con tetto parzialmente isolato ($0.4 < k < 2.0 \text{ W/m}^2\text{K}$)	4°C in più della temperatura esterna
Solai con tetto non isolato ($k > 2.0 \text{ W/m}^2\text{K}$)	2°C in più della temperatura esterna
Cantine	8°C in più della temperatura esterna
Altro	8°C in più della temperatura esterna
Edificio adiacente	(dati dell'utente)

A dipendenza dei casi, si dovrà definire completamente una zona (obbligatorio per la serra e i sistemi a doppia pelle, facoltativo per i solai, le cantine e tutti gli altri locali non riscaldati) o si utilizzerà una pseudo-zona.

2.2 Involucro dell'edificio

L'involucro dell'edificio è composto dall'involucro di ogni zona dell'edificio, ma non comprende l'involucro delle "pseudo-zone".

2.2.1 Involucro di una zona

L'involucro di tutte le zone è diviso in più parti. Ogni parte dell'involucro ha una sola orientazione, una sola inclinazione e una sola zona contigua.

Per l'edificio rappresentato nella sezione della figura 1, la facciata sud è divisa in 3 parti: contro l'aria esterna, contro una serra e contro il terreno, mentre la facciata nord è divisa in 5 parti e il tetto in 2. Se quest'ultimo non possiede delle finestre, il fatto di raggruppare le 2 parti in una sola non avrà nessuna conseguenza.

Per l'edificio raffigurato nella figura 2, l'involucro della zona riscaldata dovrà essere diviso in 7 parti, senza contare i pavimenti e i soffitti:

- facciata esterna orientata a sud (le pareti situate sui 2 lati della serra possono essere riunite);
- facciata esterna orientata a ovest;
- facciata esterna orientata a nord;
- facciata esterna orientata a est;
- facciata contro la serra orientata a sud;
- facciata contro la serra orientata a ovest;
- facciata contro la serra orientata a est.

Queste ultime 2 facciate devono essere definite separatamente anche se non hanno delle finestre poiché, per una serra, le superfici opache possono contribuire agli apporti solari passivi.

Osservazioni:

- Tutti gli involucri appartengono ad una zona.
- Quando una parte dell'involucro separa due zone, appartiene sempre a quella riscaldata.
- Se un appartamento è situato su una cantina, la soletta che separa i due spazi e un pavimento e non un soffitto.

Consiglio:

Se si desidera calcolare delle varianti di un edificio, dove la situazione (zona contigua) di certe parti dell'involucro cambiano con la variante, è preferibile iniziare a descrivere la situazione più complessa.

Supponendo per esempio che l'edificio della figura 2 sia oggetto di una trasformazione volta ad aggiungere una serra e si desidera conoscere il bilancio termico prima e dopo la trasformazione. Si inizierà a definire le 7 parti dell'involucro della zona riscaldata verso l'esterno (le 4 facciate e le 3 facciate verso la serra). Dopo aver calcolato così il bilancio, è sufficiente aggiungere la serra, cambiare la situazione ("contro una serra" al posto di "contro l'esterno") delle 3 facciate verso la serra e aggiungere il tasso di rinnovo d'aria della zona riscaldata verso la serra prima di effettuare il nuovo bilancio. Per cancellare l'operazione, è sufficiente mettere la serra nel "cestino".

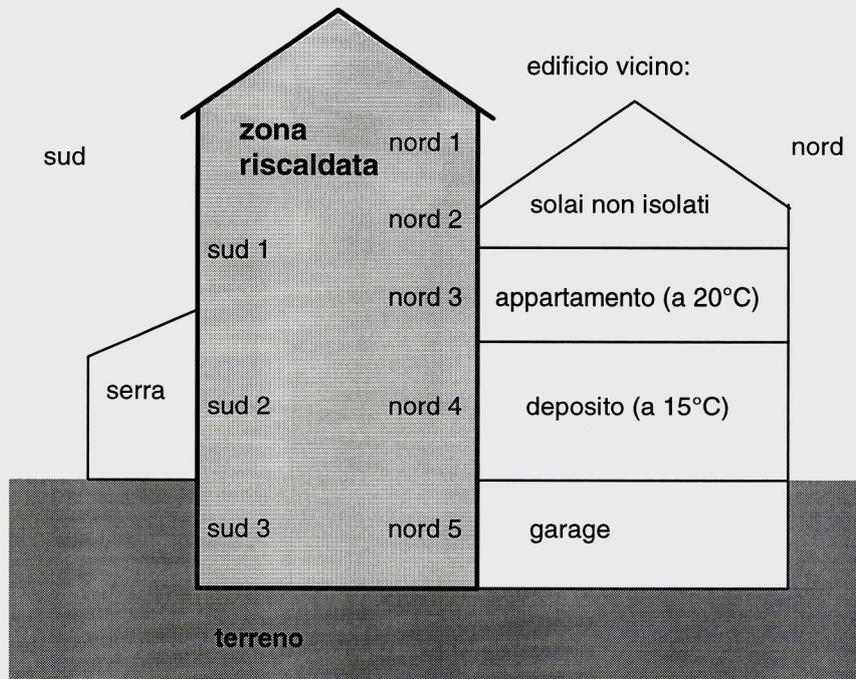


Figura 1: Involucro in sezione

La facciata sud è divisa in 3 parti e la facciata nord in 5:

sud 1: contro l'esterno
 sud 2: contro serra
 sud 3: contro terra

nord 1: contro l'esterno
 nord 2: contro non riscaldato: solaio non isolato
 nord 3: contro un edificio vicino riscaldato a 20 °C
 nord 4: contro un edificio vicino riscaldato a 15 °C
 nord 5: contro non riscaldato: altro

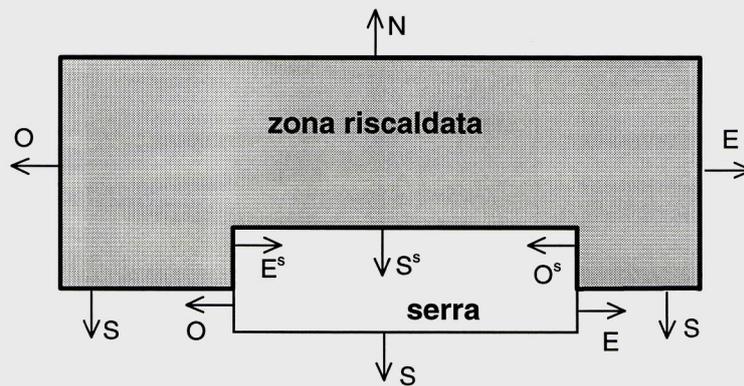


Figura 2: Involucro in pianta

L'involucro verticale dell'edificio è diviso in 7 parti:

- facciata esterna orientata a est (90°);
- facciata esterna orientata a nord (360°);
- facciata esterna orientata a ovest (270°);
- facciata esterna orientata a sud (180°), le pareti situate sui 2 lati della serra possono essere riunite;
- facciata contro la serra orientata a est (90°);
- facciata contro la serra orientata a ovest (270°);
- facciata contro la serra orientata a sud (90°).

2.2.2 Elementi dell'involucro

Ogni parte dell'involucro può essere composto da più elementi scelti fra:

- finestre;
- cassonetti;
- collettori-finestre;
- superfici particolari (coefficiente k differente o elementi riscaldanti);
- muri con isolamento traslucido;
- porte.

La superficie di una parte dell'involucro è la superficie totale (figura 3, tratto continuo). Il programma sottrae automaticamente la superficie degli elementi contenuti nell'involucro. Il risultato è la "superficie restante". Se quest'ultima è negativa, significa che l'involucro contiene più elementi di quelli che ne può contenere: la somma delle superfici degli elementi dell'involucro è superiore alla superficie totale!

Questo metodo semplifica il calcolo delle varianti.

Il coefficiente di trasmissione di calore dell'involucro caratterizza unicamente la "superficie restante" (in grigio nella figura 3).

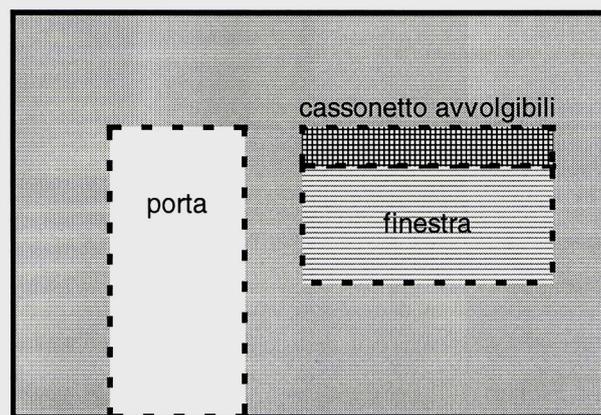


Figura 3: Superficie degli elementi dell'involucro.

La superficie grigia (superficie restante) è calcolata automaticamente dal programma che deduce dalla superficie totale (zona contornata da un tratto continuo) la superficie degli elementi (contornati dalla linea tratteggiata) contenuti al suo interno.

2.3 Superfici

Conformemente alla norma SIA 416 "Superfici e volumi", tutte le superfici si misurano utilizzando le quote esterne dei muri e degli altri elementi da costruzione.

La superficie di una finestra corrisponde all'apertura fatta dentro il muro per quella finestra.

La superficie del pavimento (SP) è la superficie dell'insieme dei pavimenti (ad ogni piano) dei locali riscaldati (SIA 416). La superficie di riferimento energetica (SRE) è la SP ponderata per un fattore che tiene conto dell'altezza del piano. Se i piani hanno un'altezza inferiore o uguale a 3 m, la SRE è uguale alla SP. Il fattore di ponderazione è determinato secondo la raccomandazione SIA 180/4 "Indice energetico"; è 1 se l'altezza del piano è inferiore o uguale a 3 m mentre è uguale al rapporto: [altezza lorda del piano] / [3 m] per i piani di un'altezza superiore.

I guadagni interni indicati in relazione a una superficie (quale il consumo annuale di elettricità), come anche la superficie occupata da una persona, sono sempre in relazione con la SP.

Gli apporti di calore Q_{ei} e Q_{pe} (formulario SIA 380/1, p.3.2) sono relativi alla SRE.

Esempi di guadagni interni / apporti di calore

Supponiamo un edificio amministrativo seguente:

- SP di 600 m²;
- situato in un luogo con un periodo di riscaldamento di 219 giorni;
- guadagni interni secondo le condizioni normali d'utilizzo definite dal modello d'ordinanza:
 - consumo annuale di elettricità: 80 MJ/m², di cui il 70% è trasformato in calore;
 - occupazione: 30 persone (80 W/p) presenti per 8 h/g.

Il calore totale fornito durante il periodo di riscaldamento è:

$$\begin{aligned} 80 \text{ MJ/m}^2 \times 600 \text{ m}^2 \times 0.7 \times 219 \text{ g} / 365 \text{ g} &= 20160 \text{ MJ per l'elettricità;} \\ 30 \text{ p} \times 80 \text{ W/p} \times 8 \text{ h/g} \times 0.0036 \text{ MJ/Wh} \times 219 \text{ g} &= 15140 \text{ MJ per le persone.} \end{aligned}$$

Se l'altezza del piano dell'edificio è di 3 m, la SRE è uguale alla SP, ossia 600 m².

I guadagni interni sono quindi:

- apporti di calore dalle installazioni elettriche: $Q_{el} = 20160 \text{ MJ} / 600 \text{ m}^2 = 33.6 \text{ MJ/m}^2$;
- calore fornito dalle persone: $Q_{pe} = 15140 \text{ MJ} / 600 \text{ m}^2 = 25.2 \text{ MJ/m}^2$.

Al contrario, per un'altezza del piano di 4 m, la SRE sarà $600 \text{ m}^2 \times 4 / 3$, ossia 800 m².

I guadagni interni scenderanno a:

- apporti di calore dalle installazioni elettriche: $Q_{el} = 20160 \text{ MJ} / 800 \text{ m}^2 = 25.2 \text{ MJ/m}^2$;
- calore fornito dalle persone: $Q_{pe} = 15140 \text{ MJ} / 800 \text{ m}^2 = 18.9 \text{ MJ/m}^2$.

2.4 Volume

Il volume riscaldato è il volume netto (volume d'aria interna dell'edificio). Si calcola generalmente prendendo l'80 % del volume lordo.

2.5 Ricambio d'aria, ventilazione

I dati concernenti la ventilazione dell'edificio sono ripartiti su tre pagine differenti:

- 1) il tasso di *ricambio d'aria* di una zona con l'esterno si trova nella pagina "Proprietà generali" di questa zona;
- 2) il tasso di *ricambio d'aria tra la zona riscaldata e le altre zone* dell'edificio si trova nella pagina "Situazione" dell'involucro che separa la zona riscaldata da quella non riscaldata;
- 3) l'eventuale *impianto di ventilazione* della zona riscaldata si trova nella pagina "Tipologia" della zona riscaldata.

2.5.1 Tasso di ricambio d'aria con l'esterno

L'utente ha 2 possibilità:

- "fisso": il tasso di ricambio d'aria non varia nel corso dell'anno, ma può avere un valore differente per il "giorno" (durante il periodo d'utilizzo) e la "notte";
- "variabile...": il tasso di ricambio d'aria non cambia tra giorno e notte, ma varia mensilmente in modo lineare in funzione della temperatura esterna mensile.

Il tasso di ricambio d'aria non può mai scendere sotto il *limite inferiore ammissibile* (in generale 0.3 h⁻¹). Il *valore medio desiderato* definisce il tasso di ricambio d'aria per una temperatura uguale alla temperatura esterna media per il periodo calcolato. Il tasso mensile non può mai scendere al disotto del limite inferiore, il tasso medio per il periodo di calcolo sarà superiore al valore medio desiderato se quest'ultimo è troppo simile al limite inferiore.

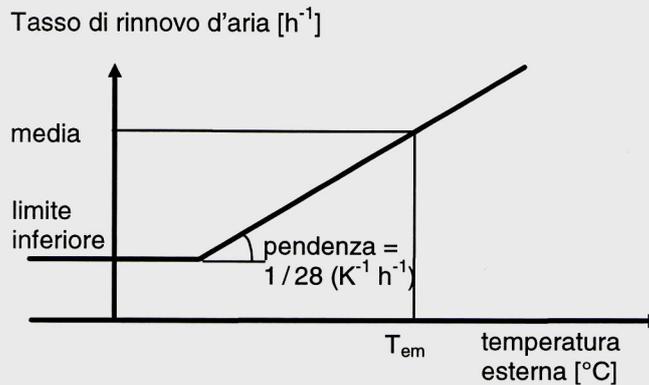


Figura 4: Tasso di ricambio d'aria variabile

Il tasso di ricambio d'aria mensile varia linearmente in funzione della temperatura esterna mensile. Il tasso mensile non può scendere al disotto del limite inferiore. T_{em} è la temperatura esterna media durante il periodo di calcolo.

Esempio del tasso di ricambio d'aria variabile

Per una casa situata al sud delle Alpi (periodo di riscaldamento: da ottobre a aprile), si sceglieranno i seguenti valori per il tasso di ricambio dell'aria:

- valore medio desiderato: 0.40 h^{-1}
- limite inferiore: 0.30 h^{-1}

In funzione della temperatura esterna, i valori mensili sono i seguenti:

Mese	Temperatura esterna [°C]	Tasso di ricambio d'aria [h^{-1}]
Ottobre	12.6	0.60
Novembre	7.0	0.40
Dicembre	2.8	0.30 (al posto di 0.25)
Gennaio	1.4	0.30 (al posto di 0.20)
Febbraio	4.2	0.30
Marzo	8.4	0.45
Aprile	12.6	0.60
Media	7.0	0.42 (al posto di 0.40)

2.5.2 Tasso di ricambio d'aria tra zone

I movimenti d'aria tra la zona riscaldata e un'altra zona dell'edificio avvengono per infiltrazioni e attraverso le aperture dell'involucro che separano queste 2 zone. È per questo motivo che i dati corrispondenti si trovano nella pagina "Situazione". Il volume d'aria da considerare per il calcolo del tasso di ricambio d'aria è sempre quello della zona riscaldata (alla quale appartiene l'involucro). Se più parti dell'involucro (più facciate) separano una zona riscaldata da un'altra, il tasso di ricambio d'aria è da inserire una sola volta!

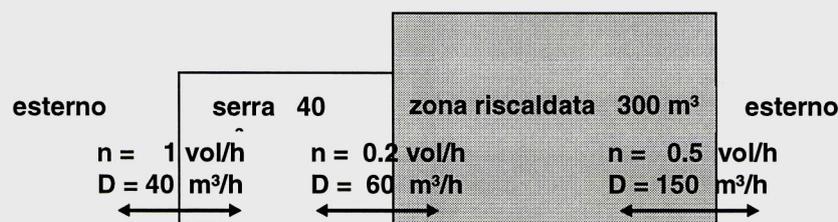


Figura 5: Tasso di ricambio d'aria tra zone

Il tasso di ricambio d'aria tra una zona (zona riscaldata o serra) e l'esterno è relativo al volume della zona. Il tasso di ricambio d'aria tra due zone è relativo al volume della zona riscaldata.

2.5.3 Impianti di ventilazione

L'impianto di ventilazione si sostituisce in genere alla ventilazione naturale. Se i volumi d'aria dovuti all'impianto di ventilazione sono superiori a quelli della ventilazione naturale, i dati del tasso di ricambio d'aria con l'esterno (ventilazione naturale) sono ignorati. In caso contrario, viene considerata una ventilazione naturale residua fino a raggiungere il tasso di ricambio d'aria con l'esterno.

Il funzionamento degli impianti di ventilazione avviene prioritariamente di giorno. Se la durata del funzionamento è superiore al periodo di utilizzo della zona riscaldata, il complemento si fa durante la notte.

Il metodo di calcolo CEN tiene conto dei flussi d'aria addizionali indotti dal vento. Questi flussi d'aria dipendono dall'impermeabilità dell'involucro e dall'esposizione dell'edificio al vento.

Esempio di un impianto di ventilazione

Supponiamo un piccolo edificio amministrativo con un volume riscaldato di 2000 m³ e un tempo d'utilizzo di 8 h/g, fornito di due impianti di ventilazione funzionanti 12 ore per giorno:

- il primo, di 1000 m³/h, serve a ventilare gli uffici ed è equipaggiato con un recupero di calore (rendimento 70%);
- il secondo, di 500 m³/h, aspira l'aria dai locali sanitari;
- fuori utilizzo, il tasso di ricambio d'aria è di 0.30 h⁻¹, ossia un flusso d'aria di 600 m³/h.

Nel programma questi impianti sono descritti così:

- funzionamento: 12 h/g;
- flusso aspirato: 1500 m³/h;
- flusso immesso: 1000 m³/h;
- rendimento di recupero: 46.7% (= 70% × 1000 / 1500), dove il volume "recuperato" è di 700 m³/h.

Se in più l'utente presume che, malgrado l'impianto di ventilazione, gli occupanti aprono le finestre durante le ore di utilizzo in modo che il tasso di ricambio d'aria totale sia di 0.9 h⁻¹, si ottiene un volume d'aria di 1800 m³/h, i volumi d'aria considerati dal programma sono i seguenti:

Durata [h/g]	Volume d'aria [m ³ /h] per l'aerazione dell'edificio. Tasso di ricambio aria [h ⁻¹]		Volume d'aria da riscaldare [m ³ /h] per il calcolo delle perdite. Tasso di ricambio d'aria [h ⁻¹]			
			LESO e SIA 380/1	CEN prEN832		
8 (giorno, ventilaz. in funzione)	1800	(0.90)	1100	(0.55)	1289	(0.64)
4 (notte, ventilaz. in funzione)	1500	(0.75)	800	(0.40)	989	(0.49)
12 (notte, ventilaz. spenta)	600	(0.30)	600	(0.30)	1043	(0.52)
media su 24 ore	1150	(0.58)	800	(0.40)	1116	(0.56)

Il volume più elevato per il calcolo CEN deriva dalla considerazione dei volumi supplementari indotti dalla presenza dell'impianto di ventilazione, durante e fuori il suo tempo di funzionamento.

2.5.4 Capacità termica volumica di aria

I metodi di calcolo stimano nello stesso modo la capacità termica volumica dell'aria:

$$pc = (1220 - 0.14 \times alt) / 3600$$

dove pc = capacità termica volumica [Wh/m³K]
alt = altitudine dell'edificio [m]

2.6 Altitudine

Il programma non utilizza l'altitudine della stazione climatica. L'altitudine di riferimento è l'altitudine dell'edificio (pagina dei dati "Indirizzo") che serve unicamente a calcolare:

- la capacità termica volumica dell'aria;
- i valori limiti (e mirati) SIA 380/1 e SIA 180/1.

Di conseguenza, per un edificio al quale si aumenta l'altitudine, le sue perdite termiche potranno unicamente diminuire (la capacità termica dell'aria diminuisce con l'altitudine). Conviene di conseguenza scegliere una stazione climatica con l'altitudine più vicina a quella dell'edificio.

2.7 Ombre

L'utente ha 2 possibilità:

- "fisse": la percentuale in ombra (in %) è un valore medio per l'inverno. È stimata calcolando la parte in ombra delle finestre al 21 novembre o al 21 gennaio per una determinata posizione del sole (valevole per una latitudine di circa 45°):

orientamento della finestra	ora (solare)	azimut del sole (sud = 180°)	altezza del sole [°]
est (90°)	10	150	18
sud (180°)	12	180	23
ovest (270°)	14	210	18

- "variabile...": la percentuale in ombra varia linearmente mensilmente in funzione della variabile meteorologica m . La percentuale in ombra è limitata in "inverno" dall'ombra minima ($m < 4 \text{ W/m}^2\text{K}$) e in "estate" dall'ombra massima ($m > 16 \text{ W/m}^2\text{K}$ o $m < 0$ quando la temperatura esterna è superiore alla temperatura ambientale interna).

La variabile meteorologica m è definita come:

$$m = (\text{intensità d'irraggiamento globale nel piano della finestra}) / (T_{\text{int}} - T_{\text{est}}) \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

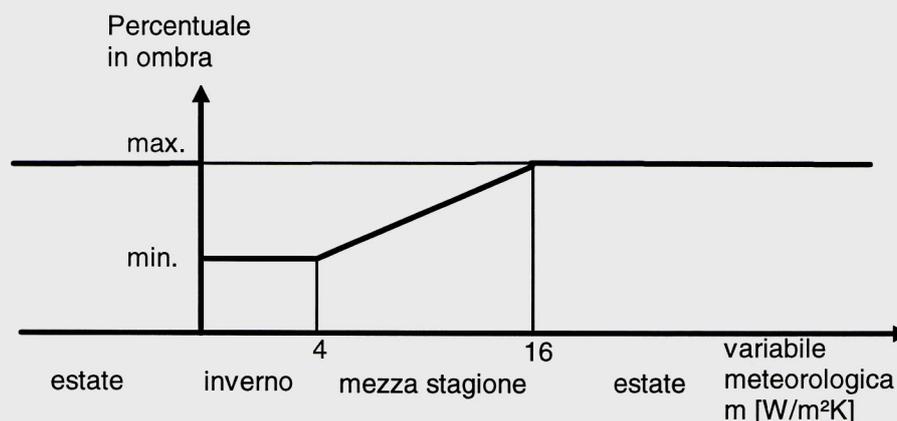


Figura 6: Percentuale in ombra variabile

La percentuale in ombra è una funzione lineare della variabile meteorologica m compresa tra il limite inferiore (ombra minima) e superiore (ombra massima).

$$m = (\text{intensità di irraggiamento globale}) / (\text{differenza fra la temperatura interna e esterna}) \text{ [W/m}^2\text{K]}.$$

m è inferiore a zero quando la temperatura esterna media è superiore alla temperatura ambientale interna.

Esempio di ombra variabile

Per una casa situata al sud delle alpi (riscaldata a 20°C), si sceglieranno i seguenti valori per la percentuale d'ombra di una finestra:

- minimo: 15%;
- massimo: 75%.

In funzione della temperatura esterna e dell'irraggiamento incidente nel piano della finestra, i valori mensili sono:

Mese	Temperatura esterna [°C]	Irraggiamento incidente [MJ/m ²]	Intensità media dell'irraggiamento incidente [W/m ²]	variabile meteorologica [W/m ² K]	Percentuale d'ombra [%]
Luglio	21.0	367	137	-137	75
Agosto	19.6	330	123	308	75
Settembre	16.8	282	109	34	75
Ottobre	12.6	159	59	8	35
Novembre	7.0	168	65	5	20
Dicembre	2.8	161	60	3.5	15
Gennaio	1.4	149	56	3	15
Febbraio	4.2	229	95	6	25
Marzo	8.4	280	104	9	40
Aprile	12.6	288	111	15	70
Maggio	15.4	296	110	24	75
Giugno	19.6	310	120	299	75
Media, somma	11.8	3019	96		45
Media ponderata per l'irraggiamento					49

2.8 Inclinazione

Una facciata (parte verticale di involucro) ha come valore preimpostato un'inclinazione di 90°.

Un pavimento (parte orizzontale di involucro) ha come valore preimpostato un'inclinazione di 0°.

Il tetto è preimpostato orizzontale (inclinazione di 0°).

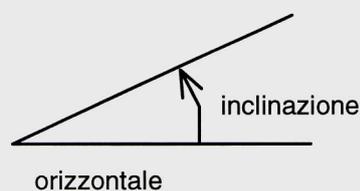


Figura 7: Inclinazione

L'angolo di inclinazione si legge tra l'orizzontale e il piano considerato.

2.9 Orientamento

L'orientamento di tutti gli elementi della facciata (e del tetto) è misurato con l'orientamento geografico (secondo la bussola) rispetto alla perpendicolare dell'elemento (0°). Per determinarlo, ci si posiziona *all'interno della zona* e si guarda *verso l'esterno*. I valori sono:

Nord-Est	45°
Est	90°
Sud-Est	135°
Sud	180°
Sud-Ovest	225°
Ovest	270°
Nord-Ovest	315°
Nord	360°

Per una serra si procede nello stesso modo. La facciata che separa la zona riscaldata dalla serra appartiene alla zona riscaldata, la sua orientazione è dunque già determinata!

Tutti gli elementi che fanno parte di un involucro (finestra, cassonetto degli avvolgibili, collettori-finestre, elementi particolari dell'involucro, muro a isolamento traslucido, porte, botole, ecc.) hanno lo stesso orientamento, la stessa inclinazione e la stessa zona contigua dell'involucro.

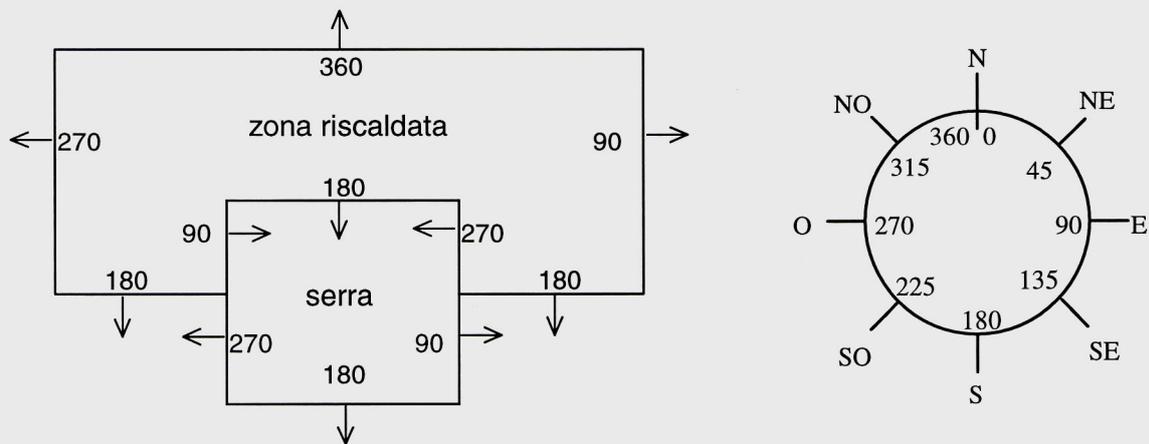


Figura 8: Orientamento delle facciate

L'orientamento delle facciate o di una falda del tetto è misurato con l'orientamento geografico della perpendicolare all'elemento. Per determinarlo, ci si posizionerà *all'interno della zona* e si guarderà *verso l'esterno*.

2.10 Destinazione

La destinazione dell'edificio determina la categoria dell'edificio e le condizioni normali d'utilizzo (SIA 380/1 e modello d'ordinanza) utilizzate per il controllo delle prestazioni. Le destinazioni sono definite nella "Scheda tecnica <Raccomandazione complementare per il calcolo della domanda d'energia di riscaldamento della SIA 380/1>, OFEN, 1994".

2.11 Tipo di costruzione

Il tipo di costruzione (nuova o ristrutturata) è utilizzato unicamente per il controllo delle prestazioni secondo il modello d'ordinanza.

2.12 Coefficiente di trasmissione del calore (coefficiente k)

Sotto la stessa denominazione di coefficiente di trasmissione di calore o coefficiente k o valore U si trovano spesso due grandezze differenti, che si potrebbero chiamare rispettivamente "coefficiente k omogeneo" e "coefficiente k globale o medio".

Nell'elenco dei dati dei diversi elementi dell'involucro, il coefficiente k è la prima di queste grandezze; esso caratterizza la parte omogenea dell'elemento da costruzione.

Generalmente, tutti gli elementi quali: facciate, solette, tetti e finestre hanno dei ponti termici. In genere questi ponti termici sono dovuti agli angoli dell'edificio. Siccome i dati geometrici sono sempre misurati all'esterno del muro possiamo ammettere che questi ponti termici sono presi in considerazione nei calcoli. Gli altri ponti termici, dovuti per esempio all'interruzione dell'isolamento in testa alla soletta o al giunto tra il vetro e il telaio di una finestra o quello tra il telaio e il muro, devono essere introdotti separatamente.

I ponti termici sono caratterizzati dalla loro lunghezza e dal loro coefficiente lineare di trasmissione di calore (coefficiente k lineare in W/mK). È possibile trovare i coefficienti lineari k delle costruzioni più correnti, vecchie o recenti, nelle opere:

- SIA Dokumentation D99 "Wärmebrückenatlas 1, Neubaudetails", Zürich, 1985;
- SIA Dokumentation D078 "Wärmebrückenatlas 2, Verbesserte Neubaudetails", Zürich, 1992;
- SIA Dokumentation D0107 "Wärmebrückenatlas 3, Altbaudetails", Zürich, 1993;
- "Règles de calcul des caractéristiques thermiques utiles des parois de construction" Th-K77 Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), Parigi, 1977, 1982;
- Norma europea prEN ISO 14683 "Ponts thermiques dans les bâtiments - Coefficient de transmission thermique linéique - Méthodes simplifiées et valeurs de calculs", Comitato europeo di normalizzazione (CEN), Bruxelles, 1995;
- Kobra, "Programme informatique permettant d'interroger un atlas de détails de construction sur leur comportement thermique (stationnaire et bidimensionnel)".

Nel caso di una facciata ventilata, i ponti termici sono generalmente dovuti ai punti d'ancoraggio. Per descrivere il loro effetto, si indicherà nella casella "lunghezza" il numero di punti d'ancoraggio dell'elemento per la costruzione e nella casella "coefficiente k lineare" il coefficiente del ponte termico *puntuale* in W/K.

Il coefficiente di trasmissione di calore medio dell'elemento, che tiene conto delle parti omogenee e dei ponti termici, è la seconda grandezza. È indicato sulle tabelle dei dati, come un risultato intermedio nella casella "coefficiente k globale di...".

Nel caso della finestra, il coefficiente k globale tiene conto della proporzione di vetro e di telaio.

Nel caso di elementi più complessi, quali i collettori-finestre e i muro a isolamento traslucido, il coefficiente k globale tiene conto dei diversi strati dell'elemento.

2.12.1 Collegamento con LESOKAI 4

LESOKAI 4 (calcolo del coefficiente di trasmissione di calore e verifica dei rischi di condensa di un elemento da costruzione, versione Windows 95, LESO, EPFL, 1997) è un programma che effettua il calcolo del coefficiente di trasmissione del calore di un elemento in un muro omogeneo o debolmente eterogeneo, composto da un numero qualunque di strati.

Questo programma fornisce i valori del coefficiente k per i muri, pavimenti, e soffitti in funzione della loro composizione. Una connessione diretta tra LESOKAI 4 e LESOSAI 4 è allo studio per una futura versione.

3. METODI DI CALCOLO

3.1 Metodi di calcolo e di controllo delle prestazioni

Per metodo di calcolo, si intende il modo con il quale, partendo dai dati dell'edificio, dal clima, dal numero di occupanti, ecc., si determinano le prestazioni dell'edificio. Con controllo delle prestazioni, si indica il modo con il quale si verifica se i dati sono corretti (corrispondono alla categoria dell'edificio) e se le prestazioni dell'edificio sono soddisfacenti o meno.

3.1.1 Metodi di calcolo

LESOSAI 4 comprende 4 metodi di calcolo che l'utente sceglie tramite la linguetta superiore in ogni pagina di dati:

Linguetta	Riferimento	Prestazioni calcolate
LESO	Metodo semplificato LESOSAI, descritto nella "Guide solaire passif", LESO - EPFL, Losanna, 1985; modificato nel 1990,1995	fabbisogno d'energia termica per il riscaldamento
CEN	Norma europea prEN832 "Performance thermique des bâtiments - Calcul des besoins d'énergie pour le chauffage", Comitato europeo di normalizzazione (CEN), Bruxelles, 1995	fabbisogno d'energia termica per il riscaldamento
SIA 380/1	Raccomandazione SIA 380/1 "L'energia nell'edilizia", SIA, Zurigo, 1988	fabbisogno d'energia termica per il riscaldamento
SIA 180/1	Raccomandazione SIA 180/1 "Verifica del coefficiente medio k dell'involucro dell'edificio", SIA, Zurigo, 1988	Coefficiente k medio

3.1.2 Controllo delle prestazioni

LESOSAI 4 comprende 3 tipi di controllo delle prestazioni che l'utente può scegliere, se necessario, nella pagina "Opzioni di calcolo":

Controllo	Riferimento	Metodo di calcolo applicabile
Modello d'ordinanza	Modello d'ordinanza "Utilisation rationnelle de l'énergie dans le bâtiment", OFEN, Berna, 1993	SIA 380/1, CEN, (LESO)
SIA 380/1	Raccomandazione SIA 380/1	SIA 380/1, CEN, (LESO)
SIA 180/1	Raccomandazione SIA 180/1	SIA 180/1

Le raccomandazioni SIA (380/1 e 180/1) offrono la possibilità di scegliere tra il valore mirato e il valore limite. Il valore limite è il valore vincolante per l'edificio, per il quale si applica la raccomandazione. Il valore mirato è il valore che deve essere soddisfatto da un edificio che desidera avere un consumo particolarmente basso d'energia.

LESO e CEN designano unicamente dei metodi di calcolo, mentre sia la SIA 380/1, che la SIA 180/1 sono dei metodi di calcolo e dei tipi di controllo delle prestazioni calcolate. Il metodo d'ordinanza è unicamente un controllo delle prestazioni.

3.1.3 Regolamentazione cantonale

Le prescrizioni di isolamento termico impongono un controllo dell'edificio. Il tipo di controllo varia da un cantone all'altro. Nella tabella successiva è riportata la situazione nei vari Cantoni nella primavera 1997:

Cantone	Modello d'ordinanza (calcolo SIA 380/1)	SIA 380/1	SIA 180/1
ZH	X		
BE	X		
LU	X		
UR	X		
SZ	X		
OW		X	
NW		X	
GL		X	
ZG	X		
FR		X	
SO	X		
BS	X		
BL	X		
SH			X
AR		X	
AI			X
SG		X	
GR	X		
AG	X		
TG		X	
TI			X
VD			X
VS		X	X
NE	X		
GE	X		
JU	X		

3.1.4 Differenze tra i metodi di calcolo

Le principali differenze tra i metodi che permettono il calcolo del fabbisogno d'energia termica per il riscaldamento concernono:

- le perdite termiche verso il terreno;
- il calcolo delle perdite termiche;
- le caratteristiche delle finestre;
- gli apporti dagli elementi solari oltre alle finestre;
- il grado di sfruttamento degli apporti di calore.

Il dettaglio di queste differenze è esposto nel capitolo seguente.

3.2 Perdite termiche verso il terreno

Quando gli elementi dell'involucro sono in contatto con il terreno le loro perdite termiche sono meno elevate che se fossero in contatto con l'aria esterna. Il calcolo di questa diminuzione varia a dipendenza del metodo utilizzato.

SIA 380/1

Utilizza il coefficiente k della parete o del pavimento, ma la temperatura del terreno è superiore alla temperatura dell'aria esterna. Lo scarto vale, per tutti gli usi (SIA 380/1, tabella D-2-1):

- per una parete: 2 °C;
- per un pavimento: 4 °C.

Attenzione: per facilitare il calcolo manuale la raccomandazione SIA 380/1, fa una distinzione tra l'altopiano svizzero che si trova tra 300 e 800 m d'altitudine e il resto della Svizzera. LESOSAI 4 ignora questa distinzione e applica la regola descritta per tutte le altitudini.

CEN

Utilizza la temperatura dell'aria esterna, ma il coefficiente U (coefficiente k) è ridotto per tenere conto del terreno (Norma europea prEN 1190 "Prestazioni termiche degli edifici - trasferimento di calore nel suolo - Metodo di calcolo", Comitato europeo di normalizzazione (CEN), Bruxelles, 1995).

LESO

Utilizza la temperatura dell'aria esterna e il coefficiente k dell'elemento ma la sua superficie di dispersione è ridotta. Solo i primi 2 metri interrati, su tutto il perimetro, contribuiscono alla perdita.

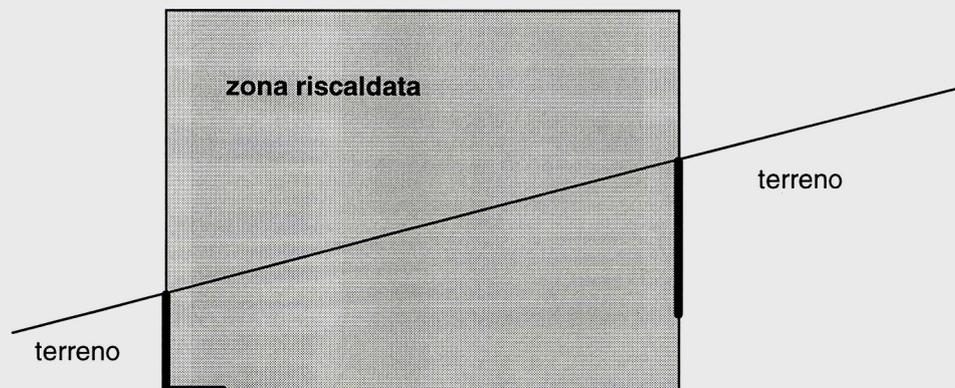


Figura 9: Perdite verso il terreno (metodo LESO)

Solo i primi 2 metri interrati (tratto spesso) contribuiscono alle perdite. Questa superficie di dispersione può essere sia verticale (facciata), sia orizzontale (pavimento), sia una combinazione tra le due. Per un terreno in pendenza, la profondità da indicare è il valore medio per il pavimento, (o facciata) dell'elemento considerato.

3.3 Perdite termiche

Il calcolo delle perdite termiche di un elemento si esprime teoricamente con:

$$Q = A \times U \times (T_{\text{lint}} - T_{\text{lest}}) \times t$$

- dove
- Q = perdite termiche [MJ];
 - A = superficie [m²];
 - U = coefficiente di dispersione di calore [W/m²K];
 - T_{lint} = temperatura del lato interno dell'elemento [°C] (non è sempre l'aria interna);
 - T_{lest} = temperatura del lato esterno dell'elemento [°C] (non è sempre l'aria esterna);
 - t = durata [Ms] (1 Ms = 10⁶ s o 1 h = 0.0036 Ms).

Ognuno dei metodi di calcolo ha adattato questa formula per il calcolo delle perdite termiche.

LESO

La formula utilizzata tale e quale, T_{lest} è calcolata per ogni elemento, se questo è necessario (perdite verso una serra, una zona non riscaldata, ecc.). Per ogni mese, T_{lint} e T_{lest} sono le temperature medie su tutto il mese e t è la durata totale del mese.

CEN

La formula è sostituita da:

$$Q = A \times U \times b \times (T_{\text{int}} - T_{\text{est}}) \times t$$

- dove
- T_{int} = temperatura dell'aria interna;
 - T_{est} = temperatura dell'aria esterna;
 - b = coefficiente di ponderazione [-].

Il coefficiente di ponderazione tiene conto del fatto che T_{int} può essere differente da T_{est}. Nel caso più corrente, elemento tra l'interno e (l'aria) esterno, b = 1. La durata totale del mese è t.

SIA 380/1

Per le perdite di un elemento comune (non riscaldante) verso l'aria esterna, la formula è sostituita da:

$$Q = A \times U \times GG \times c$$

- dove
- GG = gradi giorno di riscaldamento del mese o dell'anno considerato [k·d];
 - c = 0.0864 Ms/d.

Per le altre perdite termiche, la formula è sostituita da:

$$Q = A \times U \times (T_{\text{lint}} - T_{\text{lest}}) \times GR \times c$$

- dove
- T_{lint} = temperatura dell'elemento durante i giorni di riscaldamento [°C];
 - T_{lest} = temperatura della zona contigua all'elemento durante i giorni di riscaldamento [°C];
 - GR = numero dei giorni di riscaldamento del mese (o dell'anno) [d];
 - c = 0.0864 Ms/d.

3.4 Caratteristiche delle finestre

Per descrivere una finestra sono necessarie più grandezze:

- la superficie: apertura grezza nella parete per la finestra;
- la percentuale di telaio: parte opaca dell'apertura;
- il coefficiente k del telaio;
- il coefficiente d'ombra delle tende: parte d'energia solare respinta verso l'esterno a causa di tapparelle o tende interne;
- la percentuale in ombra della finestra;
- il ponte termico (lunghezza e coefficiente k lineare) creato sul perimetro della finestra;
- il tipo di vetro.

Al tipo di vetro sono legate le caratteristiche termiche e ottiche necessarie al calcolo delle perdite termiche e dei guadagni solari (vedi capitolo vetri):

- tutti i metodi utilizzano il coefficiente di trasmissione di calore Kie per il calcolo delle perdite;
- il metodo di calcolo **LESO** utilizza il coefficiente di trasmissione energetica di irraggiamento solare perpendicolare mentre gli altri metodi utilizzano il coefficiente globale.

3.5 Muro con isolamento traslucido

Un muro con isolamento traslucido (non si distinguono le immagini ma la luce passa attraverso l'isolamento) è costituito (dall'interno verso l'esterno) da un muro massiccio assorbente sul quale è posato l'isolamento traslucido protetto da un vetro esterno. Una tenda mobile permette di ombreggiare il sistema (figura 10).

Per il calcolo del coefficiente di trasmissione del calore, questi elementi sono messi in serie.

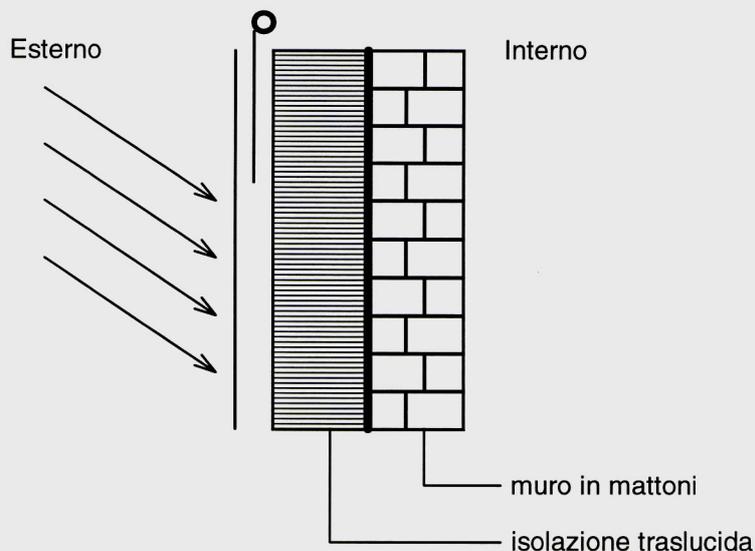


Figura 10: Muro con isolamento traslucido.

Gli elementi principali di questo tipo di muro sono, dall'interno verso l'esterno:

- un muro di mattoni massicci o calcestruzzo, dove il lato verso l'esterno è assorbente;
- l'isolamento traslucido posato contro il muro;
- una protezione solare mobile;
- un vetro esterno di protezione contro le intemperie.

Per il calcolo SIA 180/1, se il muro è poco isolante, il coefficiente di soleggiamento s può essere differente da 1.

Per i metodi **LESO**, **CEN** e **SIA 380/1**, l'energia captata dal muro è in parte trasmessa all'interno, in seguito è sommata agli altri apporti di calore. Lo stesso grado di sfruttamento è applicato a tutti gli apporti solari passivi.

Il coefficiente k del muro massiccio richiesto dal programma influisce molto debolmente sul coefficiente globale di trasmissione del calore del muro a isolamento traslucido ma agisce per contro in maniera rilevante sul coefficiente di trasmissione energetica g . Questo permette, variando il coefficiente k del muro massiccio, di adattare g al valore desiderato (valore sperimentale per esempio) senza influenzare notevolmente il coefficiente k dell'insieme.

3.6 Collettori-finestre

Un collettore-finestra è un sistema composto da due vetri, uno all'interno e l'altro all'esterno che delimita un canale da circa 10 a 20 cm di profondità nel quale può essere abbassata una tenda. Dell'aria spinta da un ventilatore in un circuito chiuso permette di estrarre il calore d'origine solare captato dalla tenda. Questo calore è in seguito condotto verso un accumulo termico (generalmente un letto di ghiaia). Al disotto del limite di intensità di irraggiamento scelto, la tenda è ritirata e il ventilatore è spento (modo "passivo") mentre al disopra di questo limite la tenda è abbassata e il ventilatore è acceso (modo "attivo").

Per il calcolo del coefficiente di trasmissione di calore, il collettore-finestra è considerato come una finestra doppia.

Gli apporti di calore sono trattati in modo differente a dipendenza del metodo di calcolo.

SIA 180/1

Se i due vetri sono sufficientemente trasparenti, il coefficiente di soleggiamento s può essere differente da 1.

SIA 380/1

Sono unicamente conteggiati gli apporti solari diretti (energia che attraversa le 2 finestre e arriva all'interno dell'edificio). La tenda è trascurata.

LESO e CEN

Gli apporti di calore solare che penetrano nella zona riscaldata si dividono in due parti. Una diretta (modo "passivo"), l'altra indiretta (modo "attivo") perché proveniente dall'accumulo termico. Essendo questo accumulo a corto termine (al massimo da 2 a 3 giorni), gli apporti diretti ed indiretti agiscono nell'edificio durante lo stesso mese di calcolo. *Sono dunque sommati e sottoposti allo stesso tasso di utilizzo.*

3.7 Serre

La serra è una zona non riscaldata ma in grado di captare energia solare. È separata dalla zona riscaldata da una parete chiamata "parete interfaccia" composta da un muro con eventualmente delle finestre e delle porte. La serra è considerata in modo differente nelle varie norme.

SIA 180/1

La serra è uno spazio non riscaldato. Il coefficiente dell'involucro b è 0.5.

SIA 380/1

Sono conteggiati solo gli apporti solari diretti attraverso le finestre che separano le zone riscaldate della serra. Gli apporti indiretti, riscaldamento della serra, sono trascurati.

LESO e CEN

Gli apporti solari sono divisi in 2 parti: quelli diretti e quelli indiretti. Gli apporti solari diretti sono dovuti all'energia passante attraverso le finestre e i muri interfaccia. L'energia assorbita dalle superfici opache della serra permette di aumentare la sua temperatura e di conseguenza di diminuire le perdite della zona riscaldata; questo costituisce gli apporti solari indiretti. Nel metodo LESO, la parte di energia riflessa dai vetri interfaccia che non fuoriesce dalla serra (85%) contribuisce anche agli apporti solari indiretti.

3.8 Sistemi a doppia pelle

Una facciata a doppia pelle è formata da due involucri (due pelli) separati da uno spazio che va da 15 cm a più di un metro. Questo assomiglia ad una serra poco profonda, ma il tasso di ricambio d'aria di questo volume con l'esterno è molto superiore. In effetti, un sistema a doppia pelle non è generalmente impermeabile e esistono delle aperture create in basso e in alto per la ventilazione. I tassi sono da indicare da parte dell'utente. La prossima versione di LESOSAI li calcolerà in funzione delle caratteristiche complementari delle facciate a doppia pelle.

Il programma calcola la parete a doppia pelle come una serra ad eccezione dei punti seguenti:

SIA 180/1

La doppia pelle non è considerata come una zona ma come una doppia parete. Il coefficiente di trasmissione di calore risulta dalla serie delle resistenze termiche delle 2 pelli.

LESO

L'energia riflessa dal vetro interno esce per metà verso l'esterno. L'altra metà contribuisce agli apporti solari indiretti.

3.9 Locali, solai e cantine non riscaldati

Con i termini locali, solai e cantine non riscaldati, si considerano unicamente le zone che non captano alcun apporto solare utile per la zona riscaldata.

3.10 Elemento riscaldante

Con elemento riscaldante si intende un elemento dell'involucro direttamente riscaldato e che ha il compito d'emettere calore. Questo concerne:

- il riscaldamento a pavimento;
- il riscaldamento a soffitto, eventualmente a parete;
- una finestra, se il radiatore o il convettore è posato direttamente davanti a quest'ultima.

Le perdite termiche di un elemento riscaldante sono più elevate perché la sua temperatura è superiore alla temperatura ambiente. I metodi tengono conto in modo differente di questi elementi:

- **LESO** e **SIA 380/1**: la temperatura "interna" è aumentata di 10 K durante i giorni di riscaldamento.
- **CEN**: il coefficiente delle perdite termiche (coefficiente k) è aumentato. Questo aumento dipende dalla posizione dello strato riscaldante nell'elemento dell'involucro (indicato dal coefficiente di trasmissione di calore dell'elemento verso l'interno) ed è proporzionale al gradiente di potenza. Il gradiente di potenza descrive l'aumento di potenza apportato dall'elemento riscaldante quando la temperatura esterna diminuisce di 1 K.
- **SIA 180/1**: non ci sono differenze con un elemento non riscaldante.

3.11 Scambi per irraggiamento

Il metodo di calcolo **CEN** prEN832 può tenere conto degli scambi per irraggiamento degli elementi opachi con ciò che li circonda. In questo modo un muro esterno può anche, di giorno, captare l'energia solare e trasmetterne una piccola parte all'interno dell'edificio. In contropartita, emetterà, di notte, una parte di calore verso il cielo.

Allo scopo di effettuare questo bilancio, si presuppone che la temperatura del cielo è di 10 K inferiore alla temperatura dell'aria esterna. Il coefficiente di scambio di calore per irraggiamento è costante e vale 5 W/m²K per un'emissività di 1.

Il metodo di calcolo **LESO** tiene conto degli scambi termici più elevati con il cielo (temperatura apparente del cielo inferiore alla temperatura dell'aria esterna), unicamente per le finestre, aumentando la differenza di temperatura tra l'elemento e ciò che lo circonda. L'aumento varia linearmente in funzione dell'inclinazione da 0% per una finestra verticale al 5% per una finestra orizzontale.

3.12 Grado di sfruttamento degli apporti di calore interni e solari

Il grado di sfruttamento degli apporti di calore interni e solari definisce la parte di questi che contribuisce effettivamente al riscaldamento dell'edificio. Esso dipende da numerosi parametri:

- le perdite termiche;
- gli apporti di calore interni e solari;
- la capacità termica dell'edificio;
- l'isolamento dell'edificio;
- la regolazione di riscaldamento;
- il passo di calcolo (mensile o annuale);
- ecc.

I metodi di calcolo LESO e SIA 380/1 presuppongono un edificio di costruzione da semi-massiccia a massiccia. Il grado di sfruttamento è in funzione del rapporto fra gli apporti di calore e le perdite termiche e del tipo di regolazione del riscaldamento. Il metodo LESO utilizza unicamente i calcoli mensili.

LESO

Il metodo LESO, distingue fra 4 tipi differenti di gradi di sfruttamento che dipendono dalla/e grandezza/e da regolare:

- sonda interna, con A.N.T. (Abbassamento Nottorno della Temperatura), tipo 1;
- sonda esterna e sensore per l'irraggiamento solare, con A.N.T., tipo 2;
- sonda esterna, con A.N.T., tipo 3;
- sonda interna, senza A.N.T., tipo 4.

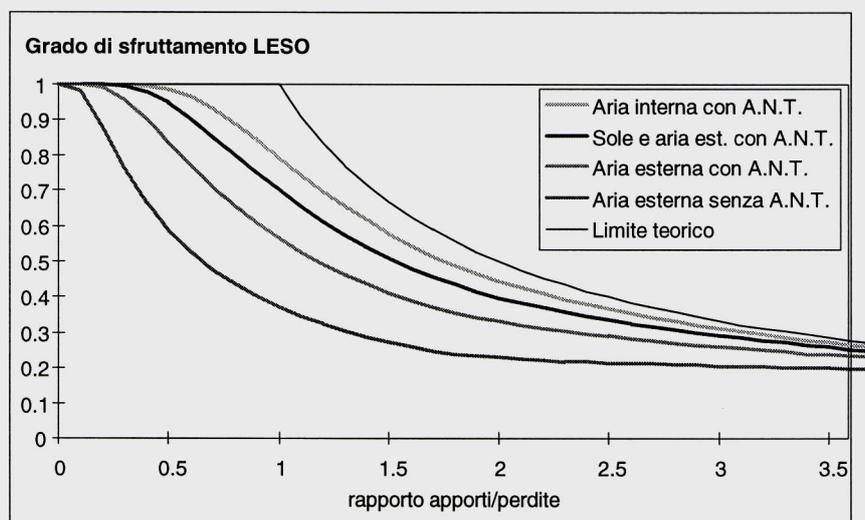


Figura 11: Grado di sfruttamento LESO

Il grado di sfruttamento dipende dal tipo di regolazione del riscaldamento e dal rapporto apporti / perdite.

SIA 380/1

Il metodo SIA 380/1 fa una distinzione tra calcolo mensile e calcolo annuale. Le regolazioni sono classificate unicamente in 2 categorie:

- temperatura dell'aria interna o sole (tipo 1 o 2);
- unicamente temperatura dell'aria esterna (tipo 3 o 4).

Nel caso di calcolo annuale, la variazione del grado di sfruttamento è una funzione lineare del rapporto apporti / perdite.

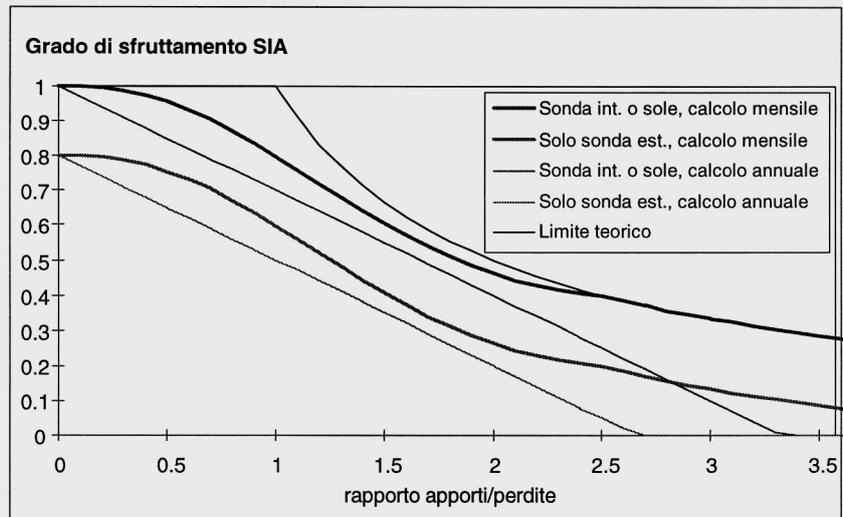


Figura 12: Grado di sfruttamento SIA 380/1

Il grado di sfruttamento dipende dal tipo di regolazione del riscaldamento e dal rapporto apporti / perdite. Il metodo di calcolo, annuale o mensile, dà luogo a delle funzioni differenti. Nel calcolo annuale, la variazione del grado di sfruttamento è una funzione lineare del rapporto apporti / perdite.

CEN

Il metodo di calcolo CEN, mensile, suppone una regolazione del riscaldamento ideale. Questo metodo tiene conto unicamente della costante tempo dell'edificio. Quest'ultima è in funzione della massa termica e del coefficiente delle perdite termiche dell'edificio. Solo il calcolo mensile è fatto da LESOSAI 4.

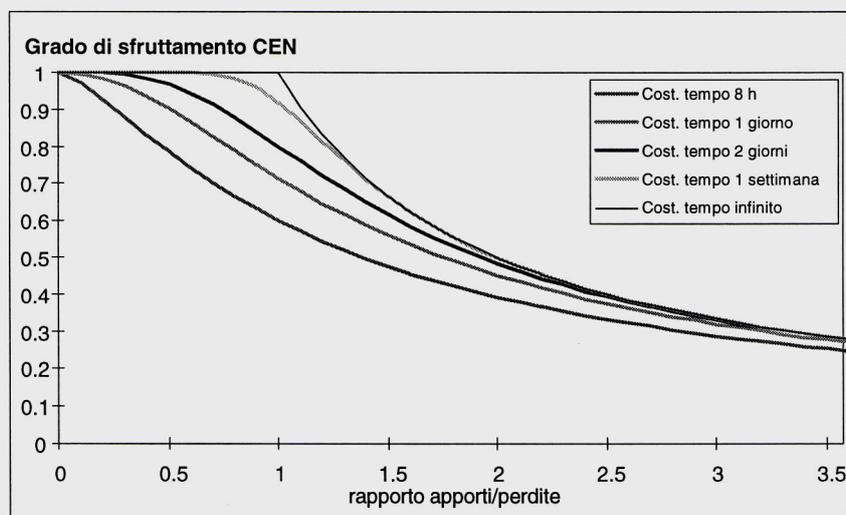


Figura 13: Grado di sfruttamento CEN prEN832

In questo metodo, il grado di sfruttamento è una funzione della costante tempo dell'edificio e del rapporto apporti / perdite.

4. CALCOLI COMPLEMENTARI

4.1 Riscaldamento solare

È possibile aggiungere all'edificio un sistema di riscaldamento solare composto da collettori solari e un accumulatore d'acqua.

Per utilizzare questo riscaldamento solare, la casella "riscaldamento solare" della pagina "Opzioni di calcolo" deve essere attivata ed è necessario indicare la temperatura dell'accumulatore all'inizio del periodo di calcolo.

La scelta del periodo di calcolo può avere una grande importanza: un calcolo sul periodo "da gennaio a dicembre" fornirà tutto un altro risultato del calcolo "da luglio a giugno"! Scegliendo il periodo da maggio a aprile, il risultato non dipende praticamente dalla temperatura iniziale dell'accumulatore.

Per il riscaldamento solare, il passo del calcolo mensile sarebbe troppo lungo, è stato dunque scelto un passo di calcolo di 10 giorni realizzato per interpolazione tra i valori mensili.

Gli apporti dei collettori solari sono assegnati prioritariamente al riscaldamento dell'edificio. Se quest'ultimo non ne richiede più, questa energia è immagazzinata. Quando la temperatura massima di carica dell'accumulatore è raggiunta, il calore in eccesso fornito dai collettori è scartato.

Quando i collettori non forniscono abbastanza energia per rispondere al fabbisogno di riscaldamento dell'edificio, l'accumulatore fornisce l'energia complementare. Quando la temperatura minima di scarica dell'accumulatore è raggiunta, l'energia per il riscaldamento dell'edificio deve essere fornita da una sorgente ausiliaria. A causa delle sue perdite, la temperatura dell'accumulatore può scendere al di sotto della temperatura minima di scarica.

Nel caso di riscaldamento solare, vengono effettuati 2 calcoli. Il primo per un funzionamento ottimale (ideale) del sistema. La temperatura media dei collettori è impostata a 5 K più alta della temperatura media dell'accumulatore. Per il secondo calcolo, che rappresenta il funzionamento probabile del sistema, la temperatura media dei collettori è di 15 K superiore a quella dell'accumulatore.

Osservazione:

Per il riscaldamento solare i collettori e l'accumulatore sono collegati. Dei collettori senza accumulatore, o un accumulatore senza collettori, conducono a dei risultati imprevedibili e sbagliati.

4.2 Calcolo dell'incertezza

4.2.1 Procedimento

I dati forniti al programma sono importanti per descrivere al meglio la realtà. Nonostante ciò, per diverse ragioni ci possono essere delle differenze:

- le dimensioni dell'edificio costruito non corrispondono esattamente ai piani; queste differenze sono piccole (i muratori lavorano con un errore attorno al centimetro) ma non nulli;
- le caratteristiche dei materiali da costruzione possono cambiare di qualche valore percentuale da quelle indicate dai fornitori; in più alcune caratteristiche possono variare con il tempo (la conducibilità termica per esempio);
- il comportamento degli occupanti è molto difficile da caratterizzare; questa è la più grande fonte di incertezza!

Tutte queste incertezze sui dati conducono ad un'incertezza sul risultato. È per questo motivo che LESOSAI 4 prevede il calcolo dell'incertezza (fare un click sulla casella "calcolo dell'incertezza" nella pagina "Opzioni di calcolo").

I dati climatici variano da un anno all'altro e questo può dunque essere una fonte di incertezza sul fabbisogno di energia per il riscaldamento. Questi dati non sono legati alla costruzione dell'edificio, LESOSAI 4 non ne tiene conto nel calcolo dell'incertezza.

Il calcolo dell'incertezza del risultato può essere fatto analiticamente, ma è un lavoro molto (troppo) lungo, complesso e fastidioso. E' quindi stato utilizzato un metodo più semplice che consiste nel calcolare un grande numero di varianti facendo variare simultaneamente tutti (o quasi) i dati dell'edificio e quelli relativi agli occupanti. L'insieme dei risultati (fabbisogno di energia termica per il riscaldamento) fornisce una densità di probabilità. È anche possibile indicare con quale probabilità l'edificio costruito e occupato avrà un fabbisogno d'energia termica per il riscaldamento superiore al valore "nominale" calcolato o al valore limite SIA o inferiore a 150 MJ/m².

Dei lavori di ricerca (per esempio "Kevin J. Lomas, Herbet Eppel, Sensivity analysis techniques for building thermal simulation programs, in Energy and Building, 19 (1992)" o "Fürbringer J.-M., Sensibilité de modèles et de mesures en aéraulique du bâtiment à l'aide de plans d'expériences, Thèse n°1217, EPFL, 1994") hanno mostrato che il calcolo di 60 varianti permette già di farsi un'idea corretta sull'incertezza dei risultati. Allo scopo di limitare il tempo di calcolo, LESOSAI 4 non ne effettua di più.

Il calcolo di queste 60 varianti può richiedere parecchi minuti a dipendenza della complessità dell'edificio e della velocità del calcolatore utilizzato. È per questo che LESOSAI 4 effettua questo calcolo in bassa priorità. Durante questo tempo è quindi anche possibile fare degli altri calcoli quali per esempio:

- lo stesso edificio con un altro metodo di calcolo;
- una variante dell'edificio;
- un altro edificio.

In questo caso occorre togliere la croce "calcolo dell'incertezza" (pagina dei dati "Opzioni di calcolo") per non interrompere il calcolo dell'incertezza in corso.

4.2.2 Incertezza sui dati

Il valore di ogni grandezza di ogni variante è determinato casualmente secondo una legge normale o derivata. La media è uguale al valore nominale (il dato) della grandezza. La legge normale è stata troncata a 3 scarti tipo.

Lo scarto tipo è in funzione del tipo di variabile:

variabile	scarto tipo	distribuzione
capacità termica	25%	lg
coefficiente d'assorbimento	5%	lg2
coefficiente d'ombra delle tende	5%	lg2
coefficiente k	10%	lg
coefficiente k lineare	10%	lg
consumo di elettricità	10%	lg
durata d'utilizzo	25%	lg
durata di funzionamento	25%	lg
emissività	5%	lg2
flusso d'aria (impianto di ventilazione)	10%	lg
gradiente di potenza (riscaldamento a pavimento)	20%	lg
inclinazione	0.1°	g
limite dell'intensità dell'irraggiamento	10%	lg
lunghezza	5%	lg
numero di persone	10%	lg
orientazione	5°	g
percentuale di telaio	5%	lg2
percentuale in ombra	5%	lg2
perimetro	5%	lg
profondità, altezza	5%	lg
rendimento	5%	lg2
spessore	5%	lg
superficie	1%	lg
tasso di ricambio d'aria	50%	lg
temperatura interna	1 K	g
tipo di regolazione	0.1	gt
volume	1.5%	lg

- g = la distribuzione della probabilità della variabile segue una legge normale (legge di Gauss);
- gt = la distribuzione della probabilità della variabile segue una legge normale (legge di Gauss), le prestazioni dei differenti tipi di regolazione sono interpolate;
- lg = la distribuzione della probabilità del logaritmo della variabile segue una legge normale (legge "log-normale");
- lg2 = la distribuzione della probabilità del logaritmo della variabile e del logaritmo di (1 - variabile) seguono ognuno una legge normale (per esempio, per le finestre, si varia alternativamente la percentuale del telaio e la percentuale di vetro).

5. FILES ANNESSI

5.1 Lesosai4.ini

Il file LESOSAI4.INI è situato nel vostro direttorio Windows (per esempio C:\WINDOWS). Questo file contiene le informazioni necessarie al buon funzionamento di LESOSAI 4.

Il file lesosai4.ini può essere modificato con un editore di testi in modo "solo testo" (ASCII), per esempio: NotePad, WordPad o Word.

Le informazioni sono sempre scritte dopo una parola chiave seguita dal segno uguale:

FileCLM =	lista dei files climatici, separati da una virgola
FileGLZ =	lista dei files dei vetri, separati da una virgola
PrgDir =	nome del direttorio dove si trova il programma
BldDir =	nome del direttorio dove si trovano i files degli edifici
GlzDir =	nome del direttorio dove si trovano i files dei vetri
ClmDir =	nome del direttorio dove si trovano i files climatici
TmpDir =	nome del direttorio dove si trovano i files temporanei
Top_Offset =	per la stampa dei formulari: aumento, in cm, del margine superiore. (Necessario per alcune stampanti, per esempio le Hewlett Packard Desk Jet)
LPT_Zoom =	per la stampa dei formulari: fattore di scala (1 = nessun cambiamento). (Necessario per alcune stampanti, per esempio le Hewlett Packard Desk Jet)

Tutte le altre indicazioni sono considerate dal programma come dei commenti. L'ortografia esatta, compresi gli spazi e le maiuscole nelle parole chiave, è necessaria al programma.

Esempio del file LESOSAI4.INI:

```
[General]
FileCLM = SIA381_2.CLM , TABLE.CLM
FileGLZ = TABLE.GLZ , MATABLE.DAT
```

```
[Dir]
PrgDir = C:\LESOSAI4\PRG\
BldDir = C:\LESOSAI4\BLD\
GlzDir = C:\LESOSAI4\GLZ\
ClmDir = C:\LESOSAI4\CLM\
TmpDir = C:\LESOSAI4\TMP\
```

5.2 Clima

I dati climatici necessari al programma sono nei files (detti files climatici) che si trovano nel direttorio ..\lesosai4\clm. I dati possono essere suddivisi in più files, ognuno dei quali può contenere più stazioni climatiche.

La lista dei files climatici deve essere indicata al programma nel file lesosai4.ini.

Sono forniti con il programma 2 files climatici:

- SIA381_2.CLM contiene i dati di 58 stazioni climatiche (tabella 14) della raccomandazione SIA 381/2 "Dati climatici relativi alla raccomandazione SIA 380/1 <L'energia nell'edilizia>"; *questo file non deve essere modificato dall'utente.*
- TABLE.CLM contiene una stazione climatica; questo file serve da esempio per l'utente e può essere modificato.

Osservazione: la raccomandazione SIA 381/2 costituisce una versione separata, corretta, dell'annesso D4 della raccomandazione SIA 380/1.

I files contengono più dati di quelli necessari al calcolo. Questi dati supplementari sono, sia delle informazioni complementari (per esempio la regione climatica), sia delle informazioni necessarie ad altri metodi di calcolo. Il calcolo secondo la SIA 180/1 non ha bisogno di alcun dato climatico.

I files climatici possono essere editati con un editore di testi in modo "solo testo" (ASCII), per esempio: NotePad, WordPad o Word.

La struttura dei files climatici è la seguente: il nome di una stazione climatica è messo, tra parentesi quadre, su una linea, le linee seguenti hanno ognuna una parola chiave seguita da un segno uguale e dall'insieme dei dati (1 o 12 valori secondo il caso) corrispondenti alla parola chiave:

		unità	X = necessario o = facoltativo		
			LESO	CEN	380/1
[ccc]	ccc = nome della stazione climatica (al massimo 19 caratteri)		X	X	X
Référence =	sorgente dei dati climatici		X	X	X
Pays =	abbreviazione del paese				
Altitude =	altitudine della stazione	m			
Région climatique =	numero della regione climatica secondo la SIA 381/2				
Situation =	codice che designa la situazione della stazione secondo la SIA 380/2				
Te Min =	temperatura esterna minima che serve come base al calcolo della potenza termica necessaria (SIA 384/2)	°C			
Te Mth =	valore medio mensile della temperatura esterna	°C			
GH Mth =	irraggiamento globale orizzontale mensile	MJ/m ²	X	X	X
GS Mth =	irraggiamento globale verticale sud mensile	MJ/m ²	o	o	o
GE Mth =	irraggiamento globale verticale est mensile	MJ/m ²	o	o	o
GW Mth =	irraggiamento globale verticale ovest mensile	MJ/m ²	o	o	o
GN Mth =	irraggiamento globale verticale nord mensile	MJ/m ²	o	o	o
JC10 = JC12 = JC14 =	valori medi del numero di giorni di riscaldamento mensili per una temperatura limite di riscaldamento di rispettivamente 10, 12 e 14 °C	d	X*		X
DJ18/10 = DJ20/12 = DJ22/14 =	valori medi dei gradi giorno mensili per una temperatura ambiente e una temperatura limite di riscaldamento di rispettivamente 18/10, 20/12, 22/14 °C	d×K			X

* = unicamente per gli elementi riscaldanti.

Tutte le altre indicazioni sono considerate dal programma come commenti. L'ortografia esatta, compresi gli spazi e le maiuscole nelle parole chiave, è necessaria al programma.

Gli irraggiamenti globali verticali sono facoltativi. In loro assenza, il programma li calcola con dei fattori empirici di trasposizione. Questi fattori mensili permettono di ottenere l'irraggiamento verticale per una delle 4 orientazioni principali in funzione dell'irraggiamento orizzontale. Per una latitudine o un clima differente da quello della Svizzera, è sconsigliato utilizzare i fattori empirici di trasposizione.

Esempio di un file climatico:

```
[Ecublens]
Référence =
Pays = CH
Latitude = 46.5
Longitude = 6.6
Canton = VD
Altitude = 400
Région climatique = 5
Situation = S
Te Min = -6
Te Mth = 0.0,1.9,4.6,9.3,13.0,16.7,18.8,17.6,15.1,10.8,5.1,0.3
GH Mth = 112,187,339,486,584,663,699,556,405,261,127,95
JC10 = 31,28,29,17,7,1,0,0,2,12,28,31
JC12 = 31,28,30,22,13,3,1,1,6,19,29,31
JC14 = 31,28,31,26,20,7,3,5,12,26,30,31
DJ18/10 = 558,448,402,194,65,9,1,1,14,125,372,545
DJ20/12 = 620,506,473,277,130,32,11,11,52,212,443,610
DJ22/14 = 682,562,539,360,218,74,29,45,118,316,506,672
```


Stazione	Altitudine [m]	Te min. [°C]	Te media annuale [°C]	GH totale annuale [MJ/m ²]	GR12 totale annuale [d]	GG20/12 totale annuale [K·d]
Airola	1167	-8	6.1	4547	272	4615
Altdorf	449	-6	9.2	4378	220	3443
Arosa	1865	-12	2.2	4954	335	6317
Bad Ragaz	518	-9	8.8	4501	221	3581
Basel - Binningen	316	-8	9.4	4130	214	3348
Beatenberg	1180	-8	6.7	4544	268	4404
Bern	572	-8	8.6	4284	226	3668
Bever	1712	-16	1.2	4975	337	6688
Beznau	330	-8	8.9	4144	221	3510
Biel / Bienne	434	-8	8.6	4285	228	3672
Château-d'Œx	994	-11	6.0	4807	274	4673
Chippis	522	-7	9.5	5031	207	3381
Chur	582	-8	9.0	4509	218	3527
Comprovasco	544	-4	9.4	4916	217	3304
Davos	1561	-14	3.1	4907	315	5884
Delémont	416	-7	8.4	4036	229	3683
Disentis / Mustér	1173	-9	6.6	4656	268	4439
Einsiedeln	914	-10	6.3	4257	266	4540
Engelberg	1018	-10	5.7	4461	278	4786
Fey (Nendaz)	780	-9	8.3	5035	233	3780
Fribourg	677	-9	8.1	4392	238	3872
Genève	405	-5	10.4	4446	203	3072
Glarus	480	-9	8.0	4335	233	3876
Göschenen	1109	-9	5.6	4517	285	4849
Grand-St-Bernard	2472	-17	-1.1	5456	359	7679
Heiden	809	-10	6.9	4205	260	4332
Interlaken	568	-7	8.2	4303	233	3800
Jungfraujoch	3576	-21	-8.1	5509	365	10235
Kreuzlingen	446	-8	8.6	4213	228	3668
La Chaux-de-Fonds	990	-10	7.2	4448	258	4185
Langenbruck	740	-9	7.4	4288	250	4132
Langnau i.E.	692	-9	7.8	4131	242	3961
Lausanne	589	-6	9.5	4514	214	3377
Leysin	1350	-9	6.0	4893	284	4722
Locarno-Monti	379	-2	11.7	4943	182	2631
Lugano	275	-2	11.8	4658	182	2644
Luzern	498	-8	8.7	3939	228	3653
Marsens	721	-9	7.9	4408	242	3933
Meiringen	605	-7	8.3	4318	229	3730
Mont-Soleil	1183	-10	5.5	4428	289	4909
Montana	1509	-9	5.8	5259	283	4779
Montreux	376	-5	10.1	4313	206	3133
Neuchâtel	487	-7	9.4	4283	216	3414
Oeschberg	483	-8	8.0	4129	236	3876
Olten	412	-8	8.8	3962	223	3588
Rigi Kulm	1775	-11	2.5	4655	333	6207
Robbia	1078	-7	6.6	4946	263	4371
S. Gottardo	2095	-14	0.1	5125	353	7199
Sântis	2500	-16	-2.1	4925	363	8035
Schaffhausen	435	-8	8.5	4169	227	3695
Scuol	1253	-12	4.8	4926	279	5119
Sion	549	-7	9.9	4908	202	3237
St. Gallen	664	-10	7.7	4210	246	4046
St. Moritz	1833	-14	2.0	4958	336	6407
Weissfluhjoch	2667	-17	-2.6	5307	364	8238
Zermatt	1610	-12	3.4	5400	328	5830
Zürich SMA	556	-8	8.5	4285	229	3717
Zürich-Stadt	411	-7	9.8	4156	208	3260

Tabella 14: lista delle stazioni climatiche del file SIA381_2.CLM

5.2.1 Irraggiamento globale per una orientazione e un'inclinazione qualunque

CEN e SIA 380/1

L'irraggiamento globale verticale è costante in un settore di 45°. Per i 4 settori intermedi tra le 4 orientazioni principali, l'irraggiamento globale verticale si ottiene facendo la media geometrica dei valori dei 2 settori vicini. Per esempio, l'irraggiamento globale verticale sud-ovest vale $GSO = (GS \times GO)^{1/2}$.

L'irraggiamento globale su un piano inclinato si ottiene con l'interpolazione lineare tra l'irraggiamento verticale e quello orizzontale. Per esempio, l'irraggiamento globale su un tetto orientato a sud-ovest e inclinato a 30° vale $GSO30 = ((90 - 30) \times GH + 30 \times GSO) / 90$.

LESO

L'irraggiamento globale è interpolato matematicamente tra 5 dati (GH, GS, GE, GO, GN). Non ci sono dunque settori con un irraggiamento costante.

5.2.2 Relazione con METEONORM 95

METEONORM (Energia solare e meteorologica - Nozioni di base, programma e manuale di progettazione, OFEN, Berne, 1995) è un programma di calcolo dell'irraggiamento globale ricevuto su un piano di orientazione qualunque (azimut e inclinazione) in un sito svizzero qualunque.

Questo programma calcola l'irraggiamento per un luogo preciso (comune, altitudine, eventualmente le ombre delle montagne) sul quale si trova l'edificio. Questi valori sono dunque molto più precisi di quelli che si ottengono scegliendo una delle 58 stazioni climatiche SIA 381/2. Non ci sono comunque delle connessioni previste tra LESOSAI 4 e METEONORM. Questo per due ragioni.

Da una parte, un calcolo preciso con LESOSAI 4 richiede i dati di irraggiamento almeno sul piano orizzontale e sui 4 piani verticali principali. Siccome METEONORM non calcola che un solo piano alla volta, questo necessiterà di consultare 5 volte di seguito METEONORM, cosa che appesantirebbe il procedimento o aumenterebbe sensibilmente i tempi di calcolo. LESOSAI 4 può trovare gli irraggiamenti verticali (li calcola in modo semplificato a partire dall'irraggiamento orizzontale), ma si perderà il vantaggio della precisione di METEONORM.

D'altra parte, i risultati calcolati da LESOSAI 4 non domandano in generale una simile precisione per essere significativi. La precisione dei dati climatici è in generale ampiamente sufficiente per poter prendere delle decisioni a partire dai risultati.

5.3 Vetri, isolamento traslucido, collettori

I dati dei vetri, come quelli dell'isolamento traslucido e dei collettori (ad acqua), necessari al programma, sono nei files (detto files vetri) e si trovano nel direttorio...\\lesosai4\glz. I dati possono essere suddivisi in più files, ognuno può contenere più vetri.

La lista dei files dei vetri deve essere indicata al programma nel file lesosai4.ini.

Con il programma sono forniti 2 file vetri:

- TABLE.GLZ contiene i dati di 25 vetri, 5 isolamenti traslucidi e 3 collettori (tabella 16).
- MATABLE.DAT contiene i dati di 13 vetri della versione precedente del programma (LESOSAI-X). Questo file può servire d'esempio all'utente e può essere modificato.

I files contengono più dati di quelli necessari al calcolo. Questi dati supplementari sono, sia delle informazioni supplementari (per esempio la trasmissione luminosa), sia delle informazioni necessarie agli altri metodi di calcolo.

I files dei vetri possono essere editati con un editore di testi in modo "solo testo" (ASCII), per esempio: NotePad, WordPad o Word.

La struttura dei files dei vetri è la seguente: il nome del vetro è messo, tra parentesi quadre, su una linea, le linee seguenti contengono ognuna una parola chiave seguita da un segno uguale e del dato corrispondente:

		unità	X = necessario per			
			LESO	CEN	380/1	180/1
[ccc]	ccc = nome del vetro (al massimo 19 caratteri) dove: VS = vetro semplice IR = con strato "selettivo" (irraggiamento ad infrarossi) DV = vetro doppio IV = vetro "isolante" doppio (2) o triplo (3) (aria, argon, xeno) = gas di riempimento F = film selettivo (differenti tipi) assorbenti = vetro assorbente i raggi solari riflettente = vetro riflettente i raggi solari IT = isolamento traslucido nidi d'ape = struttura a nidi d'ape (IT)		X	X	X	X
Type =	1 = vetro 2 = isolamento traslucido 3 = può essere un vetro o un'isolamento traslucido 4 = collettori		X	X	X	X
Kie =	coefficiente di trasmissione di calore (coefficiente k) *	W/m ² K	X	X	X	X
Gg =	trasmissione energetica globale *	-		X	X	X
Gp =	trasmissione energetica perpendicolare	-	X			
TLum =	trasmissione di luce	-				

* queste variabili hanno un altro significato nel caso dei collettori solari.

Tutte le altre indicazioni sono considerate dal programma come commenti. L'ortografia esatta, compresi gli spazi e le maiuscole nelle parole chiave, è necessaria al programma.

Quando un vetro non è sull'esterno, ma su una zona non riscaldata, il coefficiente di trasmissione di calore è più basso poiché il coefficiente di trasmissione termica superficiale è più debole in una zona chiusa che all'esterno. Il programma effettua automaticamente questa correzione.

5.3.1 Rendimento dei collettori solari

I files dei vetri sono stati adattati allo scopo di contenere anche le caratteristiche dei collettori solari. I dati del rendimento dei collettori solari sono così registrati, ma sotto il nome delle variabili per i vetri.

Il rendimento di un collettore solare dipende da:

- l'irraggiamento, della decade e non mensile, nel piano dei collettori G_d [MJ/m^2];
- la temperatura esterna T_{est} [$^{\circ}\text{C}$];
- la temperatura del collettore T_{col} [$^{\circ}\text{C}$];
- la costruzione del collettore.

Il rendimento η del collettore solare è calcolato con la relazione:

$$\eta = a \log_{10} M_d + b \text{ [-]}$$

dove $M_d = G_d / (T_{\text{est}} - T_{\text{col}})$ [$\text{MJ}/\text{m}^2\text{K}$] è la variabile meteorologica integrata su una decade;
 a è registrata nella variabile Gg ;
 b è registrata nella variabile Kie .

I coefficienti a e b caratterizzano il rendimento del collettore e dipendono dalla sua costruzione.

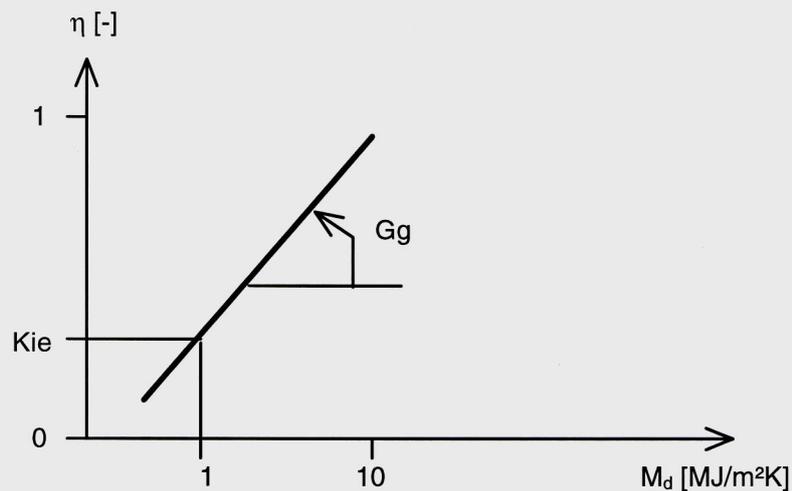


Figura 15: Rendimento dei collettori solari

Il rendimento dei collettori solari η dipende dalla temperatura dei collettori T_{col} e dal clima (temperatura esterna T_{est} e variabile meteorologica integrata su una decade M_d) secondo la relazione

$$\eta = a \log_{10} M_d + b \text{ [-]}$$

I valori di a e b sono registrati nei files dei vetri sotto il nome Gg e Kie .

5.3.2 Coefficiente di trasmissione termica superficiale

Questi coefficienti variano in funzione delle norme utilizzate:

Coefficiente di trasmissione termica superficiale [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$] (Resistenza termica superficiale [$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$])	LESO, SIA 380/1, SIA 180/1	CEN
interno	8 (0.125)	7.7 (0.13)
zona non riscaldata	10 (0.10)	10 (0.10)
esterno	20 (0.05)	25 (0.04)

	Tipo	Kie [W/m ² K]	Gg [-]	Gp [-]	Tlum [-]
Vetri:					
VS	3	5.6	0.82	0.84	0.90
VS-IR	3	4.3	0.66	0.69	0.73
Vetro cemento	3	3.0	0.60	0.65	0.75
DV (vetro doppio)	3	2.7	0.69	0.75	0.81
2-IV (aria)	3	2.9	0.69	0.75	0.81
3-IV (aria)	3	2.0	0.62	0.70	0.74
2-IV (argon)	3	2.7	0.69	0.75	0.73
3-IV (argon)	3	1.9	0.62	0.70	0.71
2-IV-IR (aria)	3	1.6	0.62	0.67	0.78
2-IV-IR (argon)	3	1.3	0.62	0.67	0.70
2-IV-IR (xeno)	3	0.9	0.58	0.63	0.76
3-IV-IR-IR (aria)	3	1.1	0.43	0.50	0.68
3-IV-IR-IR (argon)	3	0.9	0.43	0.50	0.56
3-IV-IR-IR (xeno)	3	0.4	0.42	0.48	0.64
2-IV+2F88	3	0.69	0.42	0.48	0.63
2-IV+2F77	3	0.63	0.30	0.34	0.51
2-IV+2F55	3	0.44	0.14	0.16	0.27
2-IV assorbente 1	3	2.9	0.44	0.48	0.40
2-IV assorbente 2	3	2.8	0.29	0.31	0.18
2-IV assorbente 3	3	2.5	0.19	0.21	0.07
2-IV rifl. 1	3	2.9	0.30	0.33	0.40
2-IV rifl. 2	3	2.8	0.26	0.28	0.18
2-IV rifl. 3	3	2.5	0.15	0.16	0.07
2-IV-IR rifl. 1	3	1.9	0.30	0.33	0.40
2-IV-IR rifl. 2	3	1.8	0.26	0.28	0.18
Isolamento traslucido:					
DV+IT5cm nidi d'ape	3	1.4	0.67	0.74	
DV+IT10cm nidi d'a.	3	0.9	0.64	0.71	
VS+IT 5cm nidi d'a.	2	1.4	0.75	0.83	
VS+IT10cm nidi d'a.	2	0.9	0.72	0.80	
VS+IT20cm nidi d'a.	2	0.55	0.66	0.73	
Collettori solari (a acqua):					
Piano selettivo	4	0.18	0.654		
Piano a isol.trasl.	4	0.34	0.546		
Cilindrico vuoto	4	0.32	0.624		

Tabella 16: Lista dei vetri, isolamento traslucido e collettori solari del file TABLE.GLZ

6. DIVERSI

6.1 Unità

I simboli utili per le unità di misura sono i seguenti:

simbolo	nome	equivalente
d	giorno	86'400 s
Ms	megasecondi	1'000'000 s
K	kelvin	1 °C
K·d	kelvin giorno	1 grado giorno
P	persone	
h ⁻¹	volume per ora	
kWh	chilowatt ora	3.6 MJ
KJ/m ³ K		0.2778 Wh/m ³ K
Wh/m ³ K		3.6 MJ/m ³ K

6.2 Sinonimi

I numerosi termini utilizzati nel fabbisogno d'energia termica dell'edificio prendono un nome differente a dipendenza del testo o norma che li usa. A volte delle denominazioni simili corrispondono a delle grandezze differenti. La tabella seguente rappresenta i casi più frequenti:

SIA	CEN	LESO, altro	nota
fabbisogno di energia termica per il riscaldamento Q_r [MJ/m ²]		fabbisogno annuo di energia termica per il riscaldamento: Q_h [MJ] Q_r [MJ/m ²]	
coefficiente k medio dell'involucro		k medio	
superficie S [m ²]	area A [m ²]	superficie S [m ²]	
superficie dell'involucro A [m ²]			SIA 380/1: $A = \sum (b \times A)$ SIA 180/1: $A = \sum A$ se $b < 0$
coeff. di trasmissione del calore k [W/m ² K]	coeff. di trasmissione termica U [W/m ² K]	coefficiente k, valore k	
coeff. degli elementi dell'edificio b [-]	fattore di ponderazione b [-]	fattore dell'involucro b [-]	
capacità calorica specifica		capacità termica volumica	
quota parte vetrata della finestra f_v [-]	fattore di riduzione per i telai F_F [-]	percentuale di telaio f_c [-]	$f_c = 1 - f_v$ $F_F = f_v$
	fattore d'ombra s [-]	percentuale in ombra s [-]	senza le tende
	fattore d'ombra delle tende F_c [-]	coeff. d'ombra delle tende F_c [-]	$f_c = 1 - F_c$
fattore di riduzione dovuto all'effetto delle ombre e dell'imbrattamento f_b [-]	fattore d'ombra (compreso le tende) f_s [-] $1 - f_s = (1 - s) \times F_c$	percentuale d'ombra (compreso le tende) f_o [-] $1 - f_o = (1 - s) \times (1 - f_c)$	$f_o = f_s = 1 - f_b$
grado di passaggio dell'energia globale g [-]	fattore solare g [-]	coefficiente di trasmissione energetica g [-]	
	area ricettrice equivalente	superficie equivalente di captazione	
presenza di persone [m ² /P]		superficie occupata dalle persone [m ² /P]	
grado di sfruttamento f_{ap} [-]	fattore di utilizzo	fattore di utilizzo	

7. DESCRIZIONE DI UN EDIFICIO

Barra degli strumenti

Nuovo



Creare un nuovo edificio.

Apri



Aprire un file esistente.

Salva



Salvare i dati domandando il nome del file.

Stampa il formulario



Stampare tutto il formulario (LESO, CEN prEN832, SIA 1083, SIA 1081) ammesso che i calcoli siano già stati fatti.

Formulario



Visualizzare il formulario (LESO, CEN prEN832, SIA 1083, SIA 1081); se necessario rielabora prima i calcoli.

Grafico sinottico



Visualizza il diagramma sinottico dei flussi di energia; se necessario rielabora prima i calcoli.

Grafico mensile



Visualizza il grafico dei bilanci mensili; se necessario rielabora prima i calcoli.

Grafico dell'incertezza



Visualizza il grafico dell'incertezza, ammettendo che il calcolo dell'incertezza sia stato effettuato. Il calcolo dell'incertezza si attiva sotto "Opzioni di calcolo".

Lista degli elementi



Mostra la lista (gerarchica) degli elementi creati. Un doppio click su un elemento della lista permette di accedervi direttamente.

Ricapitolazione degli elementi



Fornisce una ricapitolazione degli elementi creati. Un numero in rosso segnala la presenza di elementi con dei dati errati o mancanti.

Nuovo edificio

Prima di accedere alla sua descrizione dovrete fornire un nome al vostro nuovo edificio.

∴ Indirizzo

A lato delle indicazioni generali (località, indirizzo, ecc.), si indica l'altitudine dell'opera come anche la conducibilità termica del suolo.

∴ Opzioni di calcolo

Occorre scegliere principalmente il **periodo di calcolo** come anche i **dati climatici** relativi al luogo di costruzione.

La scelta degli altri dati dipende dal metodo di calcolo (**LESO, CEN, SIA 380/1, SIA 180/1**) che è stato precedentemente selezionato (linguette superiori).

∴ Inventario delle zone

Questo campo, per impostazione, contiene una **zona riscaldata** (il programma è mono-zona).

E' possibile aggiungere delle **zone non riscaldate** a volontà (in contatto con la zona riscaldata) o degli **elementi solari** (riscaldamento solare).

E' possibile eliminare le zone (o gli elementi) inutili o indesiderati mettendoli nel cestino.

Selezionando una delle zone precedentemente definita, potete accedere agli elementi che compongono questa zona.

Zona riscaldata

∴ Proprietà generali

È qui che si indica il volume netto, la superficie lorda del pavimento, il numero delle persone e il tasso di ricambio d'aria.

∴ Involucro

Costruire l'involucro della zona con l'aiuto dei 3 elementi di base: soffitto, soletta e facciata.

E' possibile aumentare (o diminuire) a piacere il numero di questi elementi che potrete chiamare con un nome a vostra scelta.

∴ Tipologia

Questa pagina raggruppa i dati relativi all'insieme della costruzione: **temperatura, superficie di riferimento energetico (SRE), destinazione, ecc.**

Facciate

∴ Dati generali

Riguardano la facciata scelta. Dalla **superficie** indicata saranno automaticamente dedotte tutte le superfici degli elementi che compongono la facciata. La **superficie** del muro **restante** è indicata.

∴ Elementi dell'involucro

Ogni facciata può avere delle finestre, cassonetti degli avvolgibili, ecc. La superficie di tutti questi elementi sarà dedotta dalla superficie (lorda) della facciata.

∴ Situazione

La facciata può essere sia in contatto con l'aria esterna (**Contro l'esterno**), sia in contatto con un altro elemento (**Contro terra**,...).

Una facciata in contatto con due elementi differenti (aria esterna e contro terra per esempio) deve essere scomposta in due elementi: uno in contatto con l'aria esterna e l'altro contro terra.

Elementi della facciata

Selezionando la finestra (doppio clic), potete scegliere il tipo di vetro e indicare gli altri valori caratteristici. La superficie della finestra sarà automaticamente sottratta da quella della facciata corrispondente. Gli altri elementi della facciata (muro particolare, isolamento traslucido, ...) si determinano in maniera simile.

Pavimento

Eccetto aggiunte da parte vostra, il pavimento è una costruzione omogenea e non comporta delle "porte" (botole).

∴ Dati generali

Al di fuori degli elementi propri del pavimento, si indicheranno quelli relativi a un eventuale ponte termico lineare.

∴ Situazione

Se il pavimento si suddivide in più zone (contro l'esterno, contro terra, ...), si dovrà dividerle in elementi "pavimento" indipendenti.

Soffitto

La descrizione del soffitto è simile a quella del pavimento se non per il fatto che il soffitto può contenere delle finestre (elementi dell'involucro).

Locali, solai e cantine non riscaldati

∴ Generalità

Riguardano le zone: **volume netto**, **superficie lorda del pavimento**, ecc.

∴ Involucro

Dopo la selezione, gli elementi dell'involucro saranno definiti.

Serra, veranda, giardino d'inverno

Il programma permette di descrivere una grande varietà di spazi di tipo serra (veranda o giardino d'inverno) a condizione di scomporre questi spazi in funzione della loro morfologia in tanti elementi indipendenti formanti il limite tra la zona serra e la zona riscaldata o di altre zone non riscaldate.

∴ Inventario delle zone

Qui si inserisce la zona serra.

∴ Involucro (zona riscaldata)

Qui si introduce una (o più) parte d'involucro della zona riscaldata in contatto con la zona serra (non riscaldata).

∴ Elementi dell'involucro (contro serra)

I dati generali riguardanti le parti piene del muro dove saranno dedotte le porte e le finestre che sono state aggiunte e dove sono state descritte le caratteristiche sulle pagine specifiche.

La situazione della facciata contro serra è descritta selezionando la variante "contro zona" (serra). È ancora sotto la rubrica situazione che occorre indicare il tasso di ricambio d'aria tra la zona (serra) e la zona riscaldata.

∴ Involucro (serra)

Le **informazioni generali** comprendono il **volume** (netto) della serra, la **superficie lorda del pavimento** e del tasso di ricambio d'aria della zona (serra, veranda, giardino d'inverno) con l'esterno.

∴ Involucro (davanti, sinistra, destra)

Le facciate (vetrate) a sinistra e a destra della serra (veranda o giardino d'inverno) sono definite per rapporto ad un osservatore posto all'interno la serra che guarda verso l'esterno.

Il vetro dell'involucro della serra occupa generalmente una frazione importante di questo elemento. La percentuale restante è formata per esempio da un muretto dove le caratteristiche sono catturate sotto i **dati generali**.

Doppia pelle

Una facciata a doppia pelle si descrive come una serra.

Collettori solari e accumulatore

I collettori solari (ad acqua) e l'accumulatore (d'acqua) permettono di avere un riscaldamento solare. Occorre obbligatoriamente descrivere almeno un campo di collettori e un accumulatore. Non è possibile avere dei collettori senza accumulatore, né utilizzare l'energia prodotta per l'acqua calda sanitaria.

