



Il convegno inizierà alle **ore 15.00**

ANALISI DEL RISCHIO DI CONDENSAZIONE

Valutazioni igrotermiche per pareti e coperture



ASSOCIAZIONE NAZIONALE
PER L'ISOLAMENTO TERMICO E ACUSTICO



A

ASSOCIAZIONE
NAZIONALE
PER L'ISOLAMENTO
TERMICO E ACUSTICO



soci individuali

2700



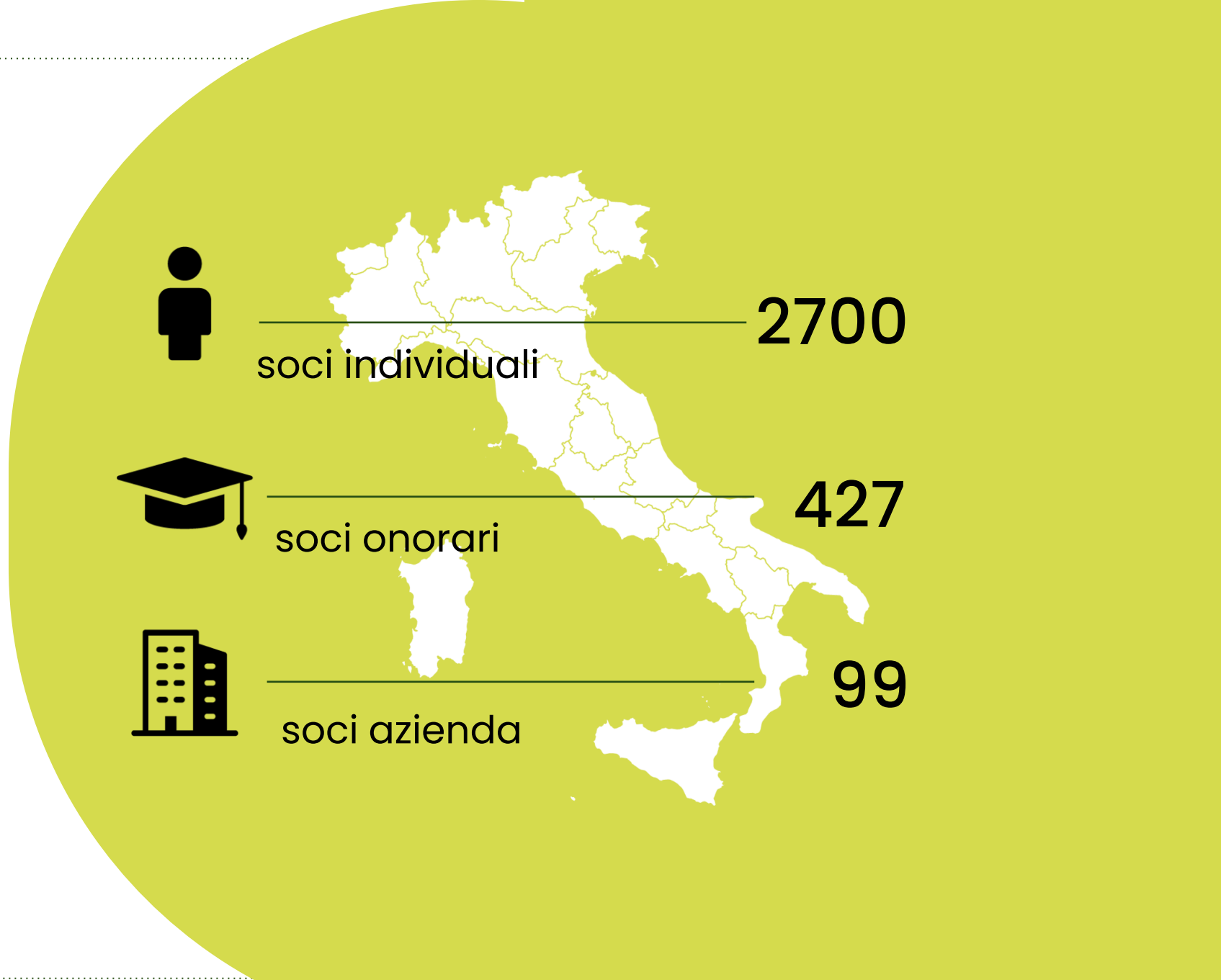
soci onorari

427



soci azienda

99



Servizi per i soci



soci individuali



1. Guide tecniche
2. Software
3. Chiarimenti dedicati



Abbonamento di 12 mesi: **150€+IVA**

Collaborazione e patrocinii



ORDINE DEGLI ARCHITETTI
PIANIFICATORI
PAESAGGISTI E CONSERVATORI
della Provincia di Bergamo



Collegio Provinciale
Geometri e Geometri Laureati
di Cremona



Collegio Provinciale
Geometri e Geometri Laureati
di Como



Collegio
Geometri e Geometri Laureati
della Provincia di Mantova

Crediti formativi

INGEGNERI: 2 CFP accreditato dal CNI
(Codice 25p65095)

GEOMETRI: 2 CFP accreditato dal Collegio di
Cremona

ARCHITETTI: 2 CFP accreditato dall'Ordine di
Bergamo

*I CFP sono riconosciuti solo per la presenza
all'intero evento formativo.*

stiferite®
l'isolante termico 

Programma

14..50 Attivazione collegamento

15.00 **Introduzione normativa**

Ing. Giorgio Galbusera – ANIT

- Condensazione interstiziale e obblighi di legge
- Controllo igrotermico o traspirabilità
- Condensa superficiale, interstiziale o muffa?
- Analisi igrotermica: il metodo di Glaser e il metodo dinamico

16.00 **Esempi con pannelli in poliuretano**

Dott. Fabio Raggiotto – Stiferite

- Le prestazioni igrotermiche dei materiali
- Esempi di stratigrafie e analisi del rischio di condensazione
- Casi di applicazione e soluzioni tecnologiche

17.00 Risposte a domande online

17.15 Chiusura lavori

Verifiche igrotermiche – manuale gratuito



<https://www.anit.it/pubblicazione/manuale-anit-analisi-del-rischio-di-condensazione/>



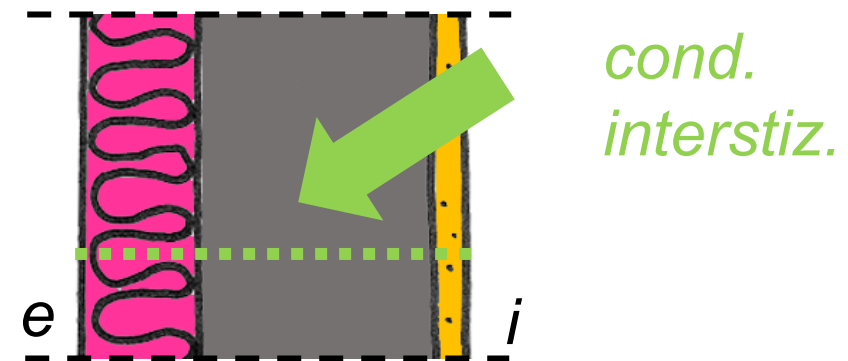
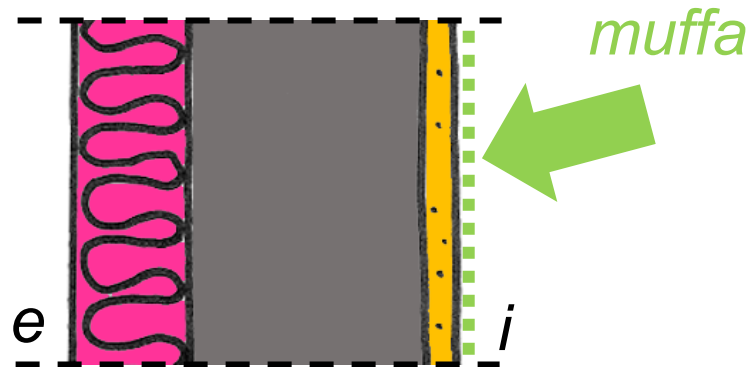
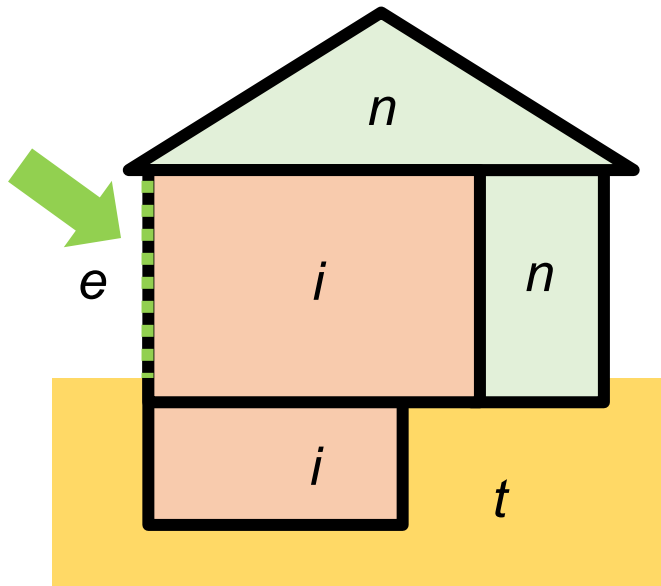
1.

Verifiche igrotermiche e obblighi di legge

Verifiche igrotermiche (Requisiti minimi)

Nel caso di intervento che riguardi le strutture opache delimitanti il volume climatizzato verso l'esterno, si procede in conformità alla normativa tecnica vigente (UNI EN ISO 13788), alla verifica:

- dell'assenza di rischio di formazione di muffe, con particolare attenzione ai ponti termici negli edifici di nuova costruzione;
- dell'assenza di condensazioni interstiziali



Verifiche igrotermiche (Requisiti minimi)

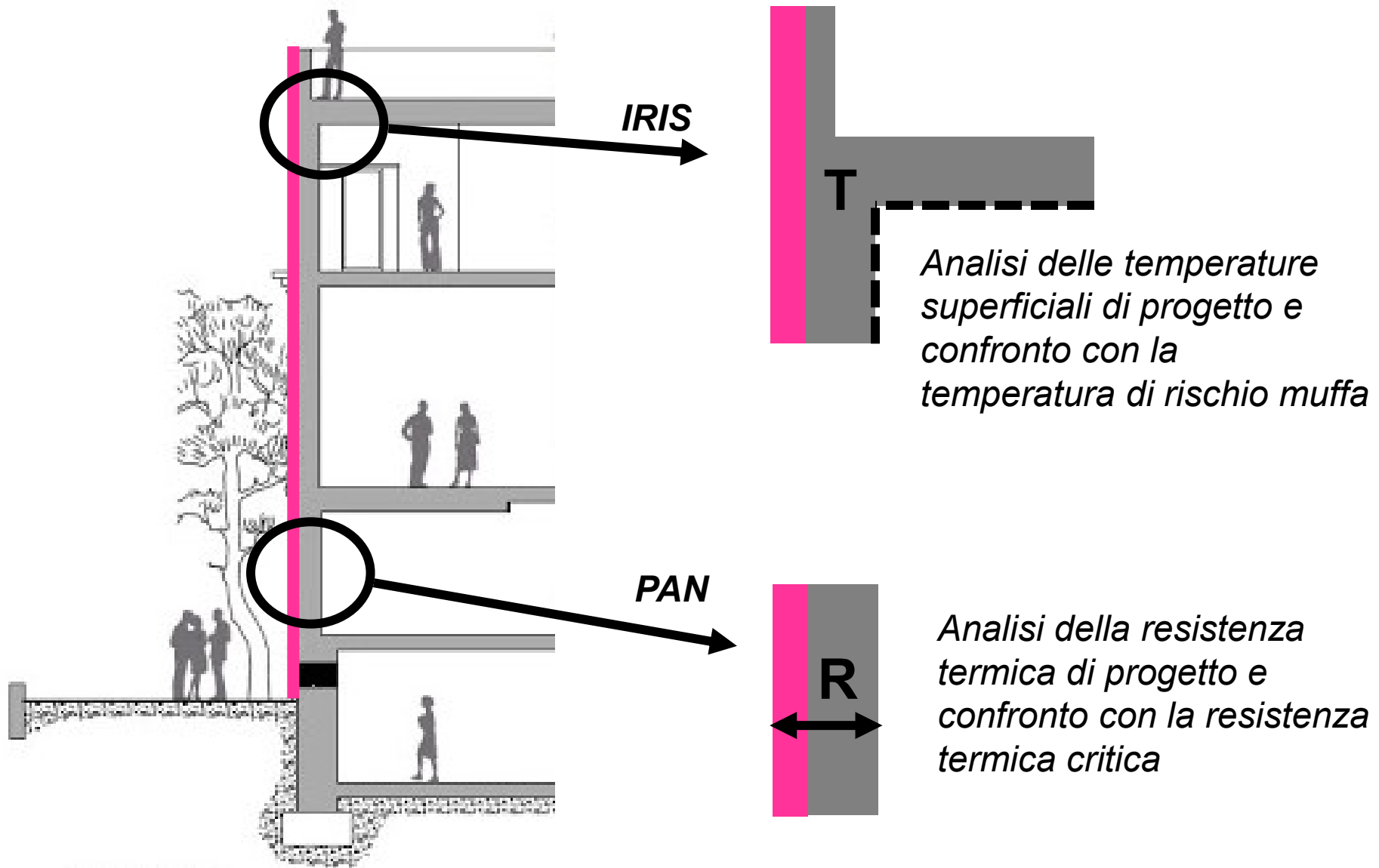
Nel caso di intervento che riguardi le strutture opache delimitanti il volume climatizzato verso l'esterno, si procede in conformità alla normativa tecnica vigente (UNI EN ISO 13788), alla verifica:

- dell'assenza di rischio di formazione di muffe, con particolare attenzione ai ponti termici negli edifici di nuova costruzione;
- dell'assenza di condensazioni interstiziali

FAQ 3.11/2018

*Si intende il rispetto
della quantità massima
ammissibile e nessun
residuo alla fine di un
ciclo annuale*

Il rischio di formazione di muffa



Il rischio di formazione di muffa



Spigoli e pilastri



Cassonetti



Pareti non isolate

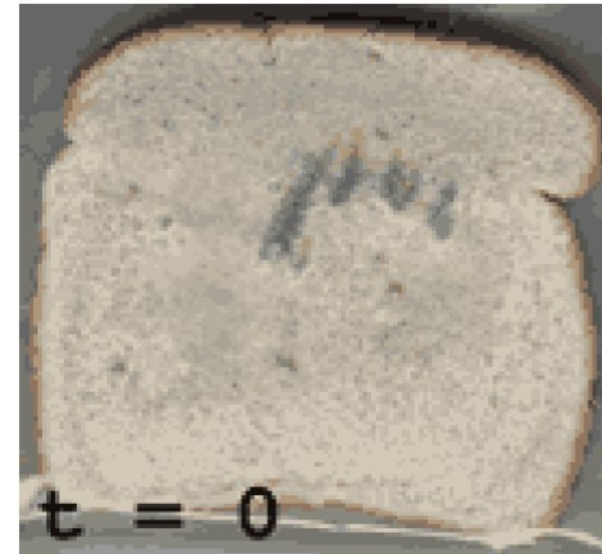
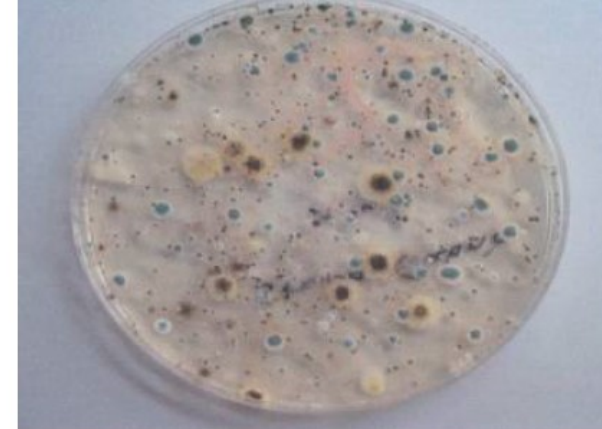
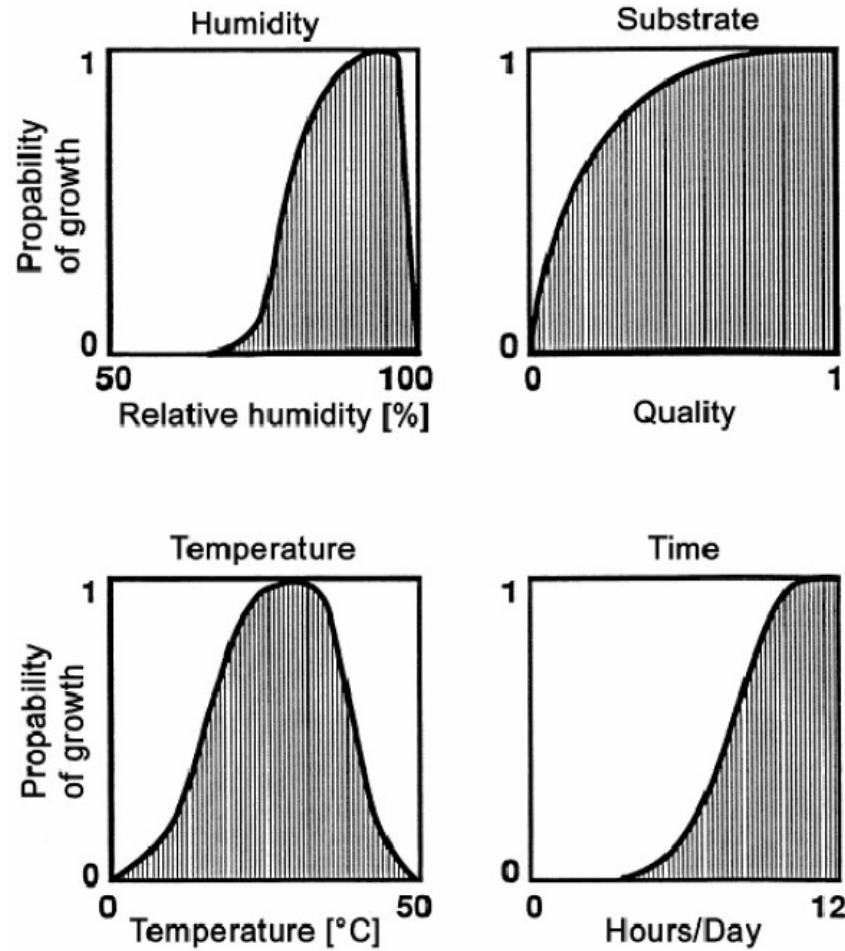


Serramenti

Fonte: TEP srl

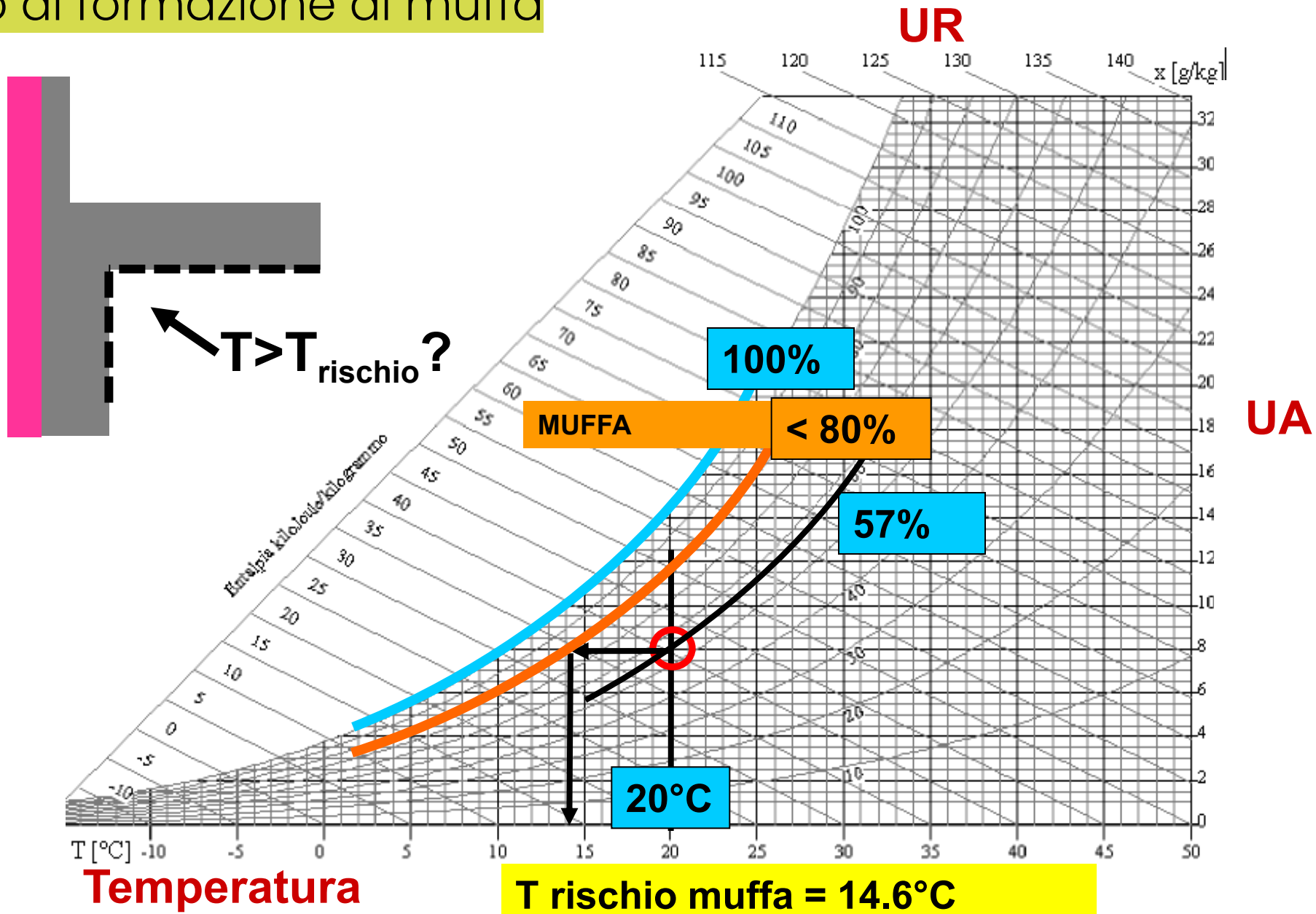
Il rischio di formazione di muffa

Le probabilità di crescita

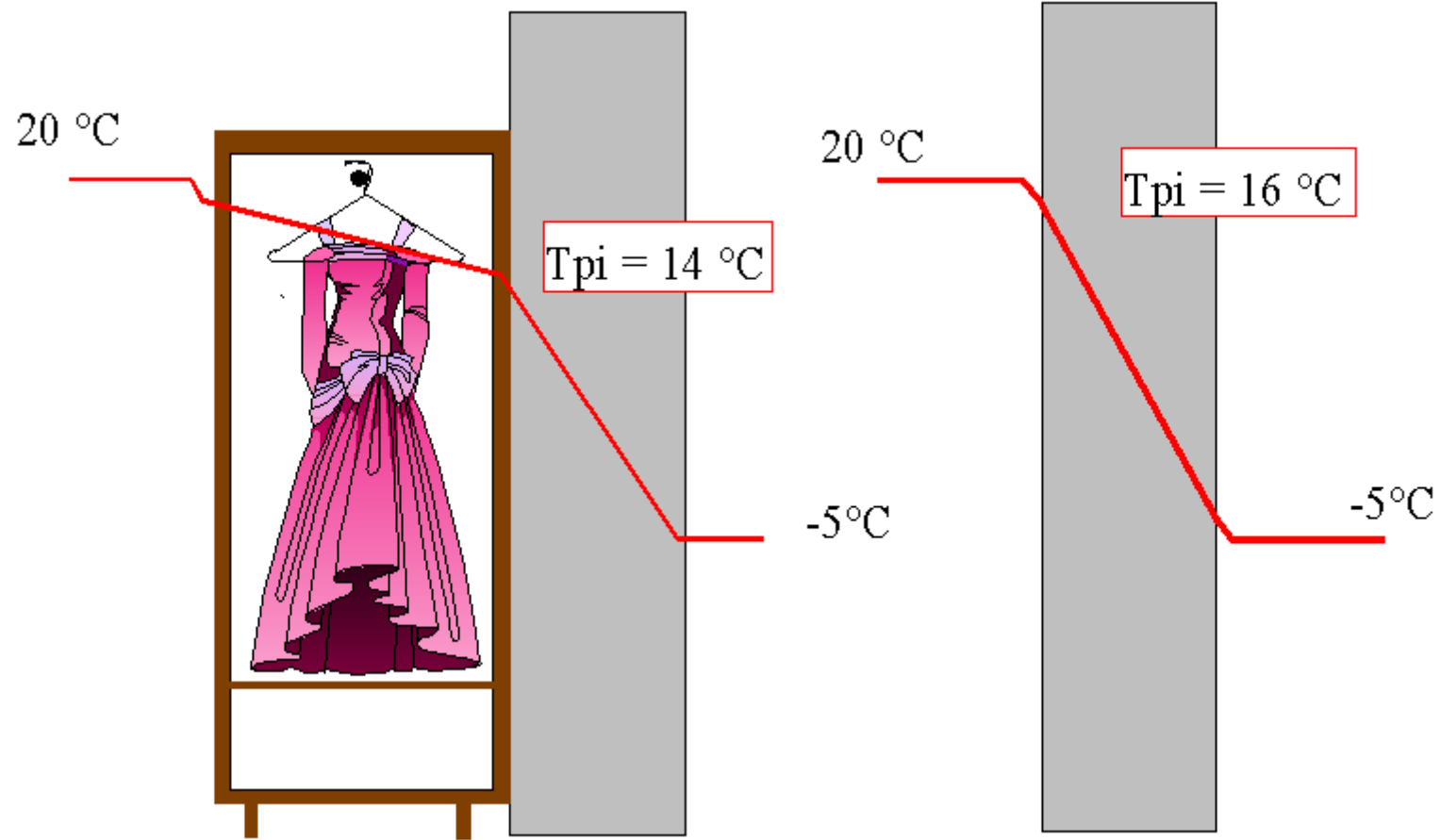


Fonte: Fraunhofer IBP

Il rischio di formazione di muffa



Il rischio di formazione di muffa



Il rischio di condensazione interstiziale

Analisi del rischio secondo il modello di Glaser (UNI EN ISO 13788)

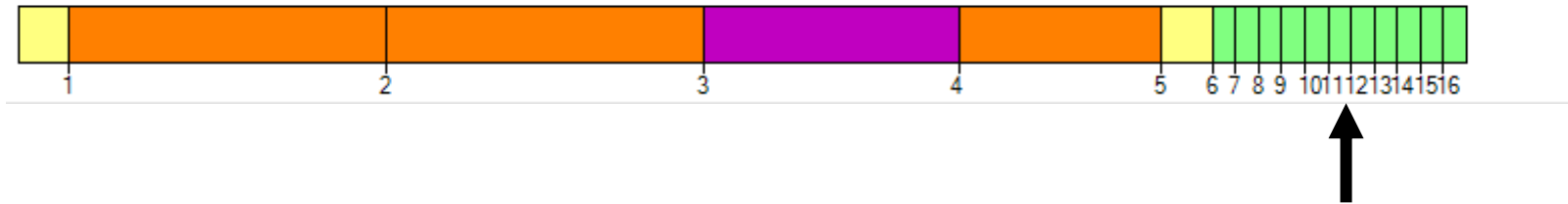
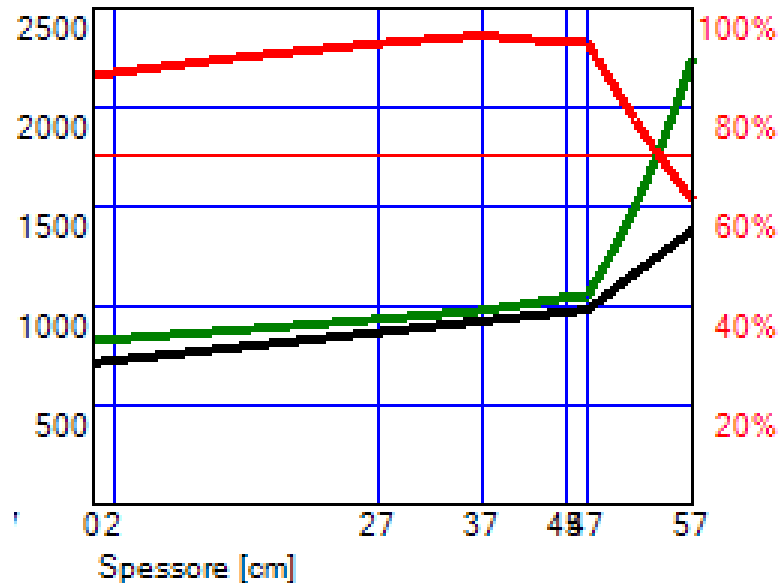


Diagramma di Glaser

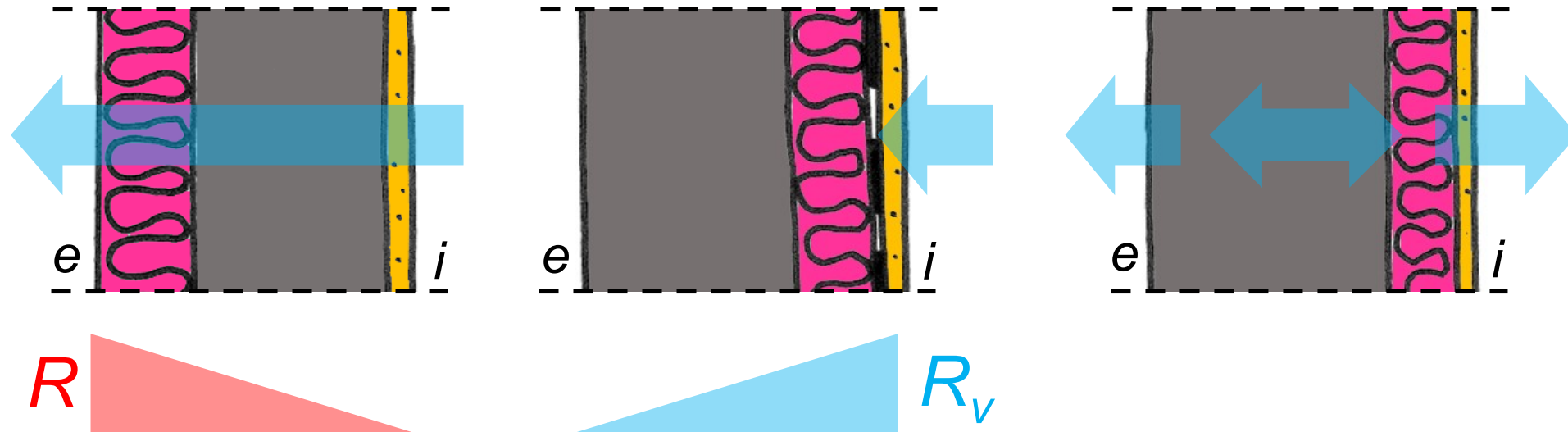


Strati di controllo ad intervalli di resistenza termica non superiori a $0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$

Controllo della non sovrapposizione tra la pressione di saturazione (in verde) e la pressione nell'interfaccia (in nero)

Il rischio di condensazione interstiziale

Analisi del rischio secondo il modello di Glaser (UNI EN ISO 13788)



Resistenza termica
sul lato esterno

Resistenza al vapore
sul lato interno

Valutazione di casi particolari

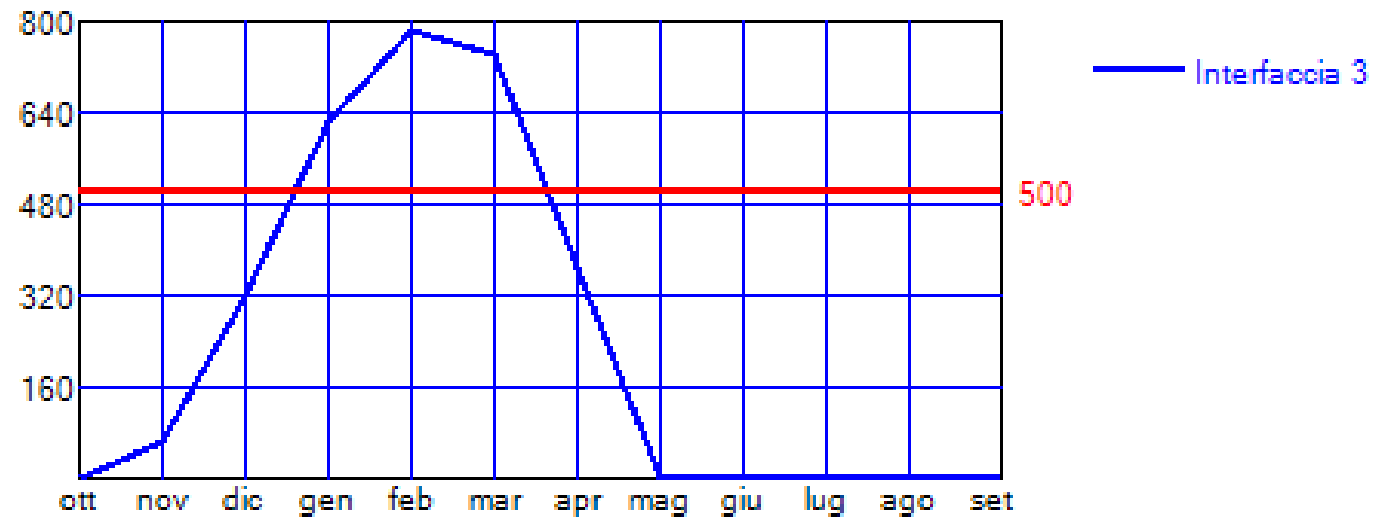
Il rischio di condensazione interstiziale

Condensa accumulata (UNI EN ISO 13788)

Limiti secondo norma:

- Mai superiore a 500g/m^2
- Rievopara entro 12 mesi

CONDENSA ACCUMULATA [g/m^2]

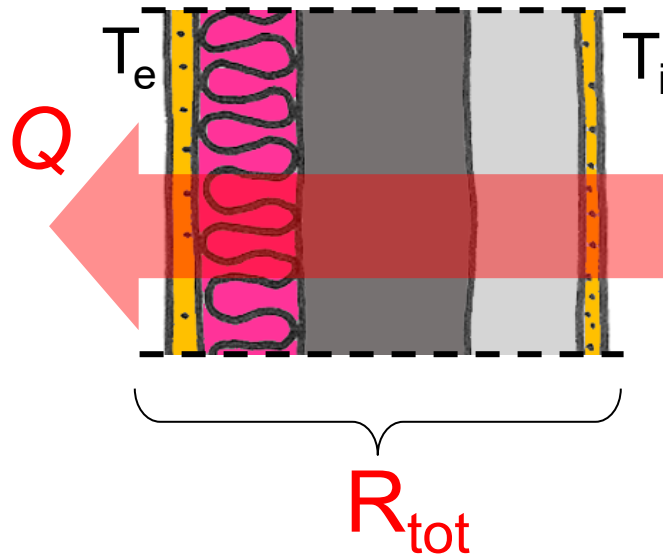




2.

Traspirabilità

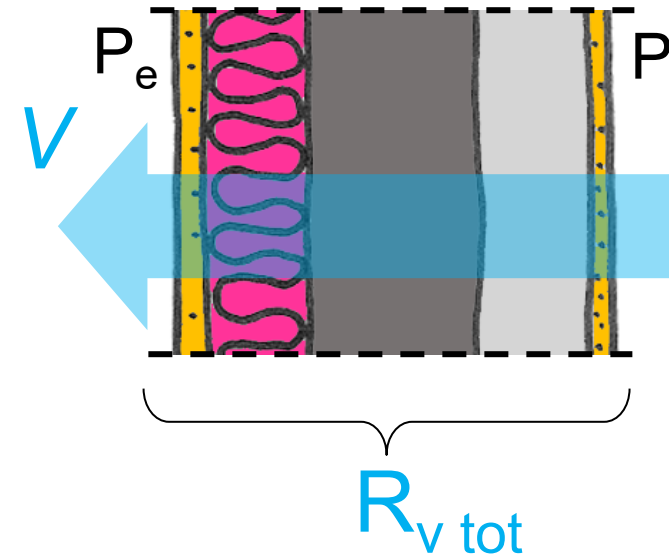
Migrazione del calore e del vapore in regime stazionario



$$Q = (1/R_{tot}) \cdot A \cdot \Delta T \cdot t$$

$$R_{\text{materiale omogenei}} = s/\lambda$$

↓
conduttività



$$V = (1/R_{v \text{ tot}}) \cdot A \cdot \Delta p \cdot t$$

$$R_{v \text{ materiale}} = s/\delta$$

↓
permeabilità

Caratteristiche dei materiali

Permeabilità al vapore (δ) delta

Attitudine di un materiale a trasmettere per diffusione il vapor d'acqua presente nell'aria.
Si misura in kg/msPa

Fattore di resistenza al vapore (μ) mu

Parametro adimensionale definito dal rapporto tra la permeabilità dell'aria e quella del materiale

$$\mu = \delta_{\text{aria}} / \delta_{\text{materiale}} \quad (\delta_{\text{aria}} = 187.52 \cdot 10^{-12} \text{ kg/msPa})$$

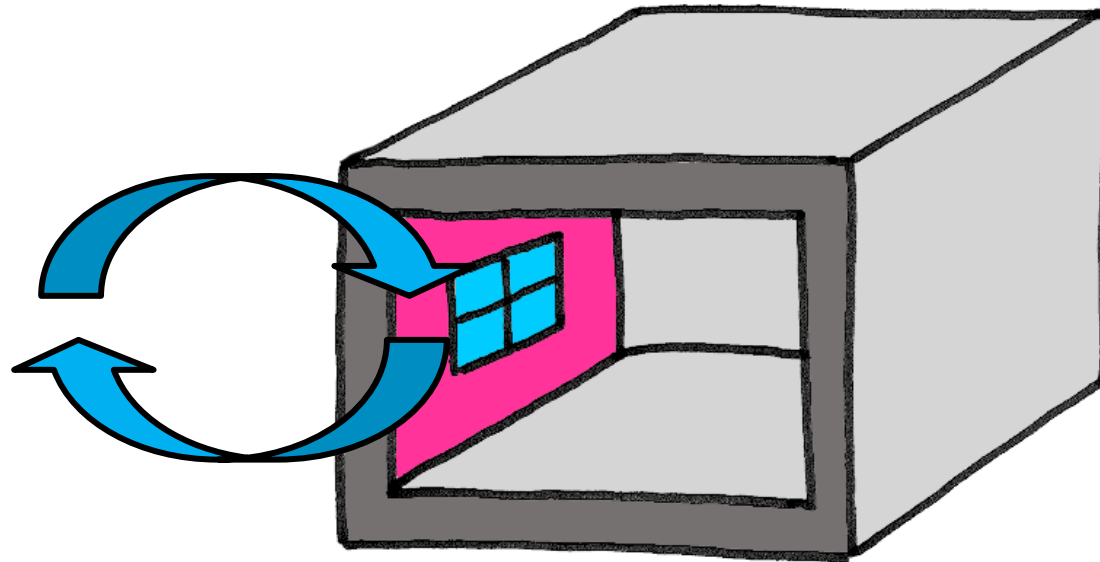
Spessore equivalente d'aria (S_D)

Spessore di uno strato d'aria in quiete avente la stessa resistenza al vapore dello strato di materiale.

$$S_D = \mu \cdot \text{spessore (in metri) del materiale}$$

L'umidità esce dai muri o dalle finestre?

Supponiamo di voler valutare il flusso di vapore che può essere smaltito all'interno di una stanza sia attraverso le pareti che attraverso l'apertura di una finestra.



L'umidità esce dai muri o dalle finestre?

Da una parete
con alta
traspirabilità



Flusso = 4,5 g/h

Il vapore passante attraverso la parete perimetrale si valuta a partire dalla resistenza al passaggio di vapore R_v di ogni strato (R_v è pari al rapporto s/δ). Immaginando una stratigrafia caratterizzata da una buona traspirabilità (vd. sotto) si ottiene un valore di R_v pari a $= 0.014767 \cdot 10^{12} \text{ Pa m}^2\text{s/kg}$.

	s [m]	δ [kg/msPa]	R_v [Pa m ² s/kg]
Intonaco	0.015	$5.00 \cdot 10^{-12}$	$0.003000 \cdot 10^{12}$
Forato 12cm	0.12	$18.75 \cdot 10^{-12}$	$0.006400 \cdot 10^{12}$
Lana di vetro	0.04	$150.00 \cdot 10^{-12}$	$0.000267 \cdot 10^{12}$
Forato da 8cm	0.08	$18.75 \cdot 10^{-12}$	$0.004267 \cdot 10^{12}$
Intonaco	0.015	$18.00 \cdot 10^{-12}$	$0.000833 \cdot 10^{12}$
totale =			$0.014767 \cdot 10^{12}$

Ipotizzando una stanza di medie dimensioni e le condizioni climatiche di una tipica giornata invernale si ha:

- superficie disperdente verso l'esterno = 23.4 m^2
- ambiente interno: $T=20^\circ\text{C}$; UR= 62%; $P_{vi}=1450 \text{ Pa}$
- ambiente esterno: $T=4.2^\circ\text{C}$; UR= 80%; $P_{ve}=660 \text{ Pa}$

A questo punto possiamo calcolare il flusso di vapore attraverso la parete come segue:

$$\Delta P / R_v \text{ totale} = (1450-660) / 0.014767 \cdot 10^{12} = 5.35 \cdot 10^{-8} \text{ kg/s m}^2$$

Il flusso di vapore attraverso la facciata si trova moltiplicando questo risultato per l'area in gioco:

$$V = 5.35 \cdot 10^{-8} \cdot 23.4 = 125 \cdot 10^{-8} \text{ kg/s}$$

Infine il flusso di vapore orario smaltito dalla parete si ottiene moltiplicando il risultato per 3600:

$$g'_{\text{orario}} = 125 \cdot 10^{-8} \cdot 3600 = 0.0045 \text{ kg/h} \quad \text{ovvero} \quad \mathbf{4.5 \text{ g/h}}$$

L'umidità esce dai muri o dalle finestre?

Da una finestra
ricambi d'aria
standard



Flusso = 182 g/h

Verifichiamo ora le possibilità di smaltimento del vapore attraverso l'apertura della finestra ipotizzando un ricambio d'aria pari a 0.5 vol/ora e un ambiente con un volume di 56 m³.

Da questi dati si ottiene un ricambio d'aria pari a: $\text{volume} \cdot 0.5 \text{ ric/h} = 28 \text{ m}^3/\text{h}$

Ricordando che la densità dell'aria è pari a 1.3 kg/m³, la massa d'aria di ricambio vale:

$$1.3 \text{ kg/m}^3 \cdot 28 \text{ m}^3/\text{h} = 36.4 \text{ kg/h}$$

Dal diagramma psicrometrico si ricava che:

- il contenuto di umidità dell'aria interna che esce con l'apertura della finestra = 9 g/kg
- il contenuto di umidità dell'aria esterna che entra con l'apertura della finestra = 4 g/kg

Da cui ne consegue che:

- con l'aria in entrata si immettono: $4 \text{ g/kg} \cdot 36.4 \text{ kg/h} = 146 \text{ g/h}$ di vapore
- con l'aria in uscita si eliminano: $9 \text{ g/kg} \cdot 36.4 \text{ kg/h} = 328 \text{ g/h}$ di vapore

Con un risultato complessivo di umidità smaltita pari a: $(328 - 146) \text{ g/h} = \mathbf{182 \text{ g/h}}$

Quindi la scelta progettuale di aumentare o diminuire la traspirabilità delle strutture opache non ha effetto sulla qualità dell'aria interna, influenzata invece dalla strategia di ventilazione adottata



3.

Analisi igrotermica in regime dinamico orario

Verifiche igrotermiche (Requisiti minimi)

Nel caso di intervento che riguardi le strutture opache delimitanti il volume climatizzato verso l'esterno, si procede in conformità alla normativa tecnica vigente (UNI EN ISO 13788), alla verifica:

- dell'assenza di rischio di formazione di muffe, con particolare attenzione ai ponti termici negli edifici di nuova costruzione;
- dell'assenza di condensazioni interstiziali

FAQ 2.24/2016

*Ammessa anche l'analisi
igrotermica dinamica secondo
UNI EN 15026).*

UNI EN ISO 13788:2013

SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente norma internazionale fornisce metodi di calcolo semplificati per determinare:

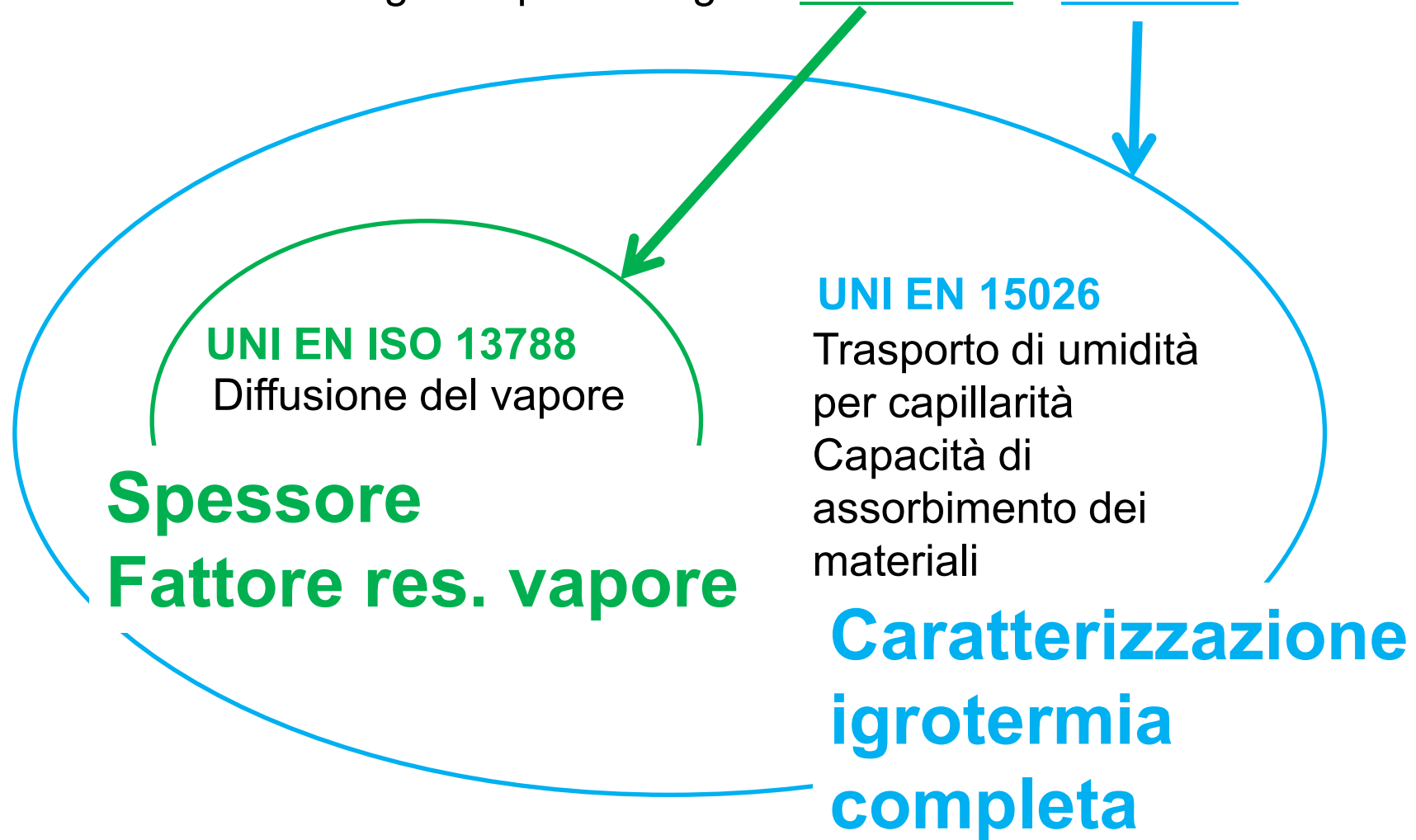
- a) la temperatura superficiale interna di componenti o elementi edilizi al di sotto della quale è probabile la crescita di muffe, in funzione della temperatura e dell'umidità relativa interne. Il metodo può essere anche utilizzato per la valutazione del rischio di altri problemi di condensazione superficiale interna;
- b) la valutazione del rischio di condensazione interstiziale dovuta alla diffusione del vapore acqueo. Il metodo usato **non tiene conto** di alcuni importanti fenomeni fisici, quali:
 - la variazione delle proprietà dei materiali in funzione del contenuto di umidità;
 - la risalita capillare e il trasporto di acqua liquida all'interno dei materiali;
 - il moto dell'aria attraverso fessure o intercapedini dall'interno dell'edificio nel componente;
 - la capacità igroscopica dei materiali.

Di conseguenza il metodo può essere applicato solo a strutture nelle quali questi fenomeni possono essere considerati trascurabili.

Norme di calcolo

UNI EN 15026:2023

Analisi dei fenomeni igroscopici: in regime stazionario e dinamico



Norme di calcolo

Software di analisi igrotermica

ANIT/TEP

PAN

analisi 1D stazionaria
media mensile e oraria

IRIS

analisi 2D agli elementi finiti
stazionaria mensile

Novità 2026
CLIO

analisi 1D dinamica oraria

Fraunhofer IBP

WUFI Pro

analisi 1D dinamica oraria

WUFI 2D

analisi 2D dinamica oraria

WUFI Plus

analisi dinamica oraria di un
intero edificio

Univ. Dresda

DELPHIN

analisi 2D dinamica oraria

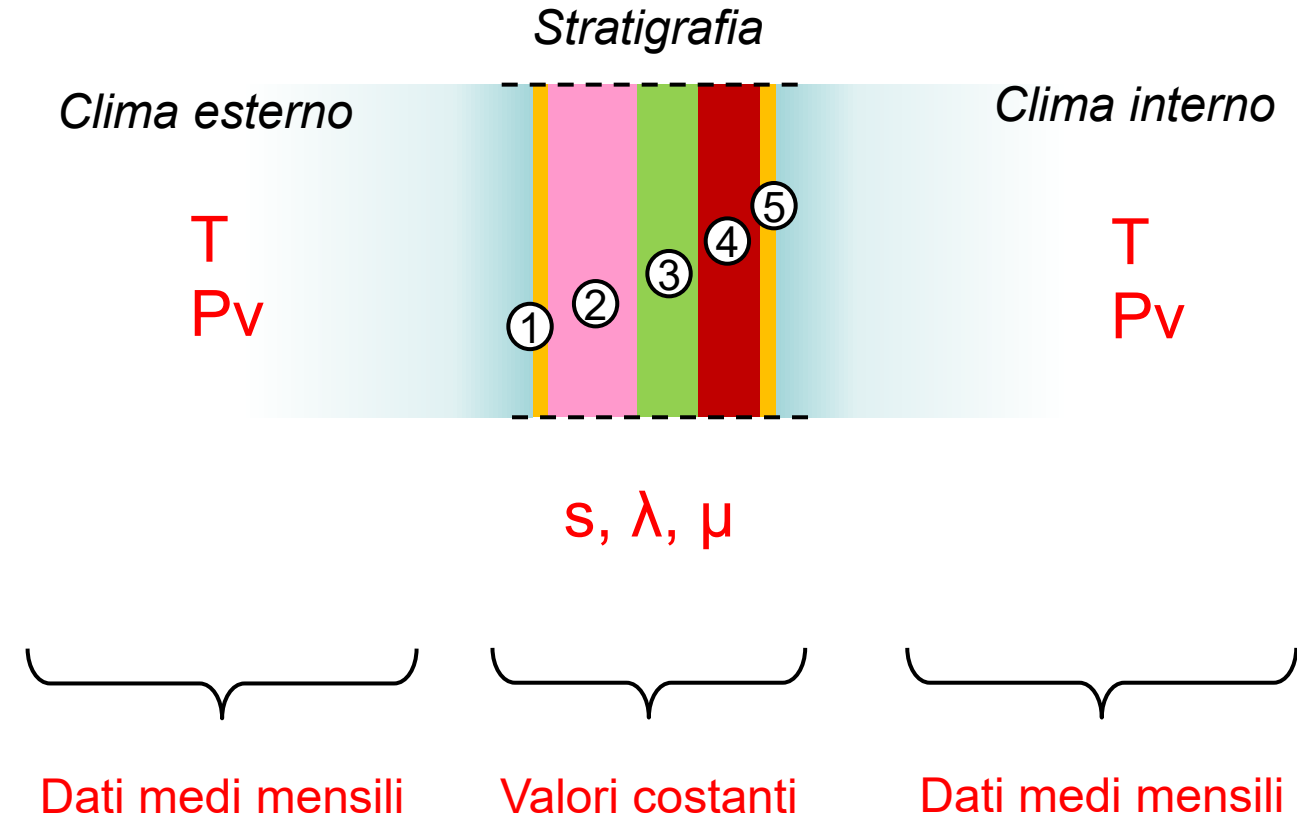
Agenzia Casaclima

ProClimax Hygrothermal

analisi 1D

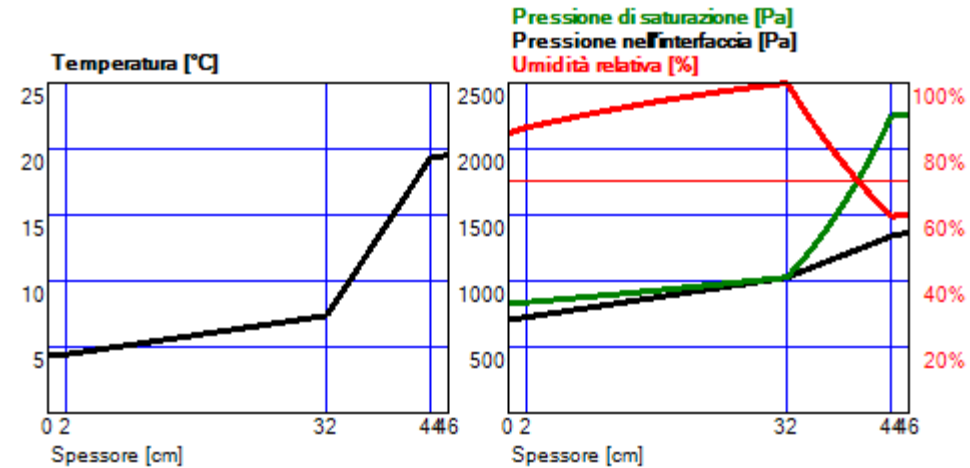
Norme di calcolo

UNI EN ISO 13788 Calcolo stazionario medio mensile

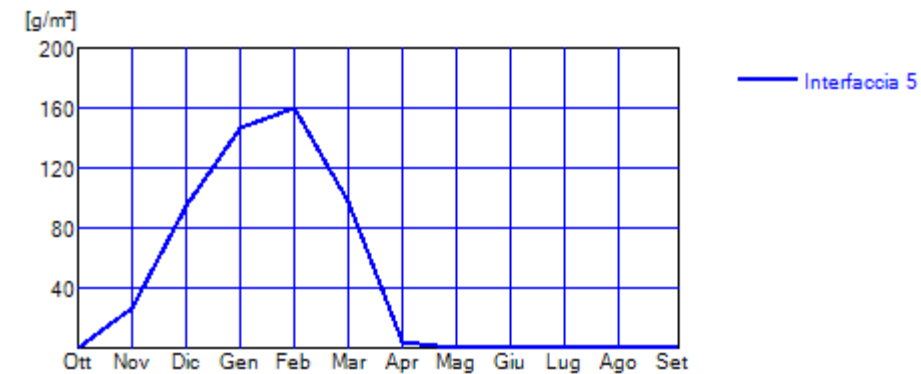


UNI EN ISO 13788 Risultati

*Andamento delle
pressioni nell'interfaccia.
Diagrammi di Glaser*

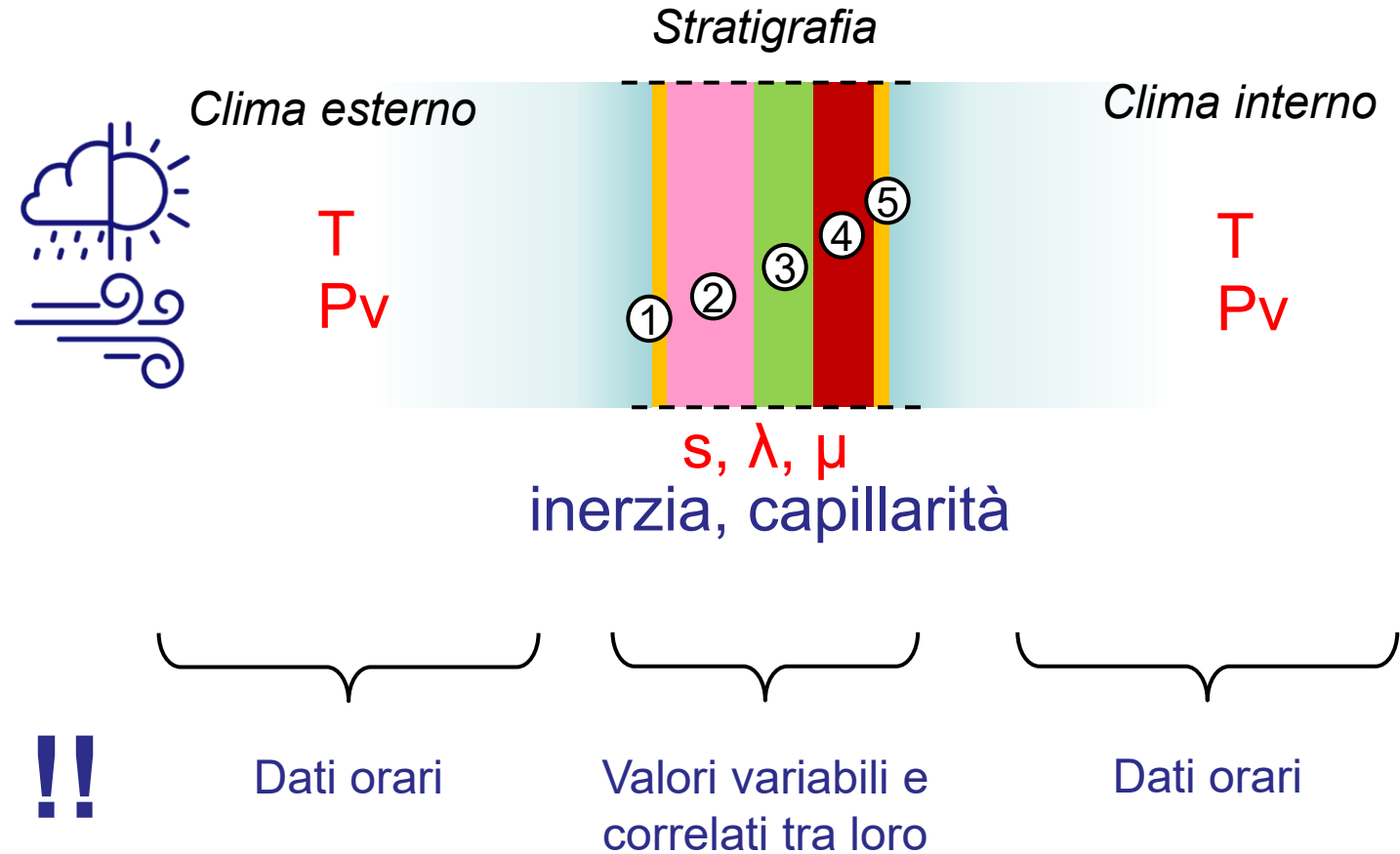


*Valutazione della
quantità media di
condensa interstiziale
accumulata*



Norme di calcolo

UNI EN 15026 Calcolo igrotermico dinamico orario

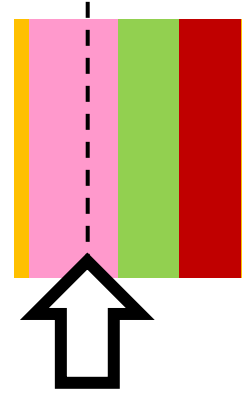
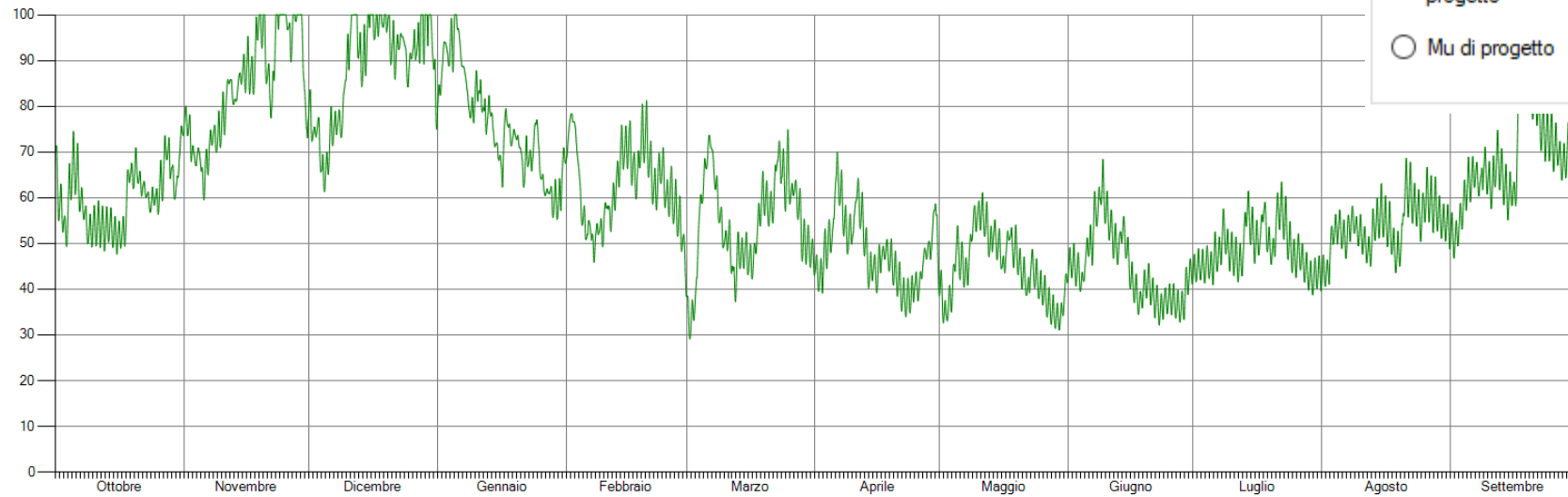


Norme di calcolo

UNI EN 15026 Risultati

Andamento orario per tutto l'anno dei parametri igrotermici in qualunque posizione della stratigrafia

Umidità relativa [%]

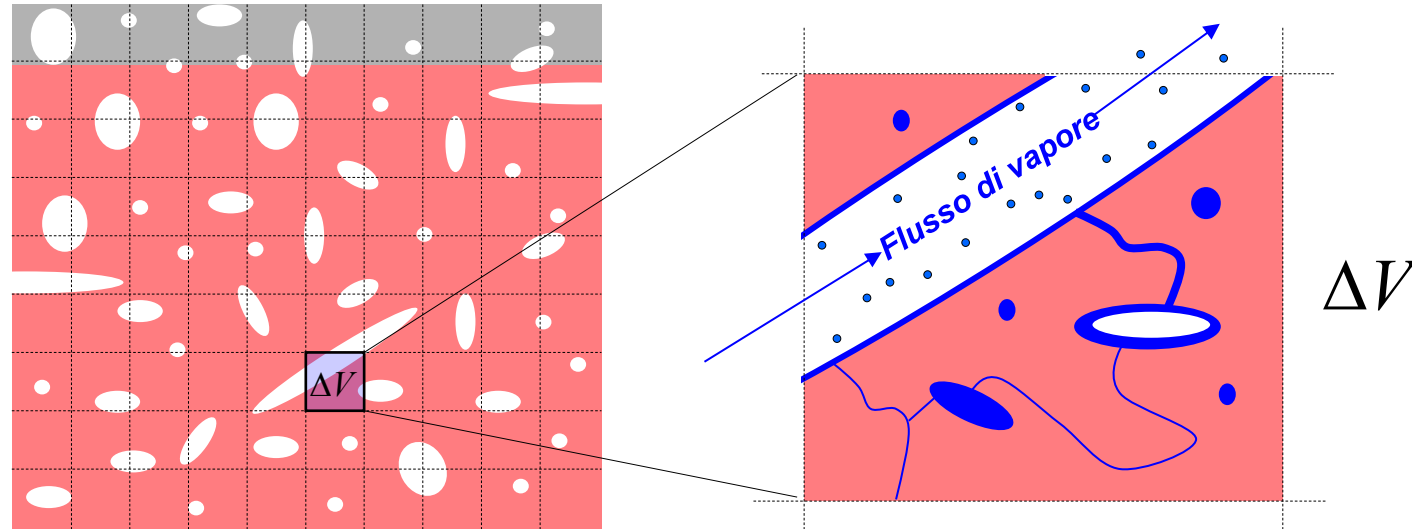


Visualizza

- ☐ Temperatura
- ☐ Flusso
- ☐ Pressione
- ☒ Umidità relativa
- ☐ Contenuto d'acqua
- ☐ Condensa accumulata
- ☐ Lambda di progetto
- ☐ Mu di progetto

Caratteristiche dei materiali

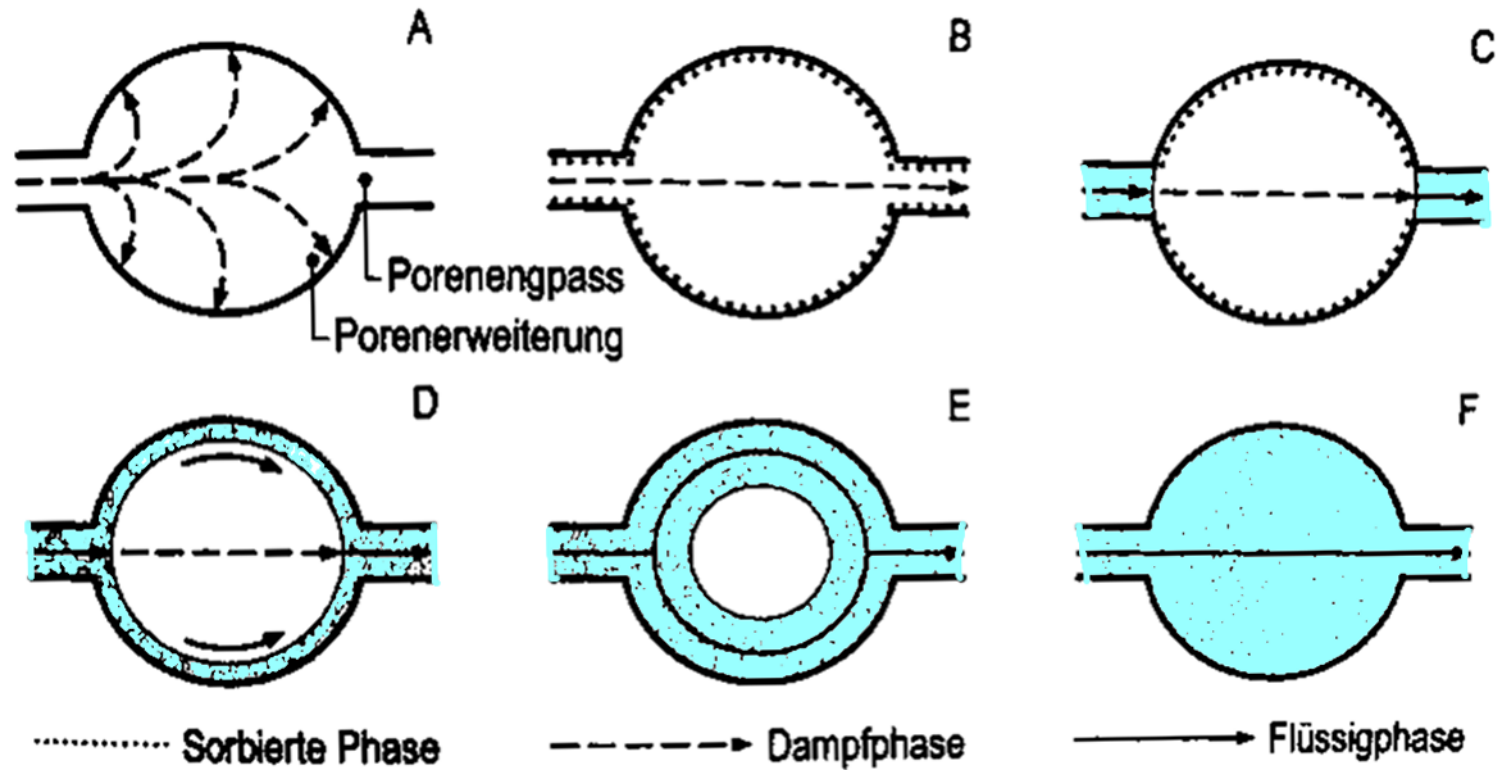
Analisi dei fenomeni su scala microscopica (volume finito ΔV)



Fonte: corso di introduzione a Delphin,
Progetto BuildDOP , Bolzano - Marzo 2018

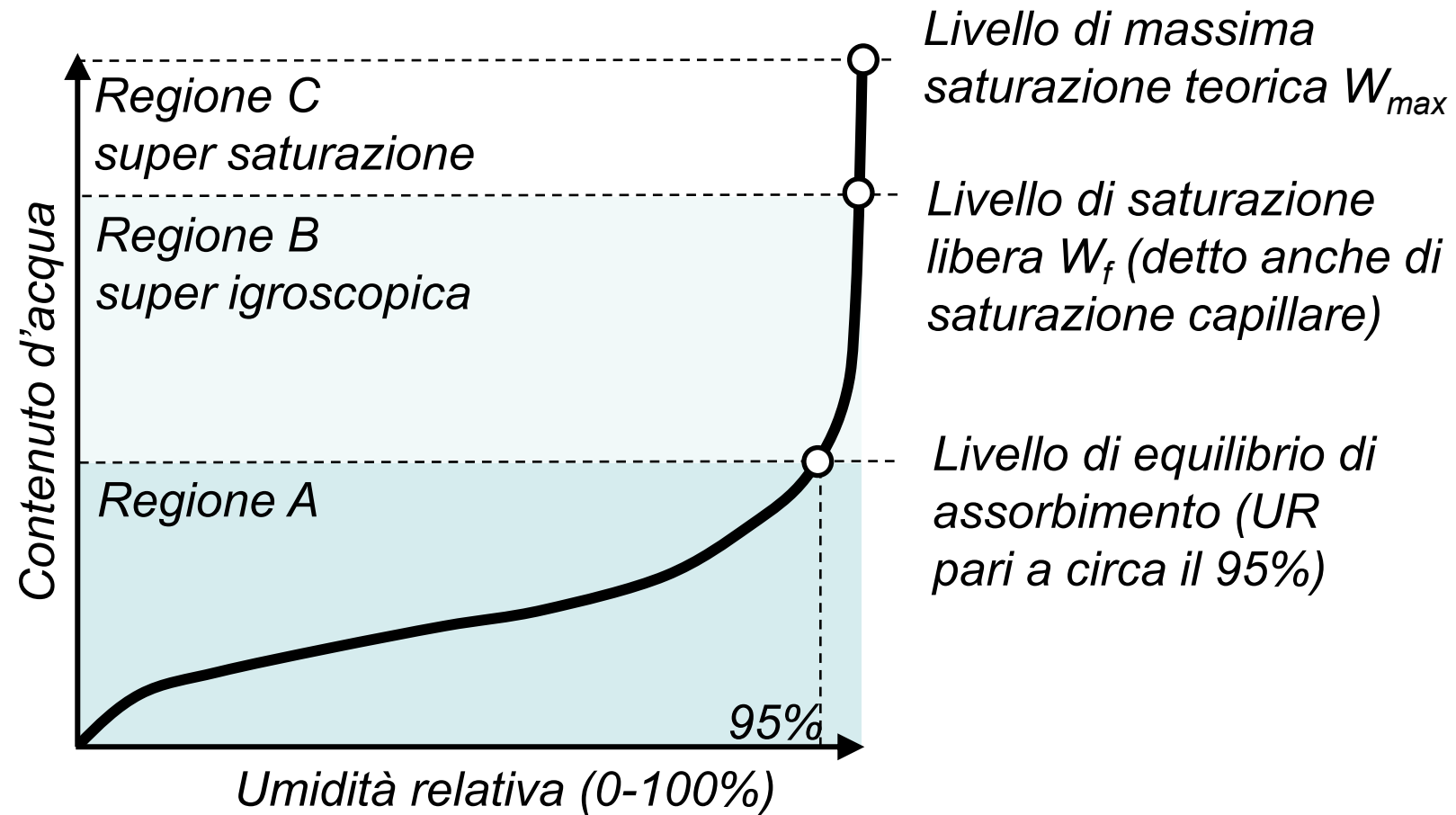
Caratteristiche dei materiali

UNI EN 15026 Metodo di calcolo



Fonte: Lehrbuch der Bauphysik – Springer Ed. 2017

Caratteristiche dei materiali



Simulazione igrotermica dinamica

WUFI - Risultati: sfruttare il confronto tra più casi

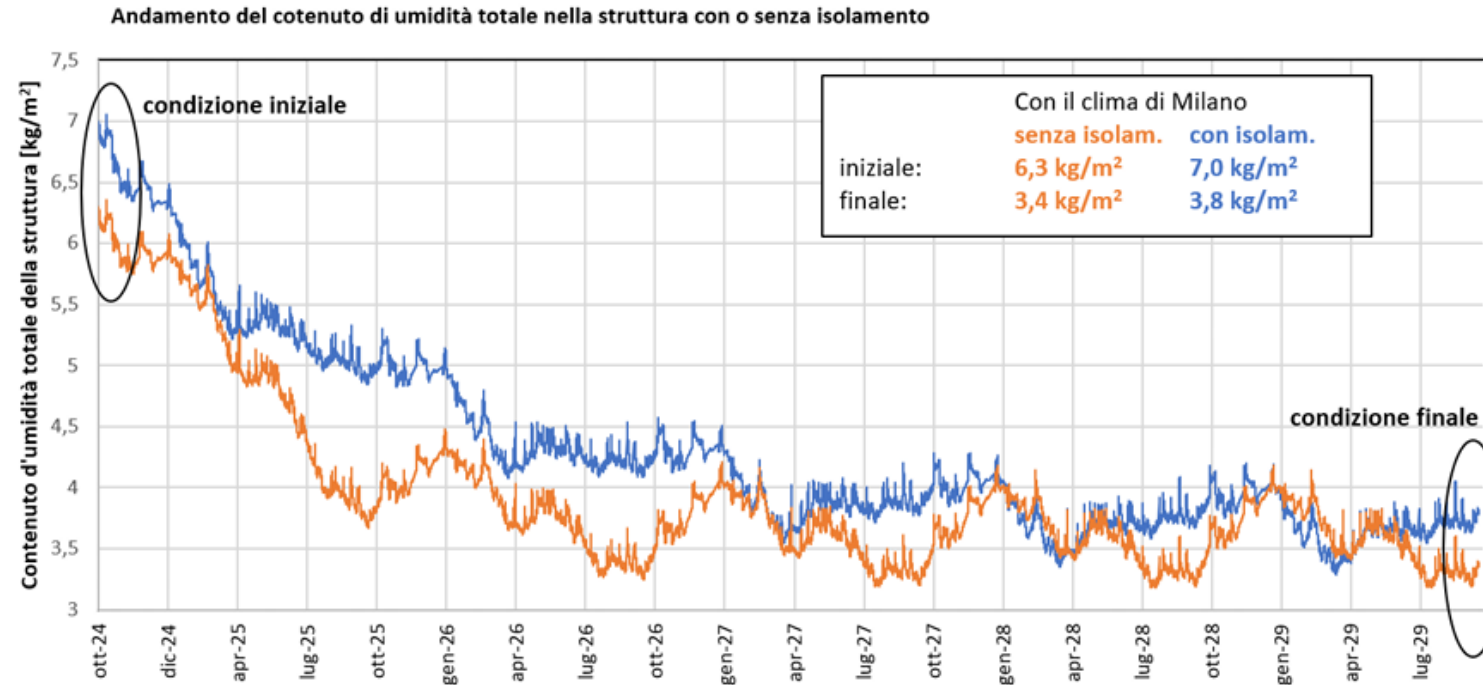


Figura 7. Esempio di una simulazione igrotermica dinamica. Il grafico mostra l'andamento del contenuto d'acqua totale di una parete con e senza isolamento nell'arco di più anni. L'andamento riportato è tipico di una stratigrafia senza problemi igrotermici. Risultati ottenuti con il software WUFI [12].

Fonte: Manuale ANIT «Analisi del rischio di condensazione»

Simulazione igrotermica dinamica

- Software dinamico → Interroga continuamente il database dei materiali per utilizzare i valori corrispondenti alle condizioni orarie
- Software stazionario → Esegue un calcolo senza cambiare le condizioni impostate



Programma

14.50 Attivazione collegamento

15.00 **Introduzione normativa**

Ing. Giorgio Galbusera – ANIT

- Condensazione interstiziale e obblighi di legge
- Controllo igrotermico o traspirabilità
- Condensa superficiale, interstiziale o muffa?
- Analisi igrotermica: il metodo di Glaser e il metodo dinamico



16.00 **Esempi con pannelli in poliuretano**

Dott. Fabio Raggiotto – Stiferite

- Le prestazioni igrotermiche dei materiali
- Esempi di stratigrafie e analisi del rischio di condensazione
- Casi di applicazione e soluzioni tecnologiche

17.00 Risposte a domande online

17.15 Chiusura lavori



Grazie per l'attenzione

Diritti d'autore: la presentazione è proprietà intellettuale dell'autore e/o della società da esso rappresentata. Nessuna parte può essere riprodotta senza l'autorizzazione dell'autore.