

MODULO D | EDIFICIO: INVOLUCRO

INDICE

D 1 Input per il calcolo	 2
D 1.1 Edificio-tipo_2	
D 1.2 Volume_2	
D 1.3 Superficie utile e lorda_2	
D 1.4 Superficie disperdenti verticali_4	
D 1.5 Superficie disperdenti orizzontali_5	
D 1.6 Copertura_5	
D 2 Ambienti	 6
D 2.1 Dati generali_6	
D 2.2 Portate_7	
D 3 Portate	 11
D 3.1 Dati generali_11	
D 3.2 Ventilazione meccanica_13	
D 3.3 Output_16	
D 4 Dispersioni	 17
D 4.1 Dispersione terreno_17	
D 4.2 Dispersione superficie opaca_18	
D 4.3 Dispersione superficie trasparente_25	

D12 DJ1 INPUT PER IL CALCOLO

Il calcolo delle superfici disperdenti è di fondamentale importanza ai fini della certificazione energetica, poichè da esse dipendono le dispersioni e la classe energetica dell'edificio. In questo capitolo verranno definite altezze, aree e volumi da considerare attraverso un edificio-tipo.

Ai soli fini esplicativi, per il corretto inserimento dei dati di input (superfici disperdenti, aree nette e lorde, volumi riscaldati, ecc.) all'interno del software, nel seguito verranno descritte le caratteristiche tecniche di un edificio-tipo preso come campione.

DJ1.1 Edificio-tipo

L'edificio-tipo preso come esempio è una residenza monofamiliare con due piani fuori terra (Figura D.1). Presenta un subalterno e una sola Zona termica servita da un unico impianto.

L'edificio è composto da:

- una zona climatizzata (soggiorno/cucina, bagni, camere, lavanderia e CT);
- due zone non climatizzate (garage e porzione di sottotetto).

DJ1.2 Volume

I volumi da considerare sono di fondamentale importanza, soprattutto ai fini del calcolo delle portate d'aria per ventilazione (naturale o meccanica).

Il **volume netto** si calcola come prodotto tra la superficie utile climatizzata e l'altezza media netta. Il **volume lordo**, invece si ottiene dal prodotto tra superficie lorda (incluse pareti perimetrali) per l'altezza lorda.

DJ1.3 Superficie utile e lorda

La **superficie o area utile** corrisponde alla superficie netta calpestabile dei locali riscaldati al netto



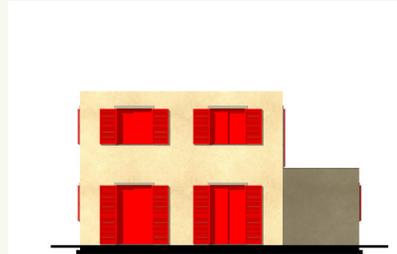
Figura D.1_Viste prospettiche e piante dell'edificio-tipo preso in esame

#D.1_Schema delle superfici disperdenti

EDIFICIO-TIPO

MODELLO

CHIUSURE TRASPARENTI



PARETI OPACHE



COPERTURA INCLINATA



EDIFICIO-TIPO

MODELLO

TERRENO



AMBIENTI NON RISCALDATI



COPERTURA PIANA



D|4

di tramezzi e muri esterni e comprensiva delle soglie delle porte e degli spazi al di sotto dei terminali di emissione.

La **superficie o area lorda** corrisponde alla superficie lorda di pavimento dei locali riscaldati, ottenuta sommando alla superficie utile l'ingombro di tramezzi e muri di involucro. Le murature perimetrali vengono considerate:

- per l'intero spessore se confinano con l'ambiente esterno, con il terreno o con un ambiente non riscaldato;
- fino alla mezzera dello spessore se confinano con un altro ambiente riscaldato.

Nel caso in cui si stia certificando un subalterno disposto su più livelli, ovvero come nell'edificio tipo, la superficie utile e la superficie lorda si riferiscono alla somma di tali valori relativi ai livelli costituenti il subalterno.

D|1.4 Superfici disperdenti verticali

Per superficie disperdente (*vedi #D.1*), in generale, si intende un **elemento confinante verso ambienti esterni o interni a diversa temperatura**, ovvero quei componenti, opachi o trasparenti che permettono la trasmissione di calore da un ambiente a temperatura maggiore a uno a temperatura minore.

Ai fini dell'inserimento dei dati nel software, si intendono disperdenti le superfici rivolte verso: l'esterno; il terreno; gli ambienti non riscaldati; gli ambienti con una temperatura differente da quella mantenuta nella/e zona/e oggetto di certificazione.

Nel caso delle superfici verticali opache



A



B

Rif. #D.1

Figura D.2_Superfici disperdenti verticali: A) Opache verso l'esterno e verso locali non riscaldati; B) Trasparenti

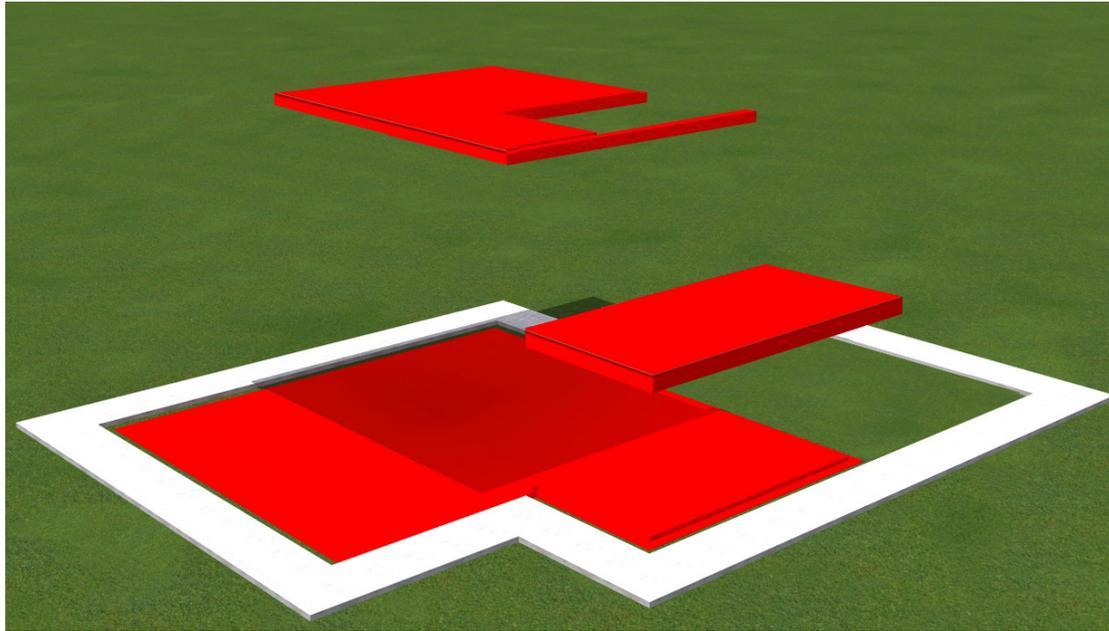


Figura D.3_Superfici disperdenti orizzontali dell'edificio-tipo

Rif. §C.2.1



Figura D.4_Porzione di copertura a falda disperdente

dell'edificio-tipo (**Figura D.2A**), si considerano disperdenti:

- le pareti perimetrali che confinano con l'esterno,
- le pareti interne che confinano verso locali non riscaldati (garage e sottotetto);
- la porta di ingresso.

Nel caso delle superfici verticali trasparenti dell'edificio-tipo (**Figura D.2B**), si considerano disperdenti tutti i serramenti, le cui rispettive persiane andranno inserite come elementi oscuranti.

D|1.5 Superfici disperdenti orizzontali

Nel caso delle superfici orizzontali opache dell'edificio-tipo (**Figura D.3**), si considerano disperdenti:

- il solaio controterra da considerare nel modulo "Terreno" (vedi **§C/2.1**);
- la porzione di solaio adibito a terrazzo;
- il solaio del primo piano che confina con il sottotetto non riscaldato.

D|1.6 Copertura

Nel caso dell'edificio-tipo la superficie di copertura è obliqua poichè si tratta di una porzione disperdente di un tetto a falda (**Figura D.4**).

D|6 D|2 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 a livello di involucro e definito il/i subalterno/i che lo costituiscono e le rispettive zone termiche (Modulo C del Manuale), è possibile selezionare dalla barra laterale sinistra (Figura D.5) la voce "Involucro" |A| (seguendo il percorso Edificio > Stato di fatto > Subalterni > Subalterno > Zona termica) nell'area di lavoro a destra sono attive le icone:

-  **Ambienti;**
-  **Portate** (questa icona compare solo dopo avere creato almeno un ambiente);
-  **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 ogni zona termica deve essere definito almeno un ambiente.

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

D|2.1 Dati generali

Nella sezione **Dati generali** |A| (Figura D.6) sono richiesti i seguenti input:

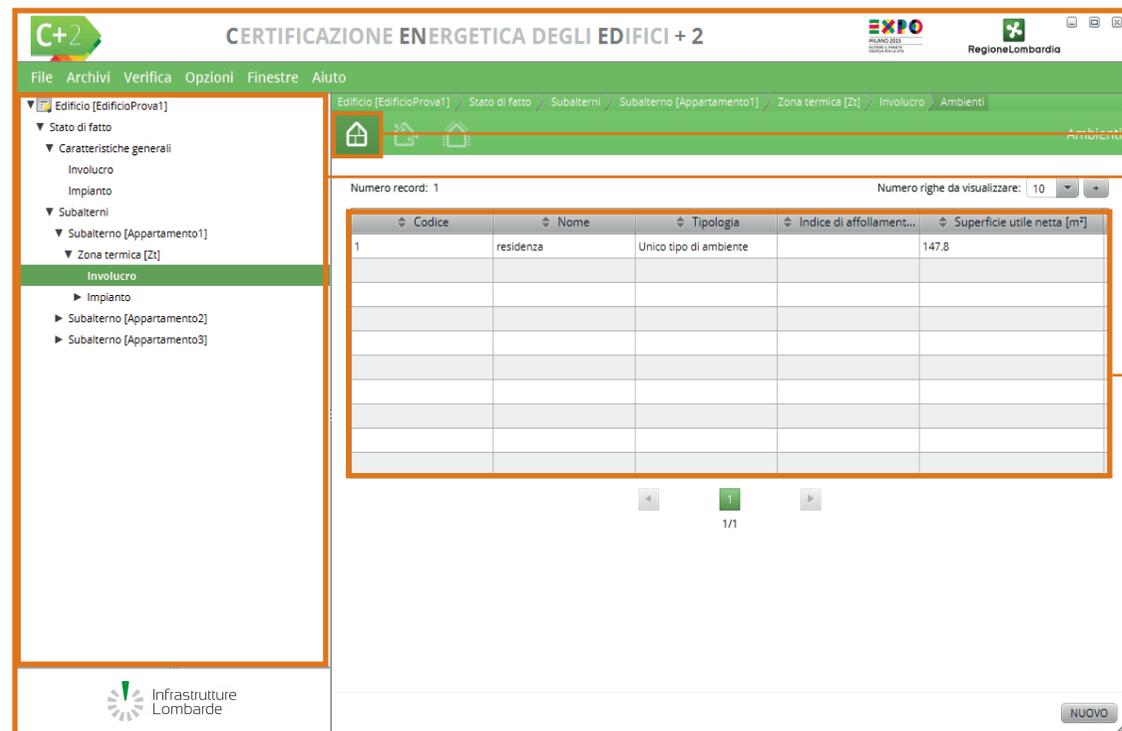
- **Nome** dell'ambiente che compone la Zona

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 (vedi #D.1 e cfr. ProCal Prospetto 3.XIV);
- **Indice di affollamento** (persone/m²) è calcolato come numero di persone per m² di superficie netta ed è ricavato in funzione della classificazione della zona secondo la

Rif. #D.1

ProCal 3.3



The screenshot shows the 'CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI + 2' software interface. The main window displays the 'Ambienti' table for a specific zone termica. The table contains one record with the following data:

Codice	Nome	Tipologia	Indice di affollamento...	Superficie utile netta [m ²]
1	residenza	Unico tipo di ambiente		147.8

The interface also shows a sidebar with a tree view of the project structure, including 'Edificio [EdificioProva1]', 'Stato di fatto', 'Caratteristiche generali', 'Involucro', 'Impianto', 'Subalterni', and 'Zona termica [Zt]'. The 'Ambienti' icon is highlighted in the top bar. A 'NUOVO' button is visible in the bottom right corner.

B
A

C

Rif. #D.1

Figura D.5_Schermata "Zona termica - Involucro" con la visualizzazione degli Ambienti

A

B

ProCal 3.3

Figura D.6_Schermata di compilazione del modulo "Ambienti"

ProCal 3.3

Rif. §D.3

destinazione d'uso e secondo la classificazione dell'ambiente (cfr. ProCal Prospetto 3.XIII), per destinazioni d'uso E1(1) ed E1(2) il campo non è attivo, per la destinazione d'uso E8 il campo può essere eventualmente compilato, mentre per tutte le altre destinazioni d'uso il campo si autocompila e non è modificabile;

- **Superficie utile netta** (m^2) ovvero la superficie netta calpestabile dei locali climatizzati, per calcolare tale dato devono essere considerate le superfici riscaldate e/o raffrescate;
- **Volume netto dell'ambiente climatizzato** (m^3) ovvero il prodotto tra la superficie utile netta e l'altezza media netta;
- **Numero di occupanti dell'ambiente** ovvero 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 da E1(1), E1(2), E8 ma può essere eventualmente corretto editando un altro valore);

- **Ricambio d'aria** ($1/h$) indica i volumi d'aria orari previsti dalla normativa in vigore, il valore viene imputato automaticamente dal software in base alla destinazione d'uso selezionata (nell'esempio: $0,5 \text{ vol/h}$);
- **Fattore di correzione** ($F_{v,t}$) rappresenta la frazione di tempo in cui si attua il flusso d'aria e tiene conto dell'effettivo profilo di utilizzo e delle infiltrazioni che si hanno quando non si opera l'areazione. Varia a seconda della destinazione d'uso e il valore viene precompilato in base alla destinazione d'uso selezionata (cfr. ProCal Prospetto 3.XIX).

D|2.2 Portate

La schermata di compilazione del modulo "Ambienti" (Figura D.6) comprende anche la Tabella delle **Portate** **B** associate a quell'ambiente, ovvero l'elenco delle Portate d'aria previste per l'ambiente selezionato, che sono però visualizzate nell'area di lavoro solo dopo la compilazione del successivo modulo "Portate" (vedi §D.3).

#D.1_Zone termiche, Ambienti e Portate (segue)

La **zona termica** è quella parte di edificio caratterizzata da un'unica destinazione d'uso e dalla stessa tipologia di occupazione, servita dalla medesima tipologia impiantistica per ogni servizio (o da tipologie tra loro complementari), nella quale sia definito un unico valore di temperatura ed eventualmente di umidità. può accadere che in una stessa zona termica si abbiano portate differenti (pur in presenza di uno stesso sistema di ventilazione). Ad esempio, in una stessa zona termica con destinazioni d'uso albergo (classificazione E.1 (3)) si possono individuare diversi ambienti, ciascuno caratterizzato da portate differenti: soggiorno, sale da pranzo, ecc. Per ogni ambiente deve essere sempre definita almeno una **portata** cui verrà associato il valore di ricambi d'aria previsti dalla normativa in vigore.

Destinazione d'uso ex D.P.R. 412/93 e subclassificazione	Possibili classificazioni dell'ambiente
E.1 (1) Edifici adibiti a residenza e assimilabili: abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo	
• Abitazioni civili e rurali	Unico tipo di ambiente (Abitazioni civili e rurali)
• Collegi, conventi, case di pena, caserme	Unico tipo di ambiente (Abitazioni civili e rurali)
E.1 (2) Edifici adibiti a residenza e assimilabili: abitazioni adibite a residenza con occupazione saltuaria, quali case per vacanze, fine settimana e simili	
• Abitazioni civili e rurali	Unico tipo di ambiente (Abitazioni civili e rurali)
E.1 (3) Edifici adibiti ad albergo, pensione ed attività similari	<ul style="list-style-type: none"> • Ingresso, soggiorni • Sale conferenze/auditori (piccole) • Sale da pranzo • Camere da letto • Cucine con estrattori in funzionamento continuo • Cucine con estrattori in funzionamento discontinuo • Bagni/Servizi con estrattori in funzionamento continuo • Bagni/Servizi con estrattori in funzionamento discontinuo
E.2 Edifici adibiti a uffici e similari: pubblici o privati, indipendenti o contigui a costruzioni adibite anche ad attività industriali o artigianali	<ul style="list-style-type: none"> • Uffici singoli • Uffici collettivi/multipli tipo open space • Call center/centri inserimento dati • Locali riunione • Locali stampanti/fotocopiatrici • Bagni/Servizi con estrattori in funzionamento continuo • Bagni/Servizi con estrattori in funzionamento discontinuo
E.3 Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili ivi compresi quelli adibiti a ricovero o cura di minori o anziani	<ul style="list-style-type: none"> • Degenze (2-3 letti) • Corsie • Camere per infettivi • Camere per immunodepressi • Sale mediche • Soggiorni malati • Terapie fisiche • Sale diagnostiche • Sale operatorie/sale parto • Bagni/Servizi con estrattori in funzionamento continuo • Bagni/Servizi con estrattori in funzionamento discontinuo

#D.1_Zone termiche, Ambienti e Portate (segue)

Destinazione d'uso ex D.P.R. 412/93 e subclassificazione	Possibili classificazioni dell'ambiente
E.4 (1) Edifici adibiti ad attività ricreative o di culto e assimilabili: cinema e teatri, sale di riunioni per congressi	<ul style="list-style-type: none"> • Atri, sale d'attesa, bar • Platee, loggioni, aree per il pubblico, sale cinematografiche sale teatrali, sale per riunioni • Sale giochi/scommesse • Bagni/Servizi con estrattori in funzionamento continuo • Bagni/Servizi con estrattori in funzionamento discontinuo
E.4 (2) Edifici adibiti ad attività ricreative o di culto e assimilabili: mostre, musei e biblioteche, luoghi di culto	
<ul style="list-style-type: none"> • Mostre, musei 	<ul style="list-style-type: none"> • Sale mostra pinacoteche, musei • Bagni/Servizi con estrattori in funzionamento continuo • Bagni/Servizi con estrattori in funzionamento discontinuo
<ul style="list-style-type: none"> • Biblioteche 	<ul style="list-style-type: none"> • Sale lettura biblioteche • Deposito libri • Bagni/Servizi con estrattori in funzionamento continuo • Bagni/Servizi con estrattori in funzionamento discontinuo
<ul style="list-style-type: none"> • Luoghi di culto 	Luoghi di culto
E.4 (3) Edifici adibiti ad attività ricreative o di culto e assimilabili: bar, ristoranti, sale da ballo	
<ul style="list-style-type: none"> • Bar 	<ul style="list-style-type: none"> • Cucine con estrattori in funzionamento continuo • Cucine con estrattori in funzionamento discontinuo • Bar • Pasticcerie • Self-service • Bagni/Servizi con estrattori in funzionamento continuo • Bagni/Servizi con estrattori in funzionamento discontinuo
<ul style="list-style-type: none"> • Ristoranti 	<ul style="list-style-type: none"> • Cucine con estrattori in funzionamento continuo • Cucine con estrattori in funzionamento discontinuo • Sale ristorante • Bagni/Servizi con estrattori in funzionamento continuo • Bagni/Servizi con estrattori in funzionamento discontinuo
<ul style="list-style-type: none"> • Sale da ballo 	<ul style="list-style-type: none"> • Sale da ballo/discoteche • Bagni/Servizi con estrattori in funzionamento continuo • Bagni/Servizi con estrattori in funzionamento discontinuo

#D.1_Zone termiche, Ambienti e Portate

Destinazione d'uso ex D.P.R. 412/93 e subclassificazione	Possibili classificazioni dell'ambiente
<i>E.5 Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili: quali negozi, magazzini di vendita all'ingrosso o al minuto, supermercati, esposizioni</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Grandi magazzini - piano interrato • Negozi generici o reparti di grandi magazzini • Barbieri, saloni di bellezza • Abbigliamento, calzature, mobili, ottici, fioristi, fotografi • Lavasecco • Alimentari, farmacie • Zone pubblico banche, quartieri fieristici • Bagni/Servizi con estrattori in funzionamento continuo • Bagni/Servizi con estrattori in funzionamento discontinuo
<i>E.6 (1) Edifici adibiti ad attività sportive: piscine, saune e assimilabili</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Sala vasca • Spogliatoi • Bagni/Servizi con estrattori in funzionamento continuo • Bagni/Servizi con estrattori in funzionamento discontinuo
<i>E.6 (2) Edifici adibiti ad attività sportive: palestre e assimilabili</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Palazzetti sportivi (campi da gioco) • Zone spettatori in piedi • Zone spettatori seduti • Bagni/Servizi con estrattori in funzionamento continuo • Bagni/Servizi con estrattori in funzionamento discontinuo
<i>E.6 (3) Edifici adibiti ad attività sportive: servizi di supporto alle attività sportive</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Altri locali • Spogliatoi atleti • Bagni/Servizi con estrattori in funzionamento continuo • Bagni/Servizi con estrattori in funzionamento discontinuo
<i>E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Asili nido e scuole materne (scuole per l'infanzia) • Aule scuole elementari (scuole di primo grado) • Aule scuole medie inferiori (scuole primarie di secondo grado) • Aule scuole medie superiori (scuole secondarie di secondo grado) • Aule universitarie • Biblioteche, sale di lettura • Aule musica e lingue • Laboratori chimici e biologici • Laboratori generici • Sale insegnanti • Bagni/Servizi con estrattori in funzionamento continuo • Bagni/Servizi con estrattori in funzionamento discontinuo
• <i>E.8 Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali ed assimilabili</i>	Unico tipo di ambiente (Edifici adibiti ad attività industriali)

D|3 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.7**) selezionando l'icona **Portate** |A| nella **tabella dell'area di lavoro** |B| viene visualizzato l'elenco delle Portate che interessano la Zona termica ognuna delle quali è associata a un Ambiente della Zona termica. A ogni ambiente:

- deve essere associata almeno una portata;
- può essere associata una sola portata diretta (cioè con flusso entrante proveniente da ambiente esterno)
- possono essere associate più portate indirette (cioè con flusso entrante proveniente da zona non climatizzata, serra solare o parete ventilata).

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

D|3.1 Dati generali

Nella sezione **Dati generali** |A| (**Figura D.8**) è necessario immettere i seguenti input:

- **Nome** della Portata assegnato dall'utente;
- **Ambiente** a cui la portata si riferisce e 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** (*vedi #D.2*) 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, in questo caso sarà necessario avere almeno un sistema di riscaldamento di tipo aeraulico e in **Edificio > Stato di fatto > Subalterni > Subalterno > Zona termica > Impianto > Riscaldamento** sarà necessario associare la portata (come definito nel **Modulo E** del Manuale)
 - ventilazione notturna ai fini del raffre-

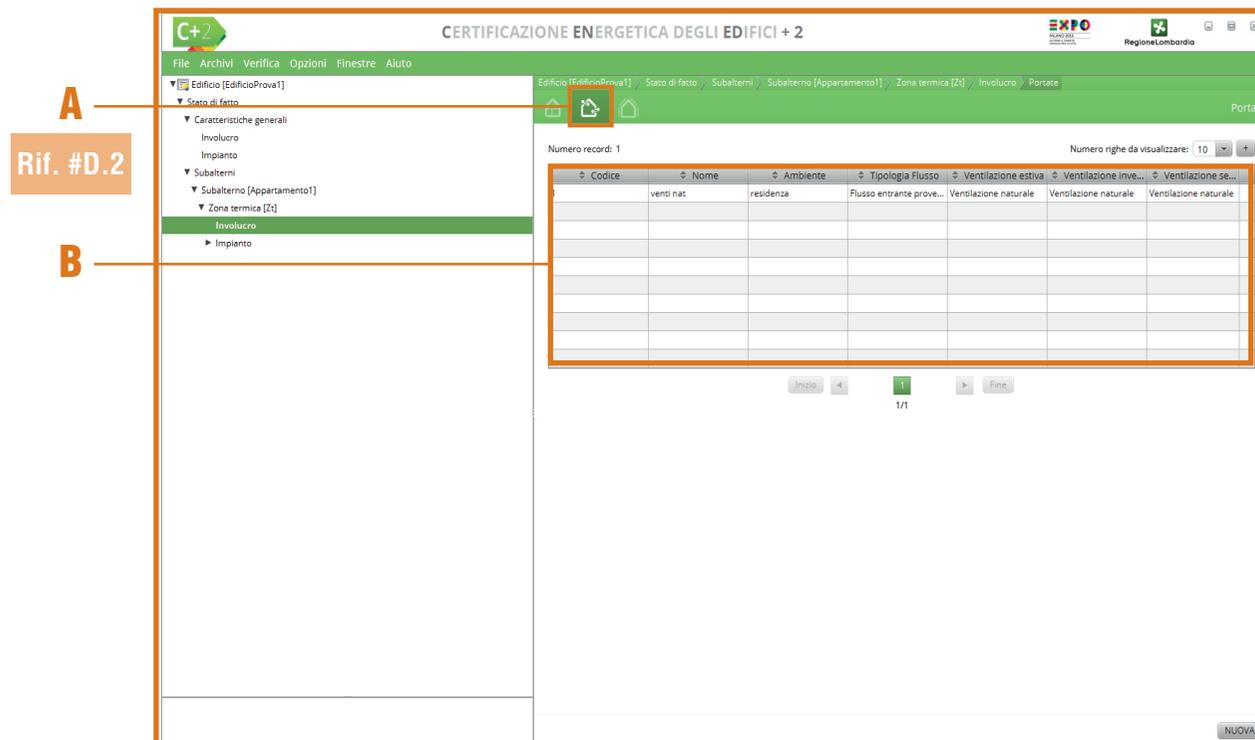


Figura D.7_Schermata "Zona termica - Involucro" con la visualizzazione delle Portate

D|12

scamento (*free cooling*);

- **Tipo di ventilazione periodo raffreddamento** 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, in questo caso sarà necessario avere almeno un sistema di raffreddamento di tipo aeraulico e in **Edificio > Stato di fatto > Subalterni > Subalterno > Zona termica > Impianto > Raffrescamento** sarà necessario associare la portata (come definito nel **Modulo E** del Manuale)
- ventilazione notturna ai fini del raffreddamento (*free cooling*);
- **Tipo di ventilazione periodo non soggetto a climatizzazione** 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 notturna ai fini del raffreddamento (*free cooling*);
- **Tipologia del flusso d'aria entrante**, occorre definire se la portata è *diretta* (proveniente da ambiente esterno) o *indiretta* (proveniente da zona non climatizzata, serra solare o parete ventilata) scegliendo un'opzione dal menu a tendina tra quelle disponibili:
 - flusso entrante proveniente da ambiente esterno,
 - flusso entrante proveniente da zona non climatizzata,

Figura D.8_Schermata di compilazione del modulo "Portate" - Sezione Dati generali

- flusso entrante proveniente da serra solare,
- flusso entrante proveniente da parete ventilata;
- **Ambiente confinante** il campo si attiva per la compilazione solo se nel menu "Tipologia del flusso d'aria entrante" si è selezionato "Flusso entrante proveniente da zona non climatizzata" oppure "Flusso entrante proveniente da serra solare"; in questi casi è necessario **trascinare** l'Ambiente confinante precedentemente creato 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 inferiore a 1 (*vedi #D.3*). Il campo si attiva nel caso in cui il flusso provenga da zona non climatizzata o da serra solare e tiene conto del riproporzionamento del ricambio d'aria in caso di compresenza sulla zona di portate dirette e indirette (*cf. ProCal A.1.1.4*);
- **Efficienza del recuperatore** il cui valore inferiore a 1 è ricavabile da scheda tecnica, va inserito solo nel caso di presenza di ventilazione meccanica con recuperatore di calore, cioè se sussistono le seguenti condizioni:
 - in "Tipo di ventilazione" (per il periodo di riscaldamento e/o raffreddamento) è

Rif. #D.3

ProCal A.1

#D.2_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;
- per **aerazione** si intende il ricambio d'aria negli ambienti per apertura e chiusura manuale delle finestre;
- per **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.

Ai fini della definizione del "Tipo di ventilazione" si precisa:

- **ventilazione naturale**: si intende il ricambio dell'aria negli ambienti tramite la presenza di aperture nell'involucro edilizio, all'uopo predisposte e normalmente non occluse, che attivino ventilazione naturale principalmente per tiraggio termico. Il controllo dei volumi di ventilazione è limitato (sistemi passivi o attivi dedicati) o assente.
- **ventilazione meccanica controllata**: la ventilazione è ottenuta tramite l'impiego di ventilatori. Il controllo dei volumi di ventilazione è ottenuto agendo sui ventilatori e sulle serrande in maniera meccanica.
- **ventilazione ibrida**: si ha copresenza di ventilazione meccanica e ventilazione naturale, che si ottiene tramite sistemi di aperture che vengono attivate quando si arresta la ventilazione meccanica;
- **ventilazione meccanica controllata dall'impianto di climatizzazione**: in questo caso, la portata d'aria si calcola solo per i periodi di non attivazione della climatizzazione, utilizzando le stesse formule del caso di sola ventilazione meccanica o ventilazione ibrida;
- **ventilazione naturale ai fini del raffrescamento (free-cooling)**: l'impianto di ventilazione meccanica è utilizzato, in modo da raffrescare le strutture dell'edificio con l'immissione in ambiente di aria esterna quando questa si trova a condizioni energetiche migliori rispetto all'aria ambiente.

stata scelta l'opzione "Ventilazione meccanica controllata",

- nella sezione successiva "Ventilazione meccanica" è stato selezionato un ventilatore con recuperatore di calore.

D|3.2 Ventilazione meccanica

Questa sezione è presente solo se, in fase di compilazione dei **Dati generali**, sia stata selezionata un'opzione diversa da "Ventilazione naturale" in almeno uno dei periodi (periodo di riscaldamento, periodo di raffrescamento e/o periodo non soggetto a climatizzazione). I dati visualizzati nella sezione sono:

- **Tipo di edificio** (edificio residenziale monofamiliare con una sola facciata esposta, edificio residenziale monofamiliare con più di una facciata esposta,, edificio residenziale multifamiliare o non residenziale con una sola facciata esposta, edificio residenziale multifamiliare o non residenziale con più di una facciata esposta);

#D.3_Coefficiente di partecipazione

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 e **inferiore a 1** se si è in compresenza 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), [m²];

$A_{w,tot}$ è l'area totale dei serramenti o delle aperture dell'ambiente corrente, [m²].

- **Classe di permeabilità**, si riferisce alla classe di permeabilità all'aria dei serramenti (indicare alta nel caso di porte e finestre con alta qualità di tenuta, media nel caso di finestre con doppio vetro a tenuta normale, bassa nel caso di serramenti a vetro singolo a bassa tenuta);
- **Classe di schermatura**, si riferisce alla classe di schermatura dei serramenti (indicare *nessuna schermatura* nel caso di edifici in zone di aperta campagna o edifici emergenti in centri abitati; *media schermatura* nel caso di edifici in campagna con alberi o altri edifici intorno o nei casi di edifici di periferia; *forte schermatura* nel caso di edifici di media altezza nei centri abitati o di edifici in mezzo a boschi).

Tali dati sono univoci per tutto l'edificio e, qualora non siano stati precedentemente compilati (vedi

D|14

Modulo A del Manuale) è possibile definirli mediante il link **“Vai alla sezione dei dati dell’edificio”**, ma per non perdere i dati precedentemente inseriti, è necessario cliccare su **“Applica”** in basso a destra della schermata.

Nella sezione relativa alle **caratteristiche dell’impianto di ventilazione meccanica [C]** si aprono poi tre sottosezioni, una riferita al periodo di riscaldamento, una riferita al periodo di raffrescamento e una al periodo non soggetto a climatizzazione (nell’esempio di **Figura D.9** presente per il solo periodo di riscaldamento), dove è necessario immettere i seguenti input:

- **L’impianto di climatizzazione è a tutt’aria:** il controllo di tutte le grandezze microclimatiche (temperatura in primis) è effettuato mediante l’impiego di 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”**; qualora tale opzione non venga selezionata e la tipologia di ventilazione sia **“Ventilazione meccanica controllata da impianto di climatizzazione”** si configura la presenza di un sistema misto aria-acqua per il quale è richiesta la presenza sia di un sistema impiantistico di tipo aeraulico sia di uno di tipo idronico;
- **Tipologia di ventilatore** in cui l’utente deve scegliere un’opzione dal menu a tendina tra quelle disponibili (vedi **#D.4**):
 - 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

Figura D.9 Schermata di compilazione del modulo **“Portate”** - Sezione **Ventilazione meccanica e Riscaldamento**

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:

- 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 similari),

Rif. #D.4

#D.4_Ventilazione meccanica a semplice o a doppio flusso - Recuperatore di calore

Il **sistema di ventilazione meccanica a semplice flusso** prevede l'estrazione meccanica dell'aria viziata mentre l'afflusso dell'aria esterna avviene attraverso bocchette munite di dispositivi di autoregolazione della portata o viceversa. Si ha un solo ventilatore, in immissione o in estrazione.

La ventilazione meccanica a semplice flusso è un sistema impiantistico comunemente caratterizzato dalla presenza di:

- bocchette autoregolabili o igroregolabili per l'immissione dell'aria
- canali di aspirazione dell'aria;
- impianto di estrazione.

Il **sistema di ventilazione meccanica a doppio flusso** si caratterizza per avere un doppio impianto di ventilazione, formato da canali di distribuzione separati. Un canale controlla e regola l'immissione dell'aria, mentre l'altro è destinato all'aria in estrazione. Si hanno dunque due ventilatori, in immissione e in estrazione. La ventilazione meccanica a doppio flusso è un sistema impiantistico comunemente caratterizzato dalla presenza di:

- bocchette di immissione dell'aria e canali di immissione dell'aria;
- bocchette di estrazione dell'aria e canali di estrazione dell'aria;
- apparato di filtrazione;
- girante/ventola di immissione;
- girante/ventola di estrazione;
- eventuale recuperatore di calore.

L'aria prelevata dalle bocchette di estrazione e proveniente dall'ambiente riscaldato, prima di essere espulsa nell'ambiente esterno può essere fatta circolare all'interno di uno **scambiatore di calore** o **recuperatore di calore**. Tale massa d'aria, con temperatura equivalente a quella dell'aria interna, cede calore all'aria di immissione prelevata dall'ambiente esterno e la pre-riscalda. A seconda della geometria e della tipologia di scambiatore di calore è possibile garantire efficienze di scambio termico comprese tra il 55 e il 90%.

La tipologia di scambiatore più comune è quella **a flussi incrociati**. Le due masse d'aria non entreranno tra loro fisicamente in contatto ma, attraversando canalizzazioni appositamente studiate e ad elevata superficie di scambio, saranno in grado di cedere o assorbire energia termica con una certa efficienza.

Qualora si sia in presenza di zone termiche caratterizzate da ventilazione meccanica, con eventuale recupero, che prevede l'immissione dell'aria in un locale ed estrazione da un altro locale (es.: bagno), è possibile creare un unico ambiente comprendente i due locali avente sia immissione che estrazione d'aria con presenza di eventuale recuperatore.

- Diffusore ad alta induzione da pavimento,
- In tutti gli altri casi (ventilazione naturale, ventilazione meccanica controllata, ventilazione ibrida (naturale + meccanica), ventilazione notturna ai fini del raffrescamento) il campo è precompilato "Ventilazione naturale o sola ventilazione meccanica" e non è modificabile;
- **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, tale voce risulta

preselezionata e non modificabile nel caso di impianti 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,

D|16

- 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,
- In tutti gli altri casi (ventilazione naturale, ventilazione meccanica controllata, ventilazione ibrida (naturale + meccanica), ventilazione notturna ai fini del raffrescamento) il campo è precompilato "Impianti di sola VMC o impianti di climatizzazione a tutt'aria" e non è modificabile;
- **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 CO₂ - Modulo di regolazione della portata,
 - Sensore di CO₂ - 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 estrazio-**

Figura D.10_Schermata di compilazione del modulo "Portate" - Sezione Output

- **ne [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_r)** 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, *cf. ProCal Prospetto 3.XXIV*).

D|3.3 Output

La schermata di compilazione del modulo "Portate" (Figura D.10) richiede, infine, il calcolo da parte del software dei seguenti **Output |A|**:

- Portata media mensile di ventilazione in condizioni di riferimento [m^3/s];
- Portata media mensile di ventilazione in condizioni effettive [m^3/s];
- Portata ventilazione mensile in condizioni di riferimento (periodo non climatizzato) [m^3/s];

Per consentire al software il calcolo delle portate, l'utente, una volta compilati i campi della sezione **Dati generali** e quelli relativi alla ventilazione nei periodi di riferimento

D|4 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.

A Rif. #D.1

B Rif. #D.5

C Rif. #D.7
Rif. § C|1

Numero record: 21	Numero righe da visualizzare: 30	↳ Codice	↳ Nome	↳ Tipologia	↳ Codice struttura	↳ U struttura [W/(m ² ·K)]	↳ 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	38,62	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	2,499		Esterno
28			Finestra camera SO	Trasparente	SER5	2,499		Esterno
29			Finestra camera SO	Trasparente	SER5	2,499		Esterno
30			Solaio sottotetto	Opaca	SOF1	1,811	166,84	Zona non climatizzata
31			Parete interna	Opaca	PAR3	2,047	240,50	Ambiente climatizzato ...

NUOVA DISP. TERRENO | NUOVA DISP. OPACA | NUOVA DISP. TRASPARENTE

Figura D.11_Schermata "Zona termica - Involucro" con la visualizzazione delle Dispersioni

(riscaldamento, raffrescamento e non soggetto a climatizzazione), dovrà semplicemente selezionare il pulsante "Calcola portata" in modo da attivare il calcolo delle portate mensili e, terminata la compilazione, il **pulsante "Salva" |B|** in basso a destra.

D|17

Il modulo "Dispersioni" si compila (Figura D.11) seguendo il percorso Edificio > Stato di fatto > Subalterni > Subalterno > Zona Termica > Involucro e selezionando l'icona **Dispersioni |A|**; nella **tabella dell'area di lavoro |B|** viene visualizzato l'elenco delle strutture riferite alla Zona termica (per avere indicazioni su quali superfici siano da considerarsi disperdenti e quali superfici siano da inserire vedi **#D.1** e **#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.

D|4.1 Dispersione terreno

Il pulsante "Nuova dispersione verso terreno" è attivo nel solo caso in cui l'utente ha scelto il Metodo analitico ZNC/Terreno (vedi **#D.7** e **§ C|1**). La schermata di compilazione del modulo "Dispersione terreno" (Figura D.12) richiede l'implementazione dei **Dati generali |A|** dove è necessario immettere i seguenti input:

- **Nome** della dispersione assegnato dall'utente;
- **Note** (opzionale) per specificare eventuali informazioni aggiuntive;
- **Trasmittanza elemento terreno** il cui valore è automaticamente compilato **trascinandolo** l'elemento di cui si vuole calcolare la dispersione dalla **finestra laterale sinistra** **|B|** nel campo arancione con il simbolo . Per potere compilare questa schermata è necessario avere precedentemente creato un "Terreno" (seguendo il percorso Edificio > Stato di fatto > Caratteristiche Generali > Involucro), che si ritrova nella palette presente nella finestra laterale sinistra denominata "Terreni";
- **Verso di dispersione** è un campo non modificabile e risulta già compilato come "Terreno";
- **Superficie dell'elemento disperdente lorda [m²]** in cui l'utente inserisce l'area lorda dell'elemento disperdente (vedi #D.6).
- **Superficie dell'elemento disperdente netta [m²]** in cui l'utente inserisce l'area netta dell'elemento disperdente (vedi #D.6).

Terminata la compilazione è necessario selezionare il pulsante "Salva" in basso a destra dell'area di lavoro.

D|4.2 Dispersione opaca

Per poter inserire una struttura opaca occorre premere il pulsante "Nuova dispersione opaca". La schermata di compilazione del modulo "Dispersione opaca" (Figura D.13) si compone di 4 sezioni:

- **Dati generali;**
- **Irraggiamento** (presente se in Dati Generali si dichiara che sulla superficie si ha irraggia-

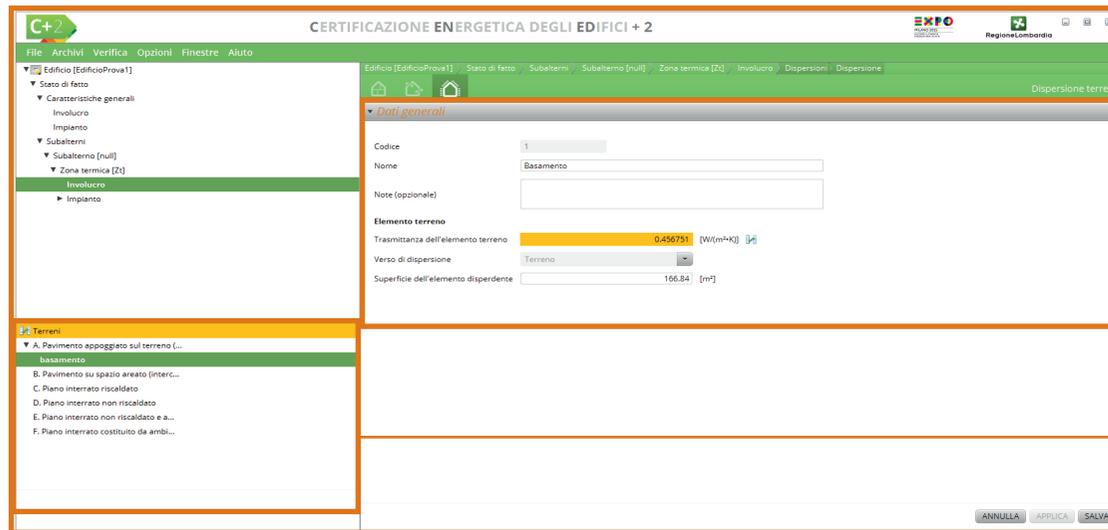


Figura D.12_Schermata di compilazione del modulo "Nuova dispersione terreno"

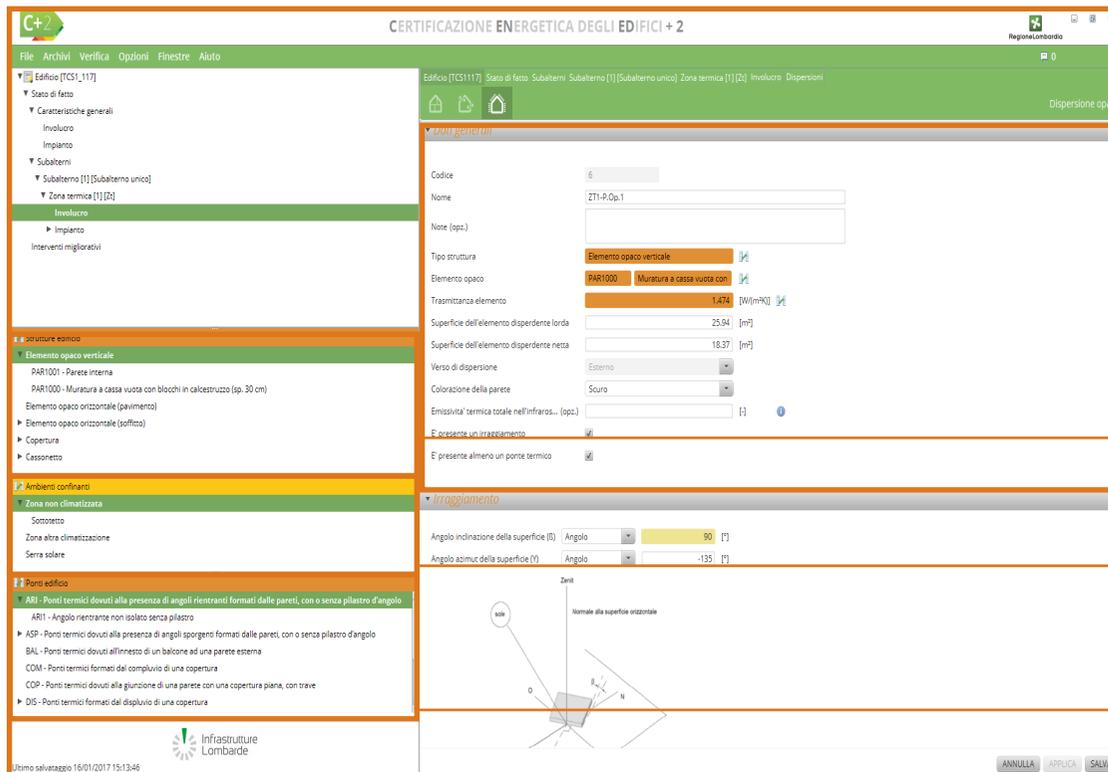


Figura D.13_Schermata di compilazione del modulo "Nuova dispersione opaca" - Dati generali

A

B

Rif. #D.6

A

Rif. #D.6

B

C

D

#D.5_Superfici disperdenti

L'**Allegato A del DDUO 2456/17** definisce la **superficie disperdente S** (m²) come “superficie che delimita il volume climatizzato V rispetto all'esterno, al terreno, ad ambienti a diversa temperatura o ambienti non dotati di impianto di climatizzazione”. Sono dunque da **considerarsi superfici disperdenti**:

- le superfici confinanti con l'ambiente esterno (verso di dispersione “Esterno”);
- le superfici confinanti con il terreno (verso di dispersione “Terreno”);
- le superfici confinanti con ambienti serra (verso di dispersione “Serra solare”; in questo caso occorre trascinare dalla palette degli ambienti confinanti la “Serra solare”, precedentemente creata);
- le superfici confinanti con altri ambienti riscaldati (dallo stesso impianto termico che serve l'oggetto dell'APE o da altro impianto termico) non oggetto di APE e a temperatura di progetto differente (verso di dispersione “Zona altro edificio”; in questo caso occorre trascinare dalla palette degli ambienti confinanti la “Zona altra climatizzazione”, precedentemente creata);
- le superfici confinanti con altri ambienti non riscaldati non oggetto di APE (verso di dispersione “Zona non climatizzata”; in questo caso occorre trascinare dalla palette degli ambienti confinanti la “Zona non climatizzata”, precedentemente creata).

Occorre tuttavia inserire nella schermata “Dispersioni” del software anche le superfici che concorrono al calcolo della Capacità Termica Areica, anche se non risultano disperdenti. Quindi, nella **Tabella dell'area di lavoro |B| (Figura D.11)** occorre inserire:

- tutte le superfici disperdenti come sopra indicate;
- le superfici confinanti con altri ambienti riscaldati (dallo stesso impianto termico che serve l'oggetto dell'APE o da altro impianto termico) non oggetto di APE e alla stessa temperatura di progetto (verso di dispersione “Zona altro edificio”; in questo caso occorre trascinare dalla palette degli ambienti confinanti la “Zona altra climatizzazione”, precedentemente creata);
- i solai interpiano della medesima unità immobiliare oggetto di APE (verso di dispersione “Ambiente climatizzato interno all'edificio”);
- i divisori interni della medesima unità immobiliare oggetto di APE (verso di dispersione “Ambiente climatizzato interno all'edificio”). Tali strutture non vanno inserite nel caso di calcolo forfettario della Capacità Termica Areica e possono essere trascurate se il loro contributo è poco significativo dal punto di vista della inerzia termica nel caso di calcolo puntuale.

Le superfici di separazione tra l'unità immobiliare oggetto di APE e le unità immobiliari adiacenti sono da considerare disperdenti solo se le unità immobiliari adiacenti risultano essere “non climatizzabili”.

Qualora il subalterno adiacente e collegato in modo diretto al subalterno oggetto di APE abbia un impianto di climatizzazione, l'elemento di separazione mancante per la separazione degli ambienti non è da inserire in quanto non è superficie disperdente; è possibile indicare tale particolarità nelle note dell'APE.

#D.7_Superfici disperdenti verso terreno

Nel caso di inserimento di strutture disperdenti verso terreno, occorre distinguere tra due casi:

- **Metodo analitico del ZNC/Terreno** (vedi **Modulo C** del Manuale): le superfici disperdenti verso terreno devono essere inserite compilando la schermata “**Dispersioni terreno**” (seguendo il percorso Edificio > Stato di fatto > Subalterni > Subalterno > Zona Termica > Involucro > Dispersioni). Per poter compilare questa schermata è necessario avere creato un “Terreno” a livello di Edificio > Stato di fatto > Caratteristiche Generali > Involucro e avere inserito a livello di “Archivio edificio” una struttura disperdente verso terreno con definizione della stratigrafia;
- **Metodo forfettario del ZNC/Terreno**: le superfici disperdenti verso terreno devono essere inserite compilando la schermata “**Dispersione opaca**” (seguendo il percorso Edificio > Stato di fatto > Subalterni > Subalterno > Zona Termica > Involucro > Dispersioni). In questo caso dovrà essere indicato come verso di dispersione “Terreno” e dovrà essere trascinata dalla palette “Strutture edificio” una struttura per la quale si sia definito, a livello di “Archivio utente”, come verso di dispersione “terreno” e, qualora sia stata inserita la stratigrafia della struttura, non sia spuntata la casella “struttura a contatto con il terreno”.

#D.6_Superficie lorda e netta

D|19

La **superficie lorda delle strutture disperdenti orizzontali** deve essere calcolata considerando le murature perimetrali:

- per l'intero spessore se confinano con l'ambiente esterno, con il terreno o con un ambiente non riscaldato;
- fino alla mezzera dello spessore se confinano con un altro ambiente riscaldato o da considerare riscaldato con impianto di riferimento.

La **superficie lorda delle strutture disperdenti verticali** deve essere calcolata al netto di serramenti, cassonetti e porte, considerando il solaio superiore e il solaio inferiore:

- per l'intero spessore se confinano con l'ambiente esterno, con il terreno o con un ambiente non riscaldato;
- fino alla mezzera dello spessore se confinano con un altro ambiente riscaldato o da considerare riscaldato con impianto di riferimento.

La **superficie netta delle strutture disperdenti** non deve considerare le strutture perimetrali (murature o solai) ed è calcolata al netto di eventuali serramenti, cassonetti e porte.

#D.8_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, θ_i , e il valore medio mensile della temperatura media giornaliera esterna, θ_e [°C];

Δt 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:

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

θ_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.

mento);

- **Ombre;**
- **Ponti** (vedi **#D.14**).

Nella sezione **Dati generali |A|** è richiesto l'inserimento dei seguenti dati:

- **Nome** della dispersione assegnato dall'utente;
- **Note** (opzionale) per specificare eventuali informazioni aggiuntive;
- **Tipo di struttura, elemento opaco e Trasmittanza elemento** (vedi **#D.13**) sono campi che si compilano automaticamente **trascinando** l'elemento di cui si vuole calcolare la dispersione dalla finestra laterale sinistra **Strutture edificio |B|** nel campo arancione con il simbolo . Per potere compilare questa schermata è necessario dunque avere precedentemente inserito la struttura nell'Archivio Edificio e solo in questo caso è possibile ritrovare la struttura stessa nella palette denominata "Strutture edificio", presente nella finestra laterale sinistra, e trascinarla nell'area di lavoro;
- **Superficie dell'elemento disperdente lorda [m²]** in cui l'utente inserisce l'area lorda dell'elemento disperdente (vedi **#D.6**);
- **Superficie dell'elemento disperdente netta [m²]** in cui l'utente inserisce l'area netta dell'elemento disperdente (vedi **#D.6**);
- **Verso di dispersione** si tratta di un campo non editabile che riporta quanto imputato nell'Archivio edificio per la struttura considerata:
 - Esterno, Terreno, Zona non climatizzata, Serra solare, Zona climatizzata impianto altro edificio,
 - Ambiente climatizzato interno all'edificio,
- **Colorazione della parete** il campo è editabile nei casi di struttura avente come verso di dispersione "Esterno", è possibile scegliere tra *Chiaro, Medio e Scuro*;
- **Ambiente circostante per elementi a contatto con il terreno** (vedi **#D.7**) attivo solo se non si è scelto il Metodo analitico ZNC/Terreno (vedi **§ C/1**) e se il verso di dispersione della struttura trascinata 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);
- **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 **§ 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 as-

Rif. #D.6

Rif. #D.6

Rif. #D.7

Rif. § C/1

Rif. § C/1

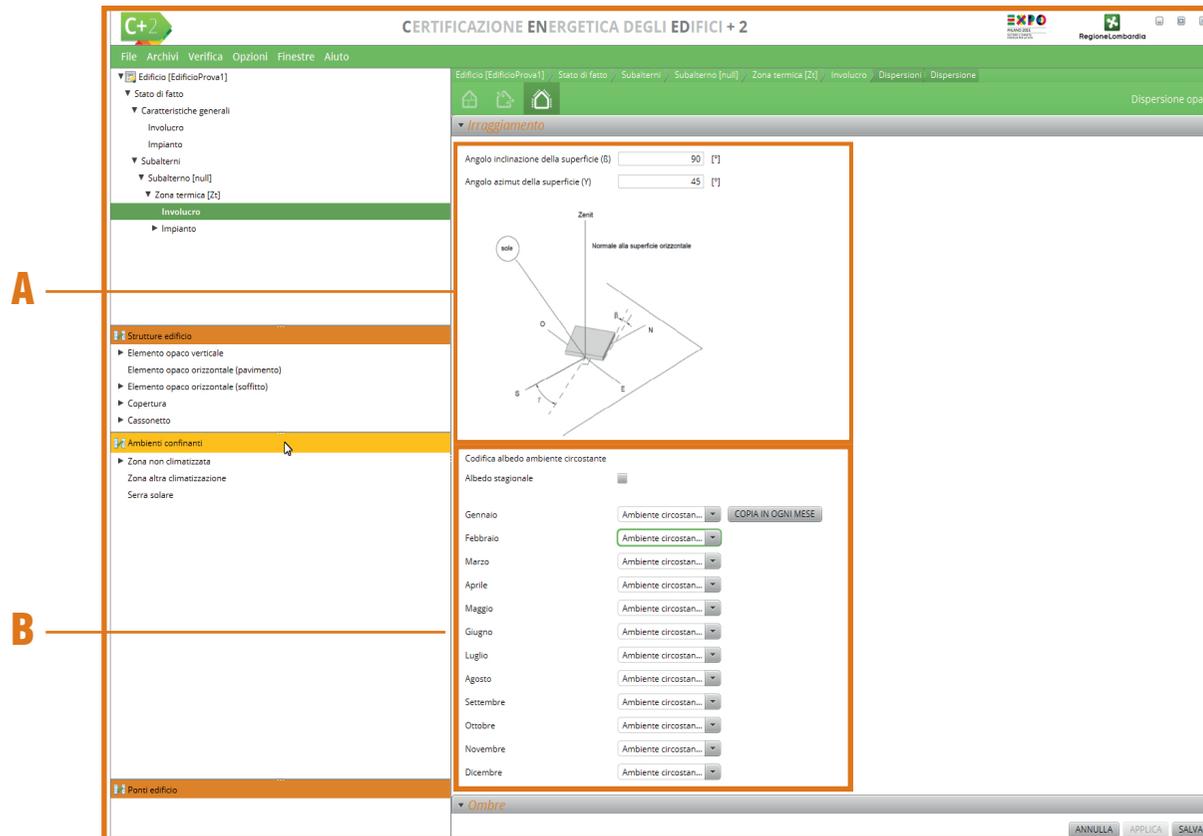


Figura D.14_Schermata di compilazione del modulo “Nuova dispersione opaca” - Irraggiamento

sume 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 . Per poter compilare questa schermata è necessario avere precedentemente creato un “Ambiente confinante” – Zona altra climatizzazione – zona non climatizzata – serra solare (seguendo il percorso Edificio > Stato di fatto > Caratteristiche Generali > Involucro), che si ritrova nella palette presente nella finestra laterale sinistra denominata “Ambienti confinanti” (vedi #D.8 e #D.16)
- **È presente un irraggiamento** l'utente seleziona la casella se la superficie è irraggiata;
- **È presente almeno un ponte termico** indica che 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].

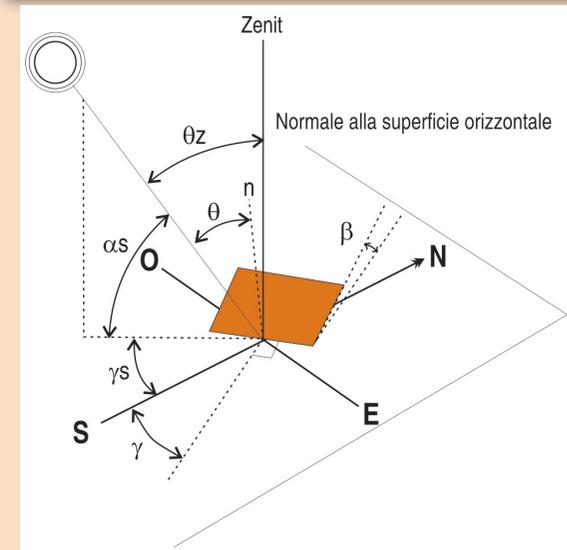
Rif. #D.9

Rif. #D.8

Rif. #D.16

#D.9_Irradiazione su superficie orientata

D|21



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

- β angolo di inclinazione della superficie (compreso tra 0° e 180°);
- γ angolo azimut della superficie (0° per superfici con normale orientata a sud, -90° a est, $+90^\circ$ a ovest e $\pm 180^\circ$ a nord);
- γ_s angolo azimut solare;
- α_s altezza solare;
- θ 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;
- θ_z angolo di incidenza della radiazione rispetto allo Zenit.

La sezione **Irraggiamento (Figura D.14)** è presente se nella sezione “Dati Generali” si è dichiarata la presenza di irraggiamento (*vedi #D.9*) sulla superficie (cioè se la struttura confina con l'esterno). In riferimento alla struttura disperdente analizzata, l'utente dovrà implementare, rispetto allo **schema raffigurato [A]**, i seguenti dati:

- **Angolo inclinazione della superficie (β)** è un valore compreso tra 0° e 180° . Per inclinazioni “standard” (orizzontale e verticale) l'utente seleziona dal menu a tendina l'inclinazione e il valore dell'angolo β è compilato automaticamente. Nel caso di superfici diversamente inclinate è possibile selezionare “angolo” dal menu a tendina e si imputa il valore dell'angolo β specifico (ad esempio 30° per un tetto a falda). Alcune situazioni tipiche sono:
 - 0° > Superfici orizzontali con esposizione ai raggi solari sul lato superiore, ad esempio copertura piana,
 - 90° > Superfici verticali,
 - 180° > Superfici orizzontali con esposizione esterna sul lato inferiore, ad esempio pavimento su pilotis;
- **Angolo azimut della superficie (γ)** è un valore compreso tra -180° e $+180^\circ$. Per orientamenti “standard” (N, NE, E, SE, S, SO, O, NO) l'utente seleziona dal menu a tendina l'orientamento e il valore dell'angolo γ è compilato automaticamente. Nel caso di superfici diversamente orientate è possibile selezionare “angolo” dal menu a tendina e inserire il valore dell'angolo γ specifico. Alcune situazioni tipiche sono:
 - 0° > Orientamento a Sud,

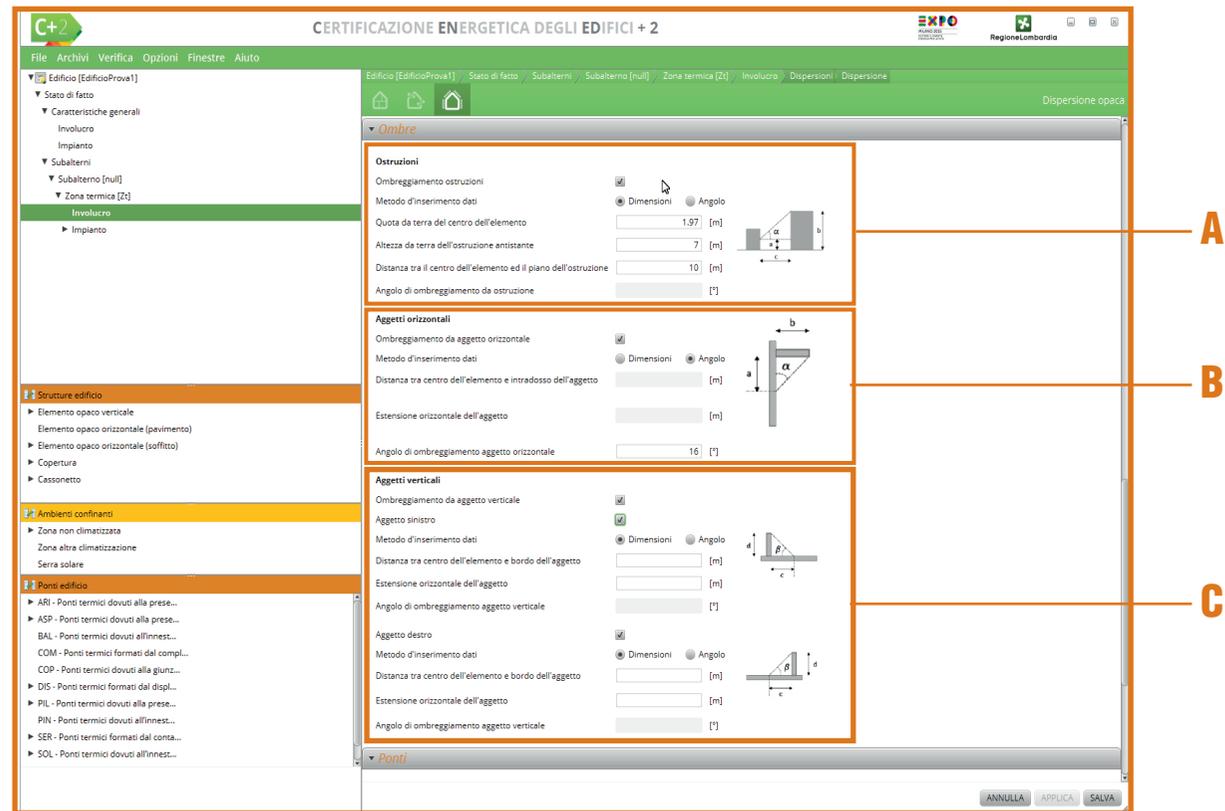


Figura D.15_Schermata di compilazione del modulo “Nuova dispersione opaca” - Ombre

- -90° > Orientamento a Est,
- $+90^\circ$ > Orientamento a Ovest,
- 180° > Orientamento a Nord.

Per quanto riguarda l'albedo e l'influenza dell'**ambiente circostante [B]** occorre scegliere tra le due opzioni:

- selezionare la casella di controllo “**Albedo stagionale**”: il software richiede la descrizione dell'ambiente circostante per la stagione estiva e per quella invernale;
- scegliere, mese per mese (o replicare la scelta effettuata sul primo mese attraverso il pulsante “**Copia in ogni mese**”) la descrizione dell'ambiente circostante.

Le scelte per descrivere l'ambiente circostante selezionabili daluna delle seguenti opzioni del menu a tendina sono le seguenti:

- Ambiente circostante generico (coefficiente di albedo $\rho = 0,20$);

#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 balconi, 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 α_o :

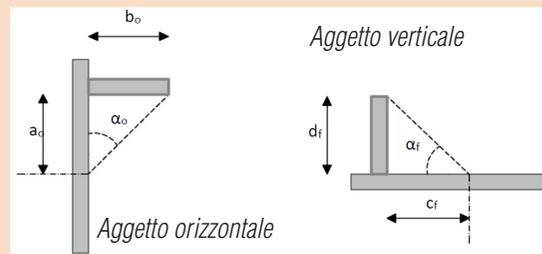
$$\alpha_o = \arctan(b_o/a_o)$$

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_i e l'estensione dell'aggetto d_i , è possibile calcolare l'angolo di ombreggiatura dell'aggetto verticale α_i :

$$\alpha_i = \arctan(d_i/c_i)$$



Rif. #D.11

Rif. #D.10

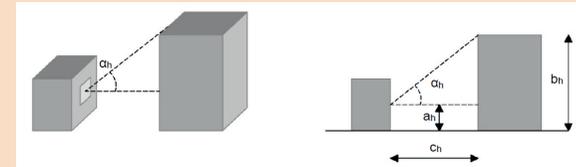
- Neve (caduta di fresco o con un film di ghiaccio) ($\rho = 0,75$);
- Superfici acquose ($\rho = 0,07$);
- Suolo (creta, marne) ($\rho = 0,14$);
- Strade sterrate ($\rho = 0,04$);
- Bosco di conifere d'inverno ($\rho = 0,07$);
- Bosco in autunno/campi con raccolti maturi e piante ($\rho = 0,26$);
- 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, vernici scure) ($\rho = 0,27$);
- Superfici chiare di edifici (mattoni chiari, vernici chiare) ($\rho = 0,60$).

Nella sezione **Ombre** (Figura D.15) il software considera l'effetto ombreggiante di tre

#D.11_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_n quota da terra del centro dell'elemento;
- b_n altezza da terra dell'ostruzione antistante;
- c_n distanza tra il centro dell'elemento e il piano dell'ostruzione;
- α_n angolo di ombreggiatura dell'ostruzione.



tipologie di elementi:

- Ostruzioni esterne all'edificio e ombreggianti l'elemento (vedi #D.11);
- Aggetti orizzontali facenti parte dell'edificio e ombreggianti l'elemento (vedi #D.10);
- Aggetti verticali facenti parte dell'edificio e ombreggianti l'elemento (vedi #D.10).

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

- **Dimensioni** in questo caso occorre indicare:
 - Quota da terra del centro dell'elemento [m],
 - Altezza da terra dell'ostruzione antistante [m],
 - Distanza tra il centro dell'elemento e il

D|24

piano dell'ostruzione [m];

- **Angolo** in questo caso occorre indicare l'angolo di ombreggiamento da ostruzione [°].

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

- **Dimensioni** in questo caso occorre indicare:
 - Distanza tra centro dell'elemento e intradosso dell'aggetto [m],
 - Estensione orizzontale dell'aggetto [m];
- **Angolo** in questo caso occorre indicare l'angolo di ombreggiamento oggetto orizzontale [°].

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

- **Dimensioni** in questo caso occorre indicare:
 - Distanza tra centro dell'elemento e bordo dell'aggetto [m],
 - Estensione orizzontale dell'aggetto [m];
- **Angolo** in questo caso occorre indicare l'angolo di ombreggiamento oggetto verticale [°].

La sezione **Ponte** (Figura D.16) si compila trascinandolo il ponte termico dalla finestra laterale sinistra nella Tabella. Per effettuare il trascinamento è necessario avere precedentemente inserito i ponti termici nell'Archivio Edificio, in modo da ritrovarli nella palette presente nella finestra laterale sinistra denominata "Ponti edificio"; effettuato il trascinamento è richiesto l'inserimento della lunghezza (m), intesa come lorda se è stato scelto di effettuare il calcolo dei ponti termici e delle dispersioni sul profilo lordo,

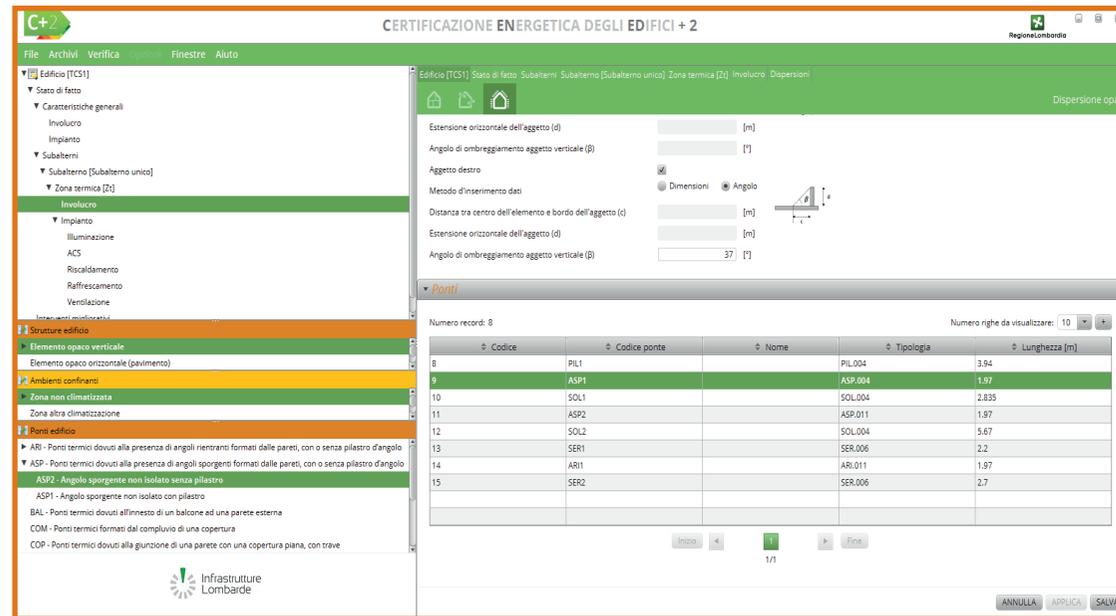
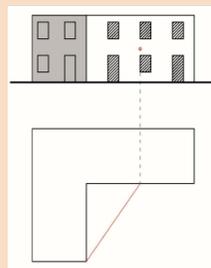
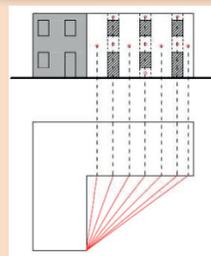


Figura D.16_Schermata di compilazione del modulo "Nuova dispersione opaca" - Ponti

#D.12_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.

Figura D.17_Schermata di compilazione del modulo “Nuova dispersione trasparente” - Dati generali e serramento

netta in caso contrario.

Qualora venga associato un ponte termico calcolato a partire da una struttura opaca non coerente con quella associata alla dispersione in oggetto, verrà mostrato un messaggio di avviso “Le strutture e/o i ponti termici inseriti nella dispersione non sono coerenti tra loro”.

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

D|4.3 Dispersione trasparente

Per potere inserire una struttura trasparente occorre premere il pulsante “Nuova dispersione trasparente”. La schermata di compilazione del modulo “**Dispersione trasparente**” si compone di 4 sezioni:

- Dati generali;
- Serramento;
- Schermature;
- Output;

- Irraggiamento (presente se in Dati Generali si dichiara che sul serramento si ha irraggiamento);
- Ombre;
- Ponti.

Nella sezione **Dati generali |A|** (Figura D.17) occorre immettere i seguenti input:

- **Nome** della struttura assegnato dall’utente;
- **Note** (opzionale) per specificare il tipo di struttura;
- **Superficie elemento disperdente [m²]** 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** il campo è attivo nel caso in cui la struttura non confini con l’esterno, in questo caso sarà necessario trascinare l’ambiente specifico dalla finestra laterale sinistra **Ambienti confinanti |C|** nel campo arancione con il simbolo ;
- **Serramento doppio** la casella deve essere selezionata se è presente un doppio serramento, in questo caso la successiva sezione **Serramento |B|** si duplica e l’utente dovrà inserire le caratteristiche di ciascun serra-

D|26

- mento presente interno ed esterno;
- **È presente un irraggiamento** l'utente seleziona la casella se la superficie è irraggiata;
- **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" (vedi **#D.14**).

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 *Trasmittanza globale serramento* (se inserita in Archivio, vedi **#D.15**), *Tipo di struttura*, *Area telaio* e *Area vetro* si autocompilano.

Nel caso di serramento doppio tale sezione si suddivide nelle sottosezioni **Serramento esterno** e **Serramento interno**, nelle quali è richiesto di trascinare dalla finestra laterale sinistra **Strutture edificio |C|** gli elementi di Archivio che compongono la dispersione trasparente, e **Intercapedine** in cui è richiesto di definire lo spessore dell'intercapedine formata dai due serramenti (le opzioni previste sono 6, 9, 12, 15, 50, 100, 150, 200, 250 e 300 mm) e il **Tipo di trattamento** (le opzioni previste sono "Trattamento basso-emissivo assente", "Trattamento basso emissivo (emissività normale 0,8)", "Trattamento basso emissivo (emissività normale 0,4)", "Trattamento basso emissivo (emissività normale 0,2)", "Trattamento basso emissivo (emissività normale 0,1)").

Nella sezione **Schermature (Figura D.18)** l'utente definisce **il Tipo e la Posizione della scherma-**

#D.13_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/m²K];

$A_{L,j}$ è l'area lorda di ciascun componente, j, della struttura k-esima che separa la zona termica considerata dall'ambiente circostante [m²];

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/m²K];

$\Psi_{e,i}$ 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:

$$U_j = \frac{1}{R_{se} + \sum_{i=1}^{N_s} \frac{d_i}{\lambda_i} + \sum_{i=1}^{N_i} R_i + R_{si}}$$

dove:

R_{se} è la resistenza termica superficiale esterna (cfr. **ProCal Prospetto 3.III**) [K m²/W];

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

λ_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**) [m²K/W];

R_{si} è la resistenza termica superficiale interna (cfr. **ProCal Prospetto 3.III**) [K m²/W];

N_s è il numero di strati omogenei;

N_i è il numero di intercapedini d'aria.

Rif. #D.14

Rif. #D.15

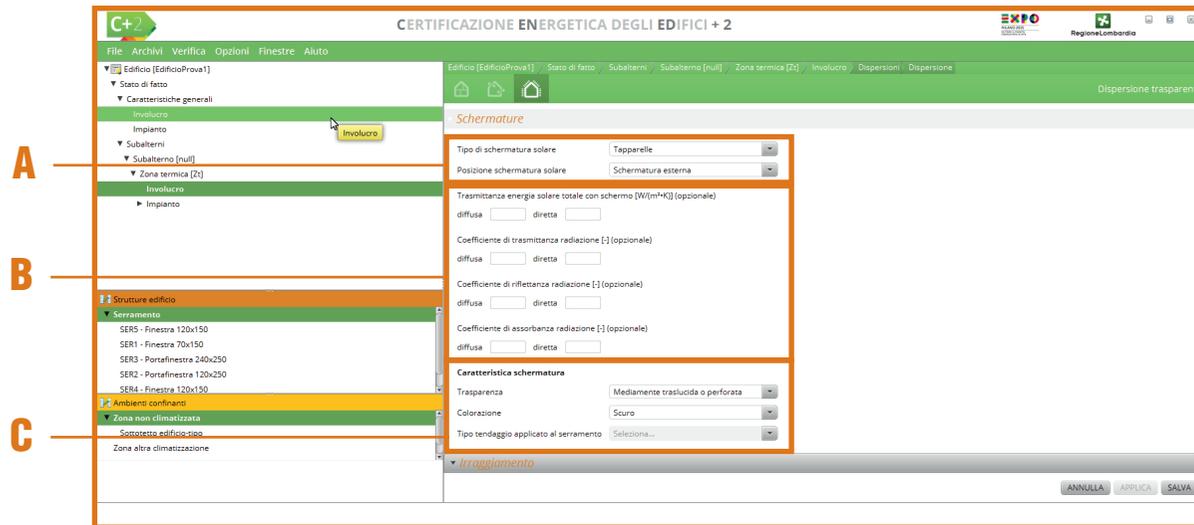


Figura D.18_Schermata di compilazione del modulo “Nuova dispersione trasparente” - Scherature

ProCal 3.3

tura |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** richiesto per i tipi di schermatura solare diversi a “Schermatura solare assente” e “Tenda” e consente di scegliere 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:

- Trasmittanza energia solare totale con schermo (diffusa e diretta);
- Coefficiente di trasmittanza 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;
- **Tipo tendaggio applicato al serramento** qualora il tipo di schermatura associato al serramento sia 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.

Completato l'inserimento dei dati relativi alla sezione **Serramento** (o nel caso di serramento doppio di **Serramento interno**, **Serramento esterno** e **Intercapedine**) e **Schermature** è possibile cliccare sul pulsante "Calcola serramento" per visualizzare nella sezione **Output** i calcoli relativi a **Trasmittanza globale del serramento [W/(m²K)]**, **Trasmittanza globale serramento con effetto chiusura [W/(m²K)]** e **Area totale serramento (m²)** (vedi **#D.15**).

Per l'inserimento dei dati relativi alle sezioni successive **Irraggiamento**, **Ombre** e **Ponti** si può fare riferimento al **§D|4.2** e alle **Figure D.14**, **D.15** e **D.16**.

Qualora siano presenti più elementi trasparenti della stessa tipologia e aventi le medesime caratteristiche di irraggiamento, ombre e ponti termici è possibile procedere alla copia dell'elemento precedentemente creato direttamente dalla Tabella riassuntiva delle dispersioni.

#D.14_Ponti termici

Per qualsiasi tipologia di edificio certificato ai sensi dell'Allegato H al DDUO 2456/2017, l'incidenza dei ponti termici deve essere determinata in accordo alla UNI EN ISO 14683, che prevede il calcolo numerico dettagliato secondo la UNI EN ISO 10211 o in alternativa attraverso atlanti di ponti termici ovvero l'uso di metodi di calcolo "manuali" (correlazioni).

È escluso l'impiego dei valori di progetto della trasmittanza termica lineare riportati nell'allegato A della UNI EN ISO 14683.

Il database dei Ponti termici contenuto nell'Archivio software e i relativi algoritmi di calcolo utilizzati fanno riferimento all'Abaco dei ponti termici sviluppato dall'Organismo di Accreditamento, in collaborazione con Politecnico di Milano e ANCE Lombardia.

L'abaco dei ponti termici può essere utilizzato qualora il singolo ponte termico ricada nel campo di validità riportato sulla scheda specifica. Per condizioni al contorno che si discostano completamente da quelle riportate è necessario determinare la trasmittanza termica lineica effettiva del ponte termico; tale calcolo può essere effettuato avvalendosi di norme tecniche predisposte dagli organismi deputati a livello nazionale o comunitario. In tal caso il ponte può essere inserito come ponte utente.

Per ogni zona termica è necessario inserire tutti i ponti termici presenti nell'edificio oggetto di APE.

In presenza di almeno un elemento disperdente trasparente è necessario inserire in alternativa:

- un ponte termico da abaco di tipo SER e un ponte termico da abaco riferito ad un elemento opaco ;
- due ponti termici utente (differenti tra loro).

In assenza di elementi disperdenti trasparenti è necessario inserire in alternativa:

- un ponte termico da abaco riferito ad un elemento opaco;
- un ponte termico utente. Le ricordiamo che i ponti termici creati in archivio devono essere effettivamente utilizzati all'interno delle dispersioni.

Rif. #D.15

Rif. §D.4.2

#D.15 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/m²K];

A_g è l'area del vetro [m²];

U_g è la trasmittanza termica del vetro (cfr. **ProCal Prospetto 3.V**) [W/m²K];

A_t è l'area del telaio, [m²];

U_t è la trasmittanza termica del telaio (cfr. **ProCal Prospetto 3.VI**) [W/m²K];

L_g è il perimetro del vetro [m];

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

Nel caso di **serramenti composti da due telai separati**, doppio serramento, la trasmittanza si calcola mediante la relazione che segue:

$$U_w = \frac{1}{\frac{1}{U_{w1}} - R_{si} + R_s + R_{se} + \frac{1}{U_{w2}}}$$

dove:

U_{w1} è la trasmittanza termica del componente interno o fornita dal costruttore, [W/m²K];

U_{w2} è la trasmittanza termica del componente esterno o fornita dal costruttore, [W/m²K];

R_{si} è la resistenza termica superficiale interna della finestra esterna quando applicata da sola (ai fini del calcolo si assume pari a 0,13 m²K/W);

R_s è la resistenza termica dell'intercapedine racchiusa tra le vetrate delle due finestre (cfr **Prospetto 3.X**) [m²K/W];

R_{se} è la resistenza termica superficiale esterna della finestra interna quando applicata da sola (ai fini del calcolo si assume pari a 0,04 m²K/W).

L'**effetto di chiusure esterne** ai fini dell'incremento dell'isolamento notturno o della sicurezza (cioè quando non serve la trasparenza), se esistenti, deve essere tenuto in conto tramite il calcolo di una trasmittanza media giornaliera in funzione della frazione media giornaliera media mensile di chiusura della protezione:

$$U_{w,ave} = U_{w+shut} + f_{shut} \cdot f_{shut} + U_w \cdot (1 - f_{shut})$$

dove:

$U_{w,ave}$ è la trasmittanza termica media del componente trasparente più la chiusura esterna, [W/m²K];

U_w è la trasmittanza termica del componente trasparente senza chiusura esterna, [W/m²K];

U_{w+shut} è la trasmittanza termica del componente trasparente più la chiusura esterna, [W/m²K];

f_{shut} frazione media giornaliera media mensile di chiusura della protezione, che viene sempre convenzionalmente essere assunta pari a 0,6;

$$U_{w+shut} = \frac{1}{\frac{1}{U_w} + \Delta R}$$

dove:

ΔR è la resistenza termica addizionale ΔR della sola chiusura esterna, [m²K/W]. In assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, i valori di resistenza termica addizionale ΔR della chiusura esterna possono essere ricavati dal **Prospetto 3.XI**.

#D.16_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];

θ_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) [$^{\circ}C$];

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

θ_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**

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

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 ciascun 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 $0,5 \text{ h}^{-1}$)	0,00
Aree interne di circolazione non climatizzate e liberamente ventilate (rapporto tra l'area delle aperture e volume dell'ambiente maggiore di $0,005 \text{ m}^2/\text{m}^3$)	1,00
Terreno	0,45
Vespajo (aerato e non)	0,80

NOTE

