

pan 8

MANUALE DEL SOFTWARE

**Analisi termica,
igrometrica e dinamica
dell'involucro opaco**

MANUALE DI UTILIZZO DEL SOFTWARE PAN 8

Milano, 6 luglio 2023

Documento basato sulla versione PAN 8.0.0.0



TECNOLOGIA E PROGETTO

Via Lanzone 31, 20123 Milano (MI)
P. IVA e C. F. 10429290157

INDICE

INDICE	2
INTRODUZIONE	4
Modelli di calcolo e database	4
Attivazione del software	5
La suite dei software	5
1. MENÙ GENERALE	6
(A) Progetto.....	6
(B) Archivio	6
(C) Manuale e informazioni	7
2. DATI DEL PROGETTO	8
3. DATI CLIMATICI ESTERNI	9
(A) Selezione della località	10
(B) Informazioni generali	10
(C) Normativa di riferimento per i dati climatici	10
(D) Dati climatici.....	11
4. DATI CLIMATICI INTERNI	12
(A) Dati noti.....	13
(B) Valori critici.....	14
(C) Dati climatici medi mensili	14
5. DATI DELL'EDIFICIO	16
(A) Tipologia di intervento e destinazione d'uso	16
(B) Valori limite e di riferimento della trasmittanza termica	16
6. ELENCO STRUTTURE	17
(A) Aggiungi nuovo.....	17
(B) Aggiungi da archivio	18
(C) Pannello di controllo delle strutture.....	18
(D) Legenda.....	18
7. DESCRIZIONE DELLA STRATIGRAFIA	19
(A) Descrizione	20
(B) Selezione del materiale	20
(C) Creazione della stratigrafia.....	21
(D) Tipo di elemento.....	21
(E) Risultati in accordo con UNI EN ISO 6946:2008.....	22
(F) Risultati in accordo con UNI EN ISO 13786:2008	22
(G) Intercapedini d'aria.....	23
(H) Strutture controterra secondo UNI EN ISO 13370	26
8. TRASMITTANZE	27
(A) Dati dell'edificio	27
(B) Trasmittanza termica stazionaria U	27
(C) Trasmittanza periodica Y_{ie}	28
9. RISCHIO MUFFA	29
(A) Verifica del rischio muffa e condensa superficiale	30
(B) Tipo di ambiente non riscaldato.....	30
(C) Dati medi mensili.....	30
10. CONDENSA INTERSTIZIALE	31
(A) Verifica condensa interstiziale	32
(B) Diagrammi igrotermici (diagramma di Glaser)	32
(C) Schema delle interfacce di controllo	34
(D) Tabella delle pressioni di saturazione di vapore	34

11. CONDENZA INTERSTIZIALE ORARIA	35
(A) Selezione dell'interfaccia	36
(B) Grafico orario della temperatura e dell'umidità relativa	36
(C) Grafico orario della condensa interstiziale	37
12. SFASAMENTO E ATTENUAZIONE	38
(A) Orientamento e caratteristiche superficiali	39
(B) Giorno di progetto estivo e dati orari annuali	39
(C) Energia totale, Sfasamento e Attenuazione.....	40
(D) Grafico delle temperature	40
13. TEMPO DI ASCIUGATURA	41
(A) Strato considerato bagnato.....	42
(B) Grafico dell'umidità intrappolata	42
(C) Analisi mensile	42
14. RELAZIONI DI CALCOLO	43
APPENDICE A. La norma UNI 10351:2015	45
APPENDICE B. Conduttività di progetto	49
APPENDICE C. Materiale a μ variabile	51
APPENDICE D. Isolanti riflettenti	52
APPENDICE E. Dispersioni verso il terreno	53

Tutti i diritti sono riservati

Questo documento è realizzato da Tep Srl ed è aggiornato alla data riportata in copertina.
Nessuna parte del presente manuale può essere riprodotta o divulgata senza l'autorizzazione scritta di Tep Srl.

INTRODUZIONE

PAN 8 è il software sviluppato da TEP srl 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 delle stratigrafie 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 6946:2018	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 13786:2018	Prestazione termica dei componenti per edilizia - Caratteristiche termiche dinamiche - Metodi di calcolo
UNI EN ISO 13370:2018	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 ricavate dalle seguenti fonti:

UNI 10351:2021	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

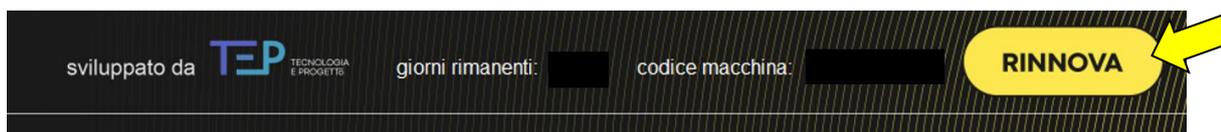
Alla prima installazione del software le seguenti opzioni sono:

- Attivazione versione a tempo (30 giorni), attivazione completa e gratuita per provare il software prima dell'acquisto.
- Attivazione versione Socio ANIT, attiva le funzioni previste nella SUITE ANIT riservata ai Soci Individuali, l'attivazione sblocca l'uso di tutti i software della suite.
- Attivazione versione Azienda ANIT, attiva la versione completa riservata allo staff tecnico delle aziende associate ad ANIT.
- Attivazione versione Studenti, attiva la versione completa riservata agli studenti di percorsi formativi (scuole, università) con contratto di collaborazione attivo.
- Attivazione versione completa, attiva la versione completa riservata agli utenti che acquistano il software tramite il portale e-commerce di TEP (opzione al momento non disponibile).

Le modalità di attivazione di ogni opzione sono descritte nelle relative schermate.

Una volta attivato il software il numero di giorni rimanenti e la tipologia di attivazione sono riportate sulla copertina del software al momento dell'avvio.

È possibile aggiornare l'attivazione cliccando su RINNOVA dalla copertina del software.

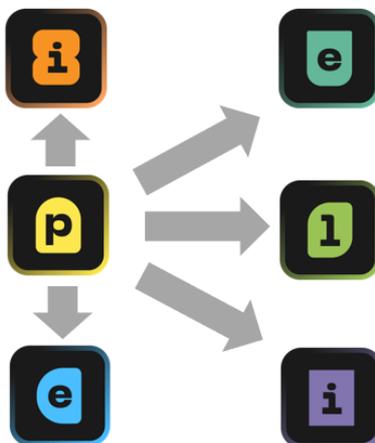


La suite dei software

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

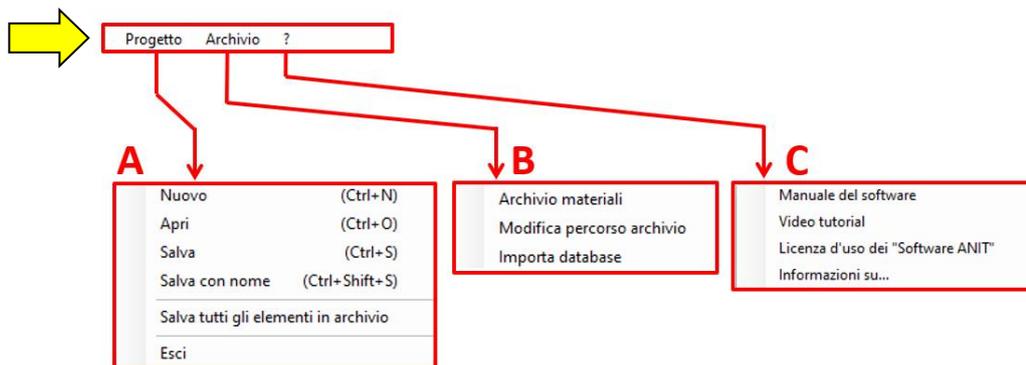
Le strutture opache (pareti, coperture, pavimenti) create con PAN possono essere salvate nel database condiviso dei software (si veda il capitolo 6 (C) "ELENCO STRUTTURE") per essere richiamate da:

- IRIS: per il calcolo dei ponti termici agli elementi finiti;
- LETO: per l'analisi del fabbisogno energetico degli edifici per la predisposizione della relazione tecnica (ex Legge 10), dell'APE e dell'AQE;
- EUREKA: per il calcolo della trasmittanza media U_m , del coefficiente H_T e della trasmittanza per le detrazioni U_{bonus} .
- ICARO: per la simulazione dinamica oraria delle zone termiche di un edificio;
- ECHO: per l'analisi dei requisiti acustici passivi e per la classificazione acustica.



1. 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 possono richiamare il manuale e altre informazioni utili (C).



(A) Progetto

Dalla voce “Progetto” si accede ai 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, IRIS e LETO della suite TEP srl.

Il comando “Salva tutti gli elementi in archivio” invece consente di salvare nel database dei software TEP srl (PAN, IRIS, LETO ed ECHO) tutte le strutture presenti nel progetto aperto.

Il database del software 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’archiviazione dei materiali nel database, la modifica al percorso di archiviazione e l’importazione da database esterni.

Archivio materiali

Da questa sezione è possibile gestire/creare/eliminare i materiali creati dall’utente o importati da database esterni.

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.

In funzione della categoria, il materiale può essere considerato come omogeneo oppure non omogeneo con differenti modalità di descrizione di alcuni dati tecnici.

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

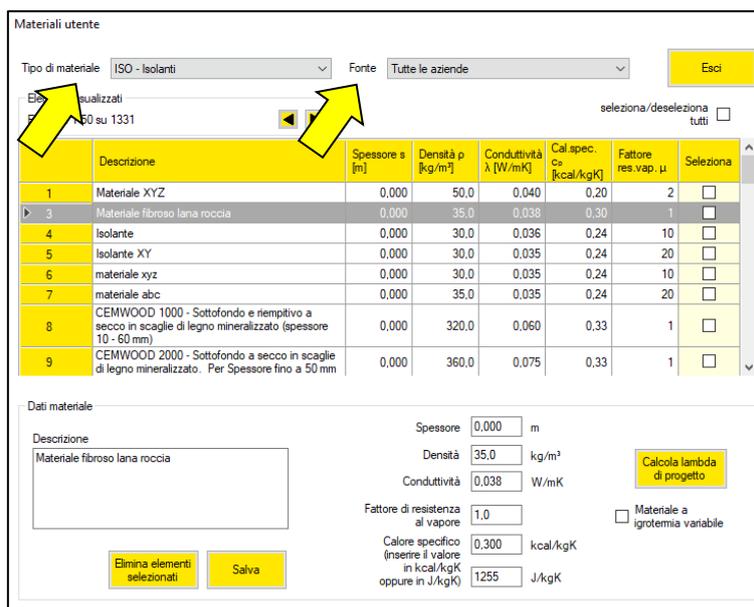
- densità [kg/m³]
- conduttività termica [W/mK]
- fattore di resistenza al vapore [-]
- calore specifico [J/kgK oppure kcal/kgK]

L’inserimento dello spessore è invece opzionale e rimandabile alla schermata generale del calcolo.

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

- spessore rispetto alla direzione del flusso termico [m]
- massa superficiale [kg/m²]
- resistenza termica del prodotto [m²K/W]

- fattore di resistenza al vapore [-]
- calore specifico [J/kgK oppure kcal/kgK]



Modifica percorso archivio

Il software TEP srl condivide 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 a piacere dall’utente. La modifica effettuata con PAN vale anche per gli altri software.

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 database”.

È possibile importare:

- banche dati di Aziende ANIT disponibili a [questo link](#) (formato .mdb)
- banche dati create con PAN (formato anitU.db)

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. Dopo aver cliccato su “Importa” la banca dati in uso è aggiornata con i dati importati.

(C) Manuale e informazioni

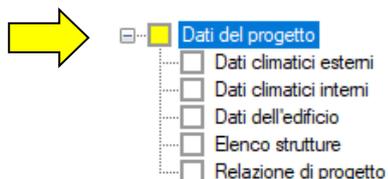
Da questa voce si può richiamare il manuale del software, la pagina con i video tutorial, la pagina con la descrizione della licenza d’uso e le informazioni generali sulla versione installata, sulla data dell’aggiornamento e sugli autori.

2. DATI DEL PROGETTO

La schermata “Dati del progetto” è 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 da riportare nella relazione finale.

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

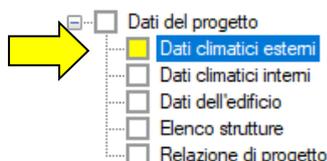


Dati del progetto

Nome del progetto	<input type="text"/>		
Committente	<input type="text"/>		
Indirizzo	<input type="text"/>		
Telefono	<input type="text"/>	E-mail	<input type="text"/>
Calcolo eseguito da	<input type="text"/>		
Commento	<input type="text"/>		

3. DATI CLIMATICI ESTERNI

La schermata “Dati climatici esterni” presenta le informazioni climatiche della località selezionata (A). I dati visualizzati riportano alcune informazioni generali, come la temperatura di progetto, la zona climatica e i gradi giorno (B), i riferimenti normativi selezionabili per la scelta dei dati (C) e i valori climatici mensili e orari sottoforma tabellare o grafica (D).





Dati climatici esterni

C

Fonte dei dati climatici

UNI 10349:2016

UNI 10349:1994

Fonte dei gradi giorno

DPR 412/93

UNI 10349:2016

A

Provincia di appartenenza
AG - AGRIGENTO

Comune di AGRIGENTO
Agrigento

Provincia di riferimento per il calcolo dei dati climatici
AG - AGRIGENTO

B

Latitudine **37° 18'** Temperatura di progetto **3,0 °C** Gradi giorno **729** Durata della stagione di riscaldamento **121** giorni
 Longitudine **13° 34'** Temperatura media annuale **16,7 °C** Zona climatica **B** Irradianza media del mese di massima insolazione **286,0** W/m²
 Altitudine s.l.m. **230** m Temperatura media stagione di riscaldamento **11,0 °C** Densità dell'aria **1,178** kg/m³ Velocità del vento media annuale **1,6** m/s

D

Irradianza mensile [kWh/m²]												
	θe [°C]	Pe [Pa]	URe [%]	Oriz.	S	SE	E	NE	N	NO	O	SO
Gennaio	10,7	975	75,7	87,6	93,7	80,1	59,4	41,8	39,5	41,8	59,4	80,1
Febbraio	9,8	936	77,5	94,8	87,7	79,0	63,5	45,5	40,2	45,5	63,5	79,0
Marzo	11,0	1021	77,7	140,2	107,9	106,9	93,4	66,3	50,4	66,3	93,4	106,9
Aprile	13,8	1160	73,7	158,7	89,2	102,9	102,5	79,6	56,2	79,6	102,5	102,9
Maggio	17,8	1328	65,4	204,7	86,1	114,4	129,2	107,0	75,6	107,0	129,2	114,4
Giugno	21,7	1573	60,6	198,5	72,7	102,0	123,3	107,1	79,9	107,1	123,3	102,0
Luglio	23,7	1641	55,9	212,8	82,9	113,3	133,0	113,6	83,3	113,6	133,0	113,3
Agosto	23,7	2018	68,7	193,2	95,9	117,1	123,2	99,4	70,9	99,4	123,2	117,1
Settembre	21,7	1797	69,4	156,4	103,2	109,5	102,1	77,3	57,7	77,3	102,1	109,5
Ottobre	18,6	1511	70,6	125,1	103,8	97,3	82,5	61,6	53,3	61,6	82,5	97,3
Novembre	15,9	1312	72,7	87,7	81,8	72,5	57,9	44,1	41,6	44,1	57,9	72,5
Dicembre	12,2	1063	74,8	71,4	67,8	59,5	46,8	36,8	35,8	36,8	46,8	59,5

Legenda

θe = temperatura dell'aria esterna [°C]
 Pe = pressione di vapore dell'aria esterna [Pa]
 URe = umidità relativa dell'aria esterna [%]

Visualizza dati climatici

(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 generali (B).

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) Informazioni generali

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:

$$\theta_e = \theta_{e,r} - (z - z_r) \times d \quad [3.1]$$

dove:

- θ_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 (C).

Gli altri valori della sezione (B) sono ricavati dai dati climatici normati.

Si ricorda che secondo il DM 26/6/15, quando il valore dell'irradianza media del mese di massima insolazione supera i 290 W/m² è obbligatoria la verifica dell'inerzia delle strutture opache. Questa informazione è richiamata nella schermata "Trasmittanze".

(C) Normativa di riferimento per i dati climatici

La selezione di *default* di questa sezione è impostata:

- per la fonte dei dati climatici, in accordo con la norma UNI 10349:2016,
- per la fonte dei gradi giorno, in accordo con il DPR 412/93.

Questa distinzione è necessaria dal momento che il DPR 412/93, seppure datato, ha tuttora un peso legislativo superiore alla norma del 2016 e deve essere pertanto utilizzato per la definizione dei gradi giorno e della zona climatica.

Le condizioni di *default* possono essere modificate a piacere dall'utente.

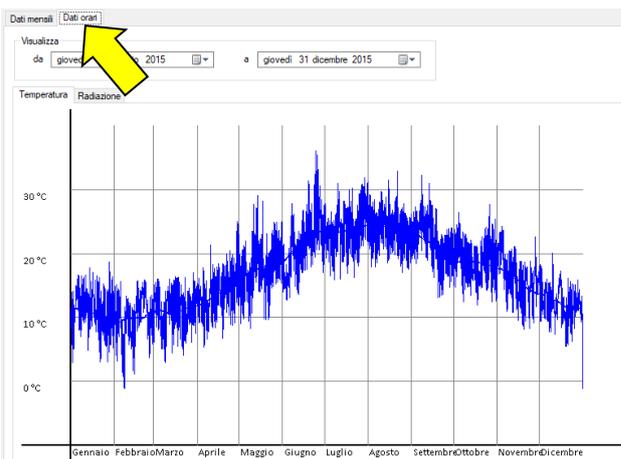
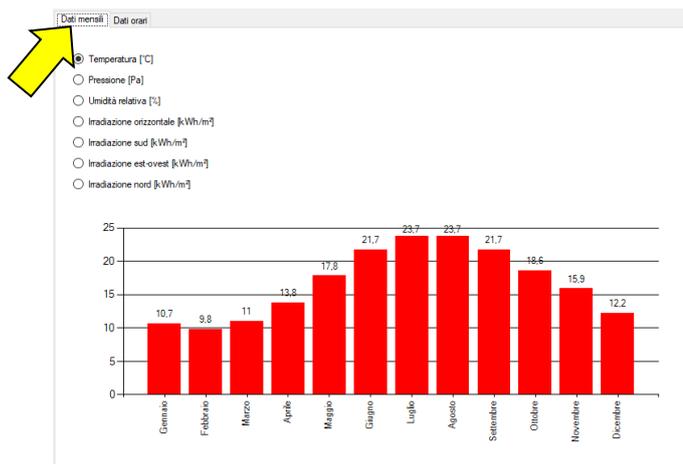
Le principali differenze tra le due versioni della norma UNI 10349 sono:

	UNI 10349:2016	UNI 10349:1994
Entrata in vigore	Giugno 2016	Aprile 1994
Dati medi mensili	Per ogni stazione 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 stazione di rilevazione provinciale.	Informazione non presente nella norma. Il valore è preso dalla UNI 12831.

(D) Dati climatici

La tabella mostra i dati medi mensili di temperatura dell'aria esterna, pressione di vapore esterna, umidità relativa esterna e irradiazione orientata.

Dal tasto “Visualizza dati climatici” si accede alla rappresentazione grafica dei dati medi mensili oppure orari dei suddetti valori.



Questa rappresentazione è finalizzata a una migliore comprensione delle condizioni al contorno impostate dal calcolo.

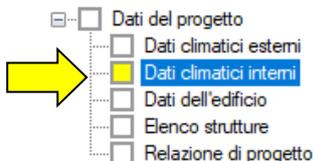
I valori medi mensili sono la media dei valori orari come da norma UNI 10349.

Per il grafico dei dati orari è possibile modificare l'inizio e la fine del periodo rappresentato (il 2015 è l'anno tipo identificato dalla norma).

4. 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 dati climatici medi mensili (C).



Dati climatici interni

A Dati noti

Classe di concentrazione del vapore all'interno

Temperatura interna e umidità interna relativa costanti

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: **Febbraio** Resistenza minima per evitare condensa: **0,319** mK/W

Mese critico per il rischio muffa: **Aprile** Resistenza minima per evitare rischio muffa: **0,622** mK/W

C

	θe [°C]	Pe [Pa]	θi [°C]	Pi [Pa]	URi [%]	Psm [Pa]	θsm [°C]	θsc [°C]	fRsm [-]	fRsc [-]
Gennaio	10,7	975	20,0	1404	60,1	1755	15,5	12,0	0,511	0,141
Febbraio	9,8	936	20,0	1400	59,9	1750	15,4	12,0	0,551	0,216
Marzo	11,0	1021	20,0	1440	61,6	1800	15,8	12,4	0,537	0,153
Aprile	13,8	1160	18,0	1482	71,8	1852	16,3	12,8	0,598	-0,217
Maggio	17,8	1328	18,0	1507	73,1	1884	16,6	13,1	-4,837	-18,948
Giugno	21,7	1573	21,7	1673	64,4	2091	18,2	14,7	-	-
Luglio	23,7	1641	23,7	1741	59,3	2176	18,9	15,3	-	-
Agosto	23,7	2018	23,7	2118	72,1	2647	22,0	18,4	-	-
Settembre	21,7	1797	21,7	1897	73,2	2372	20,2	16,7	-	-
Ottobre	18,6	1511	18,6	1661	77,5	2076	18,1	14,6	-	-
Novembre	15,9	1312	18,0	1558	75,5	1947	17,1	13,6	0,568	-1,074
Dicembre	12,2	1063	20,0	1440	61,6	1800	15,9	12,4	0,468	0,026

Legenda

θe = temperatura dell'aria esterna [°C]
 Pe = pressione di vapore dell'aria esterna [Pa]
 θi = temperatura dell'aria interna [°C]
 Pi = pressione di vapore dell'aria interna [Pa]
 URi = umidità relativa dell'aria interna [%]
 Psm = pressione di vapore superficiale minima per il rischio muffa [Pa]
 θsm = temperatura superficiale minima per il rischio muffa [°C]
 θsc = temperatura superficiale minima di condensazione (temperatura di rugiada) [°C]
 fRsm = fattore di temperatura per il rischio muffa [-]
 fRsc = fattore di temperatura di condensazione [-]

(A) Dati noti

L'impostazione dei dati noti è definita in accordo con la norma UNI EN ISO 13788:2013.

Le opzioni sono:

- **Classe di concentrazione del vapore all'interno:** l'utente sceglie una classe da 1 a 5 in base alla tipologia d'utenza degli ambienti interni. Ad ogni classe corrisponde un incremento di pressione (ΔP) 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 in vigore 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).

Dei suddetti 3 metodi il software mostra come scelta di *default* il primo metodo con la selezione della classe 3 come suggerito dal DM 26/6/15 (Decreto sui requisiti minimi).

Attenzione: condizioni interne critiche per i mesi non riscaldati

Può accadere che per alcune località i mesi vicini all'inizio o alla fine della stagione di riscaldamento (ad esempio settembre, ottobre o aprile) abbiano una temperatura di rischio muffa maggiore della temperatura interna. Questa situazione porta a non poter soddisfare il requisito di assenza di rischio muffa attraverso la progettazione della sola stratigrafia.

In questi casi PAN:

- mostra una nota per porre all'attenzione dell'utente il problema e sottolineare l'importanza di agire anche sul controllo dell'umidità interna dei locali;
- evidenzia in rosso il fattore di temperatura di rischio muffa del mese peggiore,
- sceglie un secondo mese critico con cui condurre la verifica del rischio di muffa.

Esempio: i dati climatici del comune di Cuneo (CN) mostrano che a settembre la temperatura di rischio muffa è pari a 18,3°C con una temperatura climatica interna di 18,0°C.

In queste condizioni non è possibile portare la temperatura superficiale della struttura sopra la soglia di criticità, quindi il software mostra la nota con le indicazioni sopra descritte e sceglie un altro mese (in questo caso novembre) per procedere alla verifica.

	θ_e [°C]	P_e [Pa]	θ_i [°C]	P_i [Pa]	URi [%]	P_{sm} [Pa]	θ_{sm} [°C]	θ_{sc} [°C]	fRsm [-]	fRsc [-]
Gennaio	0,6	466	20,0	1254	53,6	1567	13,7	10,3	0,675	0,500
Febbraio	2,5	508	20,0	1228	52,5	1535	13,4	10,0	0,621	0,428
Marzo	7,0	610	20,0	1170	50,1	1463	12,6	9,3	0,433	0,174
Aprile	9,9	789	20,0	1249	53,5	1561	13,6	10,3	0,373	0,039
Maggio	15,6	1171	18,0	1427	69,2	1784	15,7	12,3	0,048	-1,382
Giugno	20,3	1562	20,3	1662	69,8	2078	18,1	14,6	-	-
Luglio	22,1	1601	22,1	1701	63,8	2127	18,5	15,0	-	-
Agosto	20,4	1842	20,4	1942	81,2	2428	20,6	17,0	-	-
Settembre	16,2	1448	18,0	1683	81,6	2104	18,3	14,8	1,175*	0,150
Ottobre	11,2	1040	20,0	1454	62,2	1818	16,0	12,6	0,548	0,158
Novembre	5,6	824	20,0	1436	61,4	1795	15,8	12,4	0,709	0,470
Dicembre	0,8	514	20,0	1296	55,5	1620	14,2	10,8	0,699	0,522

*La combinazione dei valori di temperatura e umidità porta ad un fattore di temperatura maggiore di 1. Pertanto non è possibile risolvere il problema del rischio di formazione di muffa attraverso il solo isolamento termico della stratigrafia, ma occorre agire sull'umidità degli ambienti interni attraverso una corretta progettazione dei ricambi d'aria. In questo caso il calcolo è condotto con le condizioni climatiche del secondo mese più critico (con fattore di temperatura minore di 1). Consigliamo di porre attenzione alla ventilazione dei locali interni.

(B) Valori critici

Questa sezione mostra 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 più alto riportato nella sezione (C):

- fR_{sc} , fattore di temperatura di condensazione;
- fR_{sm} , fattore di temperatura per il rischio muffa.

I valori di resistenza minima per evitare condensa e per evitare rischio muffa sono calcolati in accordo con UNI EN ISO 13788 come:

$$R_{critica} = \frac{1}{U_{critica}} = \frac{1}{4 \cdot (1 - fR)} \quad [4.1]$$

dove:

- $R_{critica}$ resistenza termica critica (minima accettabile) [m²K/W]
- $U_{critica}$ trasmittanza termica critica [W/m²K]
- fR fattore di rischio massimo [-] individuato nella tabella alla sezione (C)

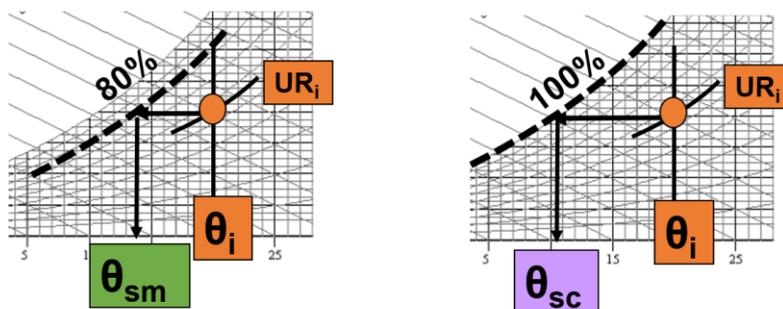
(C) Dati climatici medi mensili

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

I dati riportati in tabella sono:

- θ_e e p_e temperatura dell'aria esterna [°C] e pressione di vapore dell'aria esterna [Pa] relativi alla località indicata nella schermata "Dati climatici esterni";
- θ_i temperatura dell'aria interna [°C] definito in accordo con UNI EN ISO 13788 come segue:
 - pari a 20°C per i mesi con riscaldamento attivo,
 - 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;
- p_i e UR_i pressione di vapore dell'aria interna [Pa] e umidità relativa dell'aria interna [%], ricavati in accordo con UNI EN ISO 13788 in base al metodo selezionato nella sezione (A) della schermata;
- p_{sm} pressione di vapore superficiale minima per il rischio muffa [Pa];
- θ_{sm} e θ_{sc} temperatura superficiale minima di rischio muffa θ_{sm} [°C] e temperatura superficiale minima di condensazione θ_{sc} (detta anche temperatura di rugiada) [°C]. Tali valori sono ricavati a partire dalle condizioni climatiche interne di temperatura θ_i e umidità relativa UR_i .

Graficamente si può utilizzare il diagramma psicrometrico e intercettare le curve UR 80% e 100% per ricavare rispettivamente i valori di temperatura superficiale minima per il rischio muffa e la condensazione.



— fR_{sm} e fR_{sc} fattore di temperatura per il rischio muffa fR_{sm} [-] e fattore di temperatura di condensazione fR_{sc} [-] ricavati come:

$$f_{rischio} = \frac{\theta_{rischio} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \quad [4.2]$$

dove:

$f_{rischio}$ fattore di temperatura [-] pari a fR_{sm} per il rischio muffa oppure fR_{sc} per la condensazione;

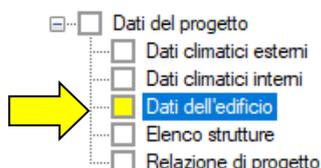
$\theta_{rischio}$ temperatura di rischio [°C] pari alla temperatura superficiale minima di rischio muffa θ_{sm} o alla temperatura superficiale minima di condensazione θ_{sc} ;

θ_e temperatura dell'aria esterna [°C];

θ_i temperatura dell'aria interna [°C].

5. DATI DELL'EDIFICIO

La schermata “Dati dell’edificio” prevede la selezione della tipologia di intervento e della destinazione d’uso (A) e mostra i valori limite e di riferimento della trasmittanza termica (B).



Dati dell'edificio

A

Tipologia di intervento

Nuova costruzione
 Ristrutturazione importante di 1° livello
 Ristrutturazione importante di 2° livello o Riqualficazione energetica
 Edificio esistente senza necessità di confronto con i limiti
 Detrazioni fiscali

Destinazione d'uso

Privato
 Pubblico

Data di richiesta titolo abilitativo: Dal 01-Ottobre-2015 al 05-Ottobre-2020

B

Zona climatica: F

	Coperture	Pareti	Pavimenti
Trasmittanza dell'edificio di riferimento U_{rif} [W/m ² K]	0,23	0,28	0,28
Trasmittanza massima detrazioni fiscali U_{bonus} [W/m ² K]	0,23	0,26	0,28

(A) Tipologia di intervento e destinazione d’uso

La scelta è finalizzata all’identificazione dei valori riportati nella sezione (B).

Le opzioni disponibili sono:

- Nuova costruzione: viene mostrato il valore della trasmittanza dell’edificio di riferimento U_{rif} (per questo ambito non sono previsti limiti obbligatori di trasmittanza);
- Ristrutturazione importante di 1° livello: viene mostrato il valore della trasmittanza dell’edificio di riferimento U_{rif} (per questo ambito non sono previsti limiti obbligatori di trasmittanza);
- Ristrutturazione importante di 2° livello o Riqualficazione energetica: viene mostrato il valore di trasmittanza massima U_m intesa come trasmittanza media comprensiva di ponti termici (ricordiamo che per verificare tale valore oltre all’analisi della stratigrafia con PAN è necessario studiare i ponti termici con il software IRIS e aggregare i dati con il software EUREKA);
- Detrazioni fiscali (solo per gli interventi su edifici esistenti): viene mostrato il valore U_{bonus} per l’accesso alle detrazioni.

La Data di richiesta del titolo abilitativo e la Destinazione d’uso (privata o pubblica) servono per identificare i valori riportati nella tabella della sezione (B).

(B) Valori limite e di riferimento della trasmittanza termica

La tabella mostra i valori con i criteri indicati nella descrizione della sezione (A).

6. ELENCO STRUTTURE

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

Da qui è possibile creare nuove strutture (A) o richiamare strutture già presenti nel database interno (B). Ogni struttura presente nell’elenco può essere poi gestita individualmente dal pannello di controllo (C) verificando con l’ausilio della legenda (D) i risultati ottenuti.

A **B** **C** **D**

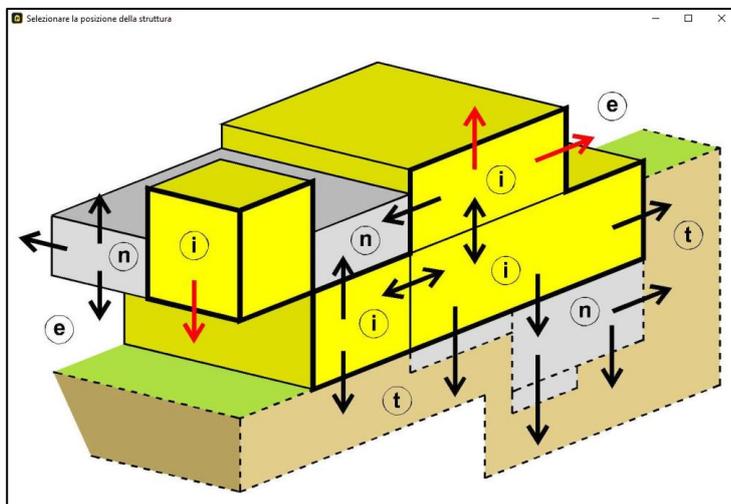
	↑	↓	Tipo	Descrizione	Trasmittanza stazionaria [W/m ² K]	Trasmittanza periodica [W/m ² K]	Rischio muffa superficiale	Rischio condensa interstiziale				Salva nell'archivio locale
1			Parete esterna	MLP01 - Muratura in Mattori Pieni [1] (b)	1,761	0,392	✘	✔	Analizza	Duplica	Elimina	Salva
2			Parete esterna	Tamponamento esterna - Orditura 150 in MgZ e 100 standard lato interno	0,144	0,049	✔	✔	Analizza	Duplica	Elimina	Salva
3			Parete esterna	Parete1	0,266	0,028	✔	✔	Analizza	Duplica	Elimina	Salva

Legenda (D):

- Rischio muffa superficiale:**
 - ✔ Verifica superata
 - ✘ Verifica non superata
- Rischio condensa interstiziale:**
 - ✔ Condensa non presente
 - ☹ Condensa presente, ma rispondente alle condizioni della norma UNI EN ISO 13788
 - Verifica non richiesta
 - ✘ Condensa presente e non rispondente alle condizioni della norma UNI EN ISO 13788

(A) Aggiungi nuovo

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



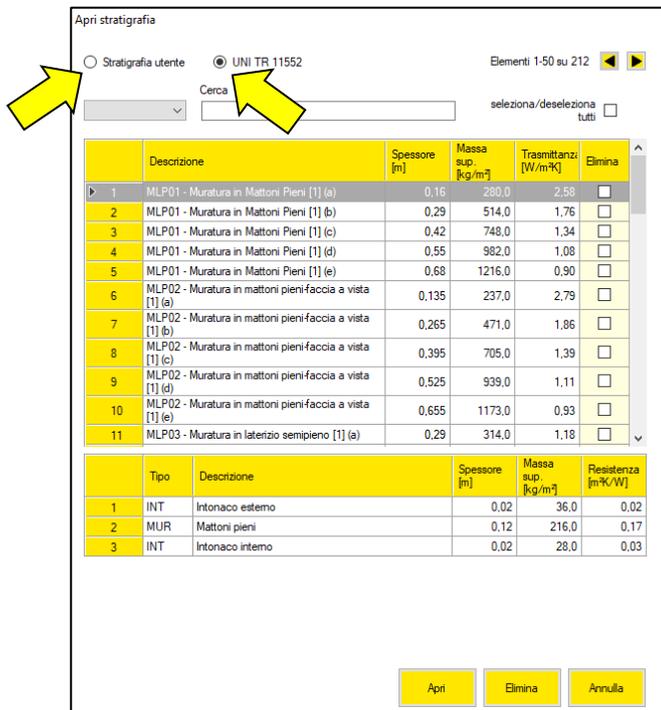
Dallo schema si può selezionare un qualunque elemento di separazione tra:

- 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.



(C) Pannello di controllo delle strutture

In questa sezione sono elencate le strutture del progetto.

Ogni riga riporta informazioni sulla tipologia dell’elemento (tipo), sul nome della struttura (descrizione), sui valori di trasmittanza stazionaria e trasmittanza periodica, sul rischio di muffa e di condensazione 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 altri software TEP, ovvero PAN, IRIS, LETO, EUREKA ed ECHO.

(D) Legenda

Per la verifica del rischio muffa le opzioni sono 2:

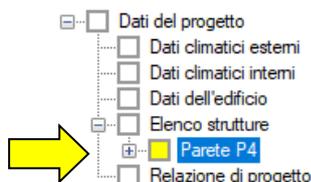
- verifica superata ✓
- verifica non superata ✗

Per il rischio di condensazione interstiziale le opzioni sono 4:

- condensa non presente ✓
- verifica non richiesta ○
- condensa presente, ma rispondente alle condizioni della norma UNI EN ISO 13788 😊
- condensa presente e non rispondente alle condizioni della norma UNI EN ISO 13788 ✗

7. DESCRIZIONE DELLA STRATIGRAFIA

La schermata consente la creazione di una stratigrafia (A e C) a partire dalle informazioni sui materiali (B) e sulle condizioni al contorno (D). 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 l'area di ventilazione (G), mentre per le strutture controterra il calcolo viene eseguito in accordo con UNI EN ISO 13370 (H).



A Descrizione: Parete P4

Nota:

B Tipo di materiale: ISO - Isolanti

Provenienza dei dati:

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

Descrizione	Densità p [kg/m³]	Conduktività λ [W/mK]	Calore specifico cs [kJ/kgK]	Fattore resistenza vapore μ
125 Lana di roccia - MW - pannelli - standard	60	0,034	0,25	1
126 Lana di roccia - MW - pannelli - migliori prestazioni meccaniche	100	0,036	0,25	1
127 Lana di roccia sfusa da insufflaggio - MW	65	0,037	0,25	1
128 Lana di vetro - MW - feltri	30	0,038	0,25	1
129 Lana di vetro - MW - pannelli - standard	50	0,032	0,25	1
130 Lana di vetro - MW - pannelli - migliori prestazioni meccaniche	75	0,036	0,25	1
131 Lana di vetro sfusa da insufflaggio - MW	35	0,034	0,25	1
132 Polistirene espanso sinterizzato - EPS 30 - densità 9 - 12 kg/m3	10	0,04	0,35	60
133 Polistirene espanso sinterizzato - EPS 50 - densità 12 - 13 kg/m3	12	0,039	0,35	60

C Modifica stratigrafia

Spessore s [m]	Tipo	Descrizione	Spessore s [m]	Densità p [kg/m³]	Conduktività λ [W/mK]	Calore specifico cs [kJ/kgK]	Fattore resistenza vapore μ	Massa superficiale ms [kg/m²]	Resistenza invernale Ri [m²K/W]	Resistenza estiva Re [m²K/W]	Spessore equivalente ana Sd [m]	Diffusività α [m²/Ms]
		Superficie esterna							0,040	0,074		
	1	ISO	0,140	30	0,040	1452	100	4,2	3,500	3,500	14,000	0,918
	2	INT	0,020	1800	0,900	1000	10	36,0	0,022	0,022	0,200	0,500
	3	MUR	0,300	693	0,319	1000	10	207,9	0,940	0,940	3,000	0,461
	4	INT	0,020	1400	0,700	1000	10	28,0	0,029	0,029	0,200	0,500
		Superficie interna							0,130	0,125		

D Tipo di elemento: Parete

Ambiente interno: Riscaldato

Ambiente esterno: Esterno

Resistenza superficiale interna: 0,13 m²K/W

Resistenza superficiale esterna: 0,04 m²K/W

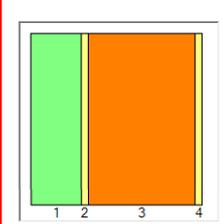
Calcola

E Risultati

Spessore s [m]	0,480
Massa superficiale ms [kg/m²]	276,1
Massa superficiale esclusi intonaci [kg/m²]	212,1
Resistenza R [m²K/W]	4,66
Trasmittanza U [W/m²K]	0,215
Capacità termica totale κ [kJ/m²K]	278,0

F Valori invernali / Valori estivi

Trasmittanza U [W/m²K]	0,215	0,213
Trasmittanza periodica Ye [W/m²K]	0,015	0,015
Fattore di attenuazione fs	0,069	0,070
Sfasamento φ	14h 10'	14h 9'
Capacità termica periodica interna κi [kJ/m²K]	48,00	48,71
Capacità termica periodica esterna κe [kJ/m²K]	4,71	4,67
Ammettenza interna Yi [W/m²K]	3,485	3,536
Ammettenza esterna Ye+ [W/m²K]	0,335	0,332



G 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

H Foratura

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

Calcola

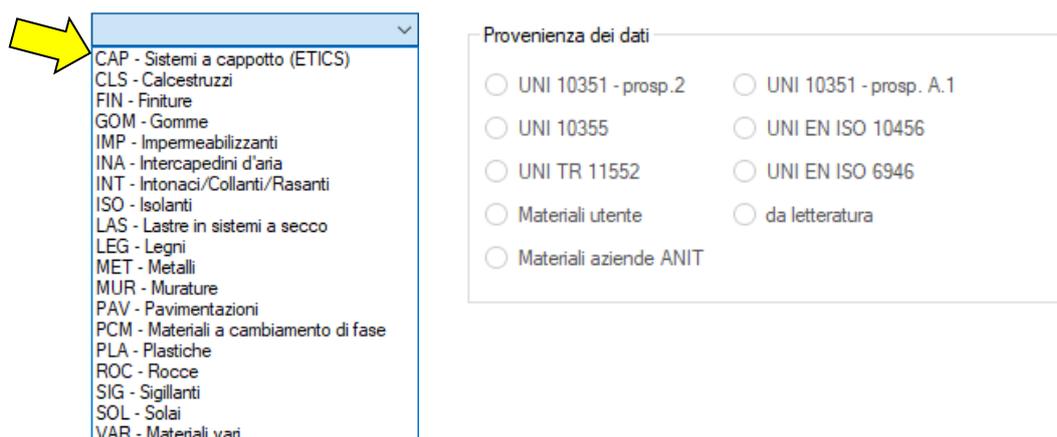
(A) Descrizione

L'utente definisce il nome della stratigrafia che verrà visualizzato nel menu di PAN, nella schermata "Elenco strutture" e nella relazione finale. È possibile anche inserire delle note da visualizzare nella relazione della stratigrafia.

(B) Selezione del materiale

Le informazioni sono suddivise 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 come indicato nella finestra di chiarimento "scelta dei materiali".

Per un approfondimento si rimanda all'Appendice A del manuale.



UNI 10351 prosp. A.1	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
UNI 10351 prosp. 2	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
UNI 10355	La norma UNI 10355 è dedicata alle caratteristiche igrotermiche dei materiali da costruzione non omogenei: blocchi di laterizio, solaio in laterocemento, predalles ecc..
UNI EN ISO 10456	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.
UNI TR 11552	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.
UNI EN ISO 6946	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.
Materiale utente	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.
Da bibliografia	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.
Materiale aziende ANIT	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 si compila aggiungendo strato per strato i materiali.

La gestione della stratigrafia avviene attraverso i comandi:

- Inserisci: per inserire il materiale selezionato;
- Sostituisci: per sostituire il materiale indicato nella posizione selezionata;
- Duplica: per creare un secondo strato con le caratteristiche di uno strato già presente;
- Elimina: per eliminare il materiale selezionato

Inoltre con le frecce è possibile spostare in su o in giù (ovvero rispettivamente verso l'esterno o verso l'interno) un materiale presente nella stratigrafia.

Nella tabella centrale della sezione (C) vengono mostrati i dati di ogni strato e più in basso uno schema con la rappresentazione stratigrafica dei materiali.

(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 termica superficiale interna ed esterna sono riportati anche nella tabella della sezione (C) in corrispondenza della colonna "Resistenza invernale".

I dati di default sono definiti in accordo con la norma UNI EN ISO 6946, ma possono essere modificati dall'utente cliccando su "Calcola" a partire dalle condizioni al contorno.

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 "Controtterra" per la valutazione della trasmittanza della struttura-terreno in accordo con UNI EN ISO 13370 (vd. la descrizione della sezione (H));
- vespaio aerato: (solo per i pavimenti) nella schermata si attiva la sezione "Controtterra" per la valutazione della trasmittanza del sistema solaio-vespaio aerato in accordo con UNI EN ISO 13370 (vd. la descrizione della sezione (H)).

(E) Risultati in accordo con UNI EN ISO 6946:2008

Nella tabella sono indicati i principali risultati del calcolo.

Il valore della trasmittanza espresso in W/m²K 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 m²K/W
- s/λ è la resistenza termica di uno strato di materiale omogeneo in m²K/W in cui s è lo spessore dello strato misurato in metri e λ è la conduttività termica del materiale in W/mK
- R_n è la resistenza termica di uno strato non omogeneo in m²K/W
- R_a è la resistenza termica di una intercapedine d'aria in m²K/W
- R_{se} è la resistenza termica superficiale esterna in m²K/W

(F) Risultati in accordo con UNI EN ISO 13786:2008

La tabella mostra le caratteristiche termiche dinamiche calcolate in accordo con la norma UNI EN ISO 13788:2008 (le celle evidenziate in giallo mostrano i dati più utili per valutare tali prestazioni).

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 λ , densità ρ e calore specifico c , la distribuzione di temperatura T e flusso specifico q , si ricavano dalle equazioni:

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

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

I parametri della tabella sono definiti come segue:

Trasmittanza periodica (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.
Attenuazione (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 (vd. anche il capitolo 12).
Sfasamento (φ)	Periodo di tempo tra il valore massimo della sollecitazione termica e il massimo del suo effetto (vd. anche il capitolo 12).
Capacità termica (κ_i e κ_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 (κ _i) o capacità termica esterna (κ _e).

	Il parametro è utilizzato per individuare il comportamento in regime semi-stazionario dell'involucro opaco secondo la UNI/TS 11300-1
Ammettenza (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

Nel caso di selezione di un materiale della categoria "INA - intercapedini d'aria" 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 ϵ ed eventualmente di 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).

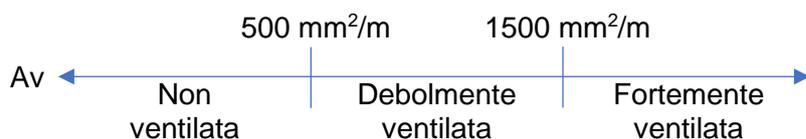
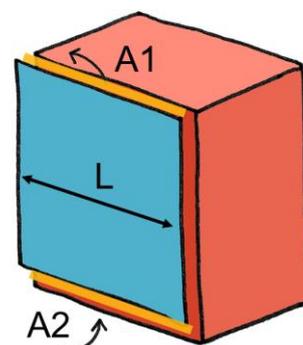
Le intercapedini d'aria secondo la norma UNI EN ISO 6946 sono trattate come strati non omogenei a cui attribuire un valore di resistenza termica R_a . La norma distingue le intercapedini in tre tipologie e per ognuna propone una procedura per valutare R_a . Le tipologie individuate sono:

- intercapedine non ventilata;
- intercapedine fortemente ventilata;
- intercapedine debolmente ventilata.

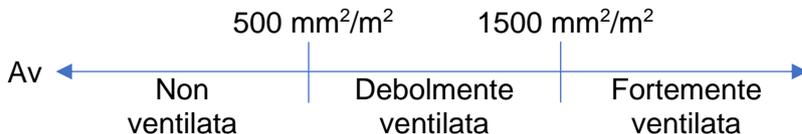
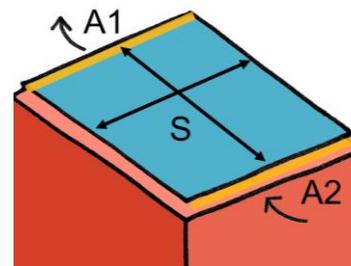
Il fattore discriminante per capire in quale delle tre categorie ricade un'intercapedine è l'ampiezza dell'area di ventilazione A_v , definita come:

- area delle aperture per metro di lunghezza (in direzione orizzontale) nel caso di intercapedini verticali;
- area delle aperture per metro quadrato di area superficiale per intercapedini d'aria orizzontali.

In altri termini, con riferimento alle figure, per una parete il valore di A_v è stimato come rapporto tra le aree A_1+A_2 (in mm^2) delle aperture deputate al passaggio d'aria, generalmente posizionate alla sommità e alla base della facciata, e la lunghezza L (in m) della facciata stessa. Il risultato è un valore (in mm^2/m) che porta a riconoscere il tipo di intercapedine in base al posizionamento sulla seguente griglia:



Per una copertura invece A_v è definito come rapporto tra le aree A_1+A_2 (in mm^2) delle aperture deputate al passaggio d'aria, generalmente posizionate sul colmo e alla base della falda della copertura, e l'estensione superficiale S (in m^2) della copertura. Il risultato è un valore (in mm^2/m^2) che porta a riconoscere il tipo di intercapedine in base al posizionamento su questa griglia:



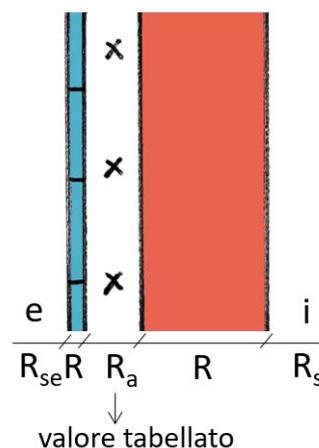
INTERCAPEDINI NON VENTILATE

Un'intercapedine è definita non ventilata quando il valore di A_v è inferiore a $500 \text{ mm}^2/\text{m}^2$. In questo caso la resistenza termica R_a , noto lo spessore dell'intercapedine e la tipologia di struttura (parete, soffitto o pavimento), è ricavabile da tabella.

Il metodo quindi prevede di considerare l'intercapedine come un elemento non omogeneo della stratigrafia con valore di resistenza termica tabellato.

È interessante notare come il valore di R_a ha un massimo in corrispondenza di uno spessore di 1.5 cm per i solai superiori (flusso ascendente), di 2.5 cm per le pareti (flusso orizzontale) e di 30 cm per i solai inferiori (flusso discendente).

Nella tabella 1 sono riportati i valori della UNI EN ISO 6946.



Resistenza termica R_a ($\text{m}^2\text{K/W}$) per intercapedini d'aria non ventilate Valori secondo UNI EN ISO 6946:2018								
Direzione del flusso:	Spessore intercapedine in mm							
	5	7	10	15	25	50	100	300
Ascendente (soffitto)	0.11	0.13	0.15	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Orizzontale (parete)	0.11	0.13	0.15	0.17	0.18	0.18	0.18	0.18
Discendente (pavimento)	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.21	0.22	0.23

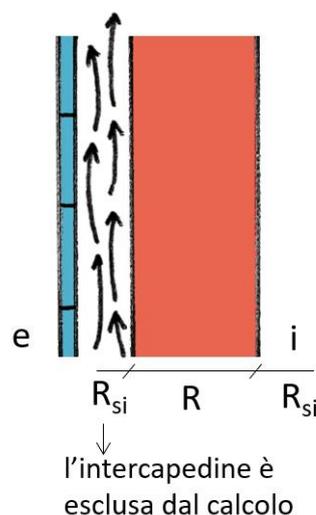
I valori intermedi possono essere ottenuti per interpolazione lineare.
I valori riportati sotto "orizzontale" si applicano a flussi termici con inclinazione fino a $\pm 30^\circ$ rispetto al piano orizzontale

INTERCAPEDINI FORTEMENTE VENTILATE

Un'intercapedine d'aria è fortemente ventilata se le aperture tra l'intercapedine d'aria e l'ambiente esterno sono uguali o maggiori di 1500 mm². In presenza di un'intercapedine fortemente ventilata le condizioni al contorno non sono più quelle standard, ovvero il salto termico non si presenta più tra ambiente esterno e l'ambiente riscaldato, ma tra l'intercapedine e l'ambiente riscaldato.

La conseguenza è che gli strati che partecipano alla sommatoria delle resistenze termiche sono solo quelli compresi tra l'ambiente riscaldato e l'intercapedine. Per descrivere questo fenomeno la norma suggerisce la seguente procedura:

“la resistenza termica totale di un componente per edilizia contenente un'intercapedine d'aria fortemente ventilata, deve essere ottenuta trascurando la resistenza termica dell'intercapedine d'aria e di tutti gli altri strati che separano detta intercapedine d'aria dall'ambiente esterno, e includendo una resistenza superficiale esterna corrispondente [...] al valore di R_{si}”.



INTERCAPEDINI DEBOLMENTE VENTILATE

Un'intercapedine d'aria debolmente ventilata è caratterizzata da un passaggio d'aria limitato, proveniente dall'ambiente esterno attraverso aperture aventi area A_v compresa tra 500 e 1500 mm².

La norma in questo caso non propone di valutare la resistenza della singola intercapedine, ma la resistenza totale dell'intera struttura (R_T) come media pesata su A_v dei casi di intercapedine “non ventilata” e “fortemente ventilata”. La formula per calcolare la media è proposta come:

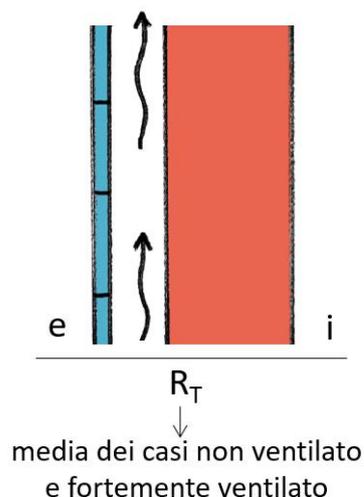
$$R_T = \left[\frac{1500 - A_v}{1000} R_{T,U} \right] + \left[\frac{A_v - 500}{1000} R_{T,V} \right] \quad [7.3]$$

dove:

R_T è la resistenza complessiva della struttura con l'intercapedine debolmente ventilata;

R_{T,u} è la resistenza termica totale con una intercapedine d'aria non ventilata.

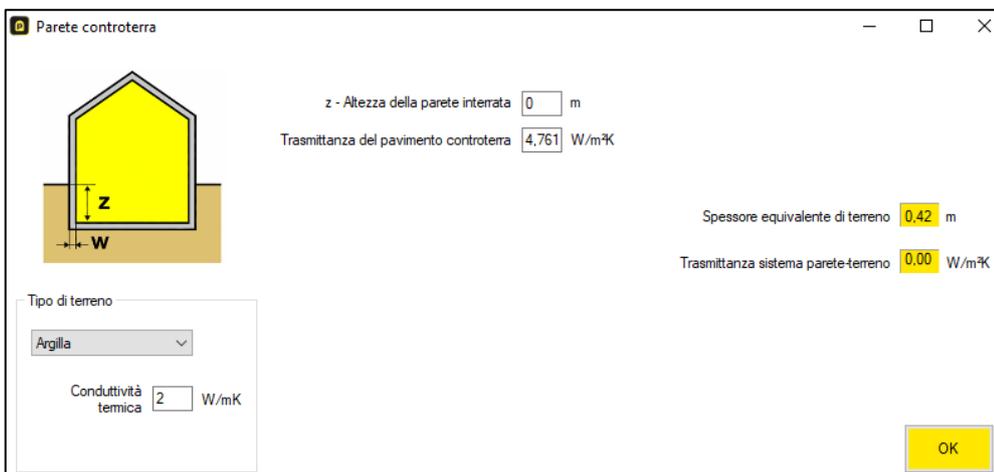
R_{T,v} è la resistenza termica totale con una intercapedine d'aria fortemente ventilata.



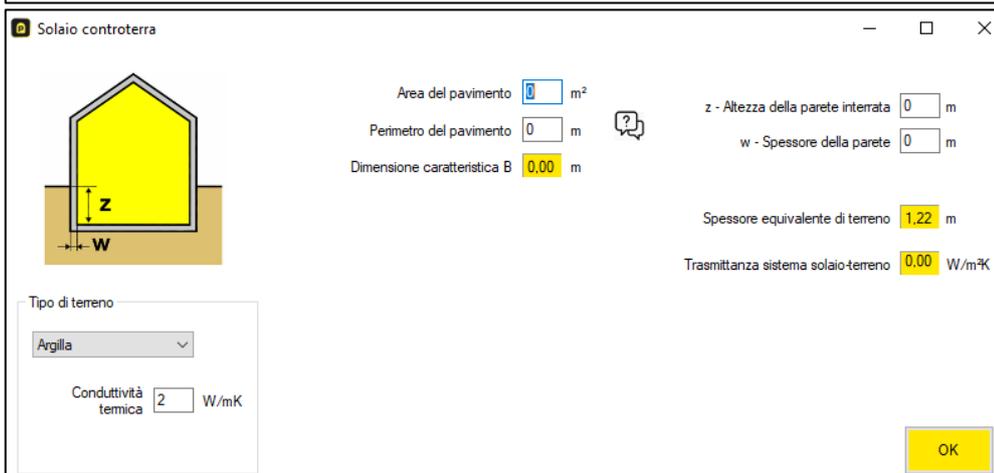
(H) Strutture controterra secondo UNI EN ISO 13370

La selezione è attiva solo nel caso di pareti con ambiente esterno “Terreno”, oppure nel caso di pavimenti con ambiente esterno “Terreno” o “Vespajo aerato”.

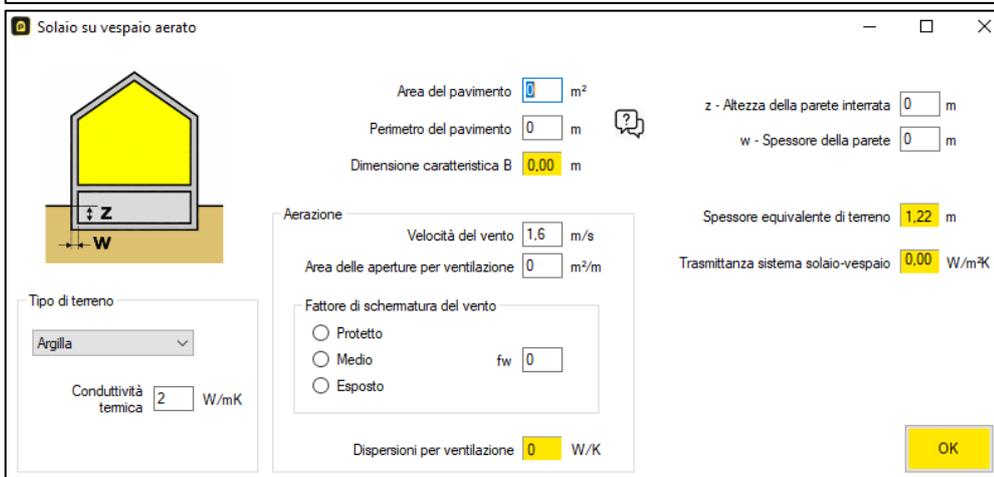
Le finestre di dialogo richiamano la valutazione della trasmittanza della struttura-terreno in accordo con la normativa tecnica. Per un approfondimento sul metodo di calcolo si rimanda all’Appendice E del manuale.



Schermata di dialogo per il calcolo della parete controterra.



Schermata di dialogo per il calcolo del pavimento controterra.



Schermata di dialogo per il calcolo del solaio su vespajo aerato.

8. TRASMITTANZE

La schermata riporta alcuni dati climatici dell'edificio (A), il dato della trasmittanza stazionaria con i relativi limiti (B) e il dato della trasmittanza termica periodica e della massa superficiale (C).



A Dati dell'edificio

Località	Ancona (AN)	
Gradi giorno	1688	
Zona climatica	D	
Irradianza max	290,6	≥ 290 W/m ²

Legenda

- ✓ Verifica superata
- ✗ Verifica non superata
- Verifica non richiesta
- ⚠ Attenzione ai ponti termici

B Trasmittanza termica stazionaria U

Trasmittanza U di progetto	0,215	W/m ² K
Trasmittanza U limite (requisiti minimi)	0,29	W/m ² K ✓ ⚠

C Trasmittanza termica periodica Yie e verifiche inerziali

Trasmittanza periodica Yie di progetto	0,015	W/m ² K
Trasmittanza periodica Yie limite (requisiti minimi)	0,100	W/m ² K ✓
Massa superficiale Ms esclusi intonaci	212,1	kg/m ²
Massa superficiale Ms limite (requisiti minimi)	230	kg/m ² ✗

(A) Dati dell'edificio

Sono riportati i gradi giorno, la zona climatica e l'irradianza massima per la località in esame. Questi dati servono per identificare i limiti di legge proposti nelle sezioni (B) e (C) della schermata.

(B) Trasmittanza termica stazionaria U

Il valore della trasmittanza termica U di progetto è messo a confronto con il valore limite dei requisiti minimi ed eventualmente anche delle detrazioni. Il software segnala con un segno positivo o negativo l'esito di questo confronto, ma è bene ricordare che per la verifica dei requisiti minimi è richiesto il calcolo della trasmittanza termica media U_m comprensiva dei ponti termici, calcolo non affrontabile con il solo software PAN.

Sottolineiamo infatti quanto segue:

- 1- Ponti termici: la verifica della trasmittanza media per i requisiti minimi 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 questa analisi si consigliano i software IRIS per analizzare i ponti termici ed EUREKA per calcolare la trasmittanza media.
- 2- **Limiti dei requisiti minimi:** 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 (vd. capitolo 7 del manuale, sezione (H))
 - 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 ² /m ³)	1.0

Tabella 8.1 Valori dei fattori di correzione impiegabile per edifici esistenti.

[Fonte: UNI/TS 11300–1, paragrafo 11.2, prospetto 7].

(C) 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/m². 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/m²]);
 $Y_{IE} < 0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ (con Y_{IE} trasmittanza termica periodica [W/m²K]).
- 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/m²K]).

9. RISCHIO MUFFA

La schermata affronta il calcolo delle verifiche igrotermiche superficiali di rischio muffa e condensazione superficiale in accordo con UNI EN ISO 13788 attraverso l'analisi delle resistenze minime accettabili (A). 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 a partire dal fattore di correzione btr definito dalla norma UNI/TS 11300-1 (B). La tabella riportata nella parte centrale della schermata riprende invece i dati climatici interni ed esterni della località in esame, eventualmente modificabili per simulare la presenza di ambienti particolari (C).



A Verifiche igrotermiche superficiali

Resistenza termica dell'elemento	4.661	m ² K/W	
Resistenza minima per evitare il rischio di muffa	0.622	m ² K/W	✓
Resistenza minima per evitare condensa sup.	0.319	m ² K/W	✓
Mese critico per il rischio di muffa	Aprile		
Mese critico per il rischio di condensa sup.	Febbraio		

Legenda

- ✓ Verifica superata
- ✗ Verifica non superata
- Verifica non richiesta

B Tipo di ambiente non riscaldato: Sottotetto con tetto isolato

Fattore di correzione della temperatura btr= 0.9

C

	θe [°C]	Pe [Pa]	URe [%]	θi [°C]	Pi [Pa]	URi [%]	Psm [Pa]	θsm [°C]	θsc [°C]	fRam [-]	fRac [-]
Gennaio	10,7	975	75,7	20,0	1404	60,1	1755	15,5	12,0	0,511	0,141
Febbraio	9,8	936	77,5	20,0	1400	59,9	1750	15,4	12,0	0,551	0,216
Marzo	11,0	1021	77,7	20,0	1440	61,6	1800	15,8	12,4	0,537	0,153
Aprile	13,8	1160	73,7	18,0	1482	71,8	1852	16,3	12,8	0,598	-0,217
Maggio	17,8	1328	65,4	18,0	1507	73,1	1884	16,6	13,1	-4,837	-18,948
Giugno	21,7	1573	60,6	21,7	1673	64,4	2091	18,2	14,7	-	-
Luglio	23,7	1641	55,9	23,7	1741	59,3	2176	18,9	15,3	-	-
Agosto	23,7	2018	68,7	23,7	2118	72,1	2647	22,0	18,4	-	-
Settembre	21,7	1797	69,4	21,7	1897	73,2	2372	20,2	16,7	-	-
Ottobre	18,6	1511	70,6	18,6	1661	77,5	2076	18,1	14,6	-	-
Novembre	15,9	1312	72,7	18,0	1558	75,5	1947	17,1	13,6	0,568	-1,074
Dicembre	12,2	1063	74,8	20,0	1440	61,6	1800	15,9	12,4	0,468	0,026

Condizioni di default del progetto

Dati noti

- Classe di concentrazione del vapore all'interno

Condizioni standard DM 26/06/15
- Temperatura interna e umidità interna relativa costanti
- 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

(A) Verifica del rischio muffa e condensa superficiale

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

Per approfondire le logiche di individuazione dei mesi critici e delle resistenze minime si rimanda al capitolo 4 del manuale dedicato ai “Dati climatici interni”.

Le verifiche sono superate (ovvero è assente il rischio di formazione di muffa e condensa sulla superficie interna della stratigrafia) se la resistenza totale dell’elemento è superiore alla resistenza minima riportata.

(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

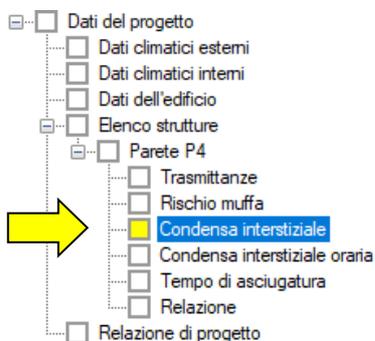
La tabella riporta i valori medi mensili utilizzati nel calcolo prese dalla schermata “Dati climatici interni”. L’utente può svincolarsi dalla selezione standard togliendo la spunta da “Condizioni di default di progetto”.

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). L'esito della verifica è mostrato nella parte alta della schermata (A), mentre i diagrammi igrotermici medi mensili e lo schema delle interfacce sono mostrati rispettivamente nelle sezioni (B) e (C). La tabella della sezione (D) mostra i dati di pressione di saturazione e di progetto per tutte le interfacce di calcolo e per tutti i mesi dell'anno.

In caso di presenza di condensazione interstiziale la schermata mostra:

- in alto il tasto “Calcola condensa accumulata”;
- in tabella in giallo i mesi di formazione di condensa e in azzurro di evaporazione.



A Verifica condensa interstiziale
Rischio di condensazione interstiziale secondo UNI EN ISO 13788 ✖ Presente Calcola condensa accumulata

B Grafico del mese di Gennaio

Temperatura [°C]

Pressione di saturazione [Pa]

Pressione nell'interfaccia [Pa]

Umidità relativa [%]

Inserisci nella relazione:
 Default
 Mesi con condensa
 Tutti i mesi
 Nessun mese
 Personalizza
 Ottobre
 Novembre
 Dicembre
 Gennaio
 Febbraio
 Marzo
 Aprile
 Maggio
 Giugno
 Luglio
 Agosto
 Settembre

C Schema delle interfacce di controllo

D

	Pe	Interf. 1	Interf. 2	Interf. 3	Interf. 4	Interf. 5	Interf. 6	Interf. 7	Interf. 8	Interf. 9	Interf. 10	Interf. 11	Interf. 12	Interf. 13	Interf. 14	Interf. 15	Interf. 16	Pi	
Octobre	1325	1330	1380	1432	1485	1540	1547	1604	1664	1725	1789	1854	1922	1991	2063	2137	2214	2293	
Novembre	836	860	949	1038	1127	1215	1239	1241	1242	1243	1244	1246	1247	1248	1250	1251	1252	1253	
Dicembre	847	852	912	975	1042	1114	1123	1139	1199	1281	1367	1458	1555	1657	1765	1879	1999	2126	2260
Gennaio	652	680	784	887	991	1095	1123	1139	1156	1172	1189	1206	1222	1239	1255	1272	1289	1305	
Febbraio	632	638	697	760	829	904	913	955	1083	1178	1280	1390	1508	1635	1771	1917	2073	2240	
Marzo	435	463	568	674	780	885	913	943	972	1001	1030	1060	1089	1118	1147	1177	1206	1235	
Aprile	611	617	675	739	808	883	892	974	1063	1158	1261	1373	1492	1621	1759	1908	2067	2238	
Maggio	423	451	554	658	761	864	892	923	954	985	1016	1047	1078	1109	1140	1171	1202	1233	
Giugno	795	801	861	924	992	1065	1074	1152	1235	1324	1418	1518	1623	1736	1855	1981	2115	2256	
Luglio	464	500	634	769	903	1038	1074	1081	1088	1094	1101	1108	1115	1122	1129	1135	1142	1149	
Agosto	1040	1045	1102	1162	1225	1291	1299	1370	1443	1520	1600	1684	1772	1864	1960	2061	2165	2275	
Settembre	527	573	743	913	1084	1254	1299	1279	1259	1238	1218	1197	1177	1156	1136	1115	1095	1074	
Octobre	1363	1368	1416	1467	1518	1572	1578	1634	1692	1751	1812	1875	1940	2007	2076	2147	2220	2295	
Novembre	613	670	883	1096	1309	1522	1578	1527	1476	1425	1374	1323	1271	1220	1169	1118	1067	1016	
Dicembre	1788	1789	1805	1822	1839	1855	1857	1874	1892	1909	1926	1944	1962	1980	1998	2016	2034	2053	
Gennaio	927	982	1187	1392	1597	1803	1857	1796	1734	1672	1611	1549	1487	1426	1364	1302	1241	1179	
Febbraio	2277	2277	2277	2277	2277	2277	2277	2277	2277	2277	2277	2277	2277	2277	2277	2277	2277	2277	
Marzo	1167	1174	1198	1223	1247	1272	1278	1279	1279	1280	1280	1280	1280	1281	1281	1281	1282	1282	
Aprile	2600	2600	2600	2600	2600	2600	2600	2600	2600	2600	2600	2600	2600	2600	2600	2600	2600	2600	
Maggio	1138	1144	1165	1187	1208	1229	1235	1235	1236	1236	1236	1236	1237	1237	1237	1238	1238	1238	
Giugno	2457	2457	2457	2457	2457	2457	2457	2457	2457	2457	2457	2457	2457	2457	2457	2457	2457	2457	
Luglio	1418	1424	1445	1466	1487	1509	1514	1515	1515	1515	1516	1516	1516	1517	1517	1517	1518	1518	
Agosto	1861	1863	1875	1887	1899	1912	1913	1926	1938	1951	1964	1977	1990	2003	2016	2029	2042	2056	
Settembre	591	1004	1053	1102	1151	1199	1212	1213	1214	1215	1215	1216	1217	1217	1218	1219	1220	1220	

Legenda: Pressione di saturazione nell'interfaccia [Pa]
 Pressione di progetto nell'interfaccia [Pa]
 Mese con formazione di condensazione
 Mese con evaporazione di condensazione

(A) Verifica condensa interstiziale

Questa sezione mostra l’esito della verifica di condensazione interstiziale.

In caso di presenza di condensazione, viene visualizzato il tasto “Calcolo condensa accumulata” che apre un’ulteriore finestra per verificare le condizioni di ammissibilità secondo norma, ovvero il superamento (o meno) della quantità massima raggiunta pari a 500g/m² e l’assenza di condensa residua dopo 12 mesi a partire da ottobre.

Queste informazioni, ovvero il grafico della condensa accumulata e il dettaglio del calcolo mensile, sono mostrate nella schermata della condensa accumulata.



Esempio di grafico della condensa accumulata. In questo caso la quantità massima tocca quasi i 3600 g/m² e pertanto non soddisfa le condizioni di norma.

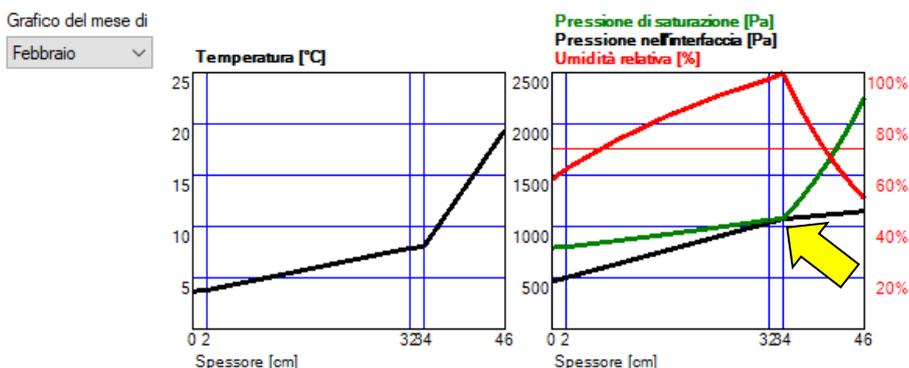
(B) Diagrammi igrotermici (diagramma di Glaser)

In questa sezione sono riportati i grafici della distribuzione della temperatura (a sinistra) e delle pressioni (a destra) 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, identificata dal punto di contatto tra le linee verde e nera.

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

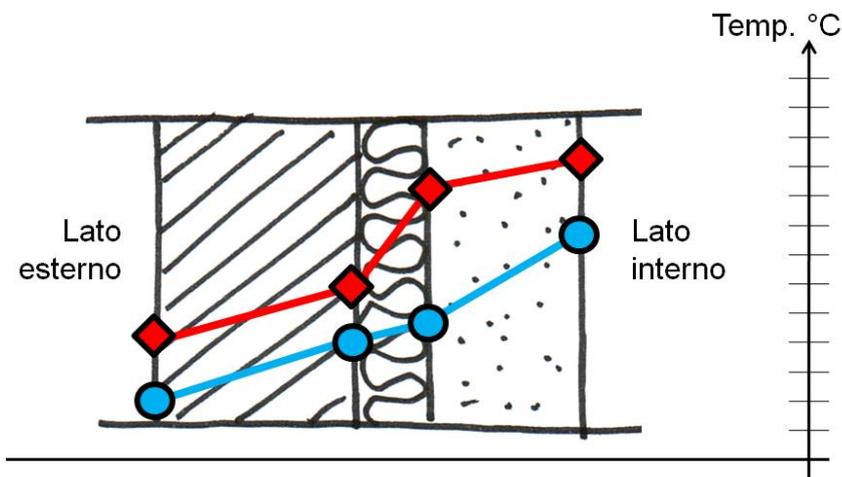
Il metodo di Glaser, come dichiarato nella stessa norma UNI EN ISO 13788, presenta dei limiti di accuratezza, soprattutto nei casi in cui lo strato con maggiore resistenza termica è posizionato sul lato interno della stratigrafia. Per approfondire questo argomento si veda il box riportato di seguito.



La freccia mostra il punto di contatto tra la linea di saturazione e di pressione nell’interfaccia e corrisponde all’interfaccia soggetta a condensazione interstiziale

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 (μ) identico si comportano alla stessa maniera; è evidente invece che pur a parità di μ , 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,

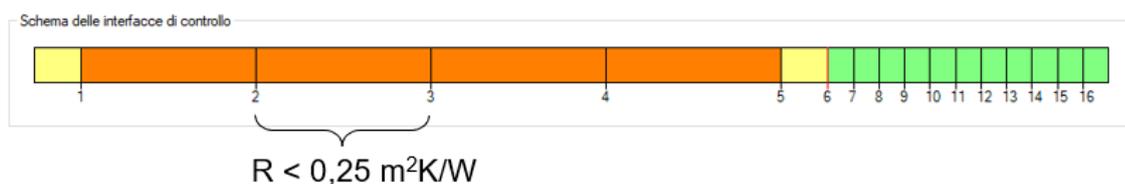
- influenza della pioggia sulla migrazione del vapore,
- fenomeni legati all'asciugatura delle strutture,
- comportamento dell'utenza.

Il software PAN non realizza calcoli in accordo con la norma UNI EN 15026.

(C) Schema delle interfacce di controllo

È riportata la sezione della stratigrafia oggetto d'analisi con la suddivisione delle interfacce analizzate. 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 m²K/W.

Sono evidenziate in rosse le interfacce soggette a condensazione.



(D) 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 dai 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

Sulla base dei dati in input si produce una tabella

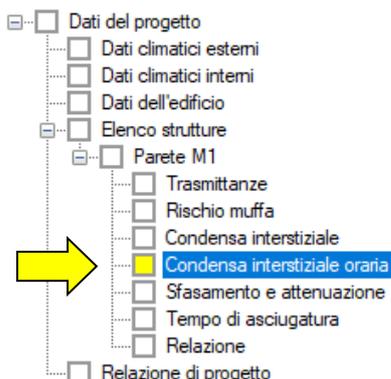
Per ogni interfaccia identificata nella sezione (C) la tabella mostra per tutti i mesi il valore di pressione di saturazione e di progetto (dati riportati in forma grafica nella sezione (B)). Se nella tabella sono presenti celle gialle e azzurre, la stratigrafia è oggetto di rischio di condensazione interstiziale.

11. CONDENSA INTERSTIZIALE ORARIA

Il software PAN propone una valutazione della condensazione interstiziale stazionaria in accordo con UNI EN ISO 13788 condotta però con passo orario anziché mensile.

È bene sottolineare che non si tratta di un calcolo igrotermico dinamico secondo UNI EN 15026, ma dell'applicazione del cosiddetto modello di Glaser con passo orario, per avere una visualizzazione più accurata dell'eventuale quantità di condensa accumulata.

I dati climatici orari per ogni provincia italiana sono ricavati dalla norma UNI 10349:2016.



(A) Selezione dell'interfaccia

I grafici sono visualizzabili per ogni interfaccia individuata.

Le interfacce sono le stesse analizzate per il calcolo della condensa interstiziale in condizioni medie mensile e descritte al capitolo 10 punto C) del manuale.

Dai due menu a tendina è possibile scegliere l'interfaccia di interesse e il periodo da visualizzare (tutto l'anno, un mese o un giorno in particolare).

Le interfacce interessate dalla formazione di condensa sono evidenziate in rosso nello schema.



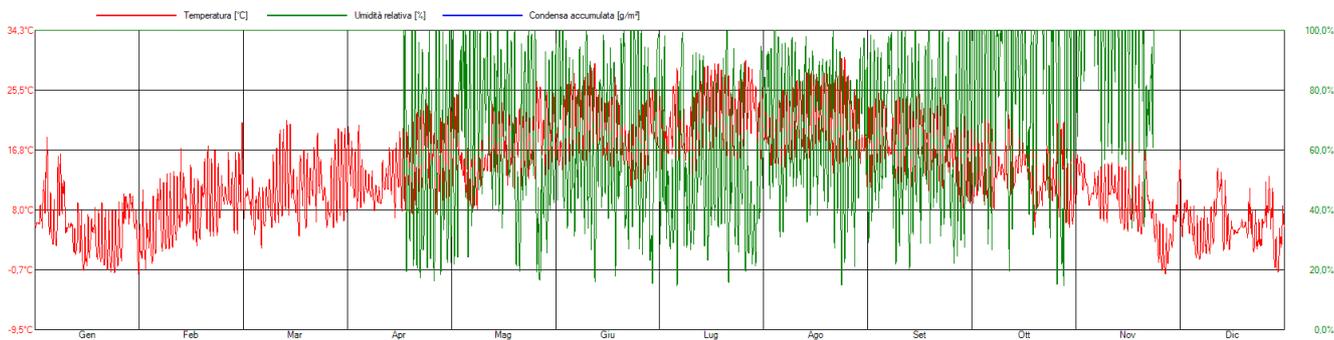
Scegli l'interfaccia e il periodo da visualizzare

in questo caso l'interfaccia 6 è in rosso perché interessata da condensazione

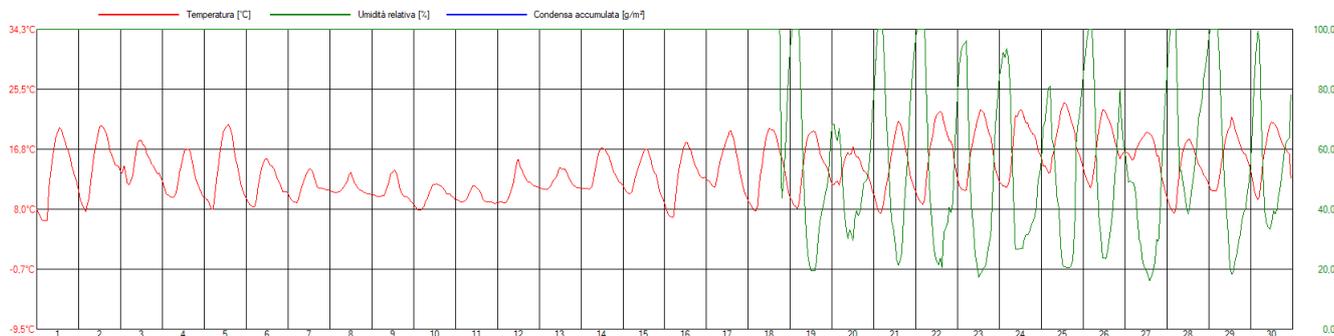
(B) Grafico orario della temperatura e dell'umidità relativa

Il grafico riporta in rosso l'andamento della temperatura [°C] e in verde l'andamento dell'umidità relativa [%]. Il grafico è visualizzabile per tutte le interfacce e per tutti i periodi.

Esempio di un grafico annuale:



Esempio di un grafico mensile (aprile):



(C) Grafico orario della condensa interstiziale

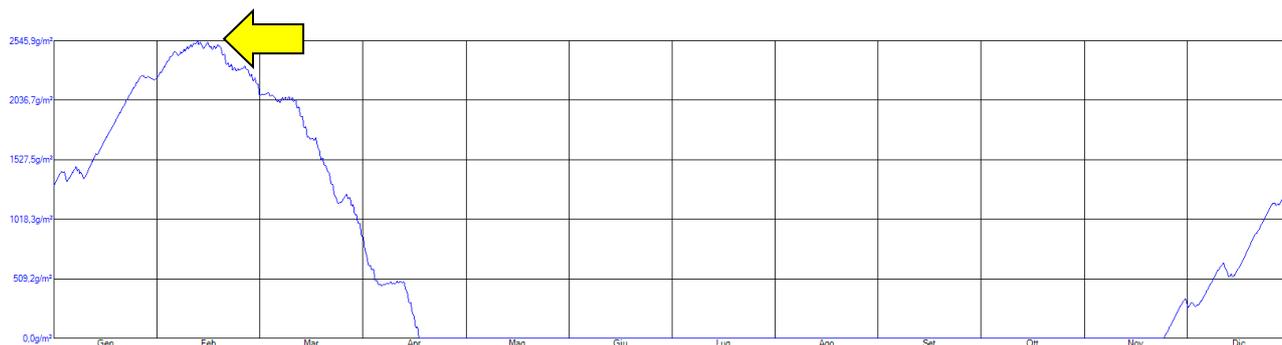
Il grafico riporta in blu l'andamento della condensa interstiziale [g/m²] per l'interfaccia selezionata. Questo risultato si base sull'uso degli algoritmi della norma UNI EN ISO 13788 utilizzati però con passo orario anziché mensile.

È bene sottolineare che non si tratta di un calcolo igrotermico dinamico secondo UNI EN 15026, ma dell'applicazione del cosiddetto modello di Glaser con passo orario.

L'idea è di poter quantificare con un'accuratezza più elevata la quantità di condensa interstiziale.

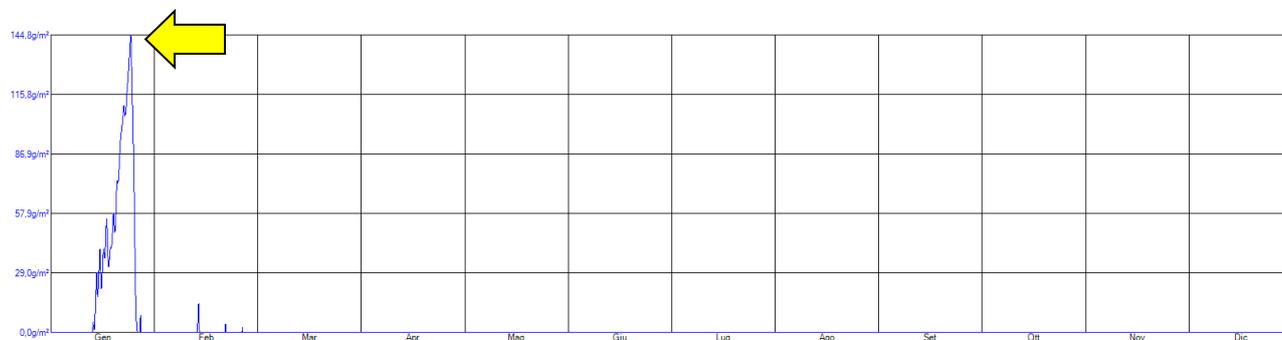
Esempio1:

In questo esempio il calcolo orario indica la formazione di condensazione per 2546 g/m² (freccia gialla). Il metodo medio mensile per la stessa interfaccia indicava invece un picco di 3501 g/m².



Esempio 2:

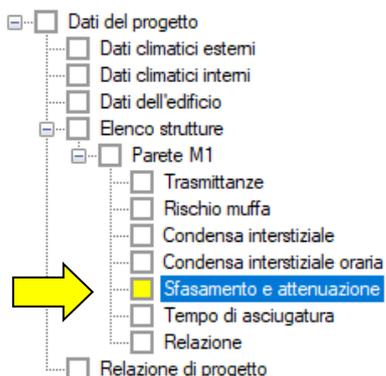
Il grafico del calcolo orario mostra un picco di 144 g/m² (freccia gialla). Per questo esempio il metodo medio mensile indicava invece una quantità massima raggiunta pari a 380 g/m².



12. SFASAMENTO E ATTENUAZIONE

La norma UNI EN ISO 13786:2018 “Prestazione termica dei componenti per edilizia - Caratteristiche termiche dinamiche - Metodi di calcolo” consente di valutare il comportamento inerziale di una stratigrafia per differenti condizioni di orientamento e trattamento superficiale (A) e per un giorno tipico estivo e per un periodo più esteso (B).

Da queste analisi è possibile ricavare dati di energia entrante, sfasamento e attenuazione (C) e grafici delle temperature superficiali esterne (D) per valutare la capacità inerziale della stratigrafia.



A

Orientamento: NO N NE E SE S SO O

Fattore di assorbimento solare: Stima da norma Definizione RGB Prodotti aziende ANIT

Resistenza superficiale: Costante Calcolata
R_{se} [0,039] m²/K/W

Colore: chiaro medio scuro

Velocità del vento: Costante Oraria
V_v [4] m/s

Temperatura apparente del cielo: Da norma Misurata
T_{sky} [0,0] °C

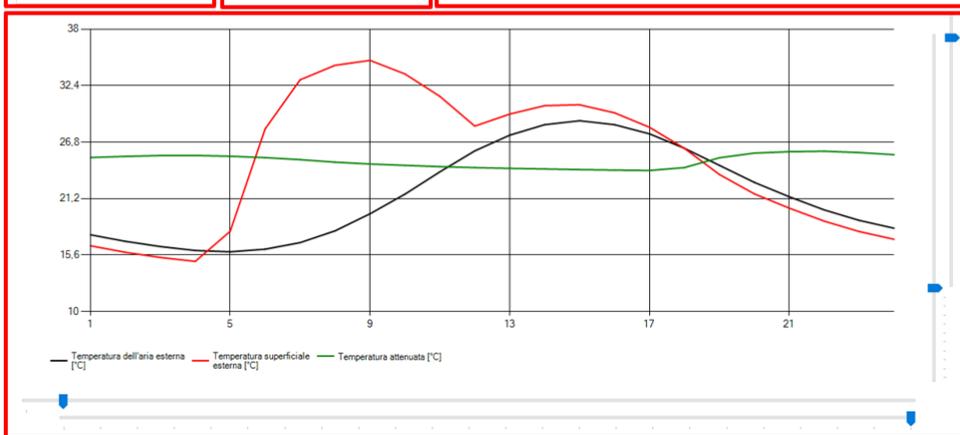
Energia totale: 0,155 kWh/m²
Sfasamento: 12h 46'
Atenuazione: 0,096

B

Giorno di progetto estivo Dati orari annuali

Energia totale: 0,155 kWh/m²
Sfasamento: 12h 46'
Atenuazione: 0,096

D



	Temperatura aria esterna [°C]	Irradianza [W/m ²]	Temperatura superficiale esterna [°C]	Temperatura attenuata [°C]	Flusso per trasmissione [W/m ²]
1	17,60	0,0	16,51	25,27	6,65
2	16,95	0,0	15,87	25,38	6,68
3	16,43	0,0	15,35	25,46	6,70
4	16,04	0,0	14,96	25,47	6,70
5	15,91	131,1	17,95	25,39	6,68
6	16,17	559,9	28,11	25,25	6,65
7	16,82	749,6	32,97	25,05	6,60
8	17,99	764,3	34,41	24,81	6,53
9	19,68	713,4	34,90	24,62	6,48
10	21,63	568,4	33,55	24,49	6,45
11	23,84	374,4	31,33	24,36	6,41
12	25,92	156,1	28,38	24,26	6,39
13	27,48	141,3	29,57	24,19	6,37
14	28,52	133,1	30,41	24,13	6,35
15	28,91	120,1	30,50	24,07	6,34
16	28,52	102,1	29,70	24,02	6,32
17	27,61	79,0	28,26	23,98	6,31
18	26,18	49,7	26,17	24,27	6,39
19	24,49	10,5	23,58	25,24	6,64
20	22,80	0,0	21,66	25,71	6,77
21	21,37	0,0	20,25	25,84	6,80
22	20,07	0,0	18,96	25,89	6,82
23	19,03	0,0	17,93	25,76	6,78
24	18,25	0,0	17,15	25,55	6,73

(A) Orientamento e caratteristiche superficiali

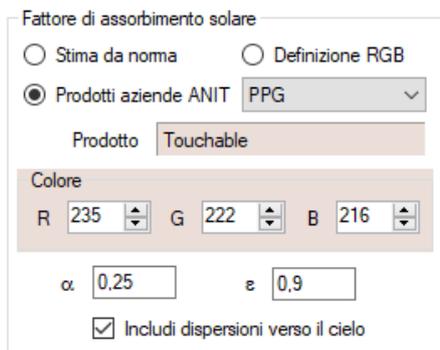
Per analizzare in dettaglio il comportamento della struttura opaca rispetto alle sollecitazioni climatiche esterne è necessario definire i seguenti parametri:

- orientamento della struttura;
- fattore d’assorbimento solare del rivestimento esterno;
- resistenza superficiale (e quindi velocità del vento);
- temperatura apparente del cielo;
- temperatura oraria dell’aria esterna;
- irradianza oraria.

L’orientamento è selezionabile dall’utente attraverso la rosa dei venti.

Il fattore di assorbimento solare può essere stimato da norma attraverso una scelta semplificata del colore (chiaro, medio o scuro), oppure attraverso la selezione di un codice RGB del rivestimento superficiale esterno, o ancora attraverso l’importazione di informazioni da librerie aziendali dalla pagina “[banca dati](#)” del sito ANIT.

I valori di temperatura e irradianza oraria invece sono richiamati in base alla selezione effettuata nella schermata dei “Dati climatici esterni” e sono mostrati in forma tabellare sulla destra della schermata.



Questa immagine mostra un esempio di selezione del colore di rivestimento della facciata a partire da una libreria aziendale o dal codice RGB del prodotto.

Sono inoltre disponibili ulteriori opzioni per:

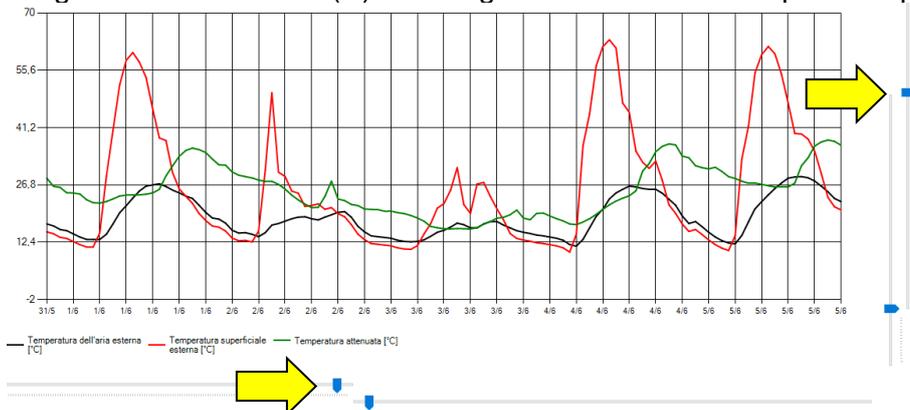
- includere la dispersione verso il cielo nel calcolo della temperatura superficiale esterna (a partire dall’emissività superficiale ϵ della struttura e dalla temperatura apparente del cielo);
- calcolare la resistenza superficiale esterna in base alla velocità del vento.

(B) Giorno di progetto estivo e dati orari annuali

La selezione del “Giorno di progetto estivo” richiama i dati del giorno tipico climatico estivo definito dalla norma UNI 10349 e descritto nella tabella riportata sulla destra

La selezione dei “Dati orari annuali” richiama invece l’intero anno climatico scelto in “Dati climatici esterni”.

Il grafico della sezione (D) mostra gli andamenti delle temperature per l’intervallo selezionato.



Esempio di visualizzazione dei dati per la selezione “Dati orari annuali”. Con i comandi laterali è possibile ottimizzare la scala delle temperature e il periodo di interesse.

(C) Energia totale, Sfasamento e Attenuazione

I valori riportati nelle caselle gialle sono:

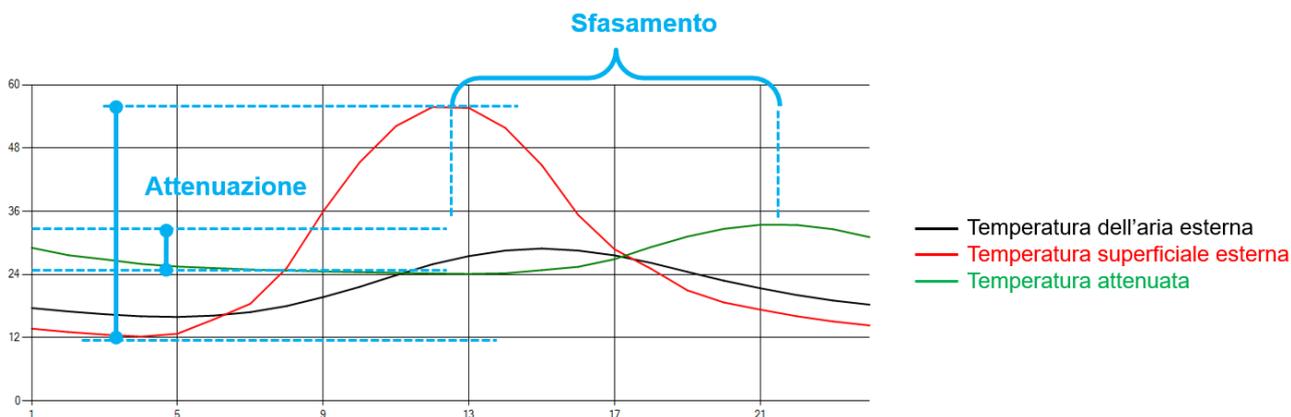
- **Energia totale** [kWh/m²]: ovvero l'energia che attraverso la struttura nel periodo considerato. Per il giorno di progetto estivo il dato è calcolato come integrale del "Flusso per trasmissione [W/m²]" riportato nella tabella della sezione A. Questa informazione può essere usata per confrontare diverse soluzioni e quantificare la capacità di limitare il rischio di surriscaldamento estivo (ad esempio può essere utilizzata ai fini della valutazione dell'efficacia dell'isolamento estivo delle coperture in risposta alle richieste del DM 26/6/15).
- **Sfasamento** [h]: questo parametro è valutato come periodo di tempo tra il valore massimo della sollecitazione termica sul lato esterno del componente e il massimo del suo effetto inteso come variazione sul lato interno. Lo sfasamento rappresenta il ritardo temporale dell'onda termica entrante in una struttura colpita da una sollecitazione energetica e graficamente è rappresentato dalla distanza tra il picco della curva rossa rispetto a quello della curva verde. Un buon valore di sfasamento si ha quando il dato supera le 8 ore.
- **Fattore di attenuazione** [-]: il parametro è definito come rapporto tra la trasmittanza termica periodica e la trasmittanza termica stazionaria. L'attenuazione restituisce un'indicazione sulla variazione di flusso e temperatura passando dal regime stazionario a quello dinamico e graficamente è rappresentato dal rapporto dell'ampiezza della curva verde rispetto a quella della curva rossa. Si ha un buon comportamento estivo quando il valore di fa è inferiore a 0,3.

(D) Grafico delle temperature

Il grafico mostra per il periodo considerato l'andamento di 3 parametri:

- **in nero** la temperatura dell'aria esterna [°C] presa dai dati climatici della località selezionata.
- **In rosso** la temperatura superficiale esterna [°C], ovvero della temperatura aria-sole calcolata sulla superficie esterna della stratigrafia, il dato è influenzato dall'orientamento, dal fattore di assorbimento solare e dalla resistenza superficiale esterna (una struttura di colore scuro orientata a ovest subisce un'oscillazione termica più forte di una struttura di colore chiaro orientata a nord).
- **In verde** la temperatura attenuata [°C], ovvero la temperatura superficiale esterna derivante da un calcolo statico con 26°C sul lato interno. Non si tratta quindi del valore della temperatura superficiale interna della struttura (come a volte viene erroneamente inteso), ma di una temperatura superficiale esterna in grado però di dare una buona rappresentazione dell'effetto inerziale della stratigrafia.

Di seguito un esempio di un grafico delle temperature per un giorno di progetto estivo: in questa rappresentazione il valore dello sfasamento è pari a circa 9 ore, mentre l'Attenuazione è pari a 0.21.



13. TEMPO DI ASCIUGATURA

Il tempo di asciugatura è un parametro valutato in accordo con il capitolo 7 della norma UNI EN ISO 13788:2013. Questa analisi non risponde a richieste legislative (non è una verifica obbligatoria per legge), ma serve a stabilire la capacità di asciugatura dei componenti edilizi in caso di grande presenza di umidità, dovuta ad esempio ad errori di posa o a infiltrazioni. La verifica è consigliata nel caso di stratigrafie con più strati ad elevata tenuta al vapore.



Verifica del tempo di asciugatura

La verifica del tempo di asciugatura serve a stabilire la capacità di asciugatura dei componenti edilizi in caso di grande presenza di umidità. La verifica è facoltativa e non obbligatoria (la verifica non è prevista dai requisiti minimi).

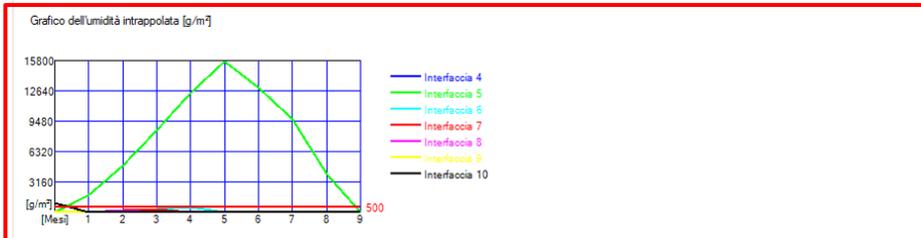
A

Strato considerato bagnato (si ipotizza umidità pari a 1 kg/m²) 4 - Pannelli semigradi in fibra di vetro

Risultato Tempo di asciugatura: 9 mesi

Maggiori informazioni sul tempo di asciugatura secondo UNI EN ISO 13788

B



C

Schema delle interfacce

Analisi mensile

	Interf. 5 g [g/m ²]	Ma [g/m ²]	Giorni []	Interf. 6 g [g/m ²]	Ma [g/m ²]	Giorni []	Interf. 7 g [g/m ²]	Ma [g/m ²]	Giorni []	Interf. 8 g [g/m ²]	Ma [g/m ²]	Giorni []	Interf. 9 g [g/m ²]	Ma [g/m ²]	Giorni []	Interf. 10 g [g/m ²]	Ma [g/m ²]	Giorni []	
Ottobre	1743,8	1743,8		31,7	31,7		32,2	32,2		32,6	32,6								
Novembre	3107,3	4851,1		127,3	159,0		131,5	163,7		135,9	168,5								
Dicembre	3674,7	8525,8		185,3	344,3		193,0	356,7		-5127,3	0,0	30							
Gennaio	3878,4	12404,1		222,1	566,5		-4576,0	0,0	29	0,0	0,0								
Febbraio	3320,8	15724,9		-4480,6	0,0	24	0,0	0,0		0,0	0,0								
Marzo	-2807,1	12917,8		0,0	0,0		0,0	0,0		0,0	0,0								
Aprile	-3227,7	9690,1		0,0	0,0		0,0	0,0		0,0	0,0								
Maggio	-5704,2	3985,9		0,0	0,0		0,0	0,0		0,0	0,0								
Giugno	-6518,7	0,0	12	0,0	0,0		0,0	0,0		0,0	0,0								
Luglio	0,0	0,0		0,0	0,0		0,0	0,0		0,0	0,0								
Agosto	0,0	0,0		0,0	0,0		0,0	0,0		0,0	0,0								

Legenda

- g Flusso specifico di vapore acque [g/m²]
- Ma Massa di condensa accumulata in corrispondenza dell'interfaccia [g/m²]
- Giorni Numero di giorni dell'ultimo mese coinvolto da evaporazione
- Mese con formazione di condensazione
- Mese con evaporazione di condensazione
- Mese in cui la condensa accumulata supera il valore critico di 500 g/m²

(A) Strato considerato 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 di una quantità di umidità intrappolata nella stratigrafia pari a 1 kg/m^2 concentrata al centro dello strato bagnato.

La verifica riguarda l'analisi della capacità di asciugatura dei componenti edilizi nel caso di ingresso di una grande quantità di umidità nella stratigrafia.

Tra quelli presenti si consiglia di scegliere il materiale isolante e/o i materiali interposti tra strati ad alta resistenza al passaggio di vapore, come barriere al vapore, membrane impermeabilizzanti o rivestimento con spessore equivalente d'aria $S_d > 2\text{m}$.

La verifica può essere utile anche come strumento di confronto fra più varianti della stratigrafia.

L'ingresso dell'umidità considerato può essere dovuto a diversi fenomeni come:

- umidità da costruzione,
- pioggia durante le fasi di cantiere,
- perdite da impianti,
- difetti di impermeabilizzazione,
- eventuali problemi di condensazione interstiziale successivamente risolti.

Il risultato mostra il numero di mesi necessari all'asciugatura della stratigrafia – la procedura di norma lascia al progettista la valutazione del rischio di degrado per umidità dei materiali presenti.

I possibili risultati sono:

1. Tempo di asciugatura < 10 anni (con o senza condensazione in altri strati);
2. Tempo di asciugatura > 10 anni.

(B) Grafico dell'umidità intrappolata

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 tabella (C).

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

(C) Analisi mensile

La tabella del calcolo mostra l'andamento dell'umidità intrappolata (pari a 1 kg/m^2) dallo strato selezionato a quelli adiacenti.

Infatti partendo dall'ipotesi dello strato bagnato individuato nella sezione (A), la tabella riassume i risultati del calcolo in termini di:

- Flusso specifico di vapore acqueo $g \text{ [g/(m}^2\text{s)]}$ che attraversa la struttura per differenza di pressione di vapore;
- Massa di condensa accumulata in corrispondenza dell'interfaccia, $M_a \text{ [g/m}^2\text{]}$;
- Numero di giorni dell'ultimo mese coinvolto da evaporazione, Giorni

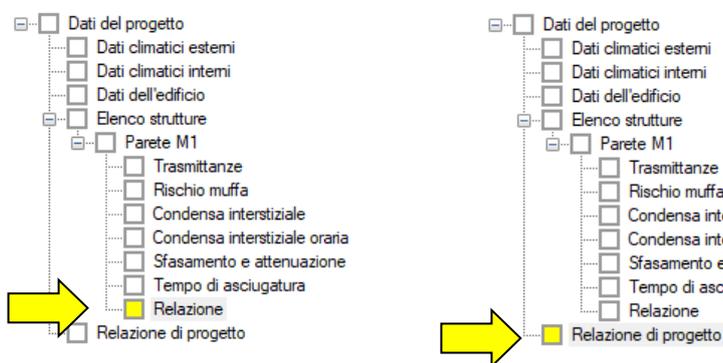
Inoltre la tabella riporta in giallo i mesi coinvolti dalla formazione di condensa, in azzurro i mesi in cui si verifica evaporazione di condensa e in rosso i mesi in cui si superano le condizioni critiche fissate a 500 g/m^2 .

14. RELAZIONI DI CALCOLO

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

Cliccando su "Relazione" nel menu della singola struttura si apre una finestra di dialogo che permette di definire l'elenco delle informazioni da portare in relazione. In questo caso la scelta di *default* "Allegato L10" è pensata per creare rapidamente le schede della stratigrafia da allegare a una relazione tecnica Legge 10.

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



Argomenti da inserire in relazione

Allegato L10 Tutti Vedi relazione Annulla

Dati del progetto

Dati dell'edificio

Elenco dei simboli

Dati climatici esterni

Dati climatici interni

Elenco strutture

Descrizione struttura

Trasmissionze

Rischio muffa

Condensa interstiziale

Condensa interstiziale oraria

Sfasamento e attenuazione

Tempo di asciugatura

Struttura: Parete M1

Descrizione struttura

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	ISO	EPS in lastre riciclate da blocchi, conforme a UNI 7819							
2	INT	Intonaco esterno							
3	INUR	Struttura in blocchi forati 25x30x25cm rif 1.1.14 - spessore 30cm							
4	INT	Intonaco interno							
5	INA	Camera non ventilata							
6	INT	Pavimento Aluminco 0,025 mm							
7	VAN	L'ispessimento di lastra							

s	e	p	λ	g	μ	m _a	R _e	S ₀	W
(m)	(kg/m ³)	(W/mK)	(kg/m ³)	(%)	(%)	(h ² /m ²)	(h ² /m ²)	(h)	(h ² /s)
1	0.100	90	0.040	1482	100	9.2	0.04	10.000	0.918
2	0.020	1800	0.040	1000	10	38.0	0.002	0.300	0.800
3	0.300	890	0.019	1000	10	207.0	0.040	0.100	0.681
4	0.020	1400	0.040	1000	10	38.0	0.002	0.300	0.800
5	0.500	1	0.080	1024	1	0.0	0.698	0.240	0.000
6	0.000	2700	220000	962	100000	0.1	0.000	17.500	34.874
7	0.013	900	0.210	887	8	11.3	0.080	0.100	0.278
								0.130	

Parametri stazionari

Spessore totale (m)	0.490
Massa superficiale (kg/m ²)	268.3
Massa superficiale esclusa intonaci (kg/m ²)	222.3
Resistenza (m ² /W)	4.22
Trasmittanza (W/m ² K)	0.237
Capacità termica totale (kJ/m ² K)	268.8

Parametri dinamici

	Valori invernali	Valori estivi
Trasmittanza periodica (W/m ² K)	0.007	0.008
Fattore di attenuazione	0.021	0.025
Sfasamento	159.26	159.24
Capacità termica periodica interna (kJ/m ² K)	20.07	20.88
Capacità termica periodica esterna (kJ/m ² K)	6.0	6.0
Ammissibilità interna (W/m ² K)	1.484	1.575
Ammissibilità esterna (W/m ² K)	0.411	0.408

Calcoli eseguiti con il software PAN 8.0

Esporta RTF

Esporta PDF

Chiudi

L'immagine qui sopra mostra l'elenco delle opzioni per la creazione della relazione della stratigrafia. A destra invece un esempio di schermata della relazione finale.

Cliccando invece su “Relazione di progetto” si accede a una schermata con l’elenco di tutte le strutture presenti nel file .pan aperto.

Queste strutture possono essere selezionate a piacere per creare una relazione complessiva con la descrizione di più stratigrafie.

Anche in questo caso gli argomenti da portare in relazione sono selezionati da una finestra di dialogo dedicata. E il risultato finale mostra una relazione esportabile in formato editabile (.rtf) o non editabile (.pdf).



Relazione di progetto

Crea relazione



seleziona/deseleziona tutto

	Tipo	Descrizione	Trasmittanza stazionaria [W/m²K]	Trasmittanza periodica [W/m²K]	Inserisci
1	Parete esterna	Parete M1	0.237	0.008	<input checked="" type="checkbox"/>
2	Parete esterna	W387 + Sistema EPS	0.104	0.007	<input checked="" type="checkbox"/>
3	Parete esterna	M1.1.Cs	0.224	0.031	<input type="checkbox"/>
4	Parete esterna	M1.1.Cg	0.224	0.028	<input type="checkbox"/>
5	Parete esterna	Parete perimetrale P1	0.243	0.011	<input checked="" type="checkbox"/>
6	Parete esterna	Parete perimetrale P2	0.243	0.011	<input checked="" type="checkbox"/>

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 poliuretana applicata a spruzzo o per colata, percentuale celle chiuse > 90%	UNI EN 14315-1 e UNI EN 14318-1	1 novembre 2014
Schiuma poliuretana 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 ³	UNI EN 14316-1	1 giugno 2006
Pannello a base di perlite espansa, densità 150 kg/m ³	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					
			λ	μ	c
MATERIALI DA COSTRUZIONE GENERICI	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
MATERIALI ISOLANTI TERMICI PER L'EDILIZIA	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					
			λ	μ	c
MATERIALI DA COSTRUZIONE GENERICI	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
MATERIALI ISOLANTI TERMICI PER L'EDILIZIA	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

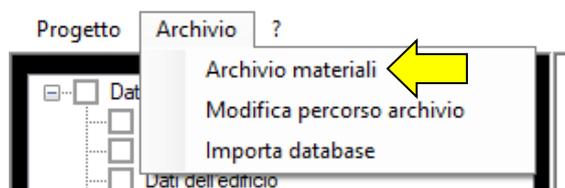
Tabella A.3 Schema per la determinazione dei valori di riferimento per materiali di nuova installazione generici e isolanti in accordo con UNI 10351:2015.

APPENDICE B. Conduttività di progetto

La norma UNI EN ISO 10456 definisce le modalità per valutare la conduttività termica di progetto a partire dalla conduttività termica dichiarata λ_D .

Si tratta di una procedura particolarmente importante per i materiali isolanti, nel caso di condizioni di esercizio particolarmente gravose sotto il profilo della temperatura e dell'umidità.

Con PAN è possibile valutare la conduttività di progetto di un materiale isolante selezionando "Archivio materiali" dalla barra del menu "Archivio".



Dalla finestra dell'archivio si accede alla scheda della conduttività di progetto cliccando sul bottone giallo "Calcola lambda di progetto".

Per poter valutare la conduttività di progetto in accordo con la norma UNI EN ISO 10456 è necessario seguire i seguenti passaggi:

- 1- Selezionare la tipologia del materiale: la tendina mostra l'elenco dei materiali isolanti per i quali la norma UNI EN ISO 10456 dà informazioni sul passaggio dalla conduttività di dichiarata a quella di progetto.
- 2- Inserire il valore della conduttività termica dichiarata λ_D , questo dato è ricavato dalle informazioni del produttore del materiale isolante valutate considerando condizioni di laboratorio standard tra due ambienti a 0 e 20°C e un'umidità media pari al 50%.
- 3- Inserire le condizioni di progetto per il calcolo: la temperatura e l'umidità d'esercizio del materiale. Si tratta delle condizioni di esercizio per le quali si vuole ottenere la conduttività di progetto (ad esempio per verificare la conduttività nel caso il materiale sia esposto a particolari condizioni di stress termico o igrometrico).
- 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.

Per eseguire questo calcolo non è necessario modificare i valori mostrati nella parte centrale della finestra (coefficiente di conversione per temperatura, contenuto d'acqua, umidità di riferimento, ecc.). Questi dati sono infatti suggeriti dalla norma UNI EN ISO 10456.

Nella parte bassa della finestra sono presenti 3 grafici che mostrano la relazione tra temperatura, conduttività e umidità relativa per il materiale in esame e che portano all'identificazione della conduttività di progetto.

Lambda di progetto 1 2 3 4

Tipo di materiale
 λ dichiarato W/mK

Dati per il calcolo

Temperatura di progetto °C

Umidità relativa di progetto %

λ di progetto W/mK

Temperatura

Coefficiente di conversione per temperatura 1/K

Umidità

Contenuto d'acqua al 50% UR m³/m³ Contenuto d'acqua di riferimento per il calcolo del contenuto d'acqua m³/m³ Contenuto d'acqua massimo m³/m³

Contenuto d'acqua all' 80% UR m³/m³ Umidità relativa di riferimento per il calcolo del contenuto d'acqua % Coefficiente di conversione per umidità

Temperatura - Conduttività

Umidità relativa - Contenuto d'acqua

Umidità relativa - Conduttività

APPENDICE C. Materiale a μ variabile

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

Per poter descrivere il comportamento del materiale è necessario conoscere i valori di spessore equivalente d’aria S_d [m] associati alle diverse condizioni di umidità relativa [%].

Cliccando su “Vedi/modifica” si accede alla seguente finestra di inserimento dei dati:

Umidità relativa [%]	Spessore equivalente d'aria [m]
25	20
37	11
50	11
65	2.7
80	0.32
90	0.16

Una volta salvato, il materiale può essere richiamato in una stratigrafia selezionando la fonte “Materiali utente”.

Per i calcoli igrotermici il valore dello spessore equivalente d’aria attribuito varierà in base all’umidità relativa presente nello strato.

APPENDICE D. Isolanti riflettenti

Un isolante riflettente ha l'effetto di ridurre la componente radiativa del flusso termico attraverso una stratigrafia. Per valutare tale effetto in accordo con la norma UNI EN ISO 6946 è necessario:

- creare un'intercapedine d'aria;
- correggere l'emissività dell'intercapedine;
- aggiungere una membrana con la stessa caratteristica di resistenza al passaggio di vapore del materiale riflettente considerato.

È necessario creare un'intercapedine perché l'effetto di riduzione del flusso radiativo generato dal materiale riflettente è apprezzabile solo se nella stratigrafia si interrompe lo scambio conduttivo tra i vari materiali.

Il valore di emissività ϵ delle superfici dell'intercapedine mostrato di *default* dal software è pari a 0.9 sia per la faccia interna che esterna. In presenza di un materiale riflettente il dato va modificato per il lato su cui è posizionato il materiale.

L'aggiunta di una membrana è necessaria per considerare l'effetto del materiale riflettente (di solito composto da fogli di alluminio impermeabili) rispetto a valutazioni igrotermiche sul rischio di formazione di condensazione interstiziale.

Nell'esempio sotto riportato è stata inserita un'intercapedine non ventilata, con un rivestimento riflettente sul lato interno ($\epsilon = 0.15$). La resistenza dell'intercapedine passa così da 0.183 m²K/W (valore standard per le condizioni di norma) a 0.498 m²K/W (riquadro A).

In corrispondenza della superficie interna dell'intercapedine è stata inserita anche una membrana con alta resistenza al passaggio di vapore ($\mu = 700000$, riquadro B) per simulare la presenza del materiale riflettente, in questo caso una membrana con fogli di alluminio.

L'incremento delle prestazioni estive dato dal materiale riflettente è analizzabile dai parametri calcolati in accordo con UNI EN ISO 13786 mostrati sulla colonna "Valori estivi" (riquadro C).

Modifica stratigrafia

Spessore: m

Inserisci

Sostituisce

Duplica

Elimina

5

	Tipo	Descrizione	Spessore s [m]	Densità ρ [kg/m ³]	Conduttività λ [W/mK]	Calore specifico c _p [J/kgK]	Fattore resistenza vapore μ	Massa superficiale m _s [kg/m ²]	Resistenza invernale R _i [m ² K/W]	Resistenza estiva R _e [m ² K/W]	Spessore equivalente ana Sd [m]	Diffusività α [m ² /Ms]
		Superficie esterna							0,040	0,074		
1	ISO	EPS in lastre ricavate da blocchi, conforme a UNI 7819	0,100	30	0,040	1452	100	3,0	2,500	2,500	10,000	0,918
2	INT	Intonaco esterno	0,020	1800	0,900	1000	10	36,0	0,022	0,022	0,200	0,500
3	MUR	Struttura in blocchi forati 25x30x25cm rif 1.1.14 - sp parete 30cm	0,300	693	0,319	1000	10	207,9	0,940	0,940	3,000	0,461
4	INT	Intonaco interno	0,020	1400	0,700	1000	10	28,0	0,029	0,029	0,200	0,500
5	INA	Camera non ventilata	0,040	1	0,080	1004	700000	0,0	0,498	0,464	0,040	0,000
6	IMP	Foglio di Alluminio 0.025 mm.	0,000	2700	220,000	962	700000	0,1	0,000	0,000	17,500	84,672
7	VAR	Cartongesso in lastre	0,013	900	0,210	837	8	11,3	0,060	0,060	0,100	0,279
		Superficie interna							0,130	0,125		

Tipo di elemento

Parete:

Ambiente interno: Ambiente esterno:

Resistenza superficiale interna: m²K/W Resistenza superficiale esterna: m²K/W

Intercapedine d'aria

Emissività della superficie esterna: Emissività della superficie interna:

	Risultati
Spessore s [m]	0,493
Massa superficiale m _s [kg/m ²]	286,3
Massa superficiale esclusi intonaci [kg/m ²]	222,3
Resistenza R [m ² K/W]	4,22
Trasmittanza U [W/m ² K]	0,237
Capacità termica totale κ [kJ/m ² K]	285,8

	Valori invernali	Valori estivi
Trasmittanza U [W/m ² K]	0,237	0,237
Trasmittanza periodica Y _e [W/m ² K]	0,007	0,008
Fattore di attenuazione f _s	0,031	0,032
Sfasamento φ	15h 26'	15h 24'
Capacità termica periodica interna κ _i [kJ/m ² K]	20,01	20,85
Capacità termica periodica esterna κ _e [kJ/m ² K]	5,69	5,62
Ammettenza interna Y _i [W/m ² K]	1,454	1,515
Ammettenza esterna Y _e [W/m ² K]	0,411	0,406

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:

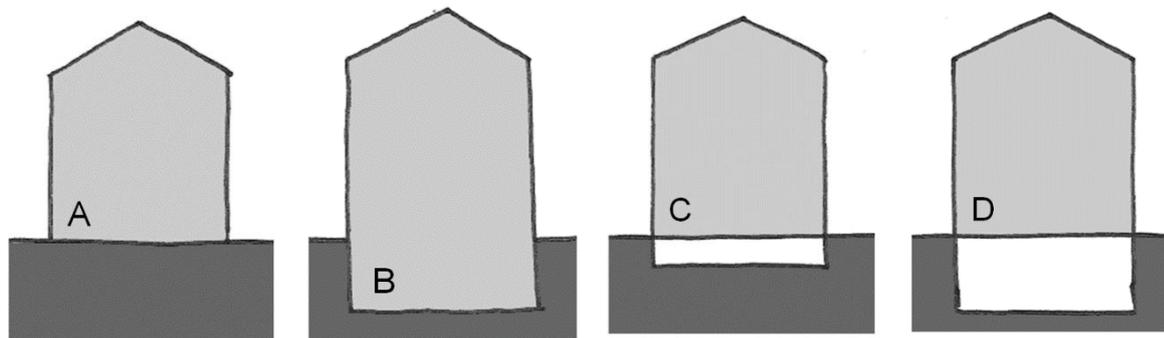


Figura E.1 Schematizzazione delle modalità di scambio tra l'edificio e l'ambiente terreno in accordo con UNI EN ISO 13370: A) Pavimento controterra, B) Piano interrato riscaldato, C) Pavimento su intercapedine e D) Pavimento su piano interrato non riscaldato.

Per ognuno dei quattro casi, la norma prevede un metodo di calcolo. Per il caso D (che semplificato è riconducibile ad altri 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 [m^2];
- U trasmittanza termica tra ambiente interno ed esterno [W/ m^2K];
- U_f trasmittanza termica del solaio di separazione tra ambiente riscaldato e ambiente interrato non riscaldato [W/ m^2K];
- U_{bf} trasmittanza termica del pavimento del piano interrato [W/ m^2K];
- U_{bw} trasmittanza termica delle pareti del piano interrato sotto il livello del terreno [W/ m^2K];
- U_w trasmittanza termica delle pareti del piano interrato sopra il livello del terreno [W/ m^2K];
- z profondità del pavimento del piano interrato rispetto alla quota del terreno [m^2];
- P perimetro esposto del pavimento [m];
- h altezza della superficie del solaio di separazione tra ambiente riscaldato e ambiente interrato non riscaldato sopra la quota del terreno [m];
- n portata d'aria di ventilazione nel piano interrato (ricambi d'aria all'ora) [vol/h];
- V volume d'aria del piano interrato [m^3];
- λ conduttività termica del terreno non gelato [W/mK];
- B' dimensione caratteristica del pavimento [m];
- d_t spessore equivalente pavimento [m];
- d_w spessore equivalente muri interrati [m];
- w spessore delle pareti dell'edificio a livello del terreno;
- R_{si} resistenza superficiale interna [m^2K/W];
- R_f resistenza termica della soletta del pavimento controterra [m^2K/W];
- R_{se} resistenza superficiale esterna [m^2K/W];
- R_w resistenza termica della muratura controterra [m^2K/W].

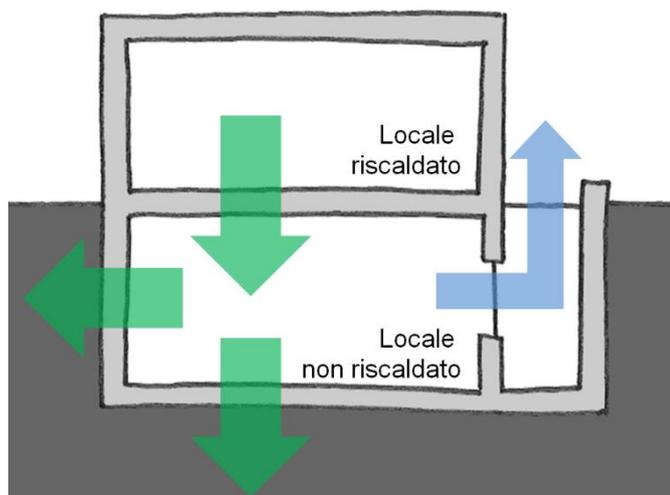


Figura E.2 Schema dei flussi termici tra locale riscaldato e piano interrato. La presenza di un ambiente intermedio seppur non riscaldato “mitiga” le dispersioni attraverso il terreno.