

# MODULO D | EDIFICIO: INVOLUCRO

## INDICE

<b>D 1 Ambienti</b> _____	<b>  2</b>
D 1.1 Dati generali_2	
D 1.2 Portate_3	
<b>D 2 Portate</b> _____	<b>  4</b>
D 2.1 Dati generali_4	
D 2.2 Ventilazione meccanica_6	
D 2.3 Output_9	
<b>D 3 Dispersioni</b> _____	<b>  10</b>
D 3.1 Dispersione terreno_10	
D 3.2 Dispersione superficie opaca_11	
D 3.3 Dispersione superficie trasparente_17	
D 3.4 Calcola involucro_21	

## D|2 D|1 AMBIENTI

Per associare portate, dispersioni e impianti ai rispettivi subalterni e Zone termiche, è necessario definire gli ambienti di cui è composto l'edificio oggetto di analisi.

Dopo aver impostato le Caratteristiche generali dell'edificio oggetto di analisi (Modulo C del Manuale), selezionando dalla barra laterale sinistra (Figura D.1) il subalterno, la relativa Zona termica e la voce "Involucro" |A|, nell'area di lavoro a destra è possibile selezionare le icone:

-  **Ambienti;**
-  **Portate;**
-  **Dispersioni.**

Selezionando l'icona **Ambienti** |B|, nella **tabella dell'area di lavoro** |C| viene visualizzato l'elenco degli ambienti che compongono la Zona termica (vedi #D.1).

Per creare un nuovo Ambiente, è necessario selezionare il pulsante "Nuovo" in basso a destra dell'area di lavoro.

### D|1.1 Dati generali

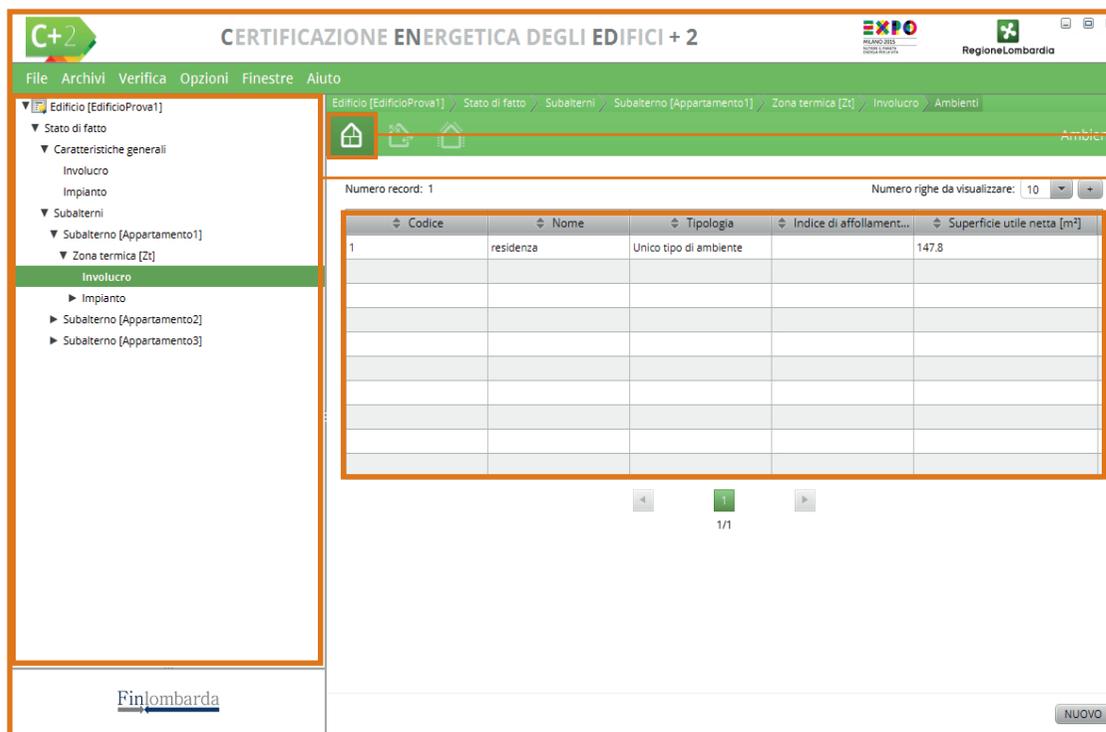
La schermata di compilazione del modulo "Ambienti" (Figura D.2) richiede innanzitutto l'implementazione dei **Dati generali** |A| dove è necessario immettere i seguenti input:

- **Nome** dell'ambiente che compone la Zona termica (nell'esempio: residenza);

- **Note** (opzionale) per specificare il tipo di ambiente;
- **Classificazione dell'ambiente secondo la destinazione d'uso:** nel caso degli edifici di categoria E.1(1) il menu a tendina proporrà esclusivamente "Unico tipo di ambiente", nel caso di destinazioni d'uso diverse verranno proposti gli Ambienti specifici da selezionare (cfr. ProCal Prospetto 3.XIV);
- **Indice di affollamento** (persone/m<sup>2</sup>) rappresenta l'occupazione del locale in persone per m<sup>2</sup> di superficie netta ed è ricavato in funzione della classificazione della zona secondo la destinazione d'uso (cfr. ProCal Prospetto 3.XIII); il campo si autocompila;

ProCal 3.3

ProCal 3.3



The screenshot shows the 'Ambienti' section of the software. The table below is a representation of the data shown in the interface:

Codice	Nome	Tipologia	Indice di affollament...	Superficie utile netta [m²]
1	residenza	Unico tipo di ambiente		147,8

B  
A

Rif. #D.1

C

Figura D.1\_Schermata "Zona termica - Involucro" con la visualizzazione degli Ambienti

ProCal 3.3

Figura D.2\_Schermata di compilazione del modulo "Ambienti"

Rif. § C|2

- **Superficie utile netta** ( $m^2$ ) ovvero la superficie netta calpestabile dei locali climatizzati (vedi **Modulo C** del Manuale §C|2.4); nel caso la superficie riscaldata sia diversa da quella raffrescata, sarà necessario considerare la somma delle due superfici;
- **Volume netto dell'ambiente climatizzato** ( $m^3$ ) ovvero il prodotto tra la superficie utile climatizzata e l'altezza media netta (vedi **Modulo C** del Manuale §C|2.3);
- **Numero di occupanti dell'ambiente** che indica il numero di persone calcolato tramite l'affollamento convenzionale, ovvero il prodotto tra l'indice di affollamento e la superficie utile netta (il campo viene compilato automaticamente dal software nel caso di destinazioni d'uso diverse dal residenziale);
- **Ricambio d'aria** (1/h) che indica i volumi d'aria orari previsti dalla normativa in vigore e il cui valore viene generato automaticamente dal software in base alla destinazione d'uso selezionata (nell'esempio: 0,5 vol/h);
- **Fattore di correzione** ( $F_{v,t}$ ) per la ventilazione in condizioni di riferimento a seconda della destinazione d'uso, il cui valore viene precompilato in base

Rif. § C|2

## #D.1\_Zone termiche, Ambienti e Portate

D|3

Le Zone termiche devono essere ripartite in Ambienti; la somma delle aree degli Ambienti deve essere uguale alla Superficie Utile della zona.

Nel software, gli ambienti sono contenuti all'interno del modulo "Ambienti" che contiene l'elenco di quelli presenti all'interno della Zona Climatizzata. Si ricorda che **almeno un ambiente deve essere sempre presente**.

A ogni Zona termica possono essere assegnate diverse tipologie di ambiente. Per esempio in un albergo (classificazione E.1 (3)) si individuano Cucine, Sale da pranzo, Bagni/Servizi, ecc.

All'interno del modulo "Ambiente" viene definito l'elenco delle Portate presenti e raggruppate all'interno del modulo "Portate", per questo **deve essere sempre definita almeno una Portata per ambiente** a cui verrà associato il valore di ricambi d'aria previsti dalla normativa in vigore.

alla destinazione d'uso selezionata (cfr. ProCal Prospetto 3.XIX).

### D|1.2 Portate

La schermata di compilazione del modulo "Ambienti" (Figura D.2) comprende anche la Tabella delle Portate |B| associate a quell'ambiente, ovvero l'elenco delle Portate d'aria previste per la specifica destinazione d'uso, che verranno però visualizzate nell'area di lavoro solo dopo la compilazione del modulo "Portate" (vedi §D.2).

Si precisa che **tale modulo è visualizzabile dall'utente solo dopo la compilazione del modulo "Ambienti"** per ciascuna Zona termica poichè è in quest'ultima che viene definita la destinazione d'uso.

## D|4 D|2 PORTATE

Il calcolo delle portate d'aria, sia per ventilazione naturale che meccanica, determina l'energia scambiata per ventilazione, aerazione e infiltrazione degli ambienti in relazione alla destinazione d'uso.

Il modulo "Portate" si compila (Figura D.3) selezionando l'icona **Portate** [A]; nella **tabella dell'area di lavoro** [B] viene visualizzato l'elenco delle Portate che compongono la Zona termica e associate agli Ambienti definiti dall'utente (vedi #D.3).

Per creare una nuova Portata, è necessario selezionare il pulsante "Nuova" in basso a destra dell'area di lavoro.

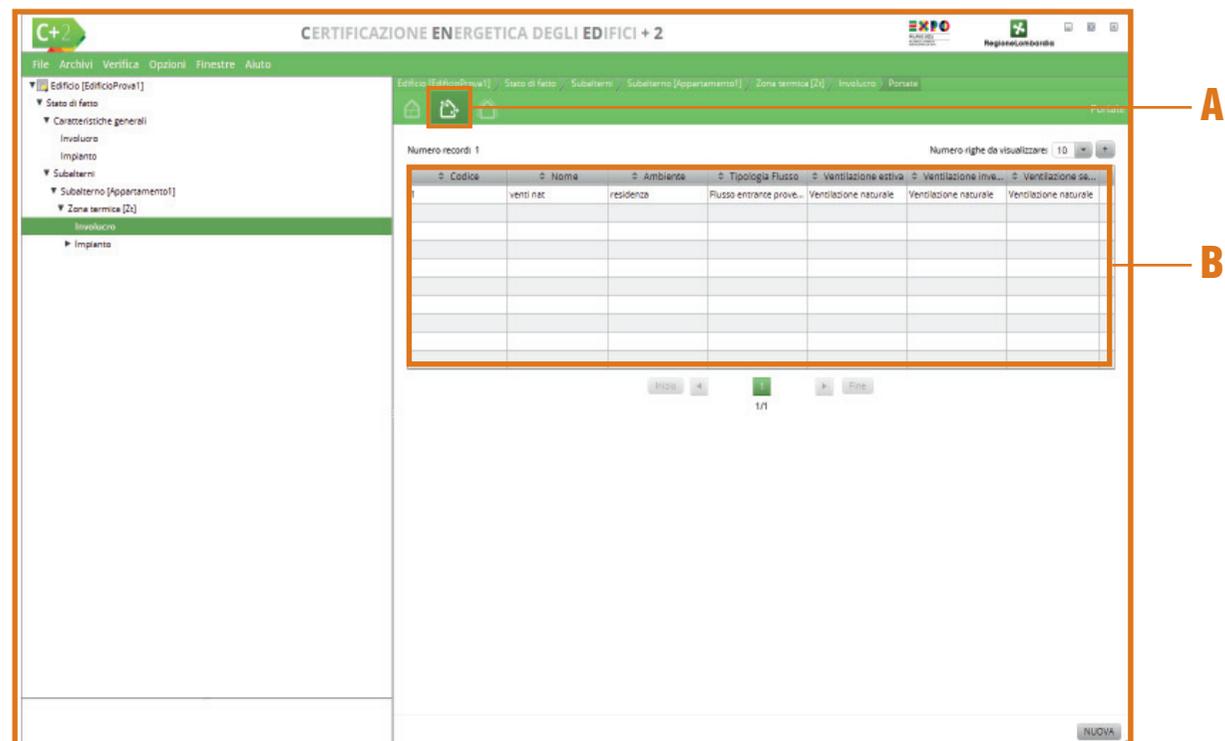
### D|2.1 Dati generali

La schermata di compilazione del modulo "Portate" (Figura D.4) richiede innanzitutto l'implementazione dei **Dati generali** [A] dove è necessario immettere i seguenti input:

- **Nome** della Portata assegnato dall'utente;
- **Ambiente** i cui valori verranno automaticamente inseriti **trascinando** l'Ambiente di cui si vuole calcolare la Portata dalla **finestra laterale sinistra** [B] nel campo arancione con il simbolo ;
- **Tipo di ventilazione periodo riscaldamento** in cui l'utente deve scegliere un'opzione dal menu a tendina tra quelle disponibili:
  - ventilazione naturale,
  - ventilazione meccanica controllata,
  - ventilazione ibrida (naturale + meccanica),
  - ventilazione meccanica controllata da impianto di climatizzazione,

- ventilazione notturna ai fini del raffrescamento (*free cooling*);
- **Tipo di ventilazione periodo raffrescamento** in cui l'utente deve scegliere un'opzione dal menu a tendina tra quelle disponibili:
  - ventilazione naturale,
  - ventilazione meccanica controllata,
  - ventilazione ibrida (naturale + meccanica),
  - ventilazione meccanica controllata da impianto di climatizzazione,
  - ventilazione notturna ai fini del raffrescamento (*free cooling*);
- **Tipo di ventilazione periodo non soggetto a climatizzazione** in cui l'utente

Rif. #D.3



Codice	Nome	Ambiente	Tipologia Flusso	Ventilazione estiva	Ventilazione invernale	Ventilazione notturna
	venti nat	residenza	Flusso entrate prove...	Ventilazione naturale	Ventilazione naturale	Ventilazione naturale

Figura D.3\_Schermata "Zona termica - Involucro" con la visualizzazione delle Portate

Figura D.4\_Schermata di compilazione del modulo "Portate" - Sezione Dati generali

deve scegliere un'opzione dal menu a tendina tra quelle disponibili:

- ventilazione naturale,
- ventilazione meccanica controllata,
- ventilazione ibrida (naturale + meccanica),
- ventilazione notturna ai fini del raffrescamento (*free cooling*);
- **Tipologia del flusso d'aria entrante**, ovvero se la portata è diretta (proveniente da ambiente esterno) o indiretta (proveniente da zona non climatizzata, serra solare o parete ventilata) in cui l'utente deve scegliere un'opzione dal menu a tendina tra quelle disponibili:
  - flusso entrante proveniente da ambiente esterno,
  - flusso entrante proveniente da zona non climatizzata,
  - flusso entrante proveniente da serra solare,
  - flusso entrante proveniente da parete ventilata;
- **Ambiente confinante** il cui campo compare in arancione solo se nel menu "Tipologia del flusso d'aria entrante" si è selezionato "Flusso entrante proveniente

Rif. #D.2

## #D.2\_Coefficiente di partecipazione

D|5

Nel caso in cui un ambiente appartenente a una determinata zona climatizzata sia adiacente a una zona o ambiente non climatizzato e provveda a soddisfare i propri requisiti di ventilazione sia direttamente (prelevando dall'ambiente esterno) sia indirettamente (prelevando dall'ambiente non climatizzato), occorre ripartire la portata d'aria media giornaliera di rinnovo mediante il coefficiente di partecipazione  $C_{ind}$ . Il suo valore è pertanto **pari a 1** se si è in presenza di una sola portata diretta e **inferiore a 1** se si è in presenza di più portate tra dirette e indirette e può essere calcolato mediante la relazione:

$$C_{ind} = \frac{A_{w,i}}{A_{w,tot}}$$

dove:

$A_{w,i}$  è l'area dei serramenti o delle aperture tra l'ambiente considerato e l'ambiente da cui proviene il flusso d'aria (esterno per le portate dirette e zona confinante non climatizzata per le portate indirette), [m<sup>2</sup>];

$A_{w,tot}$  è l'area totale dei serramenti o delle aperture dell'ambiente corrente, [m<sup>2</sup>];

Il coefficiente  $C_{ind}$  non può essere valutato direttamente dal software poiché ad esso non è nota la distribuzione delle aree dei serramenti e delle aperture tra l'ambiente e le zone confinanti.

da zona non climatizzata" oppure "Flusso entrante proveniente da serra solare"; in uno di questi due casi è necessario **trascinare** l'Ambiente confinante dalla **finestra laterale sinistra** [C] nel campo arancione con il simbolo ;

- **Coefficiente di partecipazione del flusso rispetto alle aperture** in cui l'utente inserisce un valore < 1 (vedi #D.2) nel caso di selezione della tipologia di flusso proveniente da zona non climatizzata o da serra solare, questo coefficiente tiene conto del ripro-

D|6

porzionamento del ricambio d'aria in caso di compresenza sulla zona di portate dirette e indirette (cfr. ProCal A.1.1.4);

- **Efficienza del recuperatore** il cui valore <1 va inserito solo nel caso di presenza di ventilazione meccanica con recuperatore di calore, ovvero se si è precedentemente selezionato l'opzione nel periodo ovvero se si è precedentemente selezionato l'opzione nel periodo di riscaldamento e/o raffrescamento e se nella sezione successiva "Ventilazione meccanica" si seleziona un ventilatore con recuperatore di calore. di riscaldamento e/o raffrescamento e se nella sezione successiva "Ventilazione meccanica" si seleziona un ventilatore con recuperatore di calore.

## D|2.2 Ventilazione meccanica

Nel caso di presenza di **ventilazione meccanica controllata** in uno dei periodi previsti nei **Dati generali |A|** (riscaldamento, raffrescamento, non soggetto a climatizzazione), la schermata di compilazione del modulo "Portate" (Figura D.5) precompilerà la sezione **Ventilazione meccanica |B|** dove è necessario selezionare (se non lo si è già fatto in precedenza, vedi **Modulo A|2.3** del Manuale) il link "**Vai alla sezione dei dati dell'edificio**" per arrivare direttamente ai dati dell'edificio da implementare (Tipo di edificio, Classe di permeabilità, Classe di schermatura). Di fianco al link è possibile verificare l'operazione da compiere attraverso lo scorrimento del mouse sul simbolo **i** per far comparire un *Helper* di descrizione.

Nella sezione relativa alle **caratteristiche dell'impianto di ventilazione meccanica |C|**

(nell'esempio di **Figura D.5** presente per il solo periodo di riscaldamento) è necessario immettere i seguenti input:

- **L'impianto di climatizzazione è a tutt'aria** è possibile selezionare tale tipologia impiantistica, tramite l'apposita casella di controllo solo nel caso di scelta della "**Ventilazione meccanica controllata da impianto di climatizzazione**";
- **Tipologia di ventilatore** in cui l'utente deve scegliere un'opzione dal menu a tendina tra quelle disponibili:
  - Solo ventilatore in estrazione (semplice flusso),
  - Solo ventilatore in immissione (semplice flusso),
  - Ventilatori in immissione ed estrazione (doppio flusso) senza recupero di calore,
  - Ventilatore in immissione ed estrazione (doppio flusso) con recupero di calore o parete ventilata;
- **Tipologia di diffusore** (selezionabile solo se è stata scelta la "**Ventilazione meccanica**

ProCal A.1

The screenshot shows the 'CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI +2' software interface. The main window is titled 'Portate' and contains several sections:

- A (Dati generali):** This section includes fields for 'Nome' (set to 'venti.mec'), 'Ambiente' (set to 'residenza'), 'Tipo ventilazione periodo riscaldamento' (set to 'Ventilazione meccanica controllata'), 'Tipo ventilazione periodo raffrescamento' (set to 'Ventilazione naturale'), 'Tipo ventilazione nel periodo non soggetto...' (set to 'Ventilazione naturale'), 'Tipologia del flusso d'aria entrante' (set to 'Flusso entrante proveniente da ambiente esterno'), 'Ambiente confinante', 'Coefficiente di partecipazione del flusso ris...' (set to 1), and 'Efficienza del recuperatore'.
- B (Ventilazione meccanica):** This section is titled 'Vai alla sezione dei dati dell'edificio' and includes dropdown menus for 'Tipo edificio' (set to 'Edificio residenziale monofamiliare con più di una facciata esposta'), 'Classe permeabilità' (set to 'Media'), and 'Classe di schermatura' (set to 'Media schermatura (edifici in campo)').
- C (Riscaldamento):** This section is titled 'L'impianto di climatizzazione è a tutt'aria' and includes dropdown menus for 'Tipo di ventilatore' (set to 'Selezione...'), 'Tipologia di diffusore' (set to 'Ventilazione naturale o sola ventilazione meccanica'), 'Tipologia e posizionamento dell'impianto' (set to 'Impianti di sola VMC o impianti di climatizzazione a tutt'aria'), and 'Tipologia di regolazione' (set to 'Selezione...'). It also includes input fields for 'Portata di progetto del sistema di immissione' (m³/s), 'Portata di progetto del sistema di estrazione' (m³/s), 'Portata di progetto del sistema di immissione...' (m³/s), 'Portata di progetto del sistema di estrazione...' (m³/s), and 'Fattore di efficienza sistemazione regolazione' (set to 1).

At the bottom of the interface, there is a 'CALCOLA PORTATA' button and 'ANNULLA', 'ARRETR', and 'SALVA' buttons.

Figura D.5\_Schermata di compilazione del modulo "Portate" - Sezione Ventilazione meccanica e Riscaldamento

## #D.3\_Energia scambiata per ventilazione, aerazione e infiltrazione

Come definito nella Procedura di calcolo (cfr. **ProCal §3.3.6**) per **ventilazione** si intende il ricambio dell'aria negli ambienti a fini esclusivamente sanitari (mantenimento della qualità dell'aria) o tramite l'impiego di ventilatori (ventilazione meccanica) o tramite la presenza di aperture nell'involucro edilizio, all'uopo predisposte e normalmente non occluse, che attivino ventilazione naturale principalmente per tiraggio termico; con **aerazione** si intende il ricambio d'aria negli ambienti per apertura e chiusura manuale delle finestre; con **infiltrazione** si intendono i ricambi d'aria non desiderati dovuti alla non perfetta impermeabilità dell'involucro e alla presenza di differenze di pressione tra esterno e interno dovute all'azione del vento e di differenze di temperatura.

L'**energia termica di riferimento** che per effetto della ventilazione naturale, aerazione e infiltrazione,  $Q_v$ , deve essere compensata dal sistema impiantistico di climatizzazione per mantenere la temperatura interna desiderata, è data da:

$$Q_v = H_v \cdot \Delta\theta \cdot \Delta t$$

dove:

$Q_v$  è la quantità di energia di riferimento trasferita per ventilazione naturale, aerazione e/o infiltrazione, tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante, [kWh];

$H_v$  è il coefficiente di scambio termico di riferimento per ventilazione naturale, aerazione e/o infiltrazione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante, [W/K];

$\Delta\theta$  è la differenza tra la temperatura interna prefissata della zona termica considerata,  $\theta_p$ , e la temperatura media giornaliera esterna,  $\theta_e$  (cfr. **ProCal §3.3.5**) [°C];

$\Delta t$  è la durata del mese considerato (cfr. **ProCal formula 3.13**), [kh].

Nel caso di **ventilazione meccanica, ibrida, notturna o in presenza di un impianto di climatizzazione a tutt'aria o aria primaria** che svolga solo la funzione di ventilazione, per considerare l'effetto della ventilazione meccanica sull'efficienza complessiva del sistema, occorre calcolare anche l'energia termica corretta scambiata per ventilazione meccanica,  $Q_{v,adj}$ :

$$Q_{v,adj} = H_{v,adj} \cdot \Delta\theta \cdot \Delta t$$

dove:

$Q_{v,adj}$  è la quantità di energia corretta richiesta in presenza di ventilazione meccanica, ibrida, notturna o in presenza di un impianto di climatizzazione a tutt'aria o aria primaria che svoga solo la funzione di ventilazione, tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante [kWh];

$H_{v,adj}$  è il coefficiente di scambio termico corretto per ventilazione meccanica, ibrida, notturna o in presenza di un impianto di climatizzazione a tutt'aria o aria primaria che svoga solo la funzione di ventilazione, tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante, [W/K];

$\Delta\theta$  è la differenza tra la temperatura interna prefissata della zona termica considerata,  $\theta_p$ , e la temperatura media giornaliera esterna,  $\theta_e$  (cfr. **ProCal §3.3.5**) [°C];

$\Delta t$  è la durata del mese considerato (cfr. **ProCal formula 3.13**), [kh].

**controllata da impianto di climatizzazione"** in cui l'utente deve scegliere un'opzione dal menu a tendina tra quelle disponibili:

- Ventilazione naturale o sola ventilazione meccanica,
- Diffusore a effetto elicoidale o turbolento,
- Diffusore a ugello (a lunga gittata),
- Diffusore lineare a feritoia con lancio a getto non tangenziale,
- Diffusore (circolari o quadrati) a coni o settori concentrici,
- Diffusore lineare a feritoia con lancio tangenziale,
- Bocchetta a singolo o doppio filare di alette (a parete),
- Diffusore a micro-ugelli,
- Diffusore a dislocamento, versioni cilindriche (per installazione libera) o piane/semicilindriche (per installazione a parete),
- Diffusore a dislocamento per installazione sotto poltrona o a gradino (o simili),
- Diffusore ad alta induzione da pavimento;
- **Tipologia e posizionamento dell'impianto** (selezionabile solo se è stata scelta la "**Ventilazione meccanica controllata da impianto di climatizzazione**") in cui l'utente deve scegliere un'opzione dal menu a tendina tra quelle disponibili:
  - Impianti di sola VMC o impianti di climatizzazione a tutt'aria,
  - Ventilconvettori che trattano aria secondaria separati dai diffusori che immettono aria primaria e lancio dell'aria immessa dal diffusore in opposizione rispetto al lancio del ventilconvettore (ad es. quando il ventilconvettore in

- esecuzione verticale viene posto a pavimento addossato alla parete esterna e il diffusore dell'aria primaria è posto sulla parete interna opposta),
- Ventilconvettori che trattano aria secondaria separati dai diffusori che immettono aria primaria e lancio dell'aria immessa dal diffusore concorde rispetto al lancio del ventilconvettore (ad es. quando il ventilconvettore in esecuzione verticale viene posto a pavimento addossato su una parete e il diffusore dell'aria primaria è posto sulla stessa parete),
  - Ventilconvettori che trattano aria secondaria separati dai diffusori che immettono aria primaria e flusso d'aria immessa da diffusore centrale a soffitto con qualsiasi posizione del ventilconvettore,
  - Ventilconvettori con diffusione combinata dell'aria immessa e dell'aria trattata e flusso d'aria immessa non attraversante la batteria del ventilconvettore,
  - Ventilconvettori con diffusione combinata dell'aria immessa e dell'aria trattata e flusso d'aria immessa attraversante la batteria del ventilconvettore sempre in funzione; regolazione sull'acqua,
  - Pannello radiante a soffitto e aria immessa da diffusori di qualsiasi tipologia posizionati a soffitto o nella parte alta delle pareti verticali,
  - Pannello radiante a pavimento e aria immessa da diffusori a dislocamento di qualsiasi tipologia posizionati a pavimento o nella parte bassa delle pareti verticali,
  - Altri casi di pannello radiante;

## #D.4 Portata di ventilazione minima di progetto

All'interno di un edificio, allo scopo di assicurare sufficienti condizioni igieniche e di benessere termoigrometrico, è necessario garantire una portata minima di aria esterna chiamata portata minima di ventilazione o aerazione. Questa portata rappresenta il valore minimo essenziale per diluire e mantenere ad un livello accettabile la concentrazione degli inquinanti rilasciati nell'ambiente da persone e cose, pur determinando un incremento dell'energia scambiata con l'esterno. La portata minima di progetto di aria esterna (cfr. **ProCal § 3.3.6.2** formule 3.43, 3.44 e 3.45) è calcolata per tutte le destinazioni d'uso mediante la seguente espressione:

$$V_{a,p,min} = \frac{1}{1000} \cdot (n_{per} \cdot V_p + A_i \cdot V_s) \cdot \frac{\epsilon_{v,n}}{\epsilon_{v,c}} \cdot C_1 \cdot C_2 + \frac{V \cdot n}{3600}$$

dove:

$V_{a,p,min}$  portata minima di progetto di aria esterna, [m<sup>3</sup>/s];

$n_{per}$  numero di persone previste per l'ambiente considerato, [persone];

$V_p$  portata specifica di aria esterna minima per persona, [10<sup>-3</sup>·m<sup>3</sup>/(s·persona)];

$A_i$  area della superficie utile servita dalla ventilazione, [m<sup>2</sup>];

$V_s$  portata specifica di aria esterna minima per unità di superficie utile, [10<sup>-3</sup>·m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·s)];

$\epsilon_{v,n}$  efficienza nominale di ventilazione;

$\epsilon_{v,c}$  efficienza convenzionale di ventilazione;

$C_1$  coefficiente correttivo per impianti misti;

$C_2$  coefficiente correttivo dell'altitudine;

$V$  volume netto del locale o zona considerata, [m<sup>3</sup>];

$n$  numero di ricambi d'aria medio giornaliero comprensivo di infiltrazioni, [h<sup>-1</sup>].

I valori delle portate specifiche di aria esterna minime per persona  $V_p$  e per unità di superficie utile  $V_s$  e del numero giornaliero di ricambi d'aria  $n$  sono riportati nella Procedura di calcolo in funzione della tipologia di ambiente (cfr.

**ProCal Prospetto 3.XV**).

L'efficienza nominale di ventilazione  $\epsilon_{v,n}$  è un coefficiente adimensionale avente valore costante pari a 0,8.

L'efficienza di ventilazione  $\epsilon_{v,c}$  (cfr. **ProCal Prospetto 3.XVI**) è stabilita nei tre periodi (invernale  $\epsilon_{v,c,H^r}$  estivo  $\epsilon_{v,c,C}$  e impianto di climatizzazione per sola VMC  $\epsilon_{v,c,soloV}$ ) in base al tipo di diffusore adottato con le seguenti modalità:

- per areazione e ventilazione naturale e se la portata di ventilazione richiesta è fornita da un sistema di sola ventilazione meccanica si assume convenzionalmente che  $\epsilon_{v,c,H^r}$ ,  $\epsilon_{v,c,C}$  e  $\epsilon_{v,c,soloV}$  siano pari a 0,8;
- se la portata di ventilazione richiesta è fornita attraverso un sistema di climatizzazione adibito anche a riscaldamento e raffrescamento, si assume che per la tutta la durata della stagione convenzionale invernale  $\epsilon_{v,c,H}$  sia desumibile dalla colonna con  $\Delta T > 0$  (inverno) e per tutta la durata della stagione convenzionale estiva  $\epsilon_{v,c,C}$  sia desumibile dalla colonna con  $\Delta T < 0$  (estate). Le stagioni convenzionali sono definite considerando per il riscaldamento invernale i mesi da ottobre ad aprile (estremi inclusi) e per il periodo di raffrescamento estivo i mesi complementari;
- per il periodo di tempo in cui il sistema di climatizzazione funziona esclusivamente come impianto di ventilazione si assume convenzionalmente  $\epsilon_{v,c,soloV} = 0,8$ .

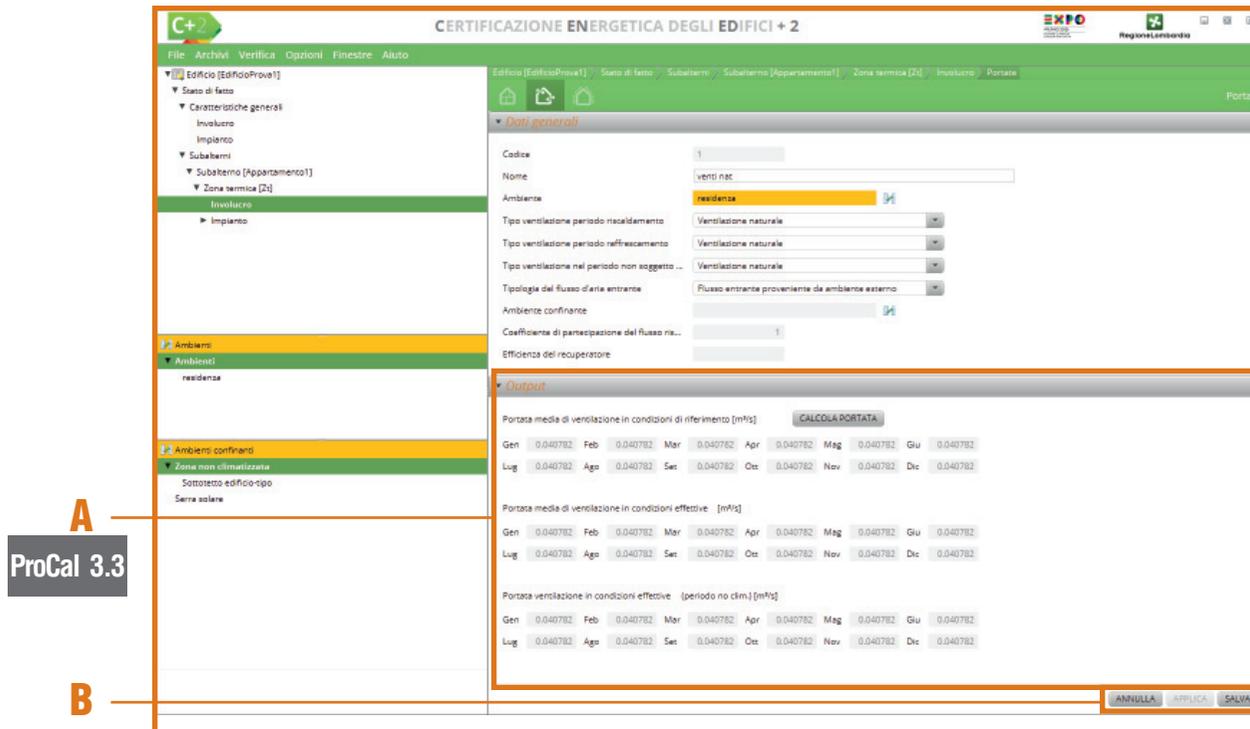


Figura D.6\_Schermata di compilazione del modulo "Portate" - Sezione Output

- **Tipologia di regolazione** in cui vengono indicate le modalità di controllo della portata in presenza o meno di sistemi di regolazione; l'utente deve scegliere un'opzione dal menu a tendina tra quelle disponibili:
  - Sistema di regolazione assente (portata fissa),
  - Sensore di presenza - Bocchetta con rilevatore integrato,
  - Sensore di presenza - Modulo di regolazione della portata,
  - Sensore di presenza - Ventilatore a velocità variabile,
  - Sensore di movimento - Modulo di regolazione della portata,
  - Sensore di movimento - Ventilatore a velocità variabile,
  - Sensore di CO<sub>2</sub> - Modulo di regolazione della portata,
  - Sensore di CO<sub>2</sub> - Ventilatore a velocità variabile;
- **Portata di progetto del sistema di immissione [m³/s]** da compilare nel caso in cui si è selezionata la presenza di una ventilazione meccanica e il Tipo di ventilatore ha una portata in immissione;
- **Portata di progetto del sistema di estrazione [m³/s]** da compilare nel caso in cui si è selezionata la presenza di una ventilazione meccanica e il Tipo di ventilatore ha una

portata in estrazione;

- **Portata di progetto del sistema di immissione (free cooling) [m³/s]** da compilare nel caso in cui si è selezionata la presenza di una ventilazione notturna (free cooling) e il Tipo di ventilatore ha una portata in immissione;
- **Portata di progetto del sistema di estrazione (free cooling) [m³/s]** è necessario compilare il campo nel caso in cui si è selezionata la presenza di una ventilazione notturna (free cooling) e il Tipo di ventilatore ha una portata in estrazione;
- **Fattore di efficienza sistema di regolazione (FC<sub>r</sub>)** è un dato definito in funzione della "Tipologia di regolazione" selezionata in precedenza (pari a 1 in assenza di tale sistema nei tre periodi considerati, cfr. ProCal Prospetto 3.XXIV).

## D|2.3 Output

La schermata di compilazione del modulo "Portate" (Figura D.6) richiede, infine, il calcolo da parte del software dei seguenti **Output |A|**:

- Portata media di ventilazione in condizioni di riferimento [m³/s];
- Portata media di ventilazione in condizioni effettive [m³/s];
- Portata ventilazione in condizioni di riferimento (periodo no climatizzazione) [m³/s];

L'utente, una volta compilati i campi della sezione Dati generali e quelli relativi alla ventilazione nei periodi di riferimento (riscaldamento, raffrescamento e non soggetto a climatizzazione), dovrà selezionare il pulsante "**Calcola portata**" (che ha anche la funzione del pulsante "Applica") in modo da attivare il calcolo delle portate mensili e, terminata la compilazione, il **pulsante "Salva" |B|** in basso a destra.

## D|10 D|3 DISPERSIONI

Il calcolo delle dispersioni per trasmissione attraverso gli elementi opachi e trasparenti dell'edificio, insieme agli apporti gratuiti e alle dispersioni per ventilazione, genera il fabbisogno energetico dell'involucro, risulta, quindi, di fondamentale importanza l'individuazione precisa e scrupolosa delle strutture disperdenti verso l'esterno e verso ambienti a temperatura differente.

Il modulo "Dispersioni" si compila (Figura D.7) selezionando l'icona **Dispersioni** |A|; nella **tabella dell'area di lavoro** |B| viene visualizzato l'elenco delle strutture disperdenti che compongono la Zona termica e associate agli Ambienti e ai Ponti termici definiti dall'utente.

Per creare una nuova struttura disperdente (vedi #D.5), è necessario selezionare uno dei **pulsanti** |C| in basso a destra dell'area di lavoro:

- Nuova dispersione terreno;
- Nuova dispersione opaca;
- Nuova dispersione trasparente.

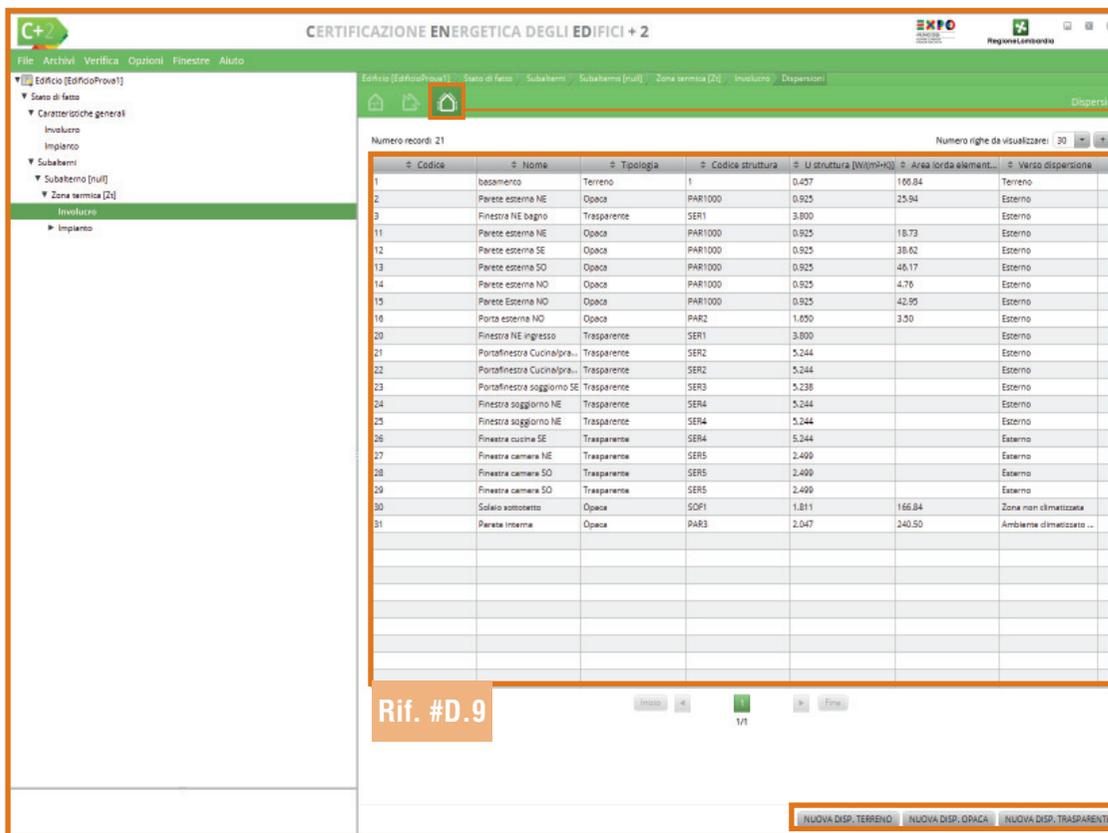
Una dispersione rappresenta un **elemento di chiusura dell'involucro attraverso il quale avviene uno scambio termico**, si ricorda, quindi, che una struttura si considera disperdente se, e solo se, confina con ambienti a temperature differenti.

### D|3.1 Dispersione terreno

Se si è nel caso di edificio nuovo o se l'utente ha scelto il Metodo analitico ZNC/Terreno (vedi **Modulo C del Manuale §C/1**), la schermata di compilazione del modulo "Dispersione terreno" (Figura D.8) richiede l'implementazione dei **Dati generali** |A| dove è necessario immettere i seguenti input:

- **Nome** della dispersione assegnato dall'utente;
- **Note** (opzionale) per specificare il tipo di dispersione;

- **Trasmittanza elemento terreno** i cui valori verranno automaticamente inseriti **trascinando** l'elemento di cui si vuole calcolare la dispersione dalla **finestra laterale sinistra** |B| nel campo arancione con il simbolo ;
- **Verso di dispersione** il campo si autocompila;
- **Superficie dell'elemento disperdente [m²]** in cui l'utente inserisce l'area lorda come definito nel **Modulo C** del Manuale.



Codice	Nome	Tipologia	Codice struttura	U struttura [W/(m²K)]	Area lorda element...	Verso dispersione
1	basamento	Terreno	1	0,457	166,84	Terreno
2	Parete esterna NE	Opaca	PAR1000	0,925	25,94	Esterno
3	Finestra NE bagno	Trasparente	SER1	3,800		Esterno
11	Parete esterna NE	Opaca	PAR1000	0,925	18,73	Esterno
12	Parete esterna SE	Opaca	PAR1000	0,925	38,42	Esterno
13	Parete esterna SO	Opaca	PAR1000	0,925	46,17	Esterno
14	Parete esterna NO	Opaca	PAR1000	0,925	4,76	Esterno
15	Parete Esterna NO	Opaca	PAR1000	0,925	42,95	Esterno
16	Porta esterna NO	Opaca	PAR2	1,650	3,50	Esterno
20	Finestra NE ingresso	Trasparente	SER1	3,800		Esterno
21	Portafinestra Cucina/pra...	Trasparente	SER2	5,244		Esterno
22	Portafinestra Cucina/pra...	Trasparente	SER2	5,244		Esterno
23	Portafinestra soggiorno SE	Trasparente	SER3	5,238		Esterno
24	Finestra soggiorno NE	Trasparente	SER4	5,244		Esterno
25	Finestra soggiorno NE	Trasparente	SER4	5,244		Esterno
26	Finestra cucina SE	Trasparente	SER4	5,244		Esterno
27	Finestra camera NE	Trasparente	SER5	2,409		Esterno
28	Finestra camera SO	Trasparente	SER5	2,409		Esterno
29	Finestra camera SO	Trasparente	SER5	2,409		Esterno
30	Solaio sottotetto	Opaca	SOP1	1,811	166,84	Zona non climatizzata
31	Parete inerte	Opaca	PAR3	2,047	240,50	Ambiente climatizzato ...

Rif. #D.5

A

B

C

Rif. § C/1

Rif. #D.9

Figura D.7\_Schermata "Zona termica - Involucro" con la visualizzazione delle Dispersioni

Figura D.8\_Schermata di compilazione del modulo “Nuova dispersione terreno”

Terminata la compilazione è necessario selezionare il pulsante “Salva” in basso a destra dell’area di lavoro.

## D|3.2 Dispersione opaca

La schermata di compilazione del modulo “Dispersione opaca” (Figura D.9) richiede l’implementazione dei **Dati generali** **[A]** dove è necessario immettere i seguenti input:

- **Nome** della dispersione assegnato dall’utente;
- **Note** (opzionale) per specificare il tipo di struttura;
- **Trasmittanza elemento** (vedi #D.8), i cui valori verranno automaticamente inseriti **trascinando** l’elemento di cui si vuole calcolare la dispersione dalla finestra laterale sinistra **Strutture edificio** **[B]** nel campo arancione con il simbolo  ;
- **Tipo di struttura** il campo si autocompila;
- **Superficie dell’elemento disperdente [m²]** in cui l’utente inserisce l’area lorda come definito nel **Modulo C** del Manuale;

Rif. #D.8

## #D.5\_Energia scambiata per trasmissione

Come previsto dalla Procedura di calcolo (cfr. **ProCal 3.3.5**), la quantità di energia scambiata per trasmissione tra la zona climatizzata, o a temperatura controllata, e l’ambiente circostante,  $Q_T$  è data da:

$$Q_T = H_T \cdot \Delta\theta \cdot \Delta t + \Delta Q_{T,R}$$

dove:

$Q_T$  è la quantità totale di energia trasferita per trasmissione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l’ambiente circostante [kWh];

$H_T$  è il coefficiente di scambio termico per trasmissione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l’ambiente circostante (vedi #D.6) [W/K];

$\Delta\theta$  è la differenza tra la temperatura interna prefissata della zona termica considerata,  $\theta_i$ , e il valore medio mensile della temperatura media giornaliera esterna,  $\theta_e$  [°C];

$\Delta t$  è la durata del mese considerato [kh];

$\Delta Q_{T,R}$  è il complemento all’energia trasferita per radiazione superficiale esterna dalla zona climatizzata o a temperatura controllata all’ambiente esterno per una temperatura media radiante dell’ambiente esterno minore di quella dell’aria [kWh];

con:

$$\Delta\theta = \theta_i - \theta_e$$

dove:

$\theta_i$  è la temperatura interna prefissata della zona termica considerata, (cfr. **ProCal § 1.5**) [°C];

$\theta_e$  è il valore medio della temperatura media giornaliera esterna (cfr. **ProCal § 3.3.5.1**) [°C];

e con:

$$\Delta t = \frac{24 \cdot N}{1000}$$

dove  $N$  è il numero dei giorni del mese considerato.

## #D.6\_Coefficiente di scambio termico per trasmissione

Ai fini del calcolo del coefficiente di scambio termico per trasmissione della zona termica considerata si assume come superficie disperdente la superficie dei componenti delle strutture opache e trasparenti rivolti verso l'esterno, verso il terreno e verso ambienti non mantenuti a temperatura controllata o climatizzati. Come previsto dalla Procedura di calcolo (cfr. **ProCal 3.3.5.2**) il coefficiente di scambio termico per trasmissione,  $H_T$ , che tiene conto delle perdite o guadagni termici attraverso le strutture che separano la zona termica considerata dall'ambiente circostante, è dato dalla:

$$H_T = \sum_k A_{L,k} \cdot U_k \cdot \frac{\theta_i \cdot \theta_a}{\theta_i \cdot \theta_e}$$

dove:

$H_T$  è il coefficiente di scambio termico per trasmissione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante [W/K];

$A_{L,k}$  è l'area lorda della struttura  $k$ -esima, che separa la zona climatizzata o a temperatura controllata dall'ambiente circostante [ $m^2$ ];

$U_k$  è la trasmittanza termica media della struttura opaca  $k$ -esima, che separa la zona termica considerata dall'ambiente circostante [ $W/m^2K$ ];

$\theta_a$  è la temperatura media mensile dell'ambiente circostante che, se non è esterno, viene calcolata secondo la metodologia descritta nella Procedura di calcolo (cfr. **ProCal Appendice A**), anche nel caso in cui sia un ambiente soleggiato (serra) [ $^{\circ}C$ ];

$\theta_i$  è la temperatura interna prefissata della zona termica considerata, (cfr. **ProCal § 1.5**) [ $^{\circ}C$ ];

$\theta_e$  è il valore medio mensile della temperatura media giornaliera esterna (cfr. **ProCal § 3.3.5.1**) [ $^{\circ}C$ ].

**Ai soli fini della certificazione energetica**, in assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, a esclusione degli spazi soleggiati, il coefficiente di scambio termico per trasmissione,  $H_T$ , può essere stimato secondo la seguente equazione. Le diverse condizioni di temperatura, a cui si può trovare l'ambiente circostante, vengono valutate applicando il **fattore correttivo  $F_{T,k}$** .

$$H_T = \sum_k A_{L,k} \cdot U_{C,k} \cdot F_{T,k}$$

dove:

$H_T$  è il coefficiente di scambio termico per trasmissione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante [W/K];

$A_{L,k}$  è l'area lorda della struttura  $k$ -esima, che separa la zona climatizzata o a temperatura controllata dall'ambiente circostante [ $m^2$ ];

$U_{C,k}$  è la trasmittanza termica media della struttura  $k$ -esima, che separa la zona climatizzata o a temperatura controllata dall'ambiente circostante [ $W/m^2K$ ];

$F_{T,k}$  è il fattore correttivo da applicare a ciascuna struttura  $k$ -esima così da tener conto delle diverse condizioni di temperatura degli ambienti con cui essi sono a contatto (cfr. **ProCal Prospetto 3.1**);

$k$  è il numero delle strutture disperdenti.

Nella seguente Tabella (cfr. **ProCal Prospetto 3.1**) sono esplicitati i fattori correttivi da applicare a ciascuna componente,  $k$ , così da tener conto delle diverse condizioni di temperatura degli ambienti adiacenti alla Zona termica considerata.

Ambiente circostante	$F_{T,k}$
Ambienti con temperatura pari alla temperatura esterna	1,00
Ambiente non climatizzato:	
• con una parete esterna	0,40
• senza serramenti esterni e con almeno due pareti esterne	0,50
• con serramenti esterni e con almeno due pareti esterne (per es. autorimesse)	0,60
• con tre pareti esterne (per es. vani scala esterni)	0,80
Piano interrato o seminterrato non climatizzato:	
• senza finestra o serramenti esterni	0,50
• con finestre o serramenti esterni	0,80
Sottotetto non climatizzato:	
• tasso di ventilazione del sottotetto elevato (per es. tetti ricoperti con tegole o altri materiali di copertura discontinua) senza rivestimento con feltro o assito	1,00
• altro tetto non isolato	0,90
• tetto isolato	0,70
Aree interne di circolazione non climatizzate (senza muri esterni e con tasso di ricambio d'aria minore di 0,5 h <sup>-1</sup> )	0,00
Aree interne di circolazione non climatizzate e liberamente ventilate (rapporto tra l'area delle aperture e volume dell'ambiente maggiore di 0,005 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	1,00
Terreno	0,45
Vespajo (aerato e non)	0,80

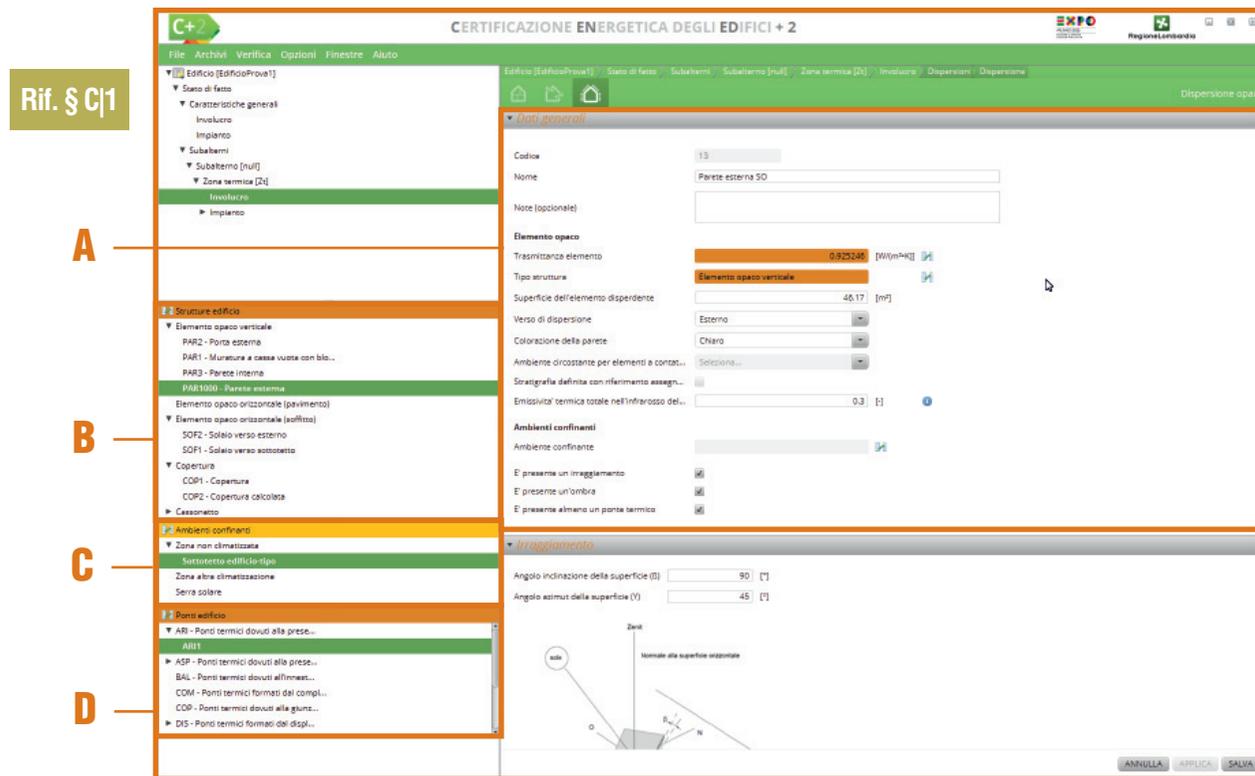


Figura D.9\_Schermata di compilazione del modulo “Nuova dispersione opaca” - Dati generali

Rif. § C]1

A

B

C

D

Rif. #D.11

Rif. § C]1

Rif. § C]1

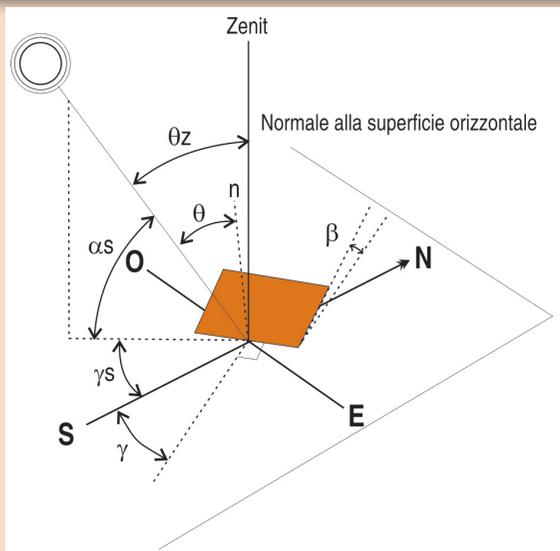
- **Verso di dispersione** in cui l'utente deve scegliere un'opzione da tendina tra quelle disponibili:
  - Esterno,
  - Terreno, visibile solo se non si è scelto il Metodo analitico ZNC/Terreno (vedi **Modulo C** del Manuale §C/1),
  - Ambiente climatizzato interno all'edificio,
  - Serra solare,
  - Zona climatizzata da altro impianto,
  - Zona non climatizzata;
- **Ambiente circostante per elementi a contatto con il terreno** attivo solo se non si è scelto il Metodo analitico ZNC/Terreno (vedi **Modulo C** del Manuale §C/1) e se il verso di dispersione prevede come ambiente confinante il terreno, in cui l'utente deve scegliere un'opzione dal menu a tendina tra quelle disponibili:
  - Terreno,
  - Vespaio (areato o non areato);

D]13

- **Stratigrafia definita con riferimento assegnato alla zona corrente** è possibile selezionare l'opzione solo se non si è scelto il Metodo analitico capacità termica (vedi **Modulo C** del Manuale §C/1) ed è da utilizzarsi solo per gli elementi opachi verso zone climatizzate da altro impianto o ambiente climatizzato interno all'edificio;
- **Emissività termica totale nell'infrarosso della superficie esterna** in cui l'utente deve inserire il valore relativo; se il dato non viene specificato il software assume un valore di riferimento indicato in normativa, valido per superfici non trattate;
- **Ambiente confinante** nel caso in cui la struttura non confini con l'esterno, sarà necessario trascinare l'ambiente specifico dalla finestra laterale sinistra **Ambienti confinanti** |C| nel campo arancione con il simbolo  ;
- **È presente un irraggiamento** l'utente seleziona la casella se la superficie è irraggiata;
- **È presente un'ombra** l'utente seleziona la casella se la superficie è ombreggiata da ostruzioni esterne o da oggetti orizzontali e/o verticali (vedi #D.11);
- **È presente almeno un ponte termico** l'utente seleziona la casella se la superficie genera un ponte termico (come definito nel **Modulo B** del Manuale) che verrà inserito nell'apposita sezione attraverso la scelta dell'elemento corretto dalla finestra laterale sinistra **Ponti termici** |D|.

Se la struttura presenta un irraggiamento, ovvero confina con l'esterno, scorrendo verso il basso l'area di lavoro a destra, è necessario compilare la sezione “Irraggiamento” (**Figura D.10**) dove si effettua il calcolo per ogni mese nel gior-

## #D.7\_Irradiazione su superficie orientata



L'irradiazione solare totale giornaliera ( $H_{T,y}$ ) su una superficie inclinata di un angolo  $\beta$  sul piano dell'orizzonte e di azimuth  $\gamma$  si può calcolare attraverso le formule della **ProCal Appendice F.3**. L'orientamento della superficie è dato dall'angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale  $\beta$  e dall'angolo di azimuth  $\gamma$ . Se la superficie è orizzontale ( $\beta=0^\circ$ ) il valore  $H_{T,y}$  è la somma delle irradiazioni diffusa e diretta sul piano orizzontale. Se la superficie ha, invece, un orientamento qualunque diverso da quello orizzontale (anche per le superfici verticali con qualunque azimuth, dove  $\beta=90^\circ$ ), il software valuterà autonomamente  $H_{T,y}$ . Le variabili definite dallo schema rappresentano:

- $\beta$  angolo di inclinazione della superficie (compreso tra  $0^\circ$  e  $180^\circ$ );
- $\gamma$  angolo azimuth della superficie ( $0^\circ$  per superfici con normale orientata a sud,  $-90^\circ$  a est,  $+90^\circ$  a ovest e  $\pm 180^\circ$  a nord);
- $\gamma_s$  angolo azimuth solare;
- $\alpha_s$  altezza solare;
- $\theta$  angolo di incidenza della radiazione rispetto alla verticale, ovvero l'angolo formato tra la perpendicolare alla superficie orientata e la congiungente centro della superficie-centro del sole;
- $\theta_z$  angolo di incidenza della radiazione rispetto allo Zenit.

no medio degli angoli di alba e tramonto e dell'irradiazione solare totale giornaliera ( $H_{T,y}$ ) su una superficie orientata  $\gamma$  (cfr. ProCal F.1).

Il valore dell'irradiazione (vedi #D.7) è valutato per il giorno medio di ogni mese, il quale non coincide con quello centrale del mese ma è fornito dalla Procedura di calcolo per tener conto di una condizione media in termini di irradiazione totale mensile. Per ogni giorno dell'anno è possibile valutare la grandezza di declinazione media mensile, ovvero l'angolo formato tra la congiungente tra centro della Terra e centro del sole e il piano equatoriale della Terra (cfr. ProCal Prospetto F.III). La latitudine di calcolo considerata è quella della Provincia di appartenenza poiché l'irradiazione solare fornita dalla Procedura si riferisce al capoluogo.

In riferimento alla struttura disperdente analizzata, l'utente dovrà implementare i seguenti dati rispetto allo **schema raffigurato |A|**:

- **Angolo inclinazione della superficie ( $\beta$ )** è compreso tra  $0^\circ$  e  $180^\circ$  e vale  $0^\circ$  per le

ProCal F.1

Rif. #D.7

ProCal F.III

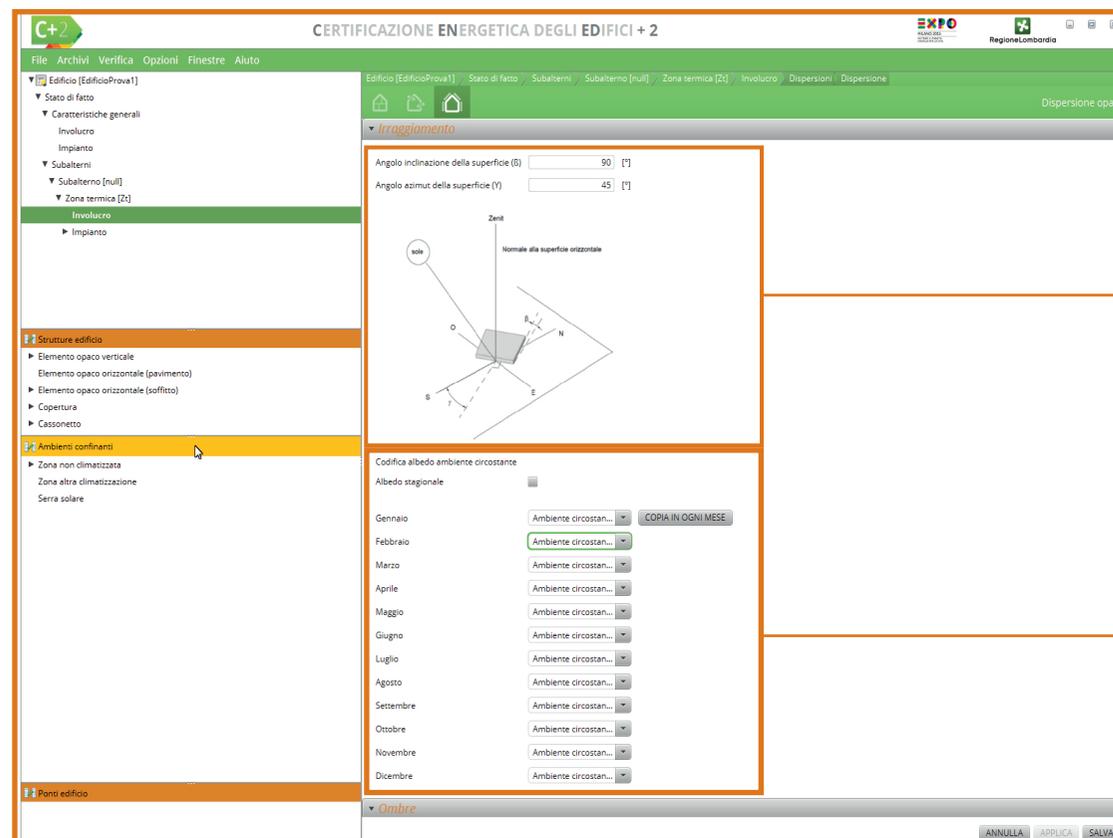


Figura D.10\_Schermata di compilazione del modulo "Nuova dispersione opaca" - Irraggiamento

A

B

## #D.8\_Calcolo della trasmittanza termica

Come indicato nella Procedura di calcolo (cfr. **ProCal 3.3.5.2**) la **trasmittanza termica media della generica** struttura  $k$ -esima, sia essa opaca o trasparente, viene determinata attraverso l'equazione:

$$U_k = \frac{\sum_j A_{L,j} \cdot U_j + \sum_i \Psi_{e,i} \cdot L_{e,i}}{\sum_j A_{L,j}}$$

dove:

$U_k$  è la trasmittanza termica media della struttura opaca  $k$ -esima, che separa la zona termica considerata dall'ambiente circostante [ $W/m^2K$ ];

$A_{L,j}$  è l'area lorda di ciascun componente,  $j$ , della struttura  $k$ -esima che separa la zona termica considerata dall'ambiente circostante [ $m^2$ ];

$U_j$  è la trasmittanza termica di ciascun componente,  $j$ , uniforme della struttura  $k$ -esima che separa la zona termica considerata dall'ambiente circostante [ $W/m^2K$ ];

$\Psi_{e,i}$  è la trasmittanza termica lineica dell' $i$ -esimo ponte termico lineare attribuito alla struttura  $k$ -esima, basata sulle dimensioni esterne [ $W/mK$ ];

$L_{e,i}$  è la lunghezza caratteristica del ponte termico  $i$ -esimo [ $m$ ].

La **trasmittanza termica dei componenti costituiti da strati omogenei piani**  $U_j$  (pareti o solai multistrato) si calcola come:

$$U_j = \frac{1}{R_{Se} + \sum_{i=1}^{Ns_j} \frac{d_i}{\lambda_i} + \sum_{i=1}^{Ni} R_i + R_{Si}}$$

dove:

$R_{Se}$  è la resistenza termica superficiale esterna (cfr. **ProCal Prospetto 3.III**) [ $K m^2/W$ ];

$d_i$  è lo spessore dello strato omogeneo  $i$ -esimo [ $m$ ];

$\lambda_i$  è la conduttività termica dello strato omogeneo  $i$ -esimo [ $W/(m K)$ ];

$R_i$  è la resistenza termica dell'intercapedine d'aria  $i$ -esima racchiusa tra due strati omogenei (cfr. **ProCal Prospetto 3.II**) [ $m^2K/W$ ];

$R_{Si}$  è la resistenza termica superficiale interna (cfr. **ProCal Prospetto 3.III**) [ $K m^2/W$ ];

$Ns_j$  è il numero di strati omogenei;

$Ni$  è il numero di intercapedini d'aria.

superfici orizzontali con esposizione ai raggi solari sul lato superiore,  $90^\circ$  per quelle verticali e  $180^\circ$  per le superfici orizzontali con esposizione esterna sul lato inferiore. Quest'ultima condizione rappresenta un caso limite tuttavia possono realmente presentarsi superfici inclinate con esposizione verso il basso (angolo  $\beta$  compreso tra  $90^\circ$  e  $180^\circ$ );

- **Angolo azimut della superficie ( $\gamma$ )** vale 0 per superfici con normale orientata a sud,  $-90^\circ$  a est,  $+90^\circ$  a ovest e  $\pm 180^\circ$  a nord.

Per quanto riguarda l'albedo e l'influenza dell'**ambiente circostante |B|** è possibile selezionare la casella di controllo "**Albedo stagionale**" oppure scegliere, mese per mese (o replicare la scelta effettuata sul primo mese attraverso il pulsante "**Copia in ogni mese**") una delle seguenti opzioni del menu a tendina:

- Ambiente circostante generico (coefficiente di albedo  $\rho = 0,20$ );
- Neve (caduta di fresco o con un film di ghiaccio) ( $\rho = 0,75$ );
- Superfici acquose ( $\rho = 0,07$ );
- Suolo (creta, marne) ( $\rho = 0,14$ );
- Strade sterrate ( $\rho = 0,04$ );
- Bosco di conifere d'inverno ( $\rho = 0,07$ );
- Bosco in autunno/campi con raccolti maturi e piante ( $\rho = 0,26$ );
- Asfalto invecchiato ( $\rho = 0,10$ );
- Calcestruzzo invecchiato ( $\rho = 0,22$ );
- Foglie morte ( $\rho = 0,30$ );
- Erba secca ( $\rho = 0,20$ );
- Erba verde ( $\rho = 0,26$ );
- Tetti e terrazze in bitume ( $\rho = 0,13$ );
- Pietrisco ( $\rho = 0,20$ );
- Superfici scure di edifici (mattoni scuri, ver-

nici scure) ( $p = 0,27$ );

- Superfici chiare di edifici (mattoni chiari, vernici chiare) ( $p = 0,60$ ).

Se la struttura presenta un'ombra, scorrendo verso il basso l'area di lavoro è possibile compilare la sezione "Ombre" (**Figura D.11**), che calcola il **fattore di riduzione  $F_s$**  dovuto a ombreggiature esterne fisse. Il suo valore si applica a ogni elemento dell'involucro disperdente interessato da soleggiamento e riduce la quota degli apporti solari sullo stesso tenendo conto dell'effetto di ombreggiature eventualmente presenti (cfr. *ProCal C1*). Nello specifico si considera l'effetto ombreggiante di tre tipologie di elemento:

- Ostruzioni esterne all'edificio e ombreggianti l'elemento (vedi **#D.9**), rappresentate dal coefficiente  $F_h$ ;
- Aggetti orizzontali facenti parte dell'edificio e ombreggianti l'elemento (vedi **#D.10**), rappresentati dal coefficiente  $F_o$ ;
- Aggetti verticali facenti parte dell'edificio e ombreggianti l'elemento (vedi **#D.10**), rappresentati dal coefficiente  $F_v$ ;

Se sulla superficie insiste un'**ostruzione esterna** **[A]** è necessario vidimare la casella "Ombreggiamento ostruzioni" e scegliere il metodo di inserimento dati:

- **Dimensioni** ovvero:
  - Quota da terra del centro dell'elemento [m],
  - Altezza da terra dell'ostruzione antistante [m],
  - Distanza tra il centro dell'elemento e il piano dell'ostruzione [m];
- **Angolo** e inserire l'angolo di ombreggiamento da ostruzione [°].

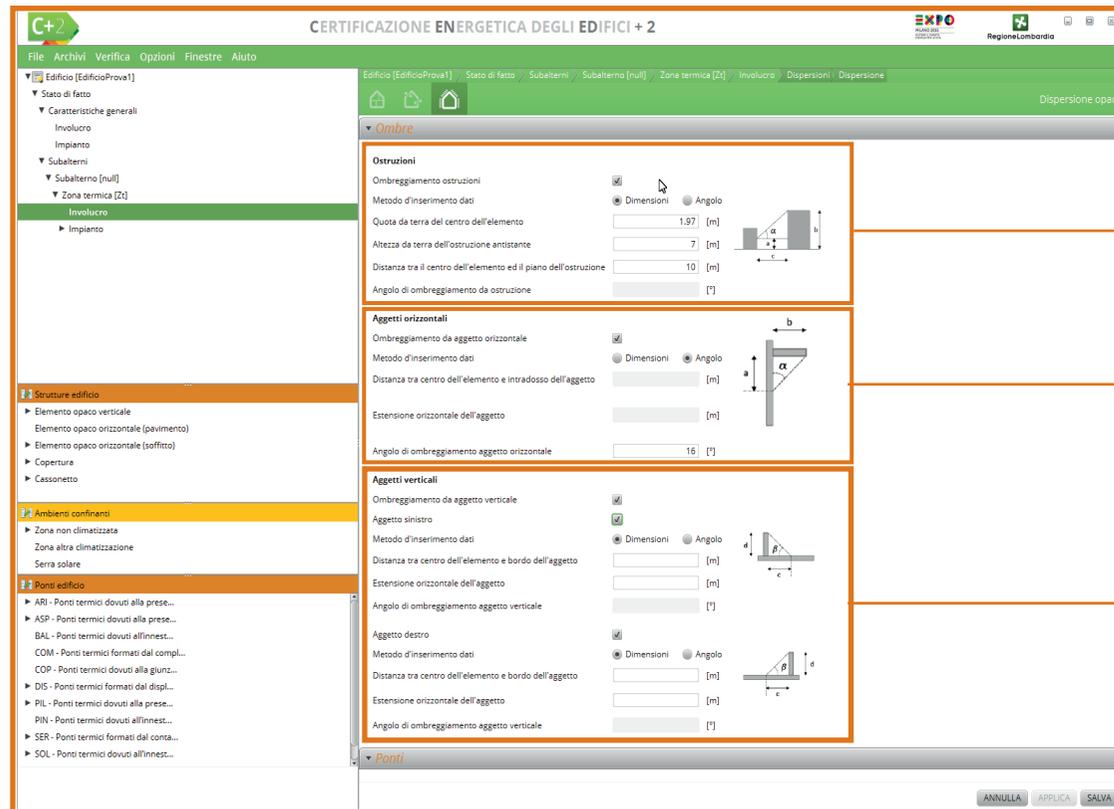
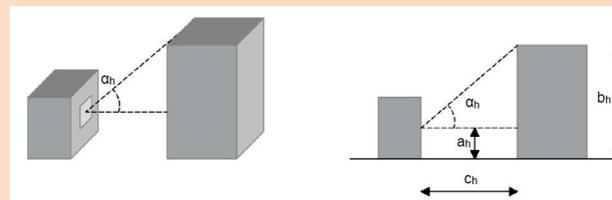


Figura D.11\_Schermata di compilazione del modulo "Nuova dispersione opaca" - Ombre

## #D.9\_Ostruzioni esterne

Il campo Ostruzioni prevede l'inserimento dei dati al fine del calcolo dell'entità dell'ombreggiamento dovuto alla presenza di ostruzioni esterne nelle adiacenze dell'edificio, causando una riduzione degli apporti solari (edifici, colline, ecc.). Si considerano i seguenti input:



- $a_h$  quota da terra del centro dell'elemento;
- $b_h$  altezza da terra dell'ostruzione antistante;
- $c_h$  distanza tra il centro dell'elemento e il piano dell'ostruzione;
- $\alpha_h$  angolo di ombreggiatura dell'ostruzione.

## #D.10\_Aggetti orizzontali e verticali

Tipici esempi di **aggetti orizzontali** sono la presenza di balconi superiori o, nel caso del serramento, l'imbotte superiore della finestra (arretramento della finestra rispetto al filo della facciata). In presenza sia dell'imbotte sia di rientranze, si considera il maggiore angolo di ostruzione fra i due.

Per gli aggetti orizzontali, a partire dalla distanza verticale tra il centro dell'elemento e l'intradosso dell'aggetto orizzontale  $a_o$  e l'estensione dell'aggetto  $b_o$ , è possibile calcolare l'angolo di ombreggiatura dell'aggetto orizzontale  $\alpha_o$ :

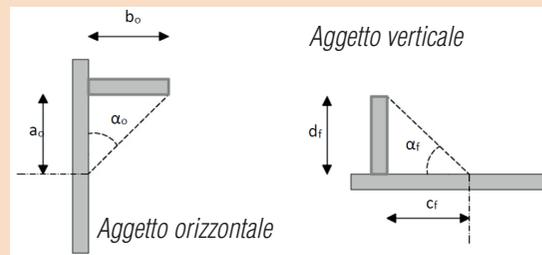
$$\alpha_o = \arctan(b_o/a_o)$$

Tra gli **aggetti verticali** da considerare sono, ad esempio, le rientranze e le sporgenze della facciata, così come l'imbotte (verticale) stessa

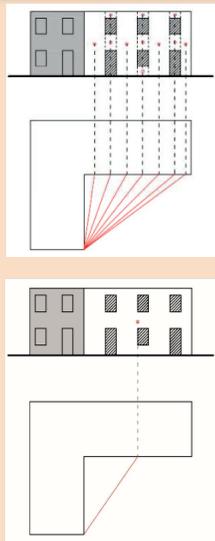
della finestra (arretramento della finestra rispetto al filo della facciata). In presenza sia dell'imbotte sia di rientranze, si considera il maggiore angolo di ostruzione fra i due.

Per gli aggetti verticali, a partire dalla distanza orizzontale tra il centro dell'elemento e il bordo dell'aggetto  $c_f$  e l'estensione dell'aggetto  $d_f$ , è possibile calcolare l'angolo di ombreggiatura dell'aggetto verticale  $\alpha_f$ :

$$\alpha_f = \arctan(d_f/c_f)$$



## #D.11\_Baricentro dispersioni opache e angoli di ostruzione



Nel caso di superfici rivolte verso l'esterno, considerato che ad ogni superficie verranno associati i corrispondenti fattori correttivi relativi all'ombreggiamento dovuto ad aggetti e ostruzioni, la modalità di calcolo corretta prevede di:

- suddividere la parete in zone omogenee (parete termicamente uniforme non interessata da aperture);
- inserire l'area di ogni zona omogenea come nuova superficie opaca;
- determinare il baricentro della zona omogenea individuata;
- calcolare angoli o distanze caratteristici di aggetti e ostruzioni che determinano l'ombreggiamento;
- calcolare i fattori correttivi.

È possibile procedere mediante l'approssimazione proposta di seguito:

- considerare l'intera parete termicamente uniforme al netto dei serramenti;
- inserire come nuova superficie opaca l'area dell'intera parete al netto dei serramenti;
- determinare il baricentro della parete "fittizia" individuata al lordo dei serramenti;
- calcolare angoli o distanze caratteristici di aggetti e ostruzioni che determinano l'ombreggiamento;
- calcolare i fattori correttivi.

Se sulla superficie insiste un **aggetto orizzontale** **|B|** è necessario vidimare la casella "Ombreggiamento da aggetto orizzontale" e scegliere il metodo di inserimento dati:

- **Dimensioni** ovvero:
  - Distanza tra centro dell'elemento e intradosso dell'aggetto [m],
  - Estensione orizzontale dell'aggetto [m];
- **Angolo** e inserire l'angolo di ombreggiamento aggetto orizzontale [°].

Se sulla superficie insiste un **aggetto verticale** **|C|** è necessario vidimare la casella "Ombreggiamento da aggetto verticale" e anche quella relativa alla posizione (sinistro e/o destro) e scegliere il metodo di inserimento dati:

- **Dimensioni** ovvero:
  - Distanza tra centro dell'elemento e bordo dell'aggetto [m],
  - Estensione orizzontale dell'aggetto [m];
- **Angolo** e inserire l'angolo di ombreggiamento aggetto verticale [°].

Infine, se la struttura presenta almeno un **ponte termico**, scorrendo verso il basso l'area di lavoro è possibile compilare la sezione "Ponti termici" trascinando nella Tabella ciascun elemento dalla barra laterale sinistra secondo la codifica assegnata nell'Archivio edificio (**Modulo B** del Manuale) e inserendo la lunghezza in metri. Terminata la compilazione è necessario selezionare il pulsante "Salva" in basso a destra dell'area di lavoro.

## D]3.3 Dispersione trasparente

La schermata di compilazione del modulo "Dispersione superficie trasparente" (**Figura D.12**) richiede l'implementazione dei **Dati generali |A|** dove è

D|18

necessario immettere i seguenti input:

- **Nome** della dispersione assegnato dall'utente;
- **Note** (opzionale) per specificare il tipo di dispersione;
- **Superficie elemento disperdente [m<sup>2</sup>]** il campo si autocompila una volta importato il serramento dalle **Strutture edificio |C|**;
- **Verso di dispersione** in cui l'utente deve scegliere un'opzione dal menu a tendina tra quelle disponibili:
  - Esterno,
  - Ambiente climatizzato interno all'edificio,
  - Serra solare,
  - Zona climatizzata da altro impianto,
  - Zona non climatizzata;
- **Emissività termica totale nell'infrarosso della superficie esterna** in cui l'utente deve inserire il valore relativo; se il dato non viene specificato il software assume il valore di riferimento indicato in normativa, valido per superfici non trattate;
- **Ambiente confinante** nel caso in cui la struttura non confini con l'esterno, sarà necessario trascinare l'ambiente specifico dalla finestra laterale sinistra **Ambienti confinanti |C|** nel campo arancione con il simbolo ;
- **Serramento doppio** se è presente un doppio serramento la sezione **Serramento |B|** si duplica e l'utente dovrà inserire le caratteristiche di ciascun serramento presente interno ed esterno;
- **È presente un irraggiamento** l'utente seleziona la casella se la superficie è irraggiata;
- **È presente un'ombra** l'utente seleziona la casella se la superficie è ombreggiata da ostruzioni esterne o da oggetti orizzontali e/o verticali verticali; tale casella non è selezionabile in mancanza della selezione

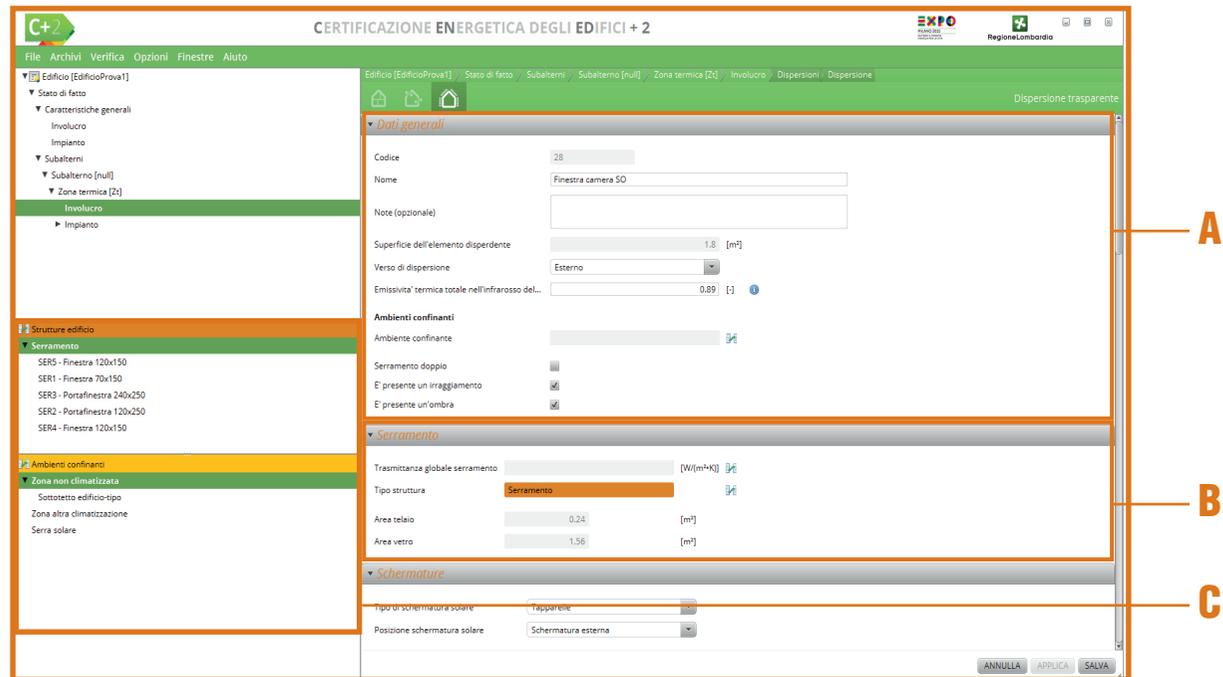


Figura D.12\_Schermata di compilazione del modulo “Nuova dispersione trasparente” - Dati generali e serramento

## #D.12\_ Trasmittanza termica serramenti trasparenti

In mancanza di dati dichiarati dal costruttore la **trasmittanza termica di serramenti singoli,  $U_w$** , si calcola:

$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_t \cdot U_t + L_g \cdot \Psi_g}{A_g + A_t}$$

dove:

$U_w$  è la trasmittanza termica del serramento singolo [W/m<sup>2</sup>K];

$A_g$  è l'area del vetro [m<sup>2</sup>];

$U_g$  è la trasmittanza termica del vetro (cfr. **ProCal Prospetto 3.V**) [W/m<sup>2</sup>K];

$A_t$  è l'area del telaio, [m<sup>2</sup>];

$U_t$  è la trasmittanza termica del telaio (cfr. **ProCal Prospetto 3.VI**) [W/m<sup>2</sup>K];

$L_g$  è il perimetro del vetro [m];

$\Psi_g$  è la trasmittanza termica lineare del vetro (cfr **ProCal Prospetto 3.VII e Prospetto 3.VIII**), [W/mK].

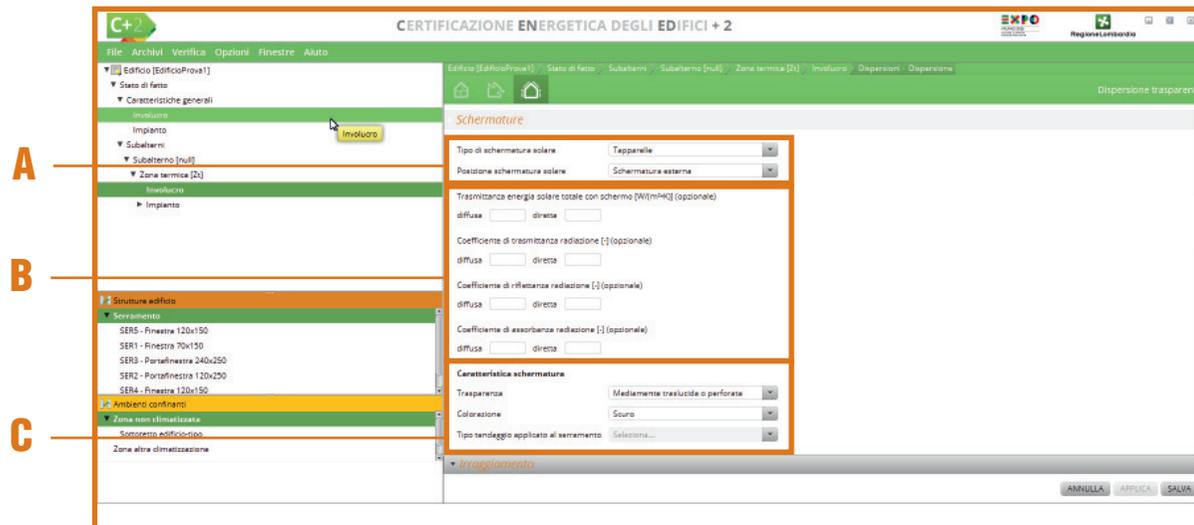


Figura D.13\_Schermata di compilazione del modulo “Nuova dispersione trasparente” - Schedature

della casella che indica la presenza di irraggiamento.

Nella sezione **Serramento** |B| è necessario **trascinare** l’elemento di cui si vuole calcolare la dispersione dalla finestra laterale sinistra **Strutture edificio** |C| nel campo arancione con il simbolo , in questo modo i campi *Trasmissione globale serramento* (se inserita in Archivio, vedi #D.12,), *Tipo di struttura*, *Area telaio* e *Area vetro* si autocompilaranno.

Rif. #D.12

ProCal 3.3

Per il calcolo degli apporti solari attraverso le strutture trasparenti ( $Q_{s1}$ ) si determina il fattore di riduzione degli apporti solari  $F_{sh}$  (cfr. ProCal §3.3.8) dovuto all’effetto di schermature mobili permanenti (cioè integrate nell’involucro edilizio e non liberamente montabili e smontabili dall’utente) e complanari al serramento. Il fattore  $F_{sh}$  è determinabile per ogni serramento in base all’esposizione e dipende a sua volta dai valori delle trasmissioni di energia solare totale in presenza di sistemi schermanti per radiazione diretta e diffusa (cfr. ProCal §3.3.8.1).

ProCal 3.3

Per questo per le superfici trasparenti è necessario compilare i campi della sezione “Schedature” (Figura D.13) in cui l’utente definisce **il tipo e la posizione della schermatura** |A| attraverso dei menu a tendina:

- **Tipo di schermatura solare** a scelta tra:
  - Schermatura solare assente,
  - Tenda,
  - Tenda avvolgibile,

- Tenda veneziana,
- Persiane,
- Frangisole a lamelle orizzontali o verticali,
- Tapparelle;
- **Posizione della schermatura solare** a scelta tra:
  - Schermatura esterna,
  - Schermatura interna,
  - Schermatura integrata con intercapedine non ventilata,
  - Schermatura integrata con intercapedine ventilata e presa d’aria dall’esterno,
  - Schermatura integrata con intercapedine ventilata e presa d’aria dall’interno.

È facoltà dell’utente compilare anche i **campi** |B| quali:

- Trasmissione energia solare totale con schermo (diffusa e diretta);
- Coefficiente di trasmissione radiazione (diffusa e diretta);
- Coefficiente di riflettanza radiazione (diffusa e diretta);
- Coefficiente di assorbanza radiazione (diffusa e diretta).

Risulta, invece, fondamentale per il calcolo degli apporti solari la selezione della **Caratteristica schermatura** |C| dai menu a tendina:

- **Trasparenza** ovvero:
  - Opaca,
  - Mediamente traslucida o perforata (ad es. le tapparelle),
  - Altamente traslucida o perforata;
- **Colorazione** ossia:
  - Bianco,
  - Pastello,
  - Scuro,
  - Nero;

D|20

- **Tipo tendaggio applicato al serramento**, infatti, se il tipo di schermatura associato al serramento è costituito da una tenda è necessario selezionare la tipologia a cui sono associati differenti coefficienti di assorbimento e trasmissione (cfr. ProCal Prospetto 3.XXXII) dal menu a tendina:
  - Tendaggio bianco interno (assorbimento  $\alpha=0,1$  e trasmissione  $\tau=0,5$ ),
  - Tendaggio bianco interno (assorbimento  $\alpha=0,1$  e trasmissione  $\tau=0,7$ ),
  - Tendaggio bianco interno (assorbimento  $\alpha=0,1$  e trasmissione  $\tau=0,9$ ),
  - Tendaggio bianco esterno (assorbimento  $\alpha=0,1$  e trasmissione  $\tau=0,5$ ),
  - Tendaggio bianco esterno (assorbimento  $\alpha=0,1$  e trasmissione  $\tau=0,7$ ),
  - Tendaggio bianco esterno (assorbimento  $\alpha=0,1$  e trasmissione  $\tau=0,9$ ),
  - Tendaggio colorato interno (assorbimento  $\alpha=0,3$  e trasmissione  $\tau=0,1$ ),
  - Tendaggio colorato interno (assorbimento  $\alpha=0,3$  e trasmissione  $\tau=0,3$ ),
  - Tendaggio colorato interno (assorbimento  $\alpha=0,3$  e trasmissione  $\tau=0,5$ ),
  - Tendaggio colorato esterno (assorbimento  $\alpha=0,3$  e trasmissione  $\tau=0,1$ ),
  - Tendaggio colorato esterno (assorbimento  $\alpha=0,3$  e trasmissione  $\tau=0,3$ ),
  - Tendaggio colorato esterno (assorbimento  $\alpha=0,3$  e trasmissione  $\tau=0,5$ ),
  - Tessuto con lamina di alluminio posto internamente,
  - Tessuto con lamina di alluminio posto esternamente.

Per l'inserimento dei dati relativi alle sezioni successive "Irraggiamento" e "Ombre", si può fare riferimento al §D|3.2 e alle Figure D.10 e D.11.

## #D.13\_Energia scambiata per trasmissione e ventilazione

La **quantità di energia scambiata per trasmissione e per ventilazione** tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante,  $Q_L$  (cfr. ProCal §3.3.3) si calcola allo stesso modo sia per il riscaldamento che per il raffrescamento, ed è data, sia nella condizione di riferimento ( $Q_{L,r}$ ) che in quella corretta ( $Q_{L,adj}$ ), da:

$$Q_L = Q_T + Q_V$$

$$Q_{L,adj} = Q_T + Q_{V,adj}$$

dove:

$Q_L$  è la quantità di energia di riferimento scambiata per trasmissione e per ventilazione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante [kWh];

$Q_{L,adj}$  è la quantità di energia corretta scambiata per trasmissione e per ventilazione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante [kWh];

$Q_T$  è la quantità di energia dispersa per trasmissione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante [kWh];

$Q_V$  è la quantità di energia di riferimento dispersa per ventilazione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante [kWh];

$Q_{V,adj}$  è la quantità di energia corretta trasferita per ventilazione, considerando anche la ventilazione meccanica, ibrida, notturna o in presenza di un impianto di climatizzazione a tutt'aria o aria primaria, tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente circostante [kWh].

ProCal 3.3

## #D.14\_Apporti mensili di calore gratuiti

Gli **apporti mensili di calore gratuiti**, interni e solari, nella zona climatizzata o a temperatura controllata, devono essere calcolati mediante la seguente relazione (cfr. ProCal §3.3.4):

$$Q_G = Q_I + Q_{SI} + Q_{SI,S}$$

dove:

$Q_G$  è la quantità di energia gratuita dovuta alle sorgenti interne ed alla radiazione solare [kWh];

$Q_I$  è la quantità di energia gratuita dovuta ad apparecchiature elettriche e persone [kWh];

$Q_{SI}$  è la quantità di energia gratuita dovuta alla radiazione solare entrante attraverso le superfici trasparenti rivolte direttamente verso l'ambiente esterno [kWh];

$Q_{SI,S}$  è la quantità di energia gratuita dovuta alla radiazione solare entrate attraverso le superfici trasparenti rivolte verso uno spazio soleggiato adossato all'involucro [kWh].

Rif. §D|3.2

### D|3.4 Calcola involucro

Dopo aver compilato i moduli “Ambiente”, “Portate” e “Dispersioni” è possibile effettuare una verifica del Fabbisogno energetico dell’edificio selezionando dal **Menu generale “Verifica”**, l’opzione “Calcola involucro”.

## NOTE