

# PAN 7

## MANUALE DEL SOFTWARE



### **LOGICHE DI UTILIZZO DEL SOFTWARE PAN 7**

**Milano, 29 luglio 2016**

**Il manuale è basato sulla versione di PAN 7.0.1.15**

Sviluppo software: TEP s.r.l.

Distribuzione software: ANIT

Via Savona, 1/B - 20144 Milano

P. IVA e C. F. 10429290157

tel. 02-02 89415126

[software@anit.it](mailto:software@anit.it)

[www.anit.it](http://www.anit.it)

# INDICE

<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>4</b>
Modelli di calcolo e database .....	4
Attivazione del software Per visualizzare tutorial clicca qui. ....	5
La suite dei software ANIT Per visualizzare tutorial clicca qui. ....	5
<b>2. MENÙ GENERALE .....</b>	<b>6</b>
(A) Progetto .....	6
(B) Archivio .....	6
(C) Manuale .....	8
<b>3. DATI DEL PROGETTO .....</b>	<b>9</b>
<b>4. DATI CLIMATICI ESTERNI .....</b>	<b>10</b>
(A) Selezione della località.....	11
(B) Dati climatici medi mensili .....	11
(C) Trasmittanza termica di riferimento e limite .....	11
(D) Dati climatici orari del giorno tipico estivo.....	11
(E) Ulteriori informazioni utili.....	12
(F) Normativa di riferimento per i dati climatici.....	12
<b>5. DATI CLIMATICI INTERNI.....</b>	<b>13</b>
(A) Dati noti.....	13
(B) Valori critici .....	14
(C) Dati medi mensili .....	14
<b>6. ELENCO STRUTTURE .....</b>	<b>16</b>
(A) Aggiungi nuovo .....	16
(B) Aggiungi da archivio .....	17
(C) Pannello di controllo delle strutture .....	17
<b>7. DESCRIZIONE DELLA STRATIGRAFIA.....</b>	<b>18</b>
(A) Descrizione.....	19
(B) Selezione del materiale .....	19
(C) Creazione della stratigrafia .....	20
(D) Tipo di elemento .....	20
(E) Risultati in accordo con UNI EN ISO 6946:2008 .....	20
(F) Risultati in accordo con UNI EN ISO 13786:2008 .....	21
(G) Intercapedini d'aria.....	22
(H) Strutture controterra secondo UNI EN ISO 13370 .....	22
<b>8. TRASMITTANZE .....</b>	<b>24</b>
(A) Trasmittanza stazionaria U .....	24
(B) Trasmittanza periodica Yie.....	25
<b>9. RISCHIO MUFFA .....</b>	<b>26</b>
(A) Condizioni climatiche interne .....	27
(B) Tipo di ambiente non riscaldato .....	27
(C) Dati medi mensili .....	27

---

(D) Verifica del rischio muffa e condensa superficiale .....	27
<b>10. CONDENZA INTERSTIZIALE .....</b>	<b>28</b>
(A) Tabella delle pressioni di saturazione di vapore.....	29
(B) Diagrammi di Glaser.....	29
(C) Schema interfacce.....	31
(D) Inserisci nella relazione.....	31
(E) Condensa accumulata .....	31
<b>11. CONDENZA ORARIA.....</b>	<b>32</b>
<b>12. TEMPO D'ASCIUGATURA .....</b>	<b>35</b>
<b>13. VERIFICHE ESTIVE .....</b>	<b>37</b>
<b>14. RELAZIONE E RELAZIONE PROGETTO .....</b>	<b>40</b>
<b>Appendice A. La norma UNI 10351:2015 .....</b>	<b>41</b>
<b>Appendice B. Lambda di progetto .....</b>	<b>45</b>
<b>Appendice C. Materiale a <math>\mu</math> variabile.....</b>	<b>46</b>
<b>Appendice D. Isolanti riflettenti .....</b>	<b>47</b>
<b>Appendice E. Dispersioni verso il terreno .....</b>	<b>49</b>

# 1. INTRODUZIONE

PAN 7 è il software della suite ANIT per l'analisi delle stratigrafie opache dell'involucro edilizio (pareti, coperture e pavimenti). Il software si basa su modelli di calcolo conformi alle norme vigenti per l'analisi termica, igrometrica e dinamica ed è allineato alle modalità di verifica definite a livello nazionale dal DM 26/6/2015.

## Modelli di calcolo e database

PAN implementa i modelli di calcolo forniti dalle seguenti norme:

UNI EN ISO 6946:2008	Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo
UNI EN ISO 13788:2013	Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e la condensazione interstiziale - Metodi di calcolo
UNI EN ISO 13786:2008	Prestazione termica dei componenti per edilizia - Caratteristiche termiche dinamiche - Metodi di calcolo
UNI EN ISO 13370:2008	Prestazione termica degli edifici - Trasferimento di calore attraverso il terreno - Metodi di calcolo
UNI EN ISO 10456:2008	Materiali e prodotti per edilizia - Proprietà igrometriche - Valori tabulati di progetto e procedimenti per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto

Le informazioni presenti negli archivi di PAN sono ricavati dalla seguenti fonti:

UNI 10351:2015	Materiali e prodotti per edilizia - Proprietà termoigrometriche - Procedura per la scelta dei valori di progetto
UNI 10355:1994	Murature e solai. Valori della resistenza termica e metodo di calcolo.
UNI EN ISO 10456:2008	Materiali e prodotti per edilizia - Proprietà igrometriche - Valori tabulati di progetto e procedimenti per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto
UNI 10349-1:2016	Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 1: Medie mensili per la valutazione della prestazione termo-energetica dell'edificio e metodi per ripartire l'irradianza solare nella frazione diretta e diffusa e per calcolare l'irradianza solare su di una superficie inclinata
UNI 10349-2:2016	Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 2: Dati di progetto
UNI 10349-3:2016	Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 3: Differenze di temperatura cumulate (gradi giorno) ed altri indici sintetici
UNI 10349:1994	Riscaldamento e raffrescamento degli edifici Dati climatici
UNI/TR 11552:2014	Abaco delle strutture costituenti l'involucro opaco degli edifici - Parametri termofisici
UNI/TS 11300-1:2014	Prestazioni energetiche degli edifici - Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale
Materiali aziende ANIT	Archivi personalizzati dei materiali aziendali

## **Attivazione del software** [Per visualizzare tutorial clicca qui.](#)

Alla prima installazione del software è possibile:

- attivare la versione soci ANIT individuali: PAN è utilizzabile per tutto il periodo dell'associazione (12 mesi). L'attivazione avviene attraverso l'inserimento delle proprie credenziali di socio ANIT (email e password utilizzate sul sito [www.anit.it](http://www.anit.it)) e con un collegamento internet attivo (solo per il primo avvio di PAN)
- attivare la versione soci ANIT aziende: PAN è utilizzabile per tutto il periodo dell'associazione ad ANIT. L'attivazione avviene attraverso lo scambio di un codice macchina come da istruzioni presenti nella finestra di dialogo.
- attivare la versione a tempo: PAN è utilizzabile per 30 giorni senza limiti.

Per maggiori informazioni sulle modalità di associazione ad ANIT e fruizione dei software, visita il sito: [www.anit.it](http://www.anit.it).

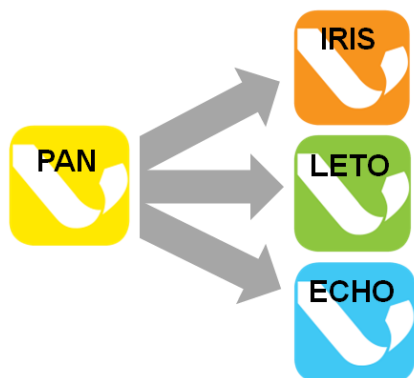


## **La suite dei software ANIT** [Per visualizzare tutorial clicca qui.](#)

Il software PAN può essere utilizzato in coordinamento con gli altri software della suite ANIT.

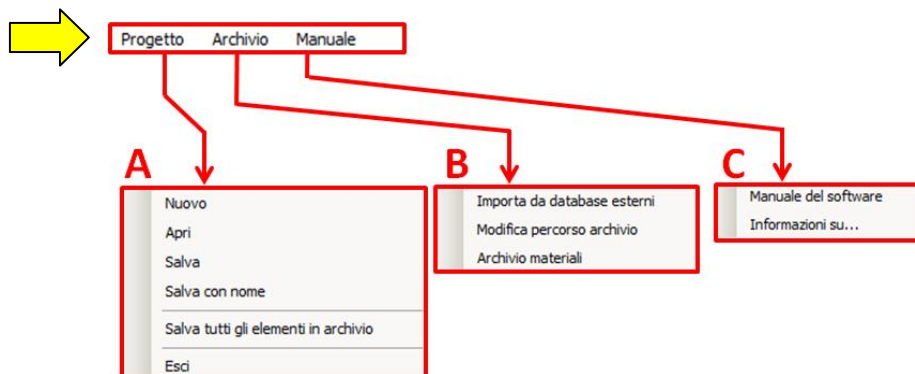
Le strutture opache (pareti, coperture, pavimenti) create con PAN possono essere salvate nel database condiviso dei software ANIT (si veda il capitolo "ELENCO STRUTTURE") per essere richiamate da:

- IRIS: software dedicato all'analisi dei ponti termici agli elementi finiti;
- LETO: software dedicato all'analisi del fabbisogno energetico degli edifici per la predisposizione della relazione tecnica (ex Legge 10), dell'APE e dell'AQE;
- ECHO: software per l'analisi dei requisiti acustici passivi e per la classificazione acustica.



## 2. MENÙ GENERALE

Dal menù generale si può accedere ai comandi di gestione del progetto (A), alle funzioni di archivio e gestione del database del software (B) e si può richiamare il manuale d'uso (C)



### (A) Progetto [Per visualizzare tutorial clicca qui.](#)

Dalla voce "Progetto" si possono richiamare i comandi standard (nuovo, apri, salva, ecc.) per la gestione del file .pan contenente il progetto delle strutture analizzate.

Il file.pan può essere archiviato in cartelle locali o in cloud e può essere aperto dai software PAN e LETO della suite ANIT.

Il comanda "Salva tutti gli elementi in archivio" invece consente di salvare nel database dei software ANIT (PAN, IRIS, LETO ed ECHO) tutte le strutture presenti nel progetto aperto.

Il database del software ANIT si chiama anitU.db e si trova nella cartella "Documenti/Software ANIT" del disco fisso. Per gestire il file anitU.db si veda la sezione (B) Archivio.

### (B) Archivio

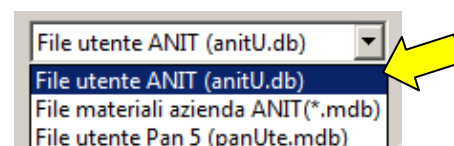
I comandi presenti riguardano l'importazione da database esterni, la modifica al percorso di archiviazione e l'archiviazione dei materiali nel database.

#### Importare materiali e banche dati dall'esterno

È possibile importare singoli materiali oppure intere banche dati selezionando dal menù generale la voce "Archivio" e "Importa da database esterni".

I database esterni importabili sono:

- banche dati in formato anitU.db create con PAN6 o PAN7;
- banche dati delle aziende ANIT disponibili sul sito [www.anit.it](http://www.anit.it) in formato .mdb;
- banche dati in formato panUte.mdb create con PAN5.

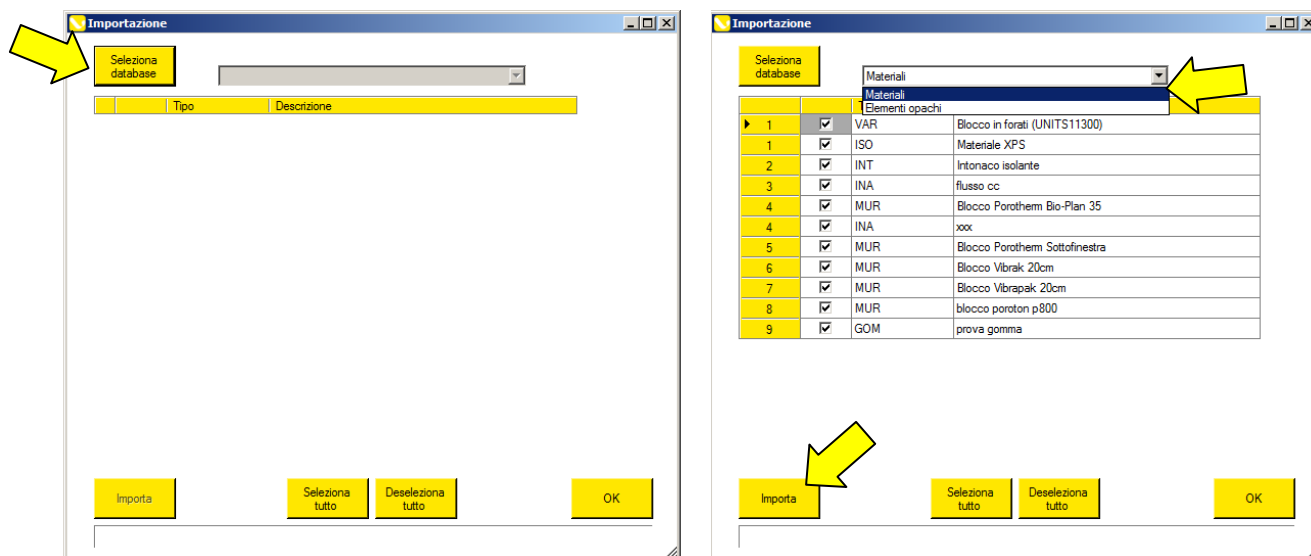


Per i computer su cui è installato PAN6 o PAN7 il file anitU.db si trova nella cartella "Documenti/Software ANIT" del disco fisso.

Per i computer su cui è installato PAN5 il file panUte.mdb si trova nella cartella "Documenti/Software ANIT/PAN5" del disco fisso.

Una volta selezionato un database è necessario indicare se l'importazione riguarda materiali o elementi opachi e procedere con la selezione delle informazioni da importare.

Una volta cliccato su "Importa" la banca dati in uso è aggiornata con i dati importati.



## Modifica percorso archivio

I software ANIT (PAN, IRIS, LETO ed ECHO) condividono il database dei materiali e delle strutture archiviato nel file anitU.db.

Il file anitU.db si trova nella cartella "Documenti/Software ANIT" del disco fisso.

Questo percorso è modificabile dall'utente a piacere.

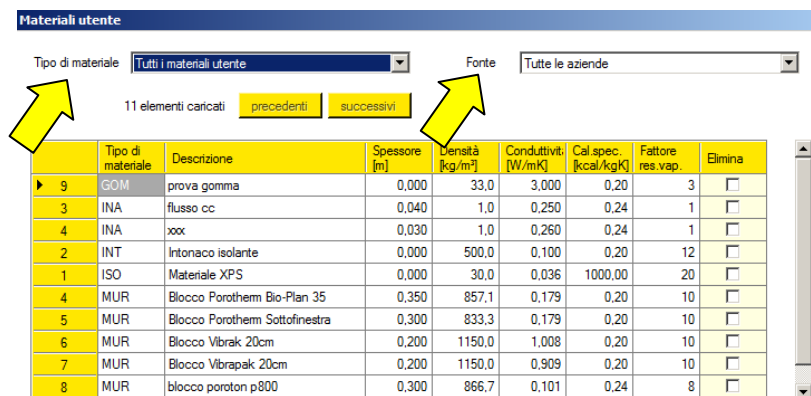
La modifica effettuata con PAN vale anche per gli altri software ANIT.

## Archivio materiali [Per visualizzare tutorial clicca qui.](#)

Da questa sezione è possibile gestire/creare/eliminare i materiali creati dall'utente o importati.

Per creare un nuovo materiale è necessario selezionare la categoria in cui verrà archiviato dalla tendina "Tipo di materiale" e indicare la fonte di provenienza delle informazioni.

Per maggiori informazioni sull'inserimento dati si vedano anche le Appendici C ed E del manuale.



In funzione della categoria il materiale può essere considerato come materiale omogeneo oppure come materiale non omogeneo. La differente categorizzazione comporta che alcuni dati tecnici vengano descritti in modo differente.

Per i materiali **omogenei** è necessario inserire necessariamente:

- densità  $\sigma$  [kg/m<sup>3</sup>]
- conduttività termica  $\lambda$  [W/mK]
- fattore di resistenza al vapore  $\mu$  [-]
- calore specifico  $c$  [J/kgK] o [kcal/kgK]

L'inserimento dello spessore è invece opzionale, sarà possibile inserirlo successivamente durante il calcolo della trasmittanza. L'ipotesi di base è che data l'omogeneità del materiale, ma anche omogeneo il comportamento. Tale aspetto per i materiali isolanti può non essere corretto, nella scelta di un prodotto isolante è quindi opportuno indicarne anche lo spessore.

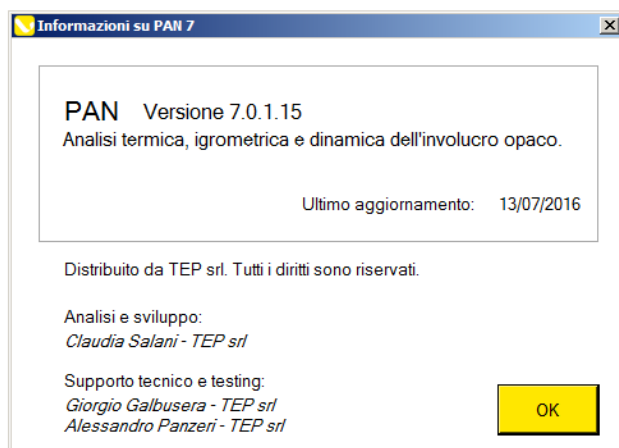
Per i materiali **non omogenei** è necessario inserire necessariamente:

- spessore rispetto alla direzione di flusso [m]
- massa superficiale [kg/m<sup>2</sup>]
- resistenza termica del prodotto [m<sup>2</sup>K/W]
- fattore di resistenza al vapore  $\mu$  [-]
- calore specifico  $c$  [J/kgK] o [kcal/kgK]

Materiali omogenei			
CLS – Calcestruzzi	GOM – Gomme	IMP – Impermeabilizzanti	INT – Intonaci
ISO – Isolanti	LEG – Legni	MET – Metalli	PAV – Pavimentazioni
PLA – Plastiche	ROC – Rocce	SIG – Sigillanti	VAR – Materiali vari
Materiali non omogenei			
MUR – Murature	SOL – Solai		

## (C) Manuale

Da questa voce si può richiamare il manuale del software e le informazioni generali sulla versione installata, sulla data dell'aggiornamento e sugli autori.





## 3. DATI DEL PROGETTO

La schermata “Dati del progetto” è la prima visualizzata al lancio del software ed è richiamabile cliccando sulla prima voce del menu ad albero.

Lo scopo della schermata è quello di raccogliere le informazioni generali del progetto che verranno richiamate nella prima pagina della relazione finale.

La compilazione delle informazioni non è obbligatoria e non incide sui risultati del calcolo.



### Dati del progetto

Nome del progetto	<input type="text" value="Ristrutturazione via Roma"/>		
Committente	<input type="text" value="Sig. Rossi"/>		
Indirizzo	<input type="text" value="via Roma 1"/>		
Telefono	<input type="text" value="123456"/>	E-mail	<input type="text" value="email@anit.it"/>
Calcolo eseguito da	<input type="text" value="Ing. Bianchi"/>		
Commento	<div><div></div><div></div></div>		

## 4. DATI CLIMATICI ESTERNI

La schermata “Dati climatici esterni” presenta le informazioni climatiche della località selezionata (A). I dati visualizzati sono i valori medi mensili (B), le trasmittanze di riferimento e trasmittanze limite in accordo con il DM 26/6/15 (C), i valori orari del giorno tipico estivo (D) e una serie di ulteriori informazioni utili (E). Le informazioni climatiche sono ricavate dalla norma UNI 10349 versione 2016 o versione 1994 e dal DPR 412/93(F).

Per visualizzare tutorial clicca qui.



**A**

**Dati climatici esterni**

Provincia di appartenenza  
AL - ALESSANDRIA

Comuni della provincia di ALESSANDRIA  
Acqui Terme

Provincia di riferimento per il calcolo dei dati climatici  
AL - ALESSANDRIA

**B**

	Temperatura [°C]	Pressione [Pa]	Umidità rel. [%]	Irradiazione orizz. giornaliera [kWh/m²]	Velocità del vento [m/s]
gennaio	1.2	601	91	1.2	1.9
febbraio	3.8	687	86	2.2	2.1
marzo	8.0	808	75	3.5	2.6
aprile	11.5	1028	76	4.5	2.4
maggio	17.1	1448	74	5.8	2.6
giugno	21.2	1660	66	6.4	2.4
luglio	23.1	2036	72	6.7	2.3
agosto	22.0	1769	67	5.4	1.8
settembre	17.2	1563	80	4.3	1.6
ottobre	12.1	1211	86	2.1	1.7
novembre	6.3	912	96	1.1	1.6
dicembre	0.8	625	97	0.9	1.6

**C**

Trasmittanze termiche di riferimento secondo DM 26/06/15

	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2019/2021
Coperture	0.25	0.22
Pareti	0.30	0.26
Pavimenti	0.30	0.26

Trasmittanze termiche limite per edifici esistenti secondo DM 26/06/15

	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2019/2021
Coperture	0.26	0.24
Pareti	0.30	0.28
Pavimenti	0.31	0.29

**E**

Lattitudine 44° 40'

Longitudine 8° 28'

Altitudine s.l.m. 156 m

Temperatura di progetto -3.3 °C

Temperatura media annuale 12.0 °C

Temperatura media stagione di riscaldamento 5.4 °C

Gradi giorno 2613

Zona climatica E

Durata della stagione di riscaldamento 183 giorni

Irradianza media del mese di massima insolazione 279.5 W/m²

**D**

Irradianza oraria del giorno di massima insolazione [W/m²]

	T [°C]	Orizz.	Sud	SE	Est	NE	Nord	NO	Ovest	SO
1	20.6									
2	20.0									
3	19.6									
4	19.3									
5	19.2	22.7	8.3	44.7	107.0	111.7	55.7	8.3	8.3	8.3
6	19.4	191.3	47.3	304.0	551.3	503.7	191.3	48.7	48.7	48.7
7	19.9	378.3	85.3	502.3	748.0	599.0	153.7	79.0	79.0	79.0
8	20.9	553.3	166.3	623.7	765.3	544.7	109.7	102.7	102.7	102.7
9	22.3	703.3	307.0	669.7	715.0	414.0	122.7	120.7	120.7	120.7
10	24.0	818.0	422.3	644.3	570.0	247.3	133.7	133.7	133.7	140.0
11	25.9	890.3	497.0	555.0	376.0	149.3	142.3	142.3	142.3	238.0
12	27.6	916.3	523.0	414.3	156.7	144.7	144.7	144.7	156.7	413.0
13	28.9	890.3	497.0	238.0	142.3	142.3	142.3	148.7	156.7	555.0
14	29.8	818.0	422.3	140.0	133.7	133.7	133.7	247.3	570.0	644.3
15	30.2	703.3	307.0	120.7	120.7	120.7	122.7	414.0	715.0	669.7
16	29.8	553.3	166.3	102.7	102.7	102.7	109.7	544.7	765.3	623.7
17	29.1	378.3	85.3	79.0	79.0	79.0	153.7	599.0	748.0	502.3
18	27.8	191.3	47.3	48.7	48.7	48.7	191.3	503.7	551.3	304.0
19	26.4	22.7	8.3	8.3	8.3	8.3	55.7	111.7	107.0	44.0
20	25.0									
21	23.8									
22	22.7									
23	21.8									
24	21.1									

**F**

Fonte dei dati climatici

☒ UNI 10349:2016

☐ UNI 10349:1994

Fonte dei gradi giorno

☒ DPR 412/93

☐ UNI 10349:2016

## (A) Selezione della località

La provincia di appartenenza è l'informazione da inserire per richiamare i dati climatici provinciali in accordo con la norma UNI 10349. I dati riguardano i valori medi mensili di temperatura dell'aria esterna, pressione di vapore, irradiazione solare globale giornaliera sul piano orizzontale e velocità del vento per le stazioni di rilevazione dei dati climatici di riferimento. Le coordinate geografiche della stazione di riferimento sono riportate tra le informazioni utili (E).

La selezione del comune modifica il valore di altitudine sul livello del mare e conseguentemente:

- i valori medi mensili di temperatura e pressione di vapore;
- i valori orari di temperatura e irradianza;
- il valore di gradi giorno per la località.

La selezione della seconda provincia di riferimento serve per modificare i dati climatici della località. Questa modifica avviene secondo due criteri differenti in base alla norma utilizzata:

- secondo UNI 10349:2016, la selezione di una seconda provincia diversa dalla prima serve per sostituire i dati climatici della località per quanto riguarda tutti i valori medi mensili e i valori di temperatura oraria del giorno tipico estivo;
- secondo UNI 10349:1994, la selezione di una seconda provincia diversa dalla prima serve per mediare geograficamente il valore dell'irradianza del mese di massima insolazione in base alle latitudini delle due province selezionate e del comune di riferimento.

## (B) Dati climatici medi mensili

I valori di temperatura dell'aria esterna, pressione di vapore, irradiazione solare globale giornaliera sul piano orizzontale e velocità del vento sono richiamati dalla norma UNI 10349.

Il valore di umidità relativa è calcolato per ogni mese in base alla temperatura dell'aria esterna e alla pressione di vapore.

## (C) Trasmittanza termica di riferimento e limite

Le tabelle propongono:

- i valori di trasmittanza termica di riferimento nazionali,
- i valori di trasmittanza termica limite per edifici esistenti,

in accordo con il DM 26/6/15 e in vigore a partire dal 1° ottobre 2015. Si segnala che in alcune regioni sono in vigore valori diversi da quelli presentati. Per approfondire si rimanda alle Guide ANIT e alle informazioni pubblicate sul sito [www.anit.it](http://www.anit.it). I valori sono richiamati nella schermata "Trasmittanze" del software PAN.

## (D) Dati climatici orari del giorno tipico estivo

La distribuzione giornaliera (valori orari) della temperatura dell'aria esterna si ottiene come:

$$\theta_t = \theta_{\max} - F_{(t)} \cdot \Delta\theta_{\max} \quad [4.1]$$

dove:

- $\theta_{\max}$  è la temperatura massima giornaliera dell'aria esterna della località [°C] riportata nella UNI 10349 o ricavata a partire dall'altitudine della località di riferimento.
- $F_{(t)}$  è il fattore di distribuzione della temperatura [-] riportato nella UNI 10349
- $\Delta\theta_{\max}$  è l'escursione termica giornaliera dell'aria esterna della località [°C] riportata nella UNI 10349 o ricavata a partire dall'altitudine della località di riferimento.

La distribuzione giornaliera (valori orari) dei valori di irradianza per i diversi orientamenti è ricavata a partire dai valori riportati nella UNI 10349 e interpolati in base alla latitudine della località.

## (E) Ulteriori informazioni utili

Le coordinate geografiche sono riferite ai dati climatici in accordo con UNI 10349 per la provincia e in accordo con dati di letteratura per il comune di riferimento.

L'altitudine sul livello del mare è un dato editabile dall'utente per tener conto della differenza tra il valore della località considerata e quella della posizione dell'edificio oggetto d'analisi. La relazione tra l'altitudine e la temperatura dell'aria esterna è la seguente:

$$\theta_e = \theta_{e,r} - (z - z_r) \times d \quad [3.2]$$

dove:

$\theta_e$  temperatura giornaliera media mensile della località considerata [°C]

$\theta_{e,r}$  temperatura giornaliera media mensile nella stazione di rilevazione dei parametri climatici di riferimento [°C]

$z$  altitudine s.l.m. della località considerata [m]

$z_r$  altitudine s.l.m. della stazione di rilevazione dei parametri climatici di riferimento [m]

$d$  gradiente verticale di temperatura ricavabile dalla UNI 10349 [°C/m]

Il valore dei gradi giorno è preso dalla UNI 10349:2016 oppure dal DPR 412/93 in base alla selezione fatta nella sezione (F).

Gli altri valori della sezione (E) sono ricavati dai dati climatici riportati nella sezione (B).

Si ricorda che secondo il DM 26/6/15, quando il valore dell'irradianza media del mese di massima insolazione supera i 290 W/m<sup>2</sup> è obbligatoria la verifica dell'inerzia delle strutture opache. Questa informazione è richiamata nella schermata "Trasmittanze" del software PAN.

## (F) Normativa di riferimento per i dati climatici

La selezione di *default* dei dati climatici è in accordo con la norma UNI 10349:2016 ad eccezione dei gradi giorno in accordo con il DPR 142/93 (il decreto ha tuttora un peso legislativo superiore alla norma e deve essere utilizzato per la definizione dei gradi giorno e della zona climatica).

Tali condizioni pre-impostate possono comunque essere modificate a piacere dall'utente.

Le principali differenze tra le due versioni della UNI 10349 sono descritte nello schema seguente:

	UNI 10349:2016	UNI 10349:1994
Entrata in vigore	Giugno 2016 (pubblicata a Marzo 2016)	Aprile 1994
Dati medi mensili	Per ogni stazioni di rilevazione provinciale	Per ogni capoluogo di provincia
Gradi giorno	Calcolati in base alla temperatura della località	Informazione non presente nella norma. Il valore è preso dal DPR 412/93.
Seconda provincia di riferimento	L'informazione serve per attribuire i dati climatici medi mensili e i dati di temperatura oraria del giorno tipico estivo della seconda provincia selezionata alla località di riferimento. La selezione modifica anche il valore della temperatura di progetto, della temperatura media annuale, della temperatura media nella stagione di riscaldamento, dei gradi giorno e dell'irradianza media del mese di massima insolazione.	L'informazione serve per mediare geograficamente il valore dell'irradianza media del mese di massima insolazione in base alle latitudini delle due province selezionate e del comune di riferimento. La selezione modifica anche il valore mensile di irradiazione solare globale giornaliera sul piano orizzontale.
Temperatura di progetto	Per ogni stazioni di rilevazione provinciale	Informazione non presente nella norma. Il valore è preso dalla UNI 12831.

## 5. DATI CLIMATICI INTERNI

La schermata “Dati climatici interni” consente di definire le condizioni climatiche interne a partire dai dati climatici esterni in accordo con i metodi proposti dalla norma UNI EN ISO 13788:2013 “Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia”.

La definizione di tali valori si basa sulla scelta della tipologia dei dati noti (A) e porta a identificare i valori critici per la verifica del rischio muffa (B) e i valori medi mensili interni (C).

Per visualizzare tutorial [clicca qui](#).



### Dati climatici interni

**A** Dati noti

☒ Classe di concentrazione del vapore all'interno
 Condizioni standard DM 26/06/15

☐ Temperatura interna e umidità

☐ Ricambio d'aria e produzione di vapore

Classi di concentrazione del vapore all'interno degli ambienti

☐ Classe 1 - Magazzini per stoccaggio di materiale secco, edifici non occupati  
☐ Classe 2 - Uffici, negozi, alloggi con ventilazione meccanica controllata  
☒ Classe 3 - Alloggi senza ventilazione meccanica controllata, edifici con indice di affollamento non noto  
☐ Classe 4 - Palestre, cucine, mense  
☐ Classe 5 - Edifici particolari, per esempio lavanderie, distillerie, piscine

**B**

Mese critico per la condensa: dicembre
 Resistenza minima per evitare condensa: 0,597 m<sup>2</sup>K/W

Mese critico per il rischio muffa: dicembre
 Resistenza minima per evitare rischio muffa: 1,057 m<sup>2</sup>K/W

**C**

	Temperatura esterna [°C]	Pressione esterna [Pa]	Temperatura interna [°C]	Pressione interna [Pa]	Umidità relativa interna [%]	Pressione superficiale minima rischio muffa [Pa]	Temperatura superficiale minima rischio muffa [°C]	Temperatura superficiale minima condensazione [°C]	Fattore di temperatura rischio muffa	Fattore di temperatura condensazione
► gennaio	1,16	601,36	20,00	1373,2	58,8	1716,5	15,11	11,69	0,7352	0,5498
febbraio	3,80	686,85	20,00	1366,9	58,5	1708,6	15,04	11,62	0,6865	0,4704
marzo	8,03	808,03	20,00	1340,4	57,4	1675,5	14,73	11,32	0,5460	0,2519
aprile	11,49	1027,55	20,00	1442,1	61,7	1802,6	15,87	12,43	0,4931	0,0702
maggio	17,10	1447,94	18,00	1672,3	81,1	2090,3	18,21	14,70	1,3945	-5,1697
giugno	21,23	1659,81	21,61	1797,9	69,7	2247,4	19,37	15,83	0,0000	0,0000
luglio	23,08	2035,57	23,45	2181,6	75,6	2727,1	22,52	18,89	0,0000	0,0000
agosto	22,01	1768,75	22,38	1909,1	70,6	2386,4	20,34	16,77	0,0000	0,0000
settembre	17,18	1562,87	18,00	1786,7	86,6	2233,4	19,27	15,73	3,8527	-4,0889
ottobre	12,08	1210,69	20,00	1608,5	68,8	2010,6	17,59	14,10	0,6810	0,2187
novembre	6,28	911,81	20,00	1509,3	64,6	1886,6	16,59	13,13	0,7444	0,4850
dicembre	0,77	625,21	20,00	1411,5	60,4	1764,4	15,54	12,10	0,7634	0,5813

### (A) Dati noti

L'impostazione dei dati noti è definita in accordo con la norma UNI EN ISO 13788.

Le possibilità di selezione sono:

- classe di concentrazione del vapore all'interno: l'utente sceglie la classe da 1 a 5 in base alla tipologia d'utenza degli ambienti interni. Ad ogni classe corrisponde un incremento di

pressione ( $\Delta P$ ) che sommato alla pressione esterna porta alla definizione del valore della pressione interna.

- temperatura interno e umidità: l'utente sceglie un valore di temperatura interna e di umidità relativa. Questa scelta è adottata come condizione interna fissa per tutti i mesi calcolati. I valori di 20°C e 65% UR suggeriti sono le condizioni per le verifiche igrometriche in accordo con il DLgs 192/05 e s.m.i. (condizioni di calcolo utilizzate per le verifiche di legge fino al 1° ottobre 2015).
- ricambi d'aria e produzione di vapore: le condizioni interne sono calcolate a partire dal numero di ricambi d'aria, dal volume dell'ambiente interno (volume netto d'aria) e dalla produzione di vapore (il valore proposto di 0.25 kg/h è preso dalla UNI/TS 11300 parte 1 punto 13.2.1 come riferimento per gli edifici residenziali).

Il metodo selezionato in default nella schermata è quello della "Classe di concentrazione del vapore all'interno" poiché richiamato dal DM 26/6/15 (Decreto sui requisiti minimi) con la selezione della Classe 3.

## (B) Valori critici

Sono individuati i due mesi critici (anche coincidenti) per l'analisi della condensa superficiale e del rischio di muffa. I mesi critici sono quelli col fattore di temperatura di rischio riportato nella sezione (C) più alto. I valori di resistenza minima sono calcolati in accordo con UNI EN ISO 13788 come:

$$U_{critica} = 4 \cdot (1 - f_{rischio,max}) \quad [5.1]$$

$$R_{critica} = 1/U_{critica} \quad [5.2]$$

dove:

$U_{critica}$       trasmittanza critica [W/m<sup>2</sup>K]

$f_{rischio,max}$       fattore di rischio massimo [-] individuato nella tabella alla sezione (C) della schermata

$R_{critica}$       Resistenza termica critica (minima accettabile) [m<sup>2</sup>K/W]

## (C) Dati medi mensili

La tabella riporta i valori medi mensili utilizzati nel calcolo con evidenza dei mesi critici per il rischio muffe e la condensa superficiale.

I valori climatici esterni (temperatura esterna e pressione esterna) sono presi in base alle selezioni fatte nella schermata "Dati climatici esterni".

La temperatura interna è definita in accordo con UNI EN ISO 13788, ovvero:

- pari a 20°C per i mesi di funzionamento del riscaldamento,
- pari a 18°C per i mesi senza riscaldamento e con temperatura esterna inferiore a 18°C,
- pari alla temperatura esterna per gli altri mesi.

Le condizioni di pressione di vapore interna (e conseguente valore di umidità relativa) sono ricavate in accordo con UNI EN ISO 13788 in base al metodo selezionato nella sezione (A) della schermata.

I valori della temperatura superficiale minima del rischio muffa e del rischio di condensa superficiale sono ricavati a partire dalle condizioni climatiche interne (si veda il box riportato di seguito con un esempio di calcolo).

I fattori di temperature rischio muffa e rischio condensazione sono ricavati come segue:



$$f_{rischio} = \frac{(T_{rischio} - T_e)}{(T_i - T_e)} \quad [5.3]$$

dove:

$f_{rischio}$  fattore di rischio [-]

$T_{rischio}$  temperatura di rischio [°C] pari alla temperatura superficiale minima di rischio muffa o alla temperatura superficiale minima di condensazione in base al tipo di "rischio" che si sta valutando

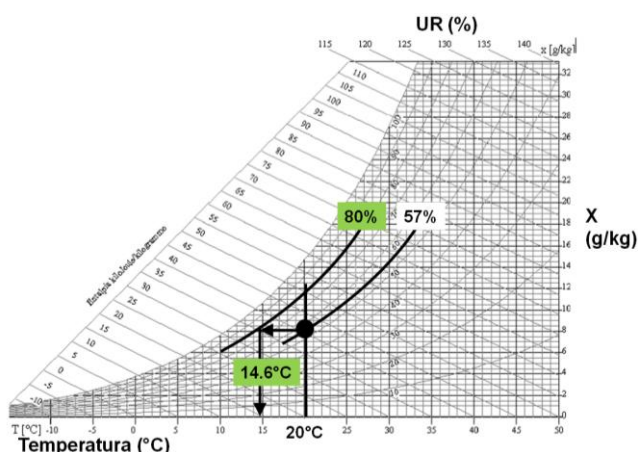
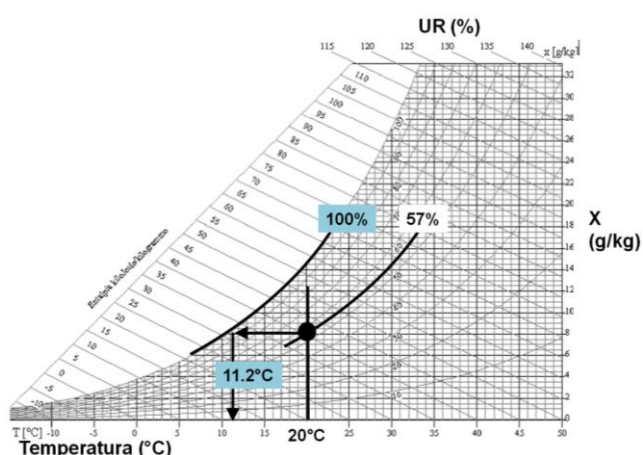
$T_e$  temperatura dell'aria esterna [°C]

$T_i$  temperatura dell'aria interna [°C]

### Temperatura superficiale minima di rischio condensazione e muffa

Dal diagramma psicrometrico, le temperature superficiali minime di rischio condensazione e muffa, possono essere individuate graficamente intercettando rispettivamente la curva dell'umidità relativa 100% e dell'80%.

Nell'esempio mostrato di seguito, si analizza un ambiente con temperatura interna a 20°C e umidità relativa interna al 57%. Il valore di temperatura superficiale minima di condensazione è pari a 11.2°C (grafico a sinistra), mentre quello di rischio muffa è pari a 14.6°C (grafico a destra).



## 6. ELENCO STRUTTURE

La schermata “Elenco strutture” consente di gestire le strutture del progetto.

Da qui è possibile creare nuove strutture (A) o richiamare nel progetto strutture già presenti nel database interno (B). Ogni struttura presente nell’elenco può essere poi gestita individualmente dal pannello di controllo delle strutture (C).

[Per visualizzare tutorial clicca qui.](#)



**Elenco strutture**

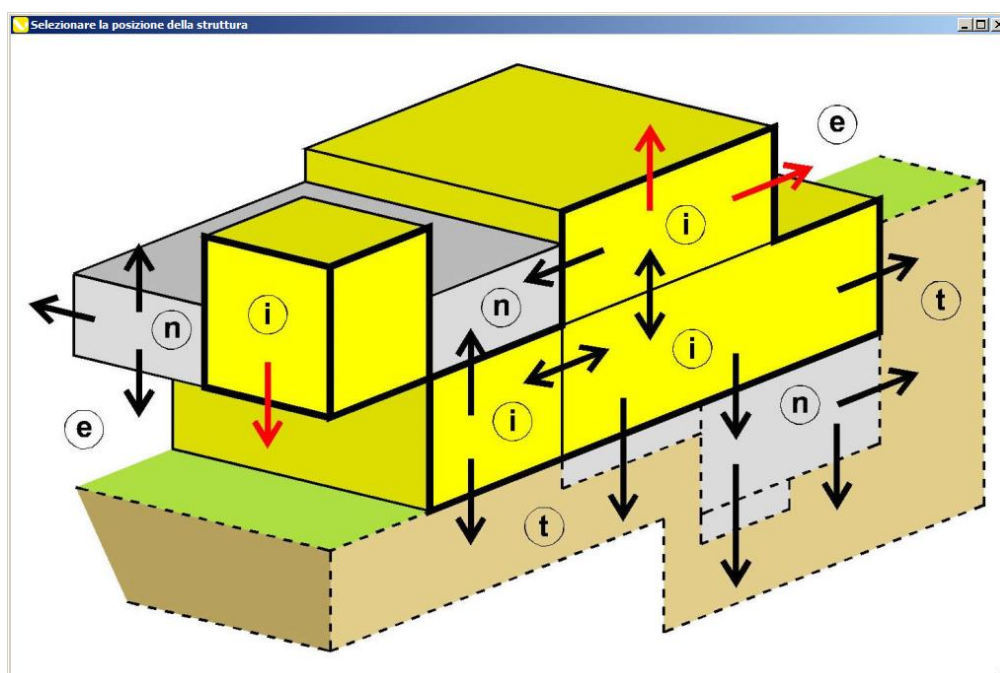
**A** Aggiungi nuovo Aggiungi da archivio **B**

**C**

	Tipo	Descrizione	Trasmittanza stazionaria [W/m²K]	Trasmittanza periodica [W/m²K]	Rischio muffa superficiale	Rischio condensa interstiziale				Salva nell'archivio locale
▶ 1	Solaio interno	Nuova stratigrafia	1.923	0.722	✓	✓	Analizza	Duplica	Elimina	Salva

### (A) Aggiungi nuovo

Cliccando su “Aggiungi nuovo” si apre la finestra di dialogo per l’inserimento delle nuove strutture:





Dallo schema si può selezionare un qualunque elemento di separazione tra:

- ambiente riscaldato (i)
- ambiente esterno (e)
- ambiente non riscaldato (n)
- terreno (t)

In rosso sono indicati gli elementi di separazione tra ambienti riscaldati ed ambiente esterno.

## (B) Aggiungi da archivio

Cliccando su “Aggiungi da archivio” si apre la finestra di dialogo per l’inserimento delle strutture precedentemente salvate in archivio (Stratigrafia utente) o disponibili nell’archivio delle strutture della norma UNI TR 11552:

**Apri stratigrafia**

☐ Stratigrafia utente 
 ☒ UNI TR 11552 
 50 elementi caricati 
 precedenti
successivi

Cerca

	Descrizione	Spessore [m]	Massa sup. [kg/m²]	Trasmittanza [W/m²K]
1	MLP01 - Muratura in Mattoni Pieni [1] (a)	0,16	280,0	2,58
2	MLP01 - Muratura in Mattoni Pieni [1] (b)	0,29	514,0	1,76
3	MLP01 - Muratura in Mattoni Pieni [1] (c)	0,42	748,0	1,34
4	MLP01 - Muratura in Mattoni Pieni [1] (d)	0,55	982,0	1,08
5	MLP01 - Muratura in Mattoni Pieni [1] (e)	0,68	1216,0	0,90
6	MLP02 - Muratura in mattoni pieni-faccia a vista [1] (a)	0,135	237,0	2,79
7	MLP02 - Muratura in mattoni pieni-faccia a vista [1] (b)	0,265	471,0	1,86
8	MLP02 - Muratura in mattoni pieni-faccia a vista [1] (c)	0,395	705,0	1,39
9	MLP02 - Muratura in mattoni pieni-faccia a vista [1] (d)	0,525	939,0	1,11
10	MLP02 - Muratura in mattoni pieni-faccia a vista [1] (e)	0,655	1173,0	0,93
11	MLP03 - Muratura in laterizio semipieno [1] (a)	0,29	314,0	1,73

	Tipo di materiale	Materiale	Spessore [m]	Massa sup. [kg/m²]	Resistenza [m²K/W]
1	INT	Intonaco esterno	0,02	36,0	0,02
2	MUR	Mattoni pieni	0,38	684,0	0,53
3	INT	Intonaco interno	0,02	28,0	0,03

Apri
Elimina
Annulla

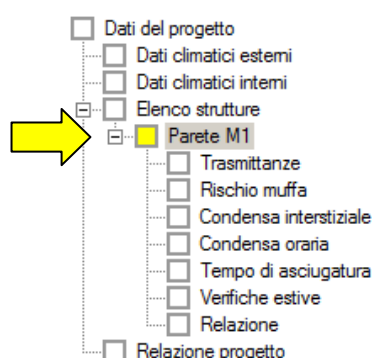
## (C) Pannello di controllo delle strutture

In questa sezione sono elencate le strutture del progetto con indicazione della tipologia dell’elemento, del nome della struttura dato dall’utente, dei valori di trasmittanza e trasmittanza periodica, dell’indicazione sul superamento delle verifiche di rischio muffa e condensa interstiziale. Le operazioni di gestione delle strutture sono:

- Analizza: per procedere con l’analisi della stratigrafia
- Duplica
- Elimina
- Salva: il salvataggio nell’archivio locale consente l’apertura della struttura con tutti i software ANIT, ovvero PAN, IRIS, LETO ed ECHO.

## 7. DESCRIZIONE DELLA STRATIGRAFIA

La schermata consente la creazione di una stratigrafia (C) a partire dalle informazioni sui materiali (B) e sulle condizioni al contorno (D e G). I risultati sono visualizzabili in accordo con la norma UNI EN ISO 6946:2008 (E) e UNI EN ISO 13786:2008 (F). Nel caso di inserimento di un'intercapedine d'aria è possibile definire l'emissività delle superfici che si affacciano sulla stessa ed eventualmente area di ventilazione (G). Per le strutture controterra il calcolo viene eseguito in accordo con UNI EN ISO 13370 (H).



**A** Descrizione: Parete M1

**B** Tipo di materiale: ISO - Isolanti

Provenienza dei dati:

- ☐ UNI 10351 - prosp. 2
- ☒ UNI 10351 - prosp. A.1
- ☐ UNI 10355
- ☐ UNI TR 11552
- ☐ Materiali utente
- ☐ Materiali aziende ANIT
- ☐ UNI EN ISO 10456
- ☐ UNI EN ISO 6946
- ☐ da bibliografia

50 elementi caricati

precedenti | successivi | Spessore:  m

	Descrizione	Densità [kg/m³]	Conducibilità [W/mK]	Calore specifico [kJ/kgK]	Fattore resistenza vapore
1	PSE (polistirene espanso sinterizzato) UNI 7819 15 k/m3	15	0,045	0,30	40
2	PSE in lastre ricavate da blocchi conforme a UNI 7819	20	0,041	0,30	50
3	PSE in lastre ricavate da blocchi conforme a UNI 7819	25	0,04	0,30	60
4	PSE in lastre ricavate da blocchi conforme a UNI 7819	30	0,04	0,30	70
5	PSE in lastre ricavate da blocchi	10	0,056	0,30	10
6	PSE in lastre ricavate da blocchi	15	0,047	0,30	20
7	PSE in lastre ricavate da blocchi	20	0,044	0,30	30
8	PSE in lastre ricavate da blocchi	25	0,043	0,30	40
9	PSE in lastre ricavate da blocchi	30	0,042	0,30	50
10	Polistirene espanso in lastre stampate per termocompressione	20	0,04	0,30	60

**C**

Aggiungi strato:  4

☒ Inserisci ☐ Sostituisci

Elimina strato

	Tipo	Descrizione	Spessore [m]	Densità [kg/m³]	Conducibilità [W/mK]	Calore specifico [kJ/kgK]	Fattore resistenza vapore	Massa superficiale [kg/m²]	Resistenza [m²K/W]	Spessore equivalente [m]	Diffusività [m²/Ms]
		Superficie esterna							0,040		
1	ISO	PSE in lastre ricavate da blocchi conforme a UNI 7819	0,1000	25	0,040	1255	60	2,5	2,500	6,000	1,275
2	MUR	Laterizi alveolari sp.30 cm/rif.1.1.08	0,3000	867	0,390	837	20	260,1	0,770	6,000	0,537
3	INT	Malta di calce o di calce e cemento	0,0200	1800	0,900	837	20	36,0	0,022	0,400	0,598
		Superficie interna							0,130		

**D** Tipo di elemento: Parete

Ambiente interno: Riscaldato | Ambiente esterno: Terreno

Resistenza superficiale interna: 0,13 m²K/W | Resistenza superficiale esterna: 0,04 m²K/W

Intercapedine d'aria: Emissività della superficie esterna: 0,9 | Emissività della superficie interna: 0,9

Area delle aperture (compresa tra 500 e 1500 mm²/m):  mm²/m

**E** Risultati

	Risultati
Spessore [m]	0,420
Massa superficiale [kg/m²]	298,60
Massa superficiale esclusi intonaci [kg/m²]	262,60
Resistenza [m²K/W]	3,46
Trasmittanza [W/m²K]	0,289

**F** Valori invernali | Valori estivi

	Valori invernali	Valori estivi
Trasmittanza [W/m²K]	0,289	0,286
Trasmittanza periodica [W/m²K]	0,037	0,037
Atenuazione	0,127	0,128
Sfasamento	11h 33'	11h 31'
Capacità termica interna [kJ/m²K]	51,73	52,56
Capacità termica esterna [kJ/m²K]	5,87	5,81
Ammettenza interna [W/m²K]	3,729	3,789
Ammettenza esterna [W/m²K]	0,391	0,386

**G** Controterra

Trasmittanza sistema parete-terreno: 0,000 W/m²K

**H** Calcola

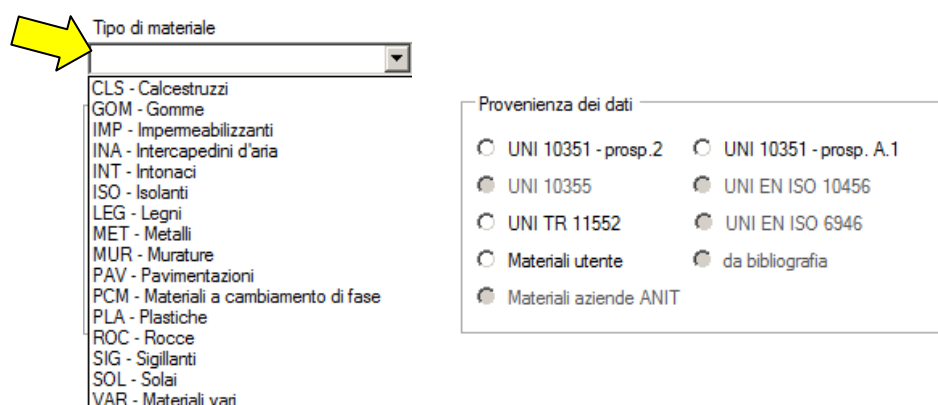
## (A) Descrizione

L'utente definisce il nome della stratigrafia che verrà visualizzato nel menù ad albero, nella schermata "Elenco strutture" e nella relazione finale.

## (B) Selezione del materiale [Per visualizzare tutorial clicca qui.](#)

I materiali sono suddivisi in base al "Tipo di materiale" e alla "Provenienza dei dati".

Le norme riportate nella schermata rappresentano le fonti ufficiali ad oggi in vigore per la definizione delle caratteristiche dei materiali da costruzione.



La scelta delle fonti è un argomento delicato. Riportiamo alcune considerazioni sottolineando che la responsabilità e il controllo della scelta delle informazioni è di responsabilità del progettista e che la Direttiva 89/106 e le s.m.i. attribuiscono alle aziende produttrici il compito di "certificare" le prestazioni dei prodotti (in particolare per i requisiti di risparmio energetico e isolamento termico) in modalità definite (norme di prodotto, ecc...).

La norma UNI 10351:2015 ha definito le modalità di utilizzo di tali norme, per un approfondimento sull'argomento si rimanda all'Appendice A del manuale.

<b>UNI 10351 – prosp. A.1</b>	La norma UNI 10351 è dedicata alle caratteristiche igrotermiche dei materiali da costruzione omogenei. Il prospetto A.1 della norma ha al suo interno i valori di conduttività di progetto di materiali isolanti da impiegarsi per la modellazione di strutture di edifici esistenti
<b>UNI 10351 – prosp. 2</b>	Nel 2015 è stata pubblicata la revisione della UNI 10351 e nel prospetto 2 sono presenti i valori medi di conduttività termica dichiarata dai produttori da impiegarsi, opportunamente corretti in accordo con UNI EN ISO 10456, per edifici di nuova costruzione in fase di progettazione preliminare
<b>UNI 10355</b>	La norma UNI 10355 è dedicata alle caratteristiche igrotermiche dei materiali da costruzione non omogenei: blocchi di laterizio, solaio in laterocemento, predalles ecc..
<b>UNI EN ISO 10456</b>	La norma UNI EN ISO 10456 è dedicata alle caratteristiche igrotermiche dei materiali da costruzione omogenei. E' stata elaborata a livello internazionale e al suo interno sono presenti i valori di conduttività di progetto di materiali da costruzione fatta eccezione dei materiali isolanti. Oltre ai valori di conduttività sono indicati anche calore specifico, mu, e altri parametri igrotermici.
<b>UNI TR 11552</b>	Pubblicata nel 2014 in contemporanea alla revisione delle norme UNI TS 11300-1, il rapporto tecnico UNI TR 11552 supera il vecchio documento "Raccomandazioni CTI" del 2003 e descrive un'ampia banca dati di strutture esistenti isolate o meno con una dettagliata descrizione di ogni strato. Si possono quindi trovare all'interno di questa banca dati altri materiali per descrivere strutture di edifici esistenti.
<b>UNI EN ISO 6946</b>	Oltre ad essere la norma che descrive come realizzare i calcoli di trasmittanza, la UNI EN ISO

	6946, riporta i valori dei coefficienti liminari interni ed esterni e spiega come valutare la resistenza termica delle intercapedini d'aria al variare dello spessore, della modalità di ventilazione e dell'emissività delle superfici.
<b>Materiale utente</b>	L'utente può inserire e descrivere i materiali da lui selezionati sulla base delle schede tecniche. Per edifici di nuova costruzione in fase di progettazione definitiva, il materiale isolante è descritto come "Materiale utente" (o Materiale aziende ANIT) poiché i dati devono essere ricavati dalle indicazioni del produttore e non dalla letteratura.
<b>Da bibliografia</b>	Per alcuni specifiche tipologie di materiale è necessario introdurre la possibilità di inserimento da "bibliografia". I materiali a cambiamento di fase sono infatti descritti sulla base di dati di letteratura.
<b>Materiale aziende ANIT</b>	È possibile importare i dati tecnici di aziende associate ad Anit. L'impiego è analogo alla fonte "Materiale utente".

### (C) Creazione della stratigrafia

La creazione della stratigrafia avviene aggiungendo strato per strato i materiali.

La gestione della stratigrafia avviene attraverso i seguenti comandi:

- Aggiungi: cliccando su "Aggiungi strato" viene inserito il materiale selezionato
- Sostituisci: selezionando la voce "Sostituisci" e cliccando su "Aggiungi strato" viene sostituito il materiale indicato nella posizione selezionata.
- Elimina: cliccando su "Elimina" viene eliminato il materiale selezionato
- Sposta strato: si possono ordinare i materiali della stratigrafia agendo sulle frecce

### (D) Tipo di elemento

La selezione del tipo di elemento e dell'ambiente interno ed esterno è definita in base alla scelta effettuata nella schermata "Elenco strutture".

I valori di resistenza superficiale interna ed esterna sono definiti in accordo con UNI EN ISO 6946 e modificabili dall'utente a piacere.

Nel caso di selezione dell'ambiente esterno:

- "non riscaldato": nella schermata "Rischio muffa" si attiva la richiesta della definizione del tipo di ambiente esterno in accordo con UNI/TS 11300-1;
- "terreno": (solo per pareti e pavimenti) nella schermata si attiva la sezione "Controterra" per la valutazione della trasmittanza della struttura-terreno in accordo con UNI EN ISO 13370;
- "vespaio aerato": (solo per i pavimenti) nella schermata si attiva la sezione "Controterra" per la valutazione della trasmittanza del sistema solaio-vespaio aerato in accordo con UNI EN ISO 13370.

### (E) Risultati in accordo con UNI EN ISO 6946:2008 [Per visualizzare tutorial clicca qui.](#)

Nella tabella sono indicati i principali risultati del calcolo.

Il valore della trasmittanza espresso in  $W/m^2K$  è ricavato in accordo con UNI EN ISO 6946 partendo dalla seguente formula:

$$U = \left( R_{si} + \frac{s_1}{\lambda_1} + \frac{s_n}{\lambda_n} + R_n + R_a + R_{se} \right)^{-1} \quad [7.1]$$

dove:

$R_{si}$  è la resistenza termica superficiale interna in  $m^2K/W$

$s/\lambda$  è la resistenza termica di uno strato di materiale omogeneo in  $m^2K/W$  in cui  $s$  è lo

spessore dello strato misurato in metri e  $\lambda$  è la conduttività termica del materiale in W/mK

$R_n$  è la resistenza termica di uno strato non omogeneo in m<sup>2</sup>K/W

$R_a$  è la resistenza termica di una intercapedine d'aria in m<sup>2</sup>K/W

$R_{se}$  è la resistenza termica superficiale esterna in m<sup>2</sup>K/W

## (F) Risultati in accordo con UNI EN ISO 13786:2008 [Per visualizzare tutorial clicca qui.](#)

Il metodo di calcolo per tutti i parametri definiti nella tabella si basa sulla risoluzione analitica dell'equazione del calore con condizioni al contorno periodiche.

Per uno strato omogeneo con conduttività  $\lambda$ , densità  $\rho$  e calore specifico  $c$ , la distribuzione di temperatura  $T$  e flusso specifico  $q$ , si ricavano dalle equazioni:

$$\frac{\partial T(x,t)}{\partial t} = \frac{\lambda}{c\rho} \frac{\partial^2 T(x,t)}{\partial x^2} \quad [7.2]$$

$$q(x,t) = -\lambda \frac{\partial T(x,t)}{\partial x}$$

Dalla prima equazione si vede che il trasferimento di calore è proporzionale alla diffusività (definita come  $a = \lambda / c\rho$ ) che aumenta all'aumentare della conduttività e al diminuire di calore specifico e densità del materiale.

I parametri della tabella sono definiti come segue:

<b>Trasmittanza periodica</b> ( $Y_{ie}$ )	Rapporto tra il flusso termico periodico che attraversa l'unità di superficie su un lato del componente e la sollecitazione termica periodica sull'altro lato nell'ipotesi che la temperatura ambiente sul primo lato del componente sia costante.
<b>Attenuazione</b> ( $f_a$ )	Rapporto tra la trasmittanza termica periodica e la trasmittanza termica stazionaria $f_a = \frac{Y_{ie}}{U}$ Il parametro attenuazione può quindi essere visto anche come rapporto tra l'ampiezza (di flusso o temperatura) in condizioni dinamiche e quella corrispondente in condizioni stazionarie.
<b>Sfasamento</b> ( $\phi$ )	Periodo di tempo tra il valore massimo della sollecitazione termica e il massimo del suo effetto.
<b>Capacità termica</b> ( $\kappa_i$ e $\kappa_e$ )	Rapporto tra la variazione di energia accumulata per unità di superficie in un componente nel periodo di tempo e la sollecitazione termica periodica su un lato nell'ipotesi che la temperatura ambiente sull'altro lato del componente sia costante. A seconda che si consideri la sollecitazione termica sul lato interno o esterno, si parla di capacità termica interna ( $\kappa_i$ ) o capacità termica esterna ( $\kappa_e$ ). Il parametro è utilizzato per individuare il comportamento in regime semi-stazionario dell'involucro opaco secondo la UNI/TS 11300-1
<b>Ammettenza</b> ( $Y_{ii}$ e $Y_{ee}$ )	Rapporto tra il flusso termico periodico che attraversa l'unità di superficie su un lato del componente e la sollecitazione termica periodica sullo stesso lato nell'ipotesi che la temperatura ambiente sull'altro lato del componente sia costante. In generale si hanno due ammettenze diverse sui due lati di un componente, si parla quindi di ammettenza interna ( $Y_{ii}$ ) e ammettenza esterna ( $Y_{ee}$ ), mentre la trasmittanza termica periodica è simmetrica e non varia scambiando le condizioni tra i due lati.

### (G) Intercapedini d'aria [Per visualizzare tutorial clicca qui.](#)

Nel caso di selezione di "INA - intercapedini d'aria" dalla tendina "Tipo di materiale", il software attiva un calcolo della resistenza termica dell'intercapedine in accordo con la norma UNI EN ISO 6946 attribuendo ad essa uno spessore, caratterizzando le superfici che la descrivono per mezzo di valori di emissività  $\varepsilon$  (nel campo della radiazione termica) ed eventualmente un'area di ventilazione.

I valori di emissività indicati riguardano le caratteristiche delle superfici che si affacciano sull'intercapedine. In automatico il valore è impostato su 0.9 (superficie alto emissiva), ma può essere modificato a piacere dall'utente per simulare la presenza di un materiale riflettente (per approfondire si veda l'Appendice D del manuale).

Il valore dell'area delle aperture (area di ventilazione) è richiesto solo nel caso di intercapedine debolmente ventilata per eseguire il calcolo in accordo con UNI EN ISO 6946.

Infatti la resistenza termica totale di un componente con intercapedine d'aria debolmente ventilata può essere calcolata come segue:

$$R_T = \left[ \frac{1500 - A_v}{1000} R_{T,U} \right] + \left[ \frac{A_v - 500}{1000} R_{T,V} \right] \quad [7.3]$$

dove:

$R_{T,u}$  è la resistenza termica totale della stratigrafia valutata con l'intercapedine d'aria non ventilata in  $\text{m}^2\text{K/W}$

$R_{T,v}$  è la resistenza termica totale della stratigrafia valutata con l'intercapedine d'aria fortemente ventilata in  $\text{m}^2\text{K/W}$

$A_v$  è l'area di ventilazione valutata:

- nel caso di pareti ventilate: per metro di lunghezza della facciata [ $\text{mm}^2/\text{m}$ ];
- nel caso di coperture ventilate: per metro quadrato di superficie [ $\text{mm}^2/\text{m}^2$ ]

### (H) Strutture controterra secondo UNI EN ISO 13370 [Per visualizzare tutorial clicca qui.](#)

La selezione è attiva solo nel caso di pareti con ambiente esterno "Terreno", oppure nel caso di pavimenti con ambiente esterno "Terreno" o "Vespaio aerato".

Le finestre di dialogo richiamano la valutazione della trasmittanza della struttura-terreno in accordo con la normativa tecnica. Per un approfondimento sul metodo di calcolo si rimanda all'Appendice E del manuale.

**Parete controterra**

z - Altezza della parete interrata: 0 m

Trasmittanza del pavimento controterra: 0 W/m²K

Tipo di terreno: Argilla

Conductività termica del terreno: 1.5 W/mK

Spessore equivalente di terreno: 7.56 m

Trasmittanza sistema parete-terreno: 0.000 W/m²K

OK

Schermata di dialogo per il calcolo della parete controterra interrato o meno.

**Solaio controterra**

Area del pavimento: 0 m²

Perimetro del pavimento: 0 m

Dimensione caratteristica B': 0.00 m

z - Altezza della parete interrata: 0 m

w - Spessore della parete: 0 m

Spessore equivalente di terreno: 5.25 m

Trasmittanza sistema solaio-terreno: 0.286 W/m²K

OK

Schermata di dialogo per il calcolo del pavimento controterra

**Solaio su vespaio aerato**

Area del pavimento: 0 m²

Perimetro del pavimento: 0 m

Dimensione caratteristica B': 0.00 m

z - Altezza della parete interrata: 0 m

w - Spessore della parete: 0 m

Aerazione:

Velocità del vento: 2.042780 m/s

Area delle aperture per ventilazione: 0 m²/m

Fattore di schematura del vento:

☐ Protetto ☐ Medio ☐ Esposto

Dispersioni per ventilazione: 0 W/K

Spessore equivalente di terreno: 5.25 m

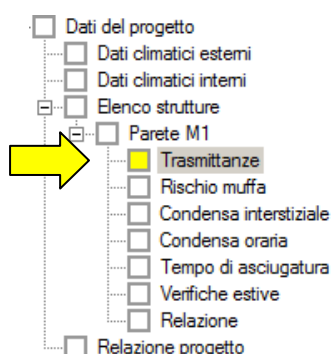
Trasmittanza sistema solaio-vespaio aerato: 0.286 W/m²K

OK

Schermata di dialogo per il calcolo del solaio su vespaio aerato

## 8. TRASMITTANZE

La schermata riporta il dato della trasmittanza stazionaria (A) e periodica (B) della stratigrafia e propone il confronto di tali valori con i limiti di legge e i valori di riferimento definiti dal DM 26/6/2015.



**A** Trasmittanza stazionaria U

Località: **Acqui Terme (AL)**

Gradi giorno: **2704,37** Zona climatica: **E**

Trasmittanza: **0,289** W/m<sup>2</sup>K

**NOTE IMPORTANTI:**  
 la verifica deve essere effettuata includendo l'effetto dei ponti termici incidenti sulla stratigrafia.  
 I limiti indicati sono riportati nel DM 26/6/2015 ed è necessario assicurarsi che si applichino al caso in esame.  
 Per maggiori dettagli vedere anche il manuale.

	Trasmittanza di riferimento [W/m <sup>2</sup> K]	Trasmittanza limite per edifici esistenti [W/m <sup>2</sup> K]
► dal 1° ottobre 2015	0,3	0,3
dal 1° gennaio 2019/2021	0,26	0,28

**B** Trasmittanza periodica U<sub>fe</sub>

	Valore di progetto	Valore di confronto	Verifica
► Irradianza media del mese di massima insolazione [W/m <sup>2</sup> ]	279,5	< 290	✓
Massa superficiale esclusi intonaci [kg/m <sup>2</sup> ]	262,6	> 230	○
Trasmittanza termica periodica [W/m <sup>2</sup> K]	0,037	0,1	○

✓ Verificato  
 ✗ Non verificato  
 ○ Verifica non richiesta

### (A) Trasmittanza stazionaria U

Come indicato nel riquadro in giallo si segnalano alcune note importanti:

- 1- **Ponti termici:** la verifica della trasmittanza deve essere effettuata includendo l'effetto dei ponti termici incidenti sulla stratigrafia. Non è possibile pertanto esprimere un giudizio sul rispetto del limite senza conoscere il "peso energetico" dei ponti termici presenti. Per procedere con l'analisi dei ponti termici si consiglia il software IRIS della suite ANIT.
- 2- **Limiti indicati:** nella tabella sono indicati i limiti del DM 26/6/2015 in vigore dal 1° ottobre 2015. È importante verificare se questi limiti si applicano alla stratigrafia oggetto d'analisi, se esistono limiti regionali o locali differenti e se l'ambito d'applicazione del progetto prevede la verifica della trasmittanza.



- 3- Strutture controterra: nel caso di strutture rivolte verso il terreno, i valori limite di trasmittanza devono essere rispettati dalla trasmittanza equivalente della struttura tenendo conto dell'effetto del terreno calcolata secondo UNI EN ISO 13370.
- 4- Fattore di correzione dello scambio termico: secondo il DM 26/6/2015 nel caso di strutture delimitanti lo spazio climatizzato verso ambienti non climatizzati, i valori limite e di riferimento di trasmittanza devono essere rispettati considerando il fattore di correzione dello scambio termico tra ambiente climatizzato e non climatizzato ( $b_{tr,U}$ ) riportati nella seguente tabella:

Ambiente confinante	$b_{tr,U}$
Ambiente:	
— con una parete esterna	0.4
— senza serramenti e con almeno due pareti esterne	0.5
— con serramenti esterni e con almeno due pareti esterne (per es. autorimesse)	0.6
— con serramenti esterni (per esempio vani scala esterni)	0.8
Piano interrato o seminterrato	
— senza finestre o serramenti esterni	0.5
— con finestre o serramenti esterni	0.8
Sottotetto	
— tasso di ventilazione del sottotetto elevato (per esempio tetti ricoperti con tegole o altri materiali di copertura discontinua) senza rivestimento con feltro o assito	1
— altro tetto non isolato	0.9
— tetto isolato	0.7
Aree interne di circolazione (senza muri esterni e con tasso di ricambi d'aria minore di 0.5 1/h)	0.0
Aree interne di circolazione liberamente ventilate (rapporto tra l'area delle aperture e volume dell'ambiente maggiore di 0.005 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	1.0

**Tabella 8.1** Valori dei fattori di correzione impiegabile per edifici esistenti.  
 [Fonte: UNI/TS 11300-1, paragrafo 11.2, prospetto 7].

## (B) Trasmittanza periodica $Y_{ie}$

Le verifiche inerziali secondo il DM 26/6/2015 si applicano per le località in cui il valore di irradianza media nel mese di massima insolazione supera i 290 W/m<sup>2</sup>. Nel caso di superamento di questo limite si procede:

- per le pareti opache verticali (ad eccezione di quelle nel quadrante Nord-ovest/Nord/Nord-Est) al controllo di una delle seguenti condizioni:  
 $M_s > 230 \text{ kg/m}^2$  (con  $M_s$  massa superficiale della parete opaca compresa la malta dei giunti ed esclusi gli intonaci [kg/m<sup>2</sup>]);  
 $Y_{ie} < 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$  (con  $Y_{ie}$  trasmittanza termica periodica [W/m<sup>2</sup>K]).
- per tutte le strutture opache orizzontali e inclinate, al controllo delle seguenti condizioni:  
 $Y_{ie} < 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$  (con  $Y_{ie}$  trasmittanza termica periodica [W/m<sup>2</sup>K]).

## 9. RISCHIO MUFFA

La schermata richiama le condizioni climatiche interne già definite (A) e la tabella che porta all'analisi dei fattori di temperatura per il rischio muffa e il rischio condensazione superficiale (C). Nella parte bassa è riportata la verifica eseguita in accordo con UNI EN ISO 13788 attraverso l'analisi delle resistenze minime accettabili (D). Nel caso la struttura in esame divida un ambiente riscaldato da uno non riscaldato, è possibile definire la distribuzione delle temperature medie mensili di quest'ultimo attraverso la definizione della tipologia di ambiente in accordo con UNI/TS 11300-1 (B).

Per visualizzare tutorial [clicca qui](#).



**A**

☒ Condizioni di default del progetto

Dati noti

- ☒ Classe di concentrazione del vapore all'interno
- ☐ Temperatura interna e umidità
- ☐ Ricambio d'aria e produzione di vapore

Condizioni standard DM 26/06/15

Classi di concentrazione del vapore all'interno degli ambienti

- ☐ Classe 1 - Magazzini per stoccaggio di materiale secco, edifici non occupati
- ☐ Classe 2 - Uffici, negozi, alloggi con ventilazione meccanica controllata
- ☐ Classe 3 - Alloggi senza ventilazione meccanica controllata, edifici con indice di affollamento non noto
- ☐ Classe 4 - Palestre, cucine, mense
- ☐ Classe 5 - Edifici particolari, per esempio lavanderie, distillerie, piscine

**B**

Tipo di ambiente non riscaldato

Sottotetto con tetto non isolato

Fattore di correzione della temperatura 0.9

**C**

	Temperatura esterna [°C]	Pressione esterna [Pa]	Umidità relativa esterna [%]	Temperatura interna [°C]	Pressione interna [Pa]	Umidità relativa interna [%]	Pressione superficiale minima rischio muffa [Pa]	Temperatura superficiale minima rischio muffa [°C]	Temperatura superficiale minima condensazione [°C]	Fattore di temperatura rischio muffa	Fattore di temperatura condensazione
gennaio	3.0	601.4	79.1	20.0	1303.2	55.8	1629.0	14.3	10.9	0.664	0.463
febbraio	5.4	686.9	76.5	20.0	1304.4	55.8	1630.5	14.3	10.9	0.610	0.377
marzo	9.2	808.0	69.3	20.0	1290.5	55.2	1613.1	14.1	10.8	0.457	0.141
aprile	12.3	1027.6	71.7	20.0	1399.5	59.9	1749.4	15.4	12.0	0.400	-0.048
maggio	17.2	1447.9	73.9	18.0	1647.9	79.9	2059.8	18.0	14.5	0.971	-3.326
giugno	21.2	1659.8	65.8	21.2	1759.8	69.8	2199.8	19.0	15.5	0.000	0.000
luglio	23.1	2035.6	72.1	23.1	2135.6	75.7	2669.5	22.2	18.6	0.000	0.000
agosto	22.0	1768.8	66.9	22.0	1868.8	70.7	2335.9	20.0	16.4	0.000	0.000
settembre	17.3	1562.9	79.4	18.0	1759.9	85.3	2199.9	19.0	15.5	2.399	-2.406
ottobre	12.9	1210.7	81.5	20.0	1563.7	66.9	1954.6	17.1	13.7	0.599	0.111
novembre	7.7	911.8	87.1	20.0	1450.1	62.1	1812.7	16.0	12.5	0.673	0.394
dicembre	2.7	625.2	84.3	20.0	1339.5	57.3	1674.3	14.7	11.3	0.695	0.498

**D**

Mese critico per la condensa: **dicembre**

Resistenza minima per evitare condensa: **0.498** m<sup>2</sup>K/W

Mese critico per il rischio muffe: **dicembre**

Resistenza minima per evitare rischio muffe: **0.820** m<sup>2</sup>K/W

Resistenza totale dell'elemento: **3.552** m<sup>2</sup>K/W

## (A) Condizioni climatiche interne

Le condizioni riportate sono prese dalla schermata “Dati climatici interni”.

L'utente può svincolarsi dalla selezione togliendo la spunta da “Condizioni di default di progetto”.

Per approfondire si rimanda al capitolo del manuale dedicato ai “Dati climatici interni”.

## (B) Tipo di ambiente non riscaldato

Questa selezione è attiva solo se l'ambiente confinante è del tipo “non riscaldato”. In questo caso la distribuzione delle temperature medie mensili è definita in base al fattore di correzione della temperatura (coefficiente  $b_{tr,U}$  in accordo con UNI/TS 11300-1, vd. Tabella 8.1) come segue:

$$T_a = T_i - b_{tr,U} (T_i - T_e) \quad [9.1]$$

dove:

$T_a$  è la temperatura dell'ambiente non riscaldato

$T_i$  è la temperatura interna nel caso di ambiente “riscaldato” [°C]

$b_{tr,U}$  è il fattore di correzione della temperatura [-]

$T_e$  è la temperatura dell'ambiente esterno [°C]

## (C) Dati medi mensili

La tabella riporta i valori medi mensili utilizzati nel calcolo.

Per approfondire si rimanda al capitolo del manuale dedicato ai “Dati climatici interni”.

## (D) Verifica del rischio muffa e condensa superficiale

Le verifiche sono condotte in accordo con la norma UNI EN ISO 13788:2013.

Il segnale di superamento della verifica (casella verde o rossa) è riportato solo per il rischio muffa come indicato dal DM 26/6/2015.

Per approfondire le logiche di individuazione dei mesi critici e delle resistenze minime si rimanda al capitolo del manuale dedicato ai “Dati climatici interni”.

La verifica del rischio muffa è superata (ovvero è assente il rischio di formazione di muffa sulla superficie interna) se la resistenza totale dell'elemento è superiore alla resistenza minima riportata.

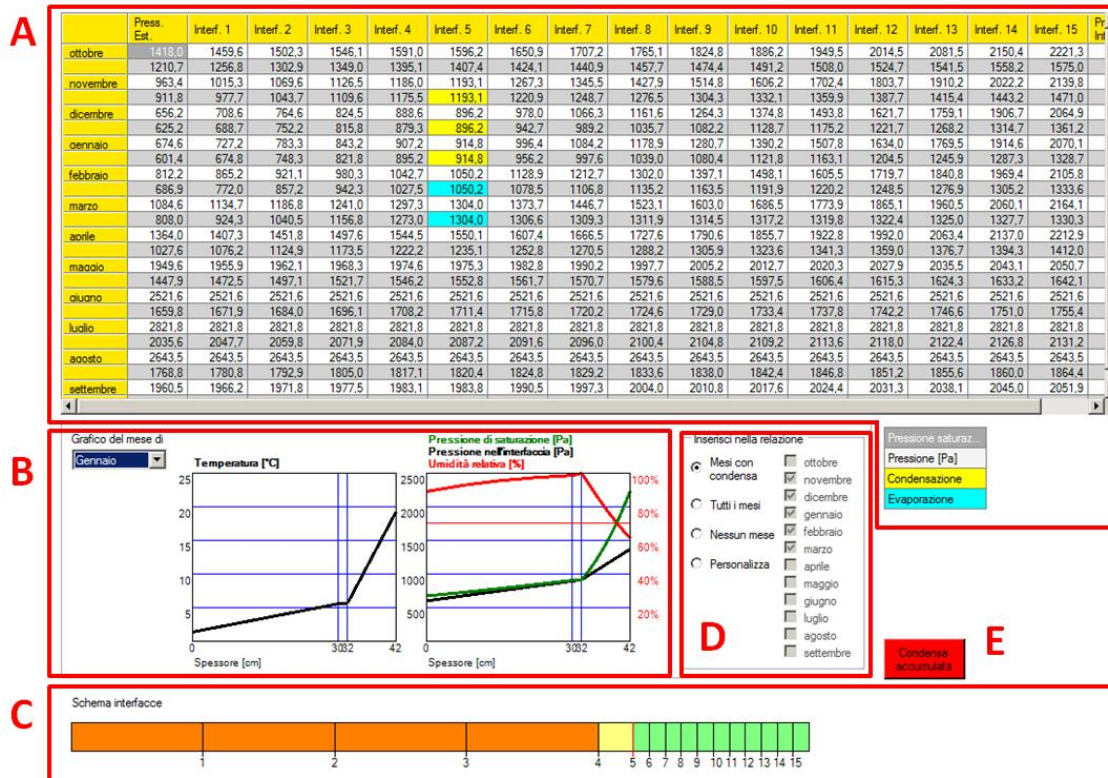
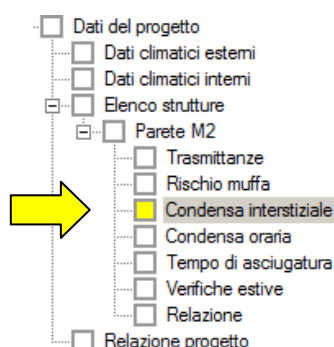
Mese critico per la condensa	dicembre	Resistenza minima per evitare condensa	0,498	m²K/W	
Mese critico per il rischio muffe	dicembre	Resistenza minima per evitare rischio muffe	0,820	m²K/W	←
		Resistenza totale dell'elemento	3,552	m²K/W	

# 10. CONDENSA INTERSTIZIALE

La schermata è dedicata all'analisi del rischio di condensazione interstiziale in accordo con UNI EN ISO 13788:2013 condotta con metodo stazionario medio mensile (metodo di Glaser).

Nella prima tabella sono riportati per ogni mese e per ogni interfaccia i valori di pressione di saturazione e pressione di vapore (A). Gli stessi dati sono riportati in forma grafica anche nella sezione (B) attraverso il diagramma della temperatura e della distribuzione delle pressioni (Glaser), mentre nella sezione (C) è raffigurata la stratigrafia con la suddivisione nelle interfacce analizzate nel calcolo. Nel caso di formazione di condensazione è possibile visualizzare l'andamento mensile di condensazione e di evaporazione dal bottone "Condensa accumulata" (E). Infine dalla sezione (D) l'utente può scegliere quali grafici riportare nella relazione finale.

Per visualizzare tutorial [clicca qui](#).



## (A) Tabella delle pressioni di saturazione di vapore

La tabella riporta i valori medi mensili utilizzati nel calcolo in accordo con la norma UNI EN ISO 13788:2013. Le verifiche di condensazione interstiziale dipendono da i seguenti dati in input:

- posizione degli strati
- resistenza termica di ogni strato
- resistenza al passaggio di vapore di ogni strato
- condizioni interne di temperatura e pressione di vapore (umidità relativa) dell'aria
- condizioni interne di temperatura e pressione di vapore (umidità relativa) dell'aria

La caratterizzazione igrotermica degli strati e la posizione si definiscono nella sezione "Definisci struttura".

Le condizioni interne di temperatura e pressioni di vapore, in accordo con la norma UNI EN ISO 13788 possono essere definite nelle tre modalità descritte nel paragrafo dedicato rischio muffa. Sulla base dei dati in input si produce una tabella su base mensile per ogni interfaccia presente che mette in relazione il valore di pressione di saturazione con quello di vapore verificando che il secondo sia inferiore. Se nella tabella sono presenti colonne gialle e azzurre, la stratigrafia è oggetto di rischio di condensazione interstiziale nell'interfaccia colorata.

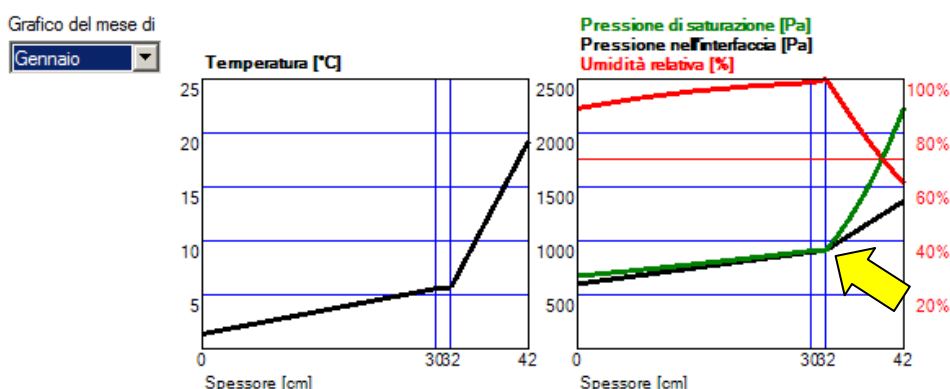
## (B) Diagrammi di Glaser

In questa sezione sono riportati i grafici della distribuzione della temperatura, delle pressioni e dell'umidità relativa nelle varie interfacce in accordo con UNI EN ISO 13788.

Il diagramma della distribuzione delle pressioni (denominato "Diagramma di Glaser") consente di individuare facilmente la posizione dell'eventuale interfaccia interessata da fenomeni di condensazione (interfaccia di contatto tra la linea verde e nera).

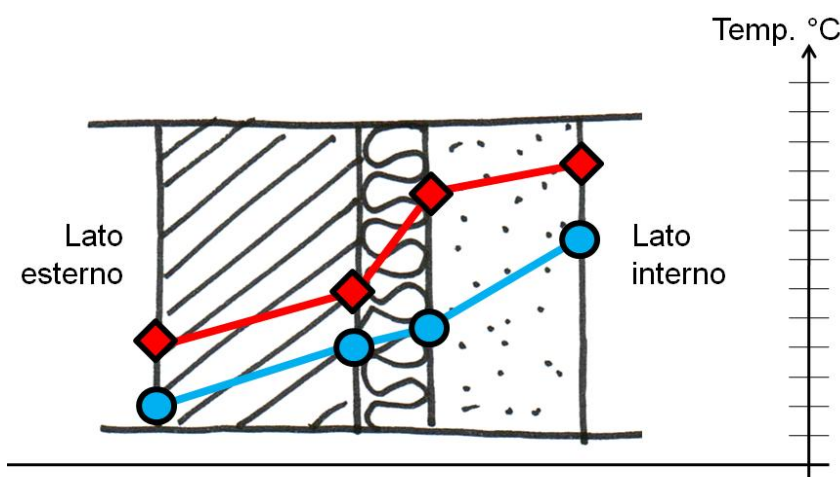
La linea rossa nel grafico invece mostra la distribuzione dell'umidità relativa per consentire valutazioni circa la definizione della conduttività di progetto (vd. Appendice B – Lambda di progetto).

Il metodo di Glaser, come dichiarato nella stessa norma UNI EN ISO 13788, presenta però dei limiti di accuratezza, soprattutto nei casi in cui lo strato con maggiore resistenza termica è posizionato sul lato interno della stratigrafia. Per approfondire questo argomento si veda il box riportato di seguito.



### Nota sui limiti del modello di Glaser

La norma UNI EN ISO 13788 ha come scopo la definizione di un metodo per determinare la temperatura superficiale interna minima dei componenti edilizi per evitare il rischio di crescita di muffe e comparsa di condensazione a valori prefissati di temperatura e umidità relativa interna.



Il metodo proposto (denominato modello di Glaser), avendo però come ipotesi le condizioni al contorno costanti, non considera i seguenti aspetti presenti nelle situazioni reali:

- **capacità di assorbimento dei materiali:** nel modello di Glaser due materiali con un coefficiente di resistenza al passaggio di vapore ( $\mu$ ) identico si comportano alla stessa maniera; è evidente invece che pur a parità di  $\mu$ , se due materiali hanno capacità di assorbimento differente, il loro comportamento risulterà differente,
- **trasporto di umidità:** il modello di Glaser prevede un unico meccanismo guidato dalla differenza di pressione parziale fra gli strati (migrazione per diffusione); in realtà vi è anche il meccanismo di migrazione per capillarità legato alla porosità del materiale,
- **eventi meteorologici:** con Glaser l'ambiente esterno si traduce in unico valore medio mensile della temperatura dell'aria, dell'umidità relativa e della pressione; in realtà tutti gli eventi meteorologici (sole, vento e pioggia sulla superficie esterna) possono incidere ora per ora sui meccanismi di migrazione del vapore,
- **ambiente interno:** come per le condizioni climatiche esterne con Glaser l'ambiente interno è caratterizzato da un unico valore medio mensile di umidità, temperatura e pressione nonostante le possibili reali oscillazioni di questi parametri possano creare condizioni per la migrazione di vapore in continua mutazione.

Nella consapevolezza di questi limiti, nell'introduzione della norma UNI EN ISO 13788 è indicato che: *“La trasmissione del vapore all'interno delle strutture edilizie è un processo molto complesso e la conoscenza dei suoi meccanismi, delle proprietà dei materiali, delle condizioni iniziali e al contorno è spesso insufficiente, inadeguata e ancora in via di sviluppo. Perciò la presente norma propone metodi di calcolo semplificati, basati sull'esperienza e sulle conoscenze comunemente accettate. La standardizzazione di questi metodi di calcolo non esclude l'uso di metodi più avanzati.”*



Per poter studiare questi aspetti è necessario quindi ricorrere al modello di migrazione del vapore in regime dinamico in accordo con la norma UNI EN 15026 “Prestazione termoigrometrica dei componenti e degli elementi di edificio, valutazione del trasferimento di umidità mediante una simulazione numerica” che nasce per poter affrontare le seguenti problematiche:

- fenomeni di condensazione interstiziale in regime dinamico,
- influenza dell’irraggiamento sulla migrazione del vapore,
- influenza della pioggia sulla migrazione del vapore,
- fenomeni legati all’asciugatura delle strutture,
- comportamento dell’utenza.

Il software PAN non realizza calcoli in accordo con la norma UNI EN 15026. Per poter realizzare tali calcoli, utili per esempio nei casi di isolamento termico di strutture dall’interno senza l’impiego di barriere al vapore, è possibile impiegare il software WUFI sviluppato e commercializzato dal IBP del Fraunhofer Institut con il quale ANIT ha in essere un’attiva collaborazione.

### (C) Schema interfacce

È riportata la sezione della stratigrafia oggetto d’analisi con la suddivisione delle interfacce analizzate nelle sezioni (A) e (B).

In accordo con UNI EN ISO 13788:2013, le interfacce sono create in prossimità delle superfici di separazione tra due materiali e all’interno dei singoli materiali ogni volta che si supera una resistenza termica di  $0.25 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

Sono evidenziate in rosse le interfacce soggette a condensazione.

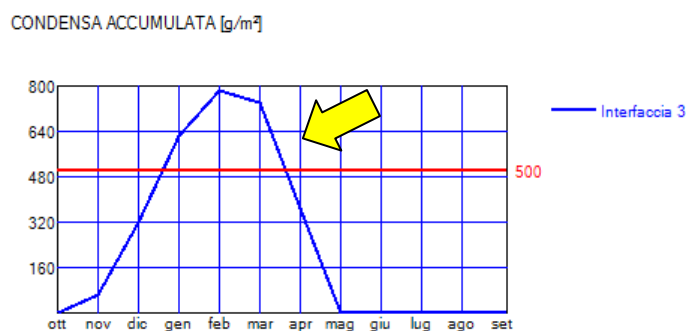
### (D) Inserisci nella relazione

L’utente seleziona grafici dei mesi da inserire nella relazione finale.

### (E) Condensa accumulata

Dal pulsante “Condensa accumulata” è possibile analizzare la quantità di condensa accumulata e rievaporata nell’arco dei 12 mesi.

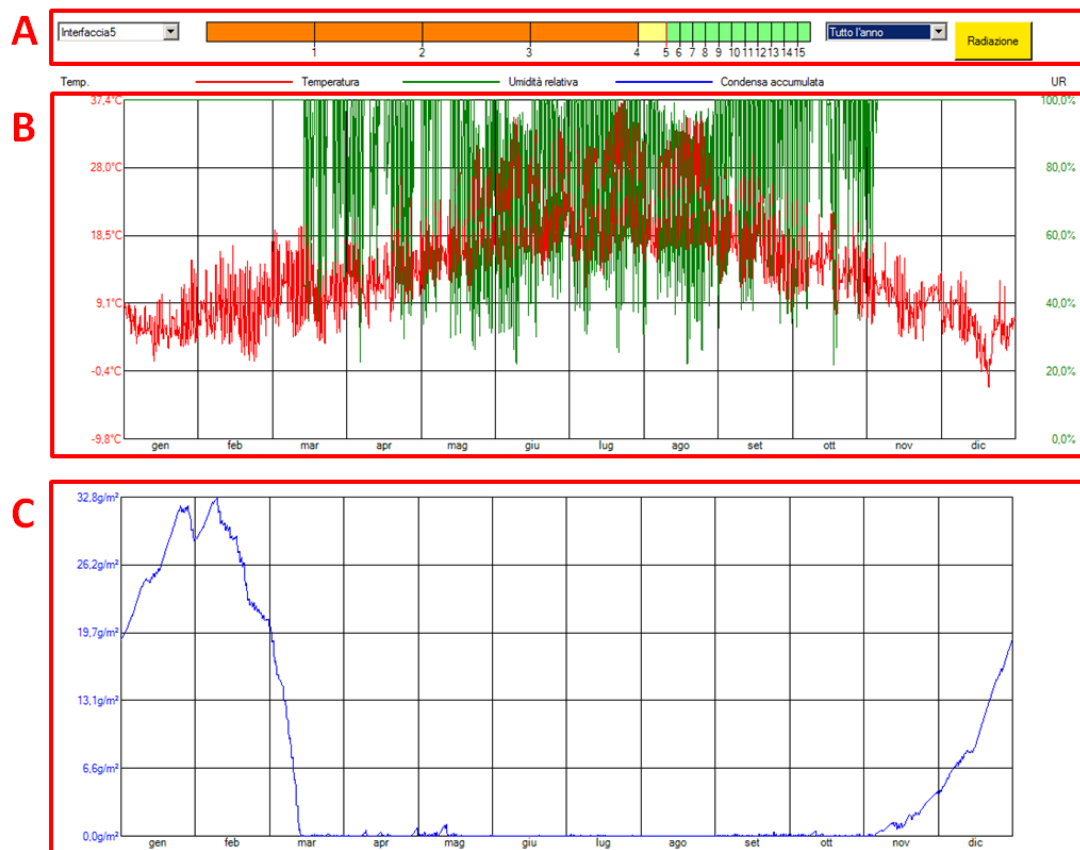
Si segnala che ad oggi il DM 26/6/15 (entrato in vigore il 1° ottobre 2015) esclude la possibilità di accettare strutture in cui è presente il rischio di condensazione, mentre la precedente legislazione consentiva la possibilità di verificare la presenza di condensazione interstiziale purché entro certi limiti ( $500 \text{ g/m}^2$ ) e purché rievaporabile nell’arco dei 12 mesi.



# 11. CONDENZA ORARIA

Il software PAN propone una valutazione della condensazione interstiziale stazionaria in accordo con UNI EN ISO 13788 condotta con passo orario anziché mensile. I dati climatici orari per ogni provincia italiana sono ricavati dal progetto di norma prUNI 10349.

Per visualizzare tutorial [clicca qui](#).

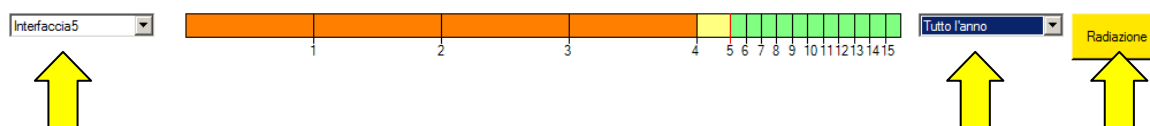




## (A) Selezione della stratigrafia e delle condizioni

I grafici sono visualizzabili per ogni interfaccia individuata. Per approfondire le logiche di suddivisione della stratigrafia si rimanda la capitolo “Condensa interstiziale”.

La visualizzazione dei grafici inoltre può essere definita per l'intero anno o per singolo mese.



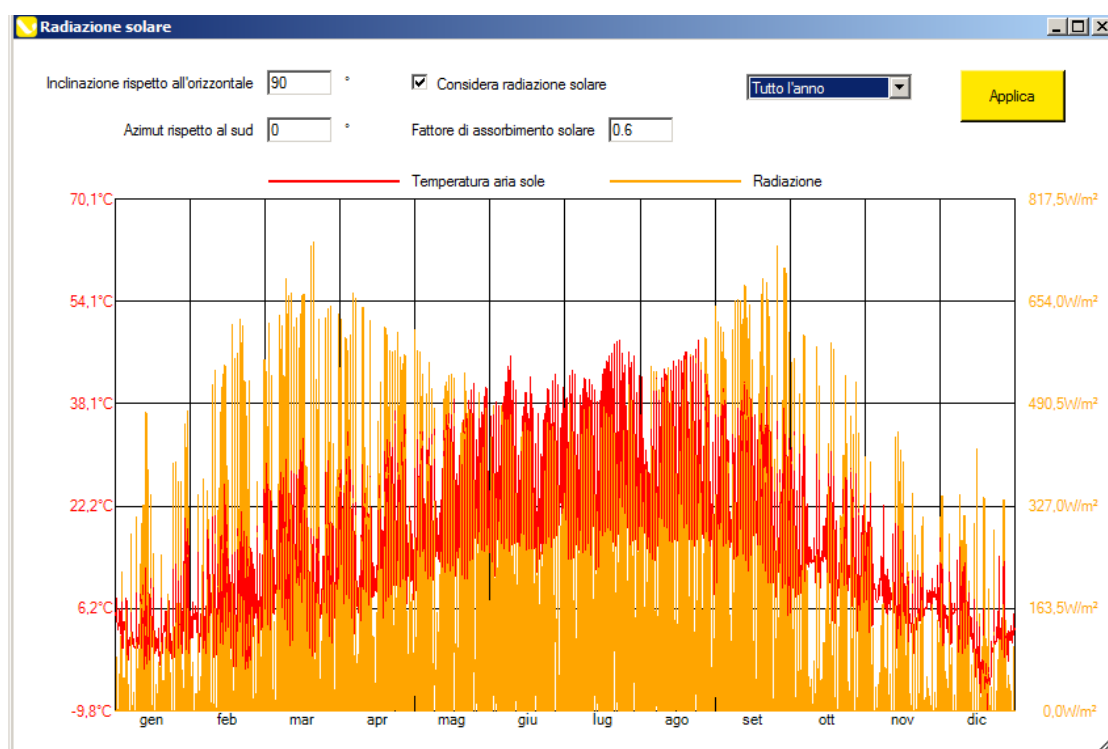
Il bottone “Radiazione” porta a valutare la variazione di temperatura relativa alla presenza dell'irraggiamento solare sulla superficie esterna.

Le informazioni da inserire riguardano:

- inclinazione rispetto al piano orizzontale ( $0^\circ$ =orizzontale,  $90^\circ$ =verticale);
- azimut rispetto al sud ( $0^\circ$ =Sud;  $90^\circ$ =Ovest;  $180^\circ$ =Nord;  $270^\circ$ =Est);
- fattore di assorbimento solare della superficie esterna (colore chiaro=0.3, medio=0.6, scuro=0.9).

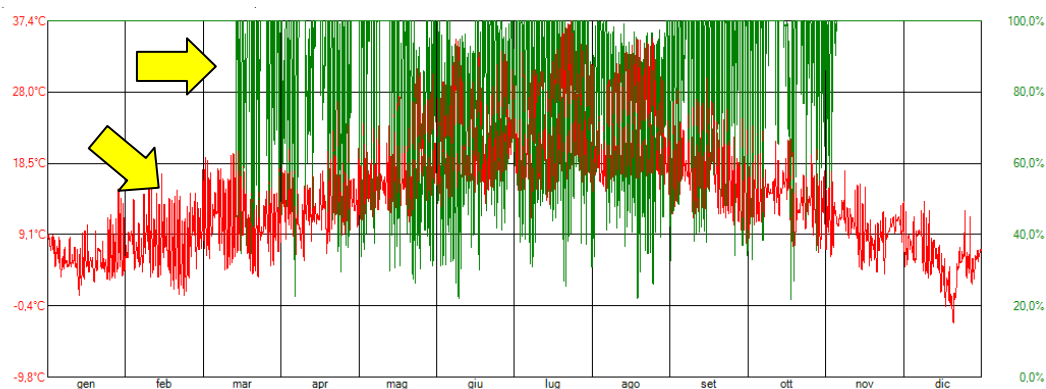
Con queste informazioni viene calcolato il profilo orario della temperatura superficiale (aria-sole) derivante dall'informazioni di irraggiamento solare del prUNI 10349. Realizzato il profilo della temperatura aria-sole, è possibile inserirlo nella valutazione della condensa oraria spuntando “Considera radiazione solare” e cliccando “Applica”.

Nei calcoli di valutazione oraria il valore di temperatura dell' “Ambiente esterno” assumerà il valore della temperatura aria-sole.



## (B) Calcolo orario della temperatura e dell'umidità relativa

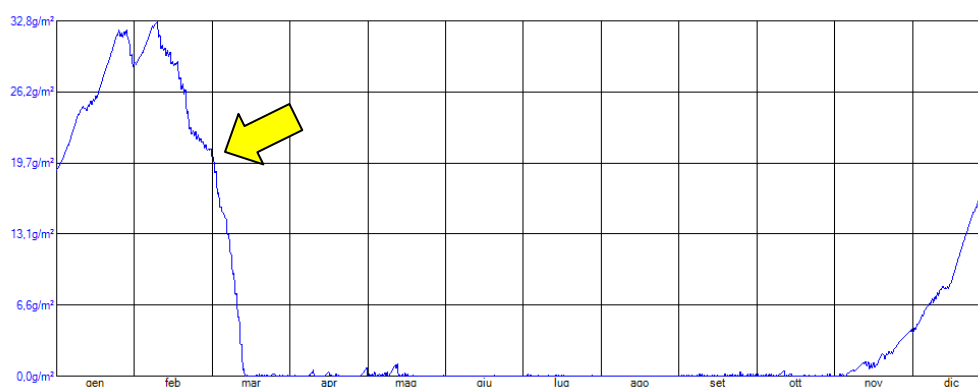
Il grafico riporta in rosso l'andamento della temperatura in °C e in verde l'andamento dell'umidità relativa in %. Il grafico è visualizzabile per tutte le interfacce individuate nella stratigrafia e può riferirsi all'intero anno o a un singolo mese.



## (C) Calcolo orario della condensa interstiziale

L'eventuale condensa accumulata è indicata in blu nel grafico ed è espressa in g/m<sup>2</sup>.

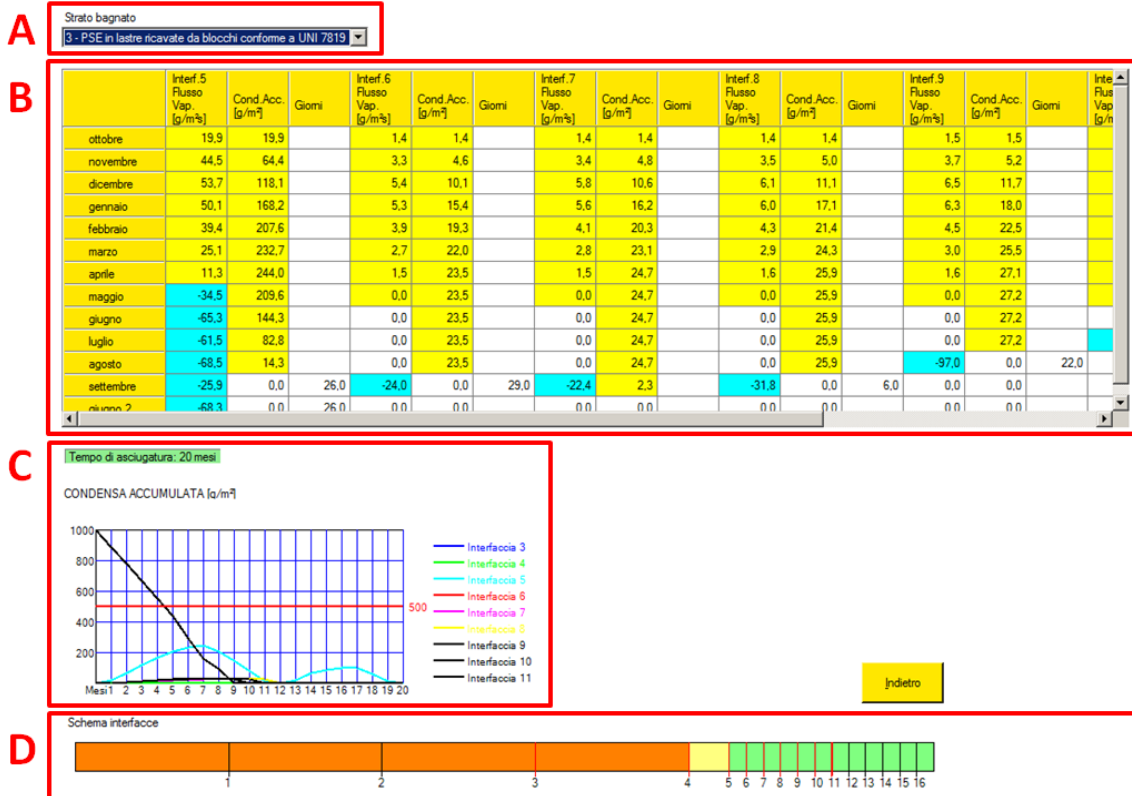
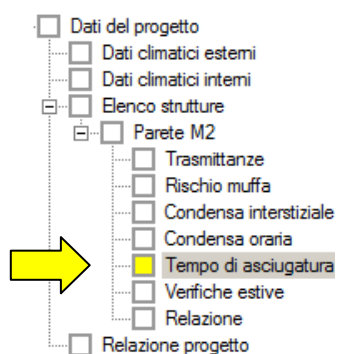
Il calcolo consente di visualizzare con maggiore accuratezza l'eventuale formazione di condensazione interstiziale in ogni interfaccia.



## 12. TEMPO D'ASCIUGATURA

I calcoli per la valutazione del tempo di asciugatura sono realizzati in accordo con la norma UNI EN ISO 13788:2013. Il metodo di calcolo non risponde a richieste legislative, ma è uno strumento utile per capire se, in occasione di errori di posa o di infiltrazioni di umidità, sia possibile fare asciugare uno strato impregnato di umidità. La verifica è consigliata nel caso di stratigrafie con più strati ad elevata tenuta al vapore.

Per visualizzare tutorial [clicca qui](#).



## (A) Strato bagnato

La selezione serve per individuare lo strato che si suppone bagnato tra quelli presenti nella stratigrafia. Per il materiale selezionato si procede con la verifica del tempo di asciugatura in accordo con la norma UNI EN ISO 13788:2013, ovvero con la simulazione della presenza di 1kg d'acqua al metro quadrato posizionata nello strato centrale del materiale.

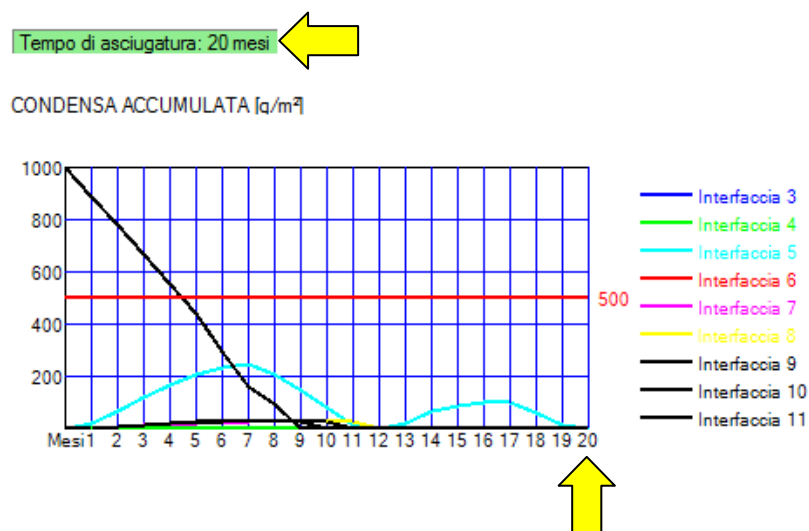
## (B) Calcolo della condensa accumulata

Partendo dall'ipotesi dello strato bagnato individuato nella sezione (A), la tabella riassume i risultati del calcolo in termini di flusso di vapore che attraversa la struttura per differenza di pressione di vapore (in giallo o azzurro a seconda che il vapore venga ceduto o acquisito) e in termini di quantità di condensa in aumento (rosso) o in diminuzione (giallo).

## (C) Grafico della condensa accumulata

Il grafico descrive l'andamento della presenza di umidità nelle varie interfacce al passare dei mesi e l'eventuale asciugatura definitiva in accordo con i valori riportati nella sezione (B).

Il tempo di asciugatura dipende dalle condizioni interne, esterne, dalla stratigrafia e da quale materiale viene inizialmente considerato bagnato.



## (D) Schema interfacce

È riportata la sezione della stratigrafia oggetto d'analisi con la suddivisione delle interfacce analizzate nelle sezioni (B) e (C).

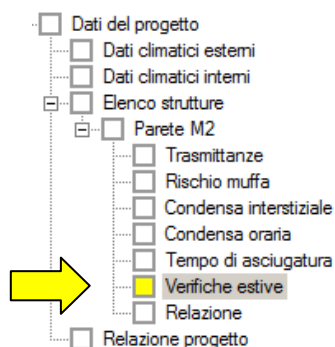
In accordo con UNI EN ISO 13788:2013, le interfacce sono create in prossimità delle superfici di separazione tra due materiali e all'interno dei singoli materiali ogni volta che si supera una resistenza termica di  $0.25 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

Sono evidenziate in rosse le interfacce soggette a condensazione.

# 13. VERIFICHE ESTIVE

I calcoli per la valutazione delle caratteristiche dinamiche di capacità termica interna, trasmittanza termica periodica, sfasamento e attenuazione sono da realizzarsi in accordo con la norma UNI EN 13786. Il metodo di calcolo è analitico ma con numeri complessi e matrici.

Per visualizzare tutorial clicca [qui](#).



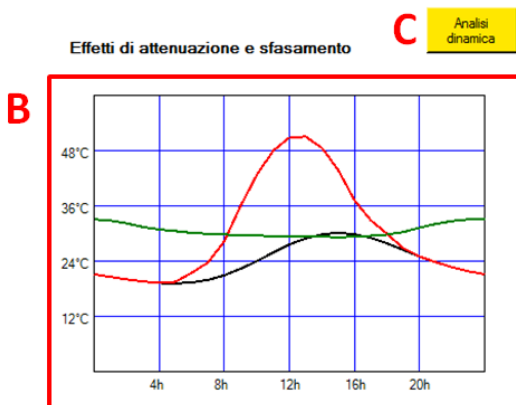
**A** Orientamento

Superficie esterna

Colore: ☐ chiaro ☒ medio ☐ scuro

$\alpha$  Fattore di assorbimento solare:

	Temperatura aria esterna [°C]	Irradianza [W/m²]	Temperatura superficiale esterna [°C]	Temperatura attenuata [°C]
1	20.59	0.0	20.59	32.79
2	20.04	0.0	20.04	32.21
3	19.60	0.0	19.60	31.41
4	19.27	0.0	19.27	30.88
5	19.16	8.3	19.53	30.53
6	19.38	47.3	21.48	30.15
7	19.93	85.3	23.72	29.93
8	20.92	166.3	28.31	29.79
9	22.35	307.0	35.99	29.65
10	24.00	422.3	42.77	29.55
11	25.87	497.0	47.96	29.47
12	27.63	523.0	50.87	29.40
13	28.95	497.0	51.04	29.33
14	29.83	422.3	48.60	29.28
15	30.16	307.0	43.80	29.24
16	29.83	166.3	37.22	29.27
17	29.06	85.3	32.85	29.51
18	27.85	47.3	29.95	29.78
19	26.42	8.3	26.79	30.33
20	24.99	0.0	24.99	31.27
21	23.78	0.0	23.78	32.09
22	22.68	0.0	22.68	32.72
23	21.80	0.0	21.80	33.07
24	21.14	0.0	21.14	33.09



## (A) Orientamento e superficie esterna

Per analizzare in dettaglio il comportamento della struttura opaca rispetto alle sollecitazioni climatiche esterne in un giorno tipico estivo è necessario definire i seguenti parametri:

- orientamento della struttura;
- fattore d'assorbimento solare del rivestimento esterno;
- temperatura oraria dell'aria esterna;
- irradianza oraria.

I primi due parametri sono selezionabili dall'utente attraverso l'indicazione dell'orientamento e del valore del fattore di assorbimento solare (semplificabile attraverso la scelta del colore).

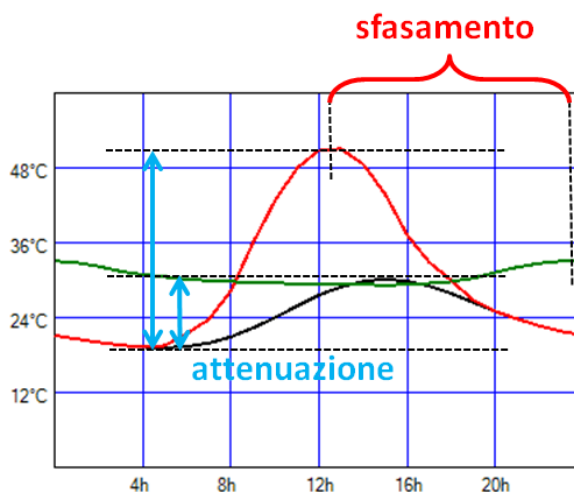
I valori di temperatura e irradianza oraria invece sono richiamati in base alla selezione effettuata nella schermata dei "Dati climatici esterni".

## (B) Attenuazione e sfasamento

In accordo con le indicazioni di norma è possibile valutare "la temperatura attenuata" della stratigrafia in base alle condizioni al contorno definite.

Questo parametro rappresenta la temperatura superficiale esterna derivante da un calcolo statico con 26°C e dà una buona rappresentazione dell'effetto legato allo sfasamento e all'attenuazione dell'onda termica entrante.

I valori calcolati sono riportati sia in forma tabellare che in forma di grafico (la temperatura attenuata è disegnata in verde).



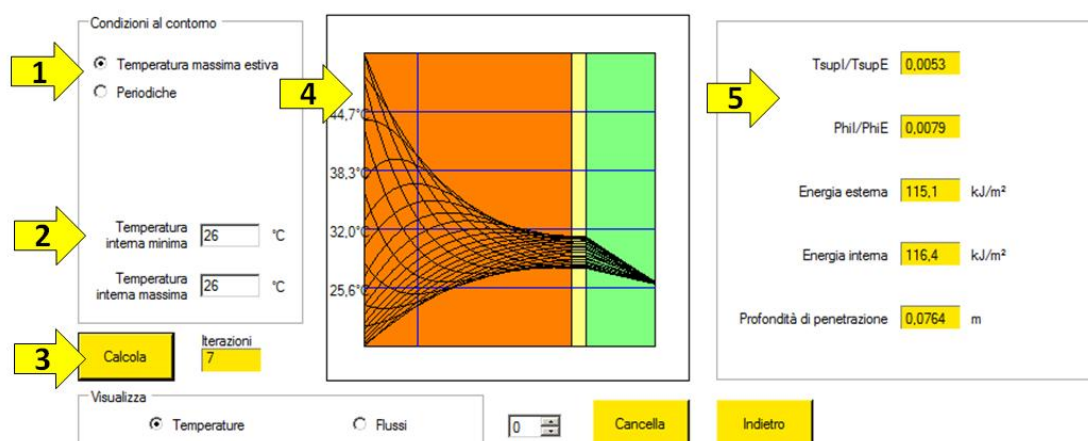
## (C) Analisi dinamica

Cliccando sul bottone “Analisi climatica” si accede alla schermata atta alla valutazione agli elementi finiti del comportamento dinamico della stratigrafia.

L’analisi simula l’effetto della sollecitazione climatica esterna attraverso la struttura.

Per procedere al calcolo le operazioni da eseguire sono:

- 1- impostare le condizioni climatiche esterne (la selezione “Temperatura massima estiva” richiama i valori calcolati nella sezione (B), la selezione “Periodiche” consente di ipotizzare un’oscillazione termica tra un valore massimo e minimo a piacere);
- 2- impostare le condizioni climatiche interne (si consiglia di lasciare le condizioni di default pari a 26°C);
- 3- lanciare il calcolo cliccando sul bottone “Calcola”;
- 4- analizzare i risultati riportati in forma grafica (eventualmente rieditabili cliccando su “Cancella” e sulle frecce poste sotto la stratigrafia);
- 5- analizzare i risultati riportati in forma numerica.



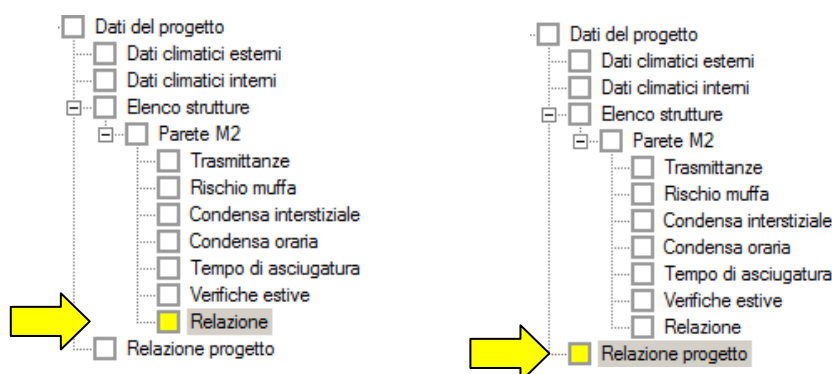
L’analisi proposta, sebbene non descritta dalla normativa tecnica, può essere utile per:

- visualizzare in forma grafica l’effetto inerziale dei materiali della stratigrafia ed eventualmente mettere a confronto più soluzioni tecniche;
- quantificare il valore dell’energia che attraversa la struttura in un giorno tipico estivo. Questo dato è espresso come “Energia interna” in kJ/m²giorno e può essere utilizzato ai fini della valutazione dell’efficacia dell’isolamento estivo delle coperture in risposta alle richieste del DM 26/6/15;
- verificare le sollecitazioni termiche che potrebbero subire gli strati (con particolare attenzione ai materiali isolanti) per l’analisi della conduttività di progetto (vd. Appendice B del manuale).

# 14. RELAZIONE E RELAZIONE PROGETTO

PAN consente di visualizzare e stampare la relazione di calcolo delle singole strutture o dell'intero progetto.

Per visualizzare tutorial clicca qui.



La selezione dei contenuti da inserire in relazione è gestita dall'utente dalla finestra di dialogo.

Una volta visualizzata la relazione, è possibile effettuare un salvataggio in formato editabile (.rtf) o non editabile (.pdf).

**Struttura: Parete M2**

**Descrizione struttura**

1	MUR	Laterizio alveolare sp. 30 cm, rif. 1.108
2	INT	Malta di calce e di calce e cemento
3	ISO	PSE in lastre ricavate da blocchi conforme a UNI 7819

	s	p	λ	c	μ	M <sub>s</sub>	R	S <sub>e</sub>	a
	[m]	[kg/m³]	[W/mK]	[J/kgK]	[s]	[kg/m³]	[m²K/W]	[m]	[m²/Ms]
1	0.300	857.0	0.290	835.8	20.0	250.1	0.77	6.00	0.537
2	0.020	1820.0	0.350	835.8	20.0	35.0	0.02	0.40	0.688
3	0.100	25.0	0.040	1255.2	60.0	2.5	2.50	6.00	1.278
							0.13		

**Elenco simboli**

s Spessore  
p Densità  
λ Conduttività  
c Calore specifico  
μ Fattore di resistenza al vapore  
M<sub>s</sub> Massa superficiale  
R Resistenza termica  
S<sub>e</sub> Spessore equivalente d'aria  
a Diffusività

**Parametri stazionari**

Spessore totale 0.420 m  
Massa superficiale 298.6 kg/m²  
Massa superficiale esclusa intonaco 252.6 kg/m²  
Resistenza 3.46 m²K/W  
Trasmittanza U 0.29 W/m²K

**Parametri dinamici**

	Valori invernali	Valori estivi
Trasmittanza periodica U <sub>pe</sub>	0.04 W/m²K	0.04 W/m²K
Fattore di attenuazione	0.13	0.12
Sfasamento 1h-1h	11h-25	11h-25
Capacità interna	5.8 kJ/m²K	5.8 kJ/m²K
Capacità esterna	55.1 kJ/m²K	49.7 kJ/m²K
Ammettenza interna	0.38 W/m²K	0.38 W/m²K
Ammettenza esterna	3.97 W/m²K	3.58 W/m²K

**Verifica trasmittanza**

Provincia ALESSANDRIA

Calcoli eseguiti con il software PAN7.0

Esporta RTF  
Esporta PDF  
Stampa

Chiudi



# Appendice A. La norma UNI 10351:2015

La prima versione della norma UNI 10351 “Materiali e prodotti per edilizia. Proprietà termoigrometriche. Procedura per la scelta dei valori di progetto” è stata pubblicata nel 1994.

I valori delle caratteristiche termoigrometriche dei materiali riportati nella norma erano frutto di un lavoro approfondito, portato avanti dalla metà degli anni '70 in poi. Per questo motivo alcuni dei dati riportati, pur definiti a suo tempo in modo assolutamente rigoroso, non rispecchiano più i prodotti, anche dello stesso tipo, presenti oggi sul mercato.

Parallelamente nel 2008 è stata pubblicata la UNI EN ISO 10456 “Materiali e prodotti per l’edilizia” che si affianca e in parte sostituisce la UNI 10351:1994.

L’esistenza di entrambe le norme come riferimento per i valori di conduttività termica, di calore specifico e resistenza al passaggio del vapore dei materiali impiegati nell’edilizia ha determinato la necessità di chiarire gli ambiti di applicazione.

La pubblicazione della versione 2015 della UNI 10351 ha lo scopo di fornire la metodologia per il reperimento dei valori di riferimento per la conduttività termica, la resistenza al passaggio del vapore e il calore specifico dei materiali da costruzione in base all’epoca di installazione.

La norma integra quanto non presente nella UNI EN ISO 10456 con particolare riferimento ai materiali isolanti per l’edilizia.

## Valori di riferimento

I valori di riferimento da prendere in considerazione sono distinti a seconda che si tratti di materiali già in opera o da impiegare in nuove costruzioni o che si tratti di materiali generici o materiali isolanti.

A seconda del caso, come descritto di seguito, i valori di riferimento sono riportati:

- nel prospetto A.1 della UNI 10351:2015;
- nel prospetto 2 della UNI 10351:2015;
- nei prospetti 3, 4 e 5 della UNI 10456:2008;
- nella marcatura CE del prodotto;
- in letteratura.

## Materiali già in opera

### Materiali da costruzione generici

Per determinare i valori di conduttività termica e di resistenza al passaggio del vapore dei materiali da costruzioni generici, come definiti dalla UNI EN ISO 10456:2008, posti in opera prima dell’entrata in vigore della UNI EN ISO 10456:2008 (ovvero prima del maggio 2008), si fa riferimento al prospetto A.1 della UNI 10351:2015.

Nel caso di installazione successiva al maggio 2008, per tutti i parametri si devono considerare i valori riportati nei prospetti 3 e 4 della UNI 10456:2008.

Il prospetto A.1 può essere utilizzato per la determinazione delle prestazioni dei materiali in opera in cui non si abbiano dati attendibili sull’epoca di installazione, nel caso in cui il materiale non sia presente nella UNI EN ISO 10456:2008 o non vi siano altre possibilità per reperire informazione sulle relative caratteristiche.

Per determinare il valore del calore specifico si deve far riferimento al prospetto 3 della UNI EN ISO 10456:2008 e per i materiali non presenti a valori di letteratura.

## **Materiali isolanti termici per l'edilizia**

### *Conduttività termica*

Per i materiali isolanti posti in opera prima dell'entrata in vigore dell'obbligo della relativa marcatura CE (si veda la Tabella A.1 di seguito riportata), di cui non si abbiano dati attendibili o non vi siano altre possibilità di reperire informazioni sulle effettive caratteristiche, per la determinazione della conduttività termica, si deve far riferimento al prospetto A.1 della UNI 10351:2015 (valori già maggiorati con il fattore m%).

Nel caso di installazione successiva all'entrata in vigore dell'obbligo della marcatura CE, in assenza di dati relativi alla marcatura dello specifico prodotto installato, si devono considerare i valori riportati nel prospetto 2 della UNI 10351:2015.

### *Coefficiente di resistenza al passaggio del vapore*

Per i materiali isolanti posti in opera prima dell'entrata in vigore dell'obbligo della relativa marcatura CE (si veda la Tabella A.1 di seguito riportata), di cui non si abbiano dati attendibili o non vi siano altre possibilità di reperire informazioni sulle effettive caratteristiche, il coefficiente di resistenza al passaggio del vapore si ricava a partire dai valori di permeabilità forniti nel prospetto A.1 della UNI 10351:2015.

Nel caso di installazione successiva all'entrata in vigore dell'obbligo della marcatura CE, in assenza di dati relativi alla marcatura dello specifico prodotto installato, si devono considerare i valori riportati nel prospetto 4 della UNI EN ISO 10456:2008.

### *Calore specifico*

Per i materiali isolanti già in opera, per la determinazione del calore specifico, in assenza di dati più attendibili, si utilizzano i valori riportati nel prospetto 4 della UNI EN ISO 10456:2008. Per i materiali non presenti si assume il valore di calore specifico pari a 1000 J/kgK.

## **Materiali di nuova installazione**

### **Materiali da costruzione generici**

Per i valori di conduttività termica, di resistenza al passaggio del vapore e di calore specifico, in assenza di dati riportati nella marcatura CE dello specifico prodotto, si utilizza il prospetto 3 della UNI EN ISO 10456:2008.

I valori di resistenza al passaggio del vapore ricavabili dai valori di spessore equivalente d'aria riportati nel prospetto 5 della UNI EN ISO 10456:2008 rappresentano i valori di riferimento da considerare in caso di nuova installazione per i materiali impermeabilizzanti.

Per materiali da costruzione generici non compresi nella UNI EN ISO 10456:2008 si fa riferimento a al prospetto A.1 della UNI 10351:2015.

## **Materiali isolanti termici per l'edilizia**

### *Conduttività termica*

Per i materiali isolanti dotati di marcatura CE, si deve fare riferimento alla conduttività termica dichiarata nella marcatura CE dello specifico prodotto isolante utilizzato.

Qualora non si conosca ancora lo specifico prodotto da porre in opera, si utilizzano i valori forniti nel prospetto 2 della UNI 10351:2015. Questi valori sono da considerare indicativi della conduttività termica dichiarata di materiali isolanti con marcatura CE obbligatoria o volontaria reperibili sul mercato nazionale alla data di pubblicazione della norma stessa.

#### *Coefficiente di resistenza al passaggio del vapore*

Per i materiali isolanti dotati di marcatura CE, si deve fare riferimento al coefficiente di resistenza al passaggio del vapore presente nella marcatura CE dello specifico prodotto utilizzato.

Qualora non si conosca ancora lo specifico prodotto da porre in opera, utilizzare i valori forniti nel prospetto 4 della UNI EN ISO 10456:2008.

#### *Calore specifico*

Per i materiali isolanti di nuova installazione, per la determinazione del calore specifico, si utilizzano i valori riportati nel prospetto 4 della UNI EN ISO 10456:2008 o, se disponibili, valori forniti dal produttore supportati da prove di laboratorio.

Qualora non sia possibile reperire alcun valore, si assume il valore di calore specifico pari a 1000 J/kgK.

Tipo di prodotto	Norma di prodotto	Data di entrata in vigore obbligo marcatura CE
Lana di roccia	UNI EN 13162	13 maggio 2003
Lana di roccia sfusa da insuflaggio	UNI EN 14064-1	1 dicembre 2011
Lana di vetro	UNI EN 13162	13 maggio 2003
Polistirene espanso sinterizzato (EPS)	UNI EN 13163	13 maggio 2003
Polistirene espanso estruso (XPS)	UNI EN 13164	13 maggio 2003
Poliuretano espanso rigido	UNI EN 13165	13 maggio 2003
Schiuma poliuretanica applicata a spruzzo o per colata, percentuale celle chiuse > 90%	UNI EN 14315-1 e UNI EN 14318-1	1 novembre 2014
Schiuma poliuretanica applicata a spruzzo o per colata, percentuale celle chiuse < 90%	UNI EN 14318	1 novembre 2014
Schiuma fenolica	UNI EN 13166	13 maggio 2003
Vetro cellulare	UNI EN 13167	13 maggio 2003
Lana di legno	UNI EN 13168	13 maggio 2003
Perlite espansa in granuli di grossa granulometria 1-5mm, densità 80-120 kg/m <sup>3</sup>	UNI EN 14316-1	1 giugno 2006
Pannello a base di perlite espansa, densità 150 kg/m <sup>3</sup>	UNI EN 13169	13 maggio 2003
Sughero espanso	UNI EN 13170	13 maggio 2003
Fibre di legno	UNI EN 13171	13 maggio 2003
Argilla espansa	UNI EN 14063	1 giugno 2006
Vermiculite	UNI EN 14317-1	1 giugno 2006
Polietilene espanso	UNI EN 16069	1 settembre 2014
Fibre di poliestere	Marcatura CE volontaria	-
Fibre di canapa-kenaf	Marcatura CE volontaria	-
Lana di pecora	Marcatura CE volontaria	-
Cellulosa	Marcatura CE volontaria	-
Calcio silicato	Marcatura CE volontaria	-

**Tabella A.1** Data di entrata in vigore dell'obbligo della marcatura CE per diversi materiali isolanti secondo quanto indicato nel prospetto 2 della norma UNI 10351:2015.

Materiali già in opera			$\lambda$	$\mu$	c
<b>MATERIALI DA COSTRUZIONE GENERICI</b>	Ante UNI EN ISO 10456:2008		Prospetto A1 UNI 10351:2015	Prospetto A1 UNI 10351:2015	UNI EN ISO 10456:2008 o valori di letteratura
	Post UNI EN ISO 10456:2008	Materiali presenti nella norma	UNI EN ISO 10456:2008	UNI EN ISO 10456:2008	UNI EN ISO 10456:2008
		Materiali non presenti nella norma	Prospetto A1 UNI 10351:2015	Prospetto A1 UNI 10351:2015	Valori di letteratura
<b>MATERIALI ISOLANTI TERMICI PER L'EDILIZIA</b>	Ante obbligo marcatura CE		Prospetto A1 UNI 10351:2015	Prospetto A1 UNI 10351:2015	UNI EN ISO 10456:2008 o 1000 J/kgK
	Post obbligo marcatura CE e marcatura volontaria	Etichetta CE disponibile	Marcatura CE	Marcatura CE	UNI EN ISO 10456:2008 o 1000 J/kgK
		Etichetta CE non disponibile	Prospetto 2 UNI 10351:2015	UNI EN ISO 10456:2008	UNI EN ISO 10456:2008 o 1000 J/kgK

**Tabella A.2** Schema per la determinazione dei valori di riferimento per materiali già in opera generici e isolanti in accordo con UNI 10351:2015.

Materiali di nuova installazione			$\lambda$	$\mu$	c
<b>MATERIALI DA COSTRUZIONE GENERICI</b>	Presenti nella UNI EN ISO 10456:2008		Marcatura CE o UNI EN ISO 10456:2008	Marcatura CE o UNI EN ISO 10456:2008	Marcatura CE o UNI EN ISO 10456:2008
	Non presenti nella UNI EN ISO 10456:2008		Prospetto A1 UNI 10351:2015	Prospetto A1 UNI 10351:2015	Valori di letteratura
<b>MATERIALI ISOLANTI TERMICI PER L'EDILIZIA</b>	Prodotto commerciale già scelto		Marcatura CE	Marcatura CE	UNI EN ISO 10456:2008 o dati sperimentali o 1000 J/kgK
	Scelto il tipo di materiale ma non il prodotto commerciale		Prospetto 2 UNI 10351:2015	UNI EN ISO 10456:2008	UNI EN ISO 10456:2008 o dati sperimentali o 1000 J/kgK

**Tabella A.3** Schema per la determinazione dei valori di riferimento per materiali di nuova installazione generici e isolanti in accordo con UNI 10351:2015.

# Appendice B. Lambda di progetto

La norma UNI EN ISO 10456 descrive come valutare la conduttività termica di progetto a partire dalla conduttività termica dichiarata  $\lambda_D$ .

Nella sezione dedicata all'inserimento di un nuovo materiale da parte dell'utente è possibile valutare la conduttività di progetto del materiale "omogeneo". Il pulsante è quindi solo presente per quelle tipologie di materiale che sono considerate omogenee rispetto alla direzione di flusso e che quindi possono essere descritte con un valore di lambda. [Per visualizzare tutorial clicca qui.](#)

Tale aspetto è particolarmente importante per i materiali isolanti. Una volta inserite le caratteristiche tecniche del materiale cliccare sul pulsante "Calcola lambda di progetto".

Dati materiale

Descrizione  
Isolante manuale PAN

Spessore 0.12 m

Densità 50 kg/m³

Conduttività 0.035 W/m K

Fattore di resistenza al vapore 20

Calore specifico (inserire il valore in kcal/kg K oppure in J/kg K) 1 kcal/kg K 1000 J/kg K

Salva

Calcola lambda di progetto

Materiale a igrotermia variabile

La finestra richiede una serie di informazioni per poter valutare in accordo con la norma UNI EN ISO 10456 il valore di lambda di progetto.

Per procedere alla valutazione è necessario:

- 1- selezionare la tipologia del materiale
- 2- inserire il valore della conduttività termica dichiarata  $\lambda_D$
- 3- inserire le condizioni di progetto per il calcolo: la temperatura e l'umidità d'esercizio del materiale
- 4- visualizzare la conduttività di progetto per le condizioni inserite. Cliccando su "Attribuisci lambda di progetto" il valore viene memorizzato tra le informazioni del materiale creato.

Lambda di progetto

1 Tipo di materiale: Lana minerale - pannelli

2  $\lambda_D$  dichiarato: 0.037 W/m K

3 Dati per il calcolo: Temperatura di progetto 40 °C, Umidità relativa di progetto 50 %

4  $\lambda_D$  di progetto: 0.0415 W/m K

Temperatura: Coefficiente di conversione per temperatura 0.0038 1/K

Umidità: Contenuto d'acqua al 50% UR 0.006 m³/m³, Contenuto d'acqua di riferimento per il calcolo del contenuto d'acqua 0.0001 m³/m³, Contenuto d'acqua massimo 0.15 m³/m³, Contenuto d'acqua all'80% UR 0.006 m³/m³, Umidità relativa di riferimento per il calcolo del contenuto d'acqua 50 %, Coefficiente di conversione per umidità 4

Temperatura - Conduttività

Umidità relativa - Contenuto d'acqua

Umidità relativa - Conduttività

Attribuisci lambda di progetto

Esci

# Appendice C. Materiale a $\mu$ variabile

Dalla voce del menu “Archivio / Archivio materiali” è possibile inserire un nuovo materiale con un fattore di resistenza al vapore ( $\mu$ ) variabile.

Questa possibilità consente di descrivere il comportamento di alcuni prodotti che hanno la capacità di variare la propria resistenza al vapore in relazione alle condizioni di umidità relativa presente.

Dati materiale

Descrizione

Spessore  m

Densità  kg/m<sup>3</sup>

Conducibilità  W/m K

Fattore di resistenza al vapore

Calore specifico (inserire il valore in kcal/kg K oppure in J/kg K)  kcal/kg K  J/kg K

☐ Materiale a igrotermia variabile

Calcola lambda di progetto

Salva

Per poter descrivere il comportamento del materiale è quindi necessario conoscere dei valori di spessore equivalente di aria  $S_d$  [m] associato alle diverse condizioni di umidità relativa [%].

Materiale a igrotermia variabile

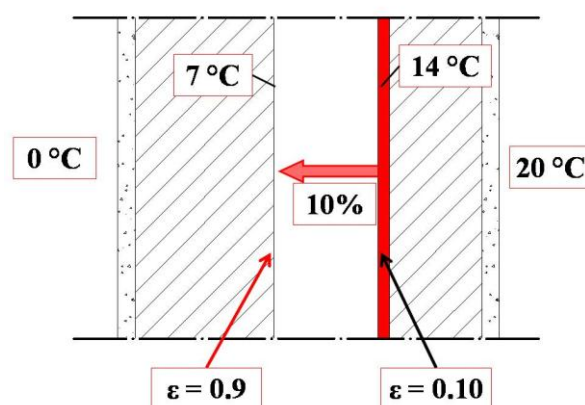
Umidità relativa [%]	Spessore equivalente d'aria [m]
25	20
37,5	11
50	11
65,5	2,7
80	0,32
90	0,16
*	

Annulla OK

Un volta inserito il materiale a  $\mu$  variabile nelle strutture, quando si realizzano i calcoli di verifica di condensazione interstiziale, sulla base dell'umidità relativa presente nello strato viene richiamato il corretto valore di spessore equivalente di aria. È quindi possibile verificare e valorizzare il comportamento della membrana con condizioni mensili e orarie.

# Appendice D. Isolanti riflettenti

Il manuale di ANIT “Corretta progettazione con i materiali isolanti riflettenti” è dedicato all’approfondimento tecnico dei materiali isolanti che si basano sulla riduzione dello scambio radiativo tra superfici a diversa temperatura. [Per visualizzare tutorial clicca qui.](#)



Nel software PAN è possibile descrivere le intercapedini d’aria, in accordo con le indicazioni presenti negli allegati della norma UNI EN ISO 6946, attribuendo ad esse uno spessore e caratterizzando le superfici che le descrivono per mezzo di valori di emissività  $\epsilon$  (nel campo della radiazione termica).

Progetto Strumenti Manuale

Materiali esterni ANIT

Spessore: 0.05 m

Tipi	Descrizione	Spessore [m]	Conduttività [W/m·K]	Calore specifico [J/kg·K]	Fattore resistenza interna	Massa superficiale [kg/m²]	Resistenza [m²·K/W]	Spessore equivalente [m]	Diffusività [m²/s]
1	Superficie esterna					0.040			
2	Laminamento su 25 cm di 2.1.04	0.2600	1146	0.743	837	15	286.0	0.350	3.900
3	Pavimentazione interna - grea	0.0150	1700	1.470	1000	1	25.5	0.010	0.015
4	Superficie interna					0.040			

Tipi di elemento

Pavimento

Ambiente interno

Riscaldamento

Resistenza superficiale esterna

Resistenza superficiale interna

Intercapedine d'aria

Emissività della superficie esterna

Emissività della superficie interna

ANIT - Associazione Nazionale per l'Isolamento termico e acustico

Pan 7.0 Analisi termica, igrometrica e dinamica dell'involucro opaco.

## Intercapedine d'aria

Emissività della superficie esterna 0.9

Emissività della superficie interna 0.9

## Intercapedine d'aria

Emissività della superficie esterna 0.9

Emissività della superficie interna 0.15

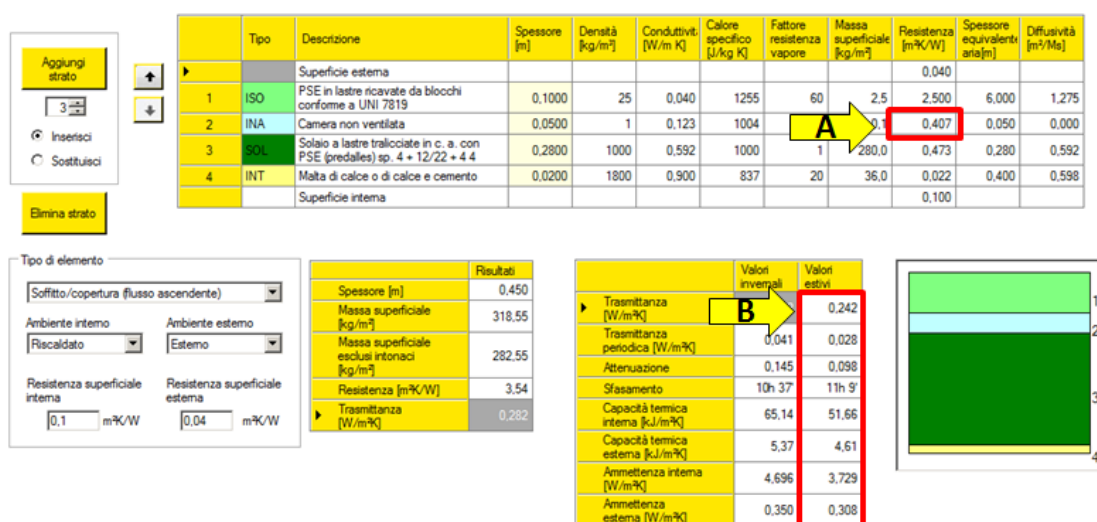
Un volta descritta l’emissività delle superfici, si inserisce l’intercapedine nella struttura e si verifica la resistenza termica attribuita all’intercapedine. Valori di 0.18 m²K/W sono generalmente resistenze termiche tipiche di intercapedini prive di strati riflettenti. Con semplici rivestimenti basso emissivi si passa a valori di circa 0.50-0.60 m²K/W.

La resistenza termica dell’intercapedine dipende dall’emissività delle superfici, dal tipo di scambio convettivo (flusso ascendente, discendente o orizzontale) e dalla temperatura media in intercapedine ipotizzata.



La resistenza termica mostrata nella tabella con gli strati riassume tutti i dati degli strati costituenti la struttura, ed è propria del comportamento invernale (posizione A nella Figura D.1)

Il valore della resistenza estiva dell'intercapedine non è presente, ma se ne possono apprezzare gli effetti sulle prestazioni estive dalla tabella dei calcoli in accordo con UNI EN ISO 13786 (posizione B nella Figura D.1).

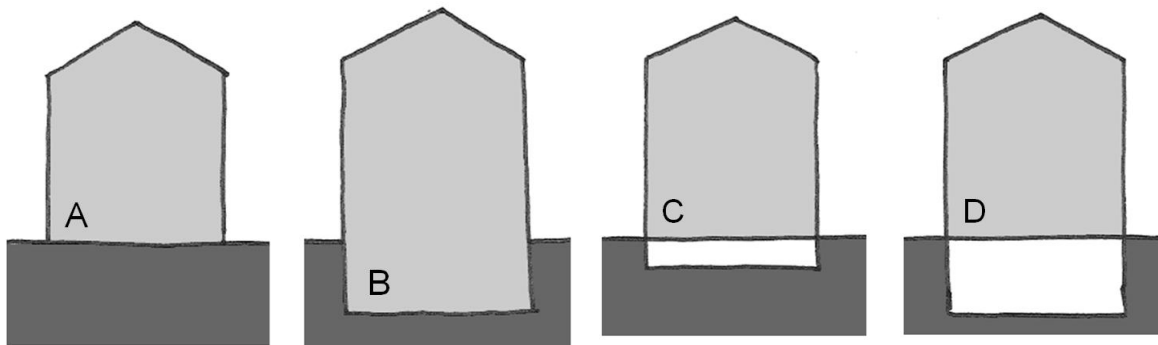


**Figura D.1** Intercapedine non ventilata in un solaio di copertura. Posizione A: visualizzazione della resistenza termica invernale dell'intercapedine. Posizione B: visualizzazione delle prestazioni estive della stratigrafia con l'intercapedine selezionata.

# Appendice E. Dispersioni verso il terreno

Il metodo di calcolo del coefficiente di trasmissione di calore attraverso il terreno  $L_s$  è descritto dalla norma UNI EN ISO 13370. La norma fornisce procedure che tengono conto della natura tridimensionale del flusso termico e che sono adatte per la valutazione dei coefficienti di scambio termico e dei flussi termici per la maggior parte delle situazioni.

La casistica prevista delle possibilità di scambio fra edificio riscaldato e terreno può essere schematizzata come segue:



**Figura E.1** Schematizzazione delle modalità di scambio tra l'edificio e l'ambiente terreno in accordo con UNI EN ISO 13370: A) Pavimento controterra, B) Piano interrato riscaldato, C) Pavimento su intercapedine e D) Pavimento su piano interrato non riscaldato.

Per ognuno dei quattro casi, la norma prevede un metodo di calcolo. Per il caso D (che semplificato è riconducibile altri e casi) il coefficiente  $L_s$  si calcola come segue:

$$L_s = A \cdot U \quad [E.1]$$

con:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{U_f} + \frac{A}{A \cdot U_{bf} + z \cdot P \cdot U_{bw} + h \cdot P \cdot U_w + 0.34 \cdot n \cdot V} \quad [E.2]$$

$$U_{bf} = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot B' + d_t} \cdot \ln \left( \frac{\pi \cdot B'}{d_t + 0.5z} + 1 \right) \quad [E.3]$$

$$U_{bw} = \frac{2\lambda}{\pi z} \left( 1 + \frac{0.5d_t}{d_t + z} \right) \ln \left( \frac{z}{d_w} + 1 \right) \quad [E.4]$$

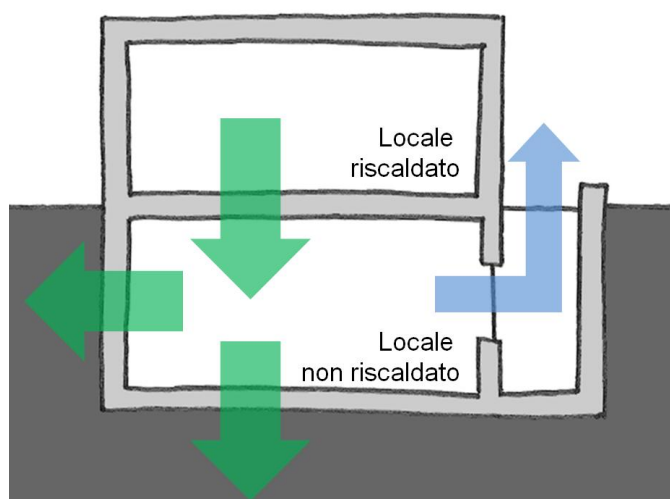
$$B' = \frac{A}{0.5 \cdot P} \quad [E.5]$$

$$d_t = w + \lambda(R_{si} + R_f + R_{se}) = w + \lambda / U_f \quad [E.6]$$

$$d_w = \lambda(R_{si} + R_w + R_{se}) = \lambda / U_w \quad [E.7]$$

dove:

$A$	area del pavimento [ $\text{m}^2$ ];
$U$	trasmissione termica tra ambiente interno ed esterno [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ];
$U_f$	trasmissione termica del solaio di separazione tra ambiente riscaldato e ambiente interrato non riscaldato [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ];
$U_{bf}$	trasmissione termica del pavimento del piano interrato [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ];
$U_{bw}$	trasmissione termica delle pareti del piano interrato sotto il livello del terreno [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ];
$U_w$	trasmissione termica delle pareti del piano interrato sopra il livello del terreno [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ];
$z$	profondità del pavimento del piano interrato rispetto alla quota del terreno [ $\text{m}^2$ ];
$P$	perimetro esposto del pavimento [ $\text{m}$ ];
$h$	altezza della superficie del solaio di separazione tra ambiente riscaldato e ambiente interrato non riscaldato sopra la quota del terreno [ $\text{m}$ ];
$n$	portata d'aria di ventilazione nel piano interrato (ricambi d'aria all'ora) [ $\text{vol}/\text{h}$ ];
$V$	volume d'aria del piano interrato [ $\text{m}^3$ ];
$\lambda$	conduttività termica del terreno non gelato [ $\text{W}/\text{mK}$ ];
$B'$	dimensione caratteristica del pavimento [ $\text{m}$ ];
$d_t$	spessore equivalente pavimento [ $\text{m}$ ];
$d_w$	spessore equivalente muri interrati [ $\text{m}$ ];
$w$	spessore delle pareti dell'edificio a livello del terreno;
$R_{si}$	resistenza superficiale interna [ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ];
$R_f$	resistenza termica della soletta del pavimento controterra [ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ];
$R_{se}$	resistenza superficiale esterna [ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ];
$R_w$	resistenza termica della muratura controterra [ $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$ ].



**Figura E.2** Schema dei flussi termici tra locale riscaldato e piano interrato. La presenza di un ambiente intermedio seppur non riscaldato “mitiga” le dispersioni attraverso il terreno.