



1984 — 2024

Solaio e sistemi radianti

Inquadramento normativo (exL10) per le prestazioni invernali, igrometriche e di progettazione del comfort con i sistemi radianti

Ing. Alessandro Panzeri

1

Prestazioni invernali e igrometriche

Inquadramento dei requisiti minimi

7 settembre 2023



GUIDA
ANIT
Riservata
ai Soci

REQUISITI MINIMI NAZIONALI

Regole per l'efficienza energetica degli edifici e per la certificazione energetica



ANIT

Tutti i diritti sono riservati.
Nessuna parte di questo documento può essere riprodotta o divulgata senza l'autorizzazione scritta

E1(1)	A, B, D, F, G, H, J, K, L*, M, P, Q, R, S, T, W, X, Y	B, F, H, K, Q, S, T, W, Y	A, B, D, E, F, G, H, J, K, L*, M, P, Q, R, S, T, W, X, Y	B, C, E, F, I, K, L*	C, E, F, I, K, Q	E, M, N, Q, R, S, U, V, W, X, Y	M, O, Q, R, S, W, X
E1(2)							
E1(3)							
E2							
E3							
E4							
E5							
E7							
E6	A, B, D, F, H, J, K, L*, M, P, Q, R, S, T, W, X, Y	A, B, D, E, F, H, J, K, L*, M, P, Q, R, S, T, W, X, Y					
E8	A, B, F, H, J, K, L*, M, P, Q, R, S, T, W, X, Y		A, B, E, F, H, J, K, L*, M, P, Q, R, S, T, W, X, Y	B, C, E, F, K, L*	C, E, F, K, Q		

RISTRUTTURAZIONE DI IMPIANTO TERMICO- Definizione

«L'insieme di opere che comportano la modifica sostanziale **sia dei sistemi di produzione che di distribuzione ed emissione del calore**; rientrano in questa categoria anche la trasformazione di un impianto termico centralizzato in impianti termici individuali, nonché la risistemazione impiantistica nelle singole unità immobiliari o parti di edificio in caso di installazione di un impianto termico individuale previo distacco dall'impianto termico centralizzato»

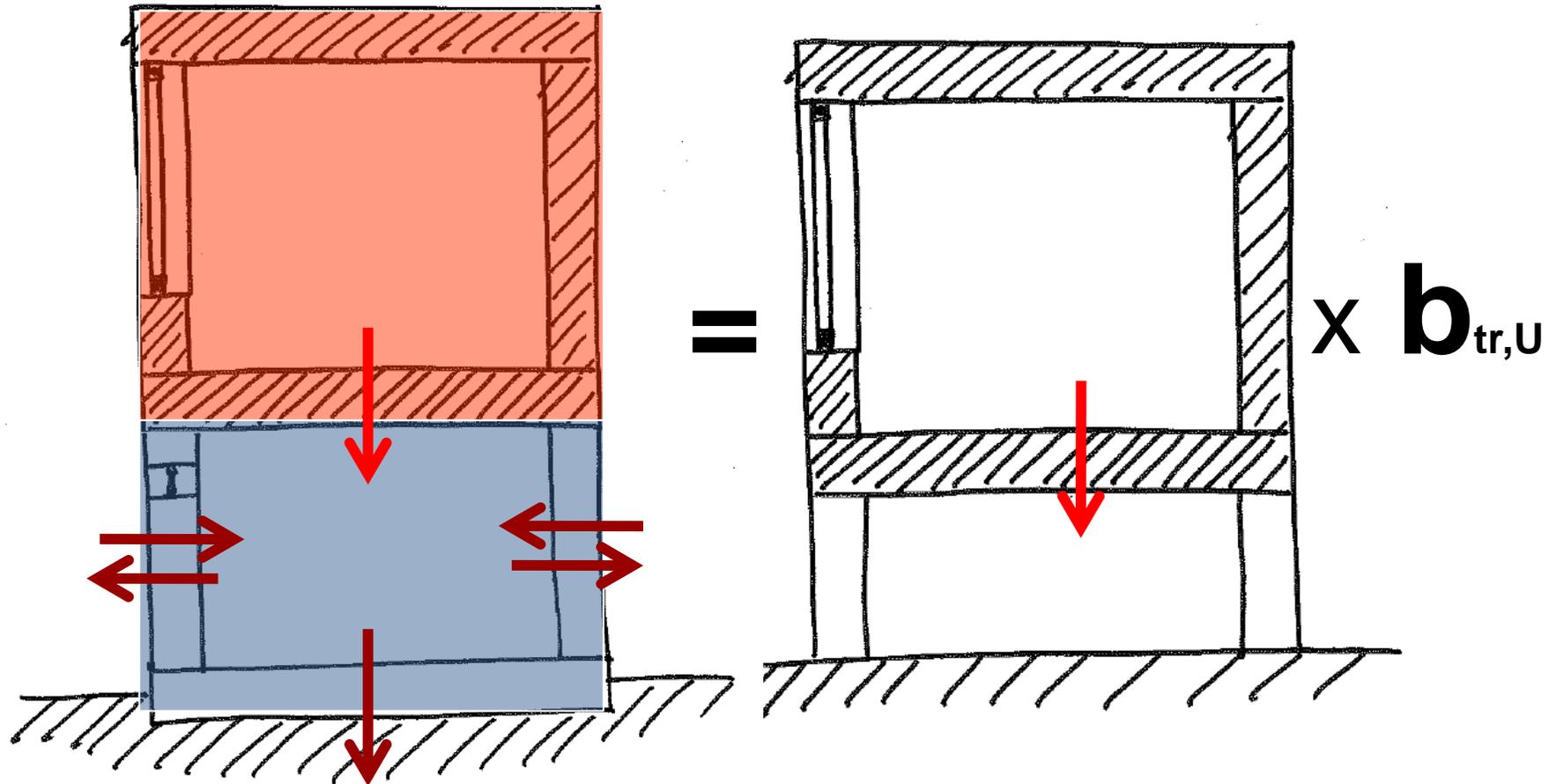
Note rilevanti sull'esistente

NB La sola sostituzione dei corpi scaldanti (senza sostituire il generatore) non prevede il rispetto di requisiti specifici.
Si rientra negli ambiti di applicazione del DM 26 giugno 2015 soltanto se il generatore viene sostituito

FAQ 2.23 del 1/08/2016	La sostituzione delle tubazioni a pavimento (sottosistemi di emissione e/o distribuzione) di un impianto termico esistente comporta il rispetto di requisiti sulla trasmittanza delle strutture coinvolte?	Nel caso l'intervento comprenda di rifacimento del solo componente strutturale (strato) specificatamente funzionale all'impianto non è richiesto il rispetto di alcun limite sulla trasmittanza della struttura.
------------------------	--	--

Verifiche di trasmittanza termica U

Verso ambienti non climatizzati:



Verifiche di trasmittanza termica $U < 0,8$ per divisori

<p>D Divisori (All.1 Art.3.3 comma 5)</p>	<p>Verificare che: $U_{\text{divisori}} \leq 0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$</p> <p>Note:</p> <ul style="list-style-type: none">• La verifica si applica nel caso di nuova costruzione e ristrutturazione importante di primo livello di edifici esistenti. In questo ultimo caso limitatamente alle demolizioni e ricostruzioni, da realizzarsi in zona climatica C, D, E ed F, nonché in caso di realizzazione di pareti interne per la separazione delle unità immobiliari (FAQ 2.29).• Il termine U_{divisori} si riferisce alle strutture edilizie di separazione tra edifici o unità immobiliari (sia orizzontali che verticali).• Il limite si applica anche alle strutture opache, verticali, orizzontali e inclinate che delimitano verso l'ambiente esterno gli ambienti non dotati di impianto di climatizzazione adiacenti agli ambienti climatizzati. Il limite non si applica qualora tali ambienti siano classificati come spazi aperti (portici, verande aperte, ecc.) (FAQ 2.30).• (FAQ 3. 4 di dicembre 2018) Nel caso di edificio con sottotetto non riscaldato sul quale si interviene solamente per il rifacimento della copertura non occorre verificare il rispetto di $U \leq 0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ – vd. nota ⁽⁵⁾ riportata a pagina 14 della Guida.
--	--

Deroga alle altezze minime come da DM 5/7/75

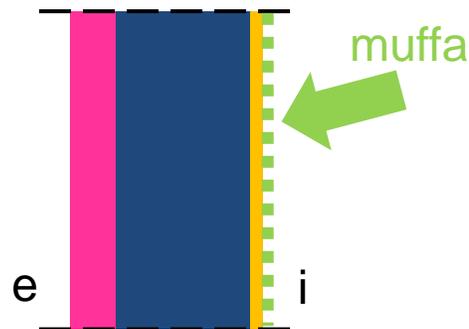
<p>E Deroga altezza min. (All.1 Art.2.3 comma 4)</p>	<p>Le altezze minime dei locali di abitazione previste al primo e al secondo comma del DM 5/7/75 possono essere derogate fino a un massimo di 10 centimetri.</p> <p>Note:</p> <ul style="list-style-type: none">• La deroga si applica per gli edifici esistenti sottoposti a ristrutturazioni importanti o a riqualificazioni energetiche nel caso di installazione di impianti termici dotati di pannelli radianti a pavimento o a soffitto e nel caso di intervento di isolamento dall'interno.• Nei comuni montani al di sopra di 1000 metri sul livello del mare può essere consentita una riduzione dell'altezza minima dei locali abitabili a metri 2,55.• (FAQ 2.44) La deroga si può applicare anche per interventi tra unità immobiliari sovrapposte e/o su divisori verso ambienti non climatizzati.• (FAQ 2.45) La possibilità di deroga per le strutture diverse da quelle esterne o verso ambienti non climatizzati si applica indipendentemente dal valore dell'incremento di resistenza termica raggiunto.
---	---

Verifiche igrometriche sui solai

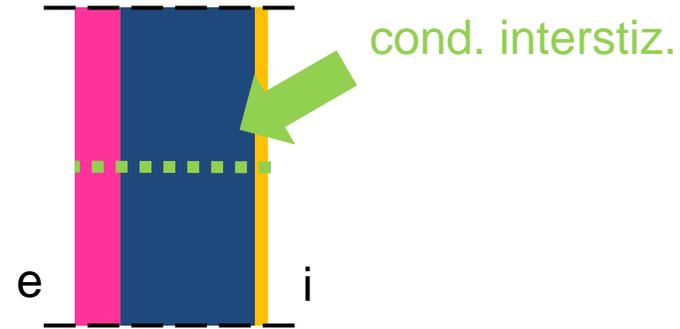


Nel caso di intervento che riguardi le strutture opache delimitanti il volume climatizzato verso l'esterno, si procede in conformità alla normativa tecnica vigente (UNI EN ISO 13788), alla verifica:

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



Rischio di muffa:
controllo sulla
superficie interna



Rischio di condensazione
interstiziale: controllo lungo la
sezione della stratigrafia

2

Comfort e sistemi radianti

Studio dei carichi

Modelli dei carichi sensibili H – UNI EN 12831

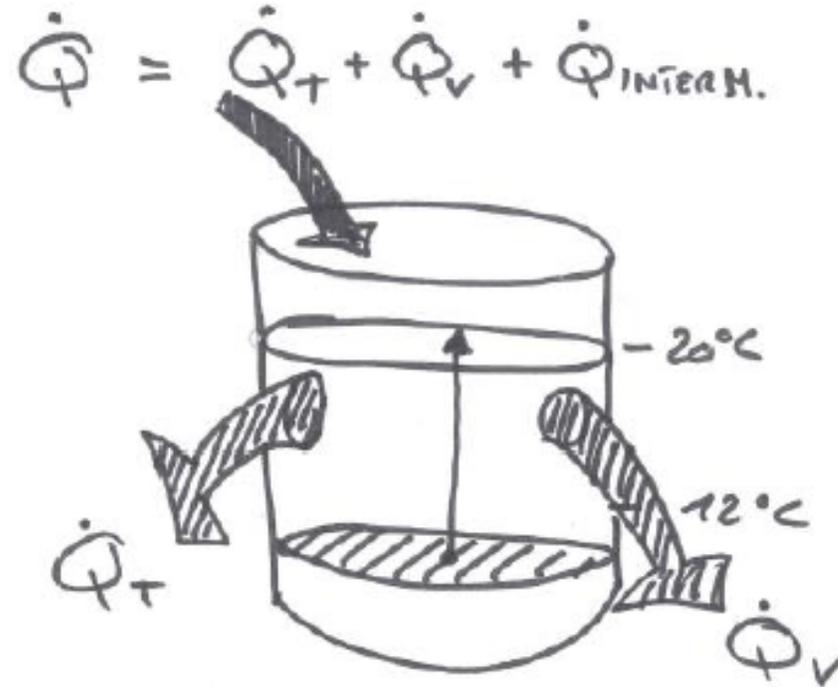
La valutazione dei carichi per la progettazione dell'impianto e dei carichi per la valutazione del comportamento medio della zona termica è differente poiché i due scopi sono differenti: nel primo caso in accordo con UN EN 12831 si valutata la condizione di carico di picco prudenziale, nel secondo

il fabbisogno medio derivante da condizioni ambientali e di utilizzo medie mensili. Queste differenze riguardano la valutazione di:

- perdite per trasmissione
- perdite di ventilazione
- energia di caricamento

Nella norma sono descritti due metodi: standard (utilizzo flessibile) e semplificato (utilizzo legato ai casi per i quali è previsto).

Il metodo è semi-stazionario.

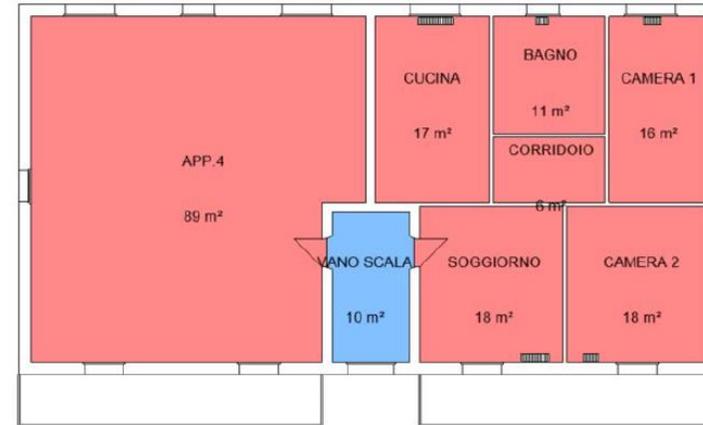


Modelli dei carichi sensibili H – UNI EN 12831

T di progetto	-5	°C
T interna θ_i	20	°C

Zona	Carico termico nominale	Superficie riscaldante attiva	Potenza termica specifica di progetto
	$Q_{N,f}$	A_F	q_{des}
	W	m ²	W/m ²
APP 3. CUCINA	958	15,0	64
APP 3. SOGGIORNO	1146	18,3	63
APP 3. CAMERA 1	932	15,5	60
APP 3. CAMERA 2	1082	18,4	59
APP 3. BAGNO	363	8,0	45
APP. 3 CORRIDOIO	281	6,0	47

Tabella di determinazione della potenza termica specifica massima q_{max}

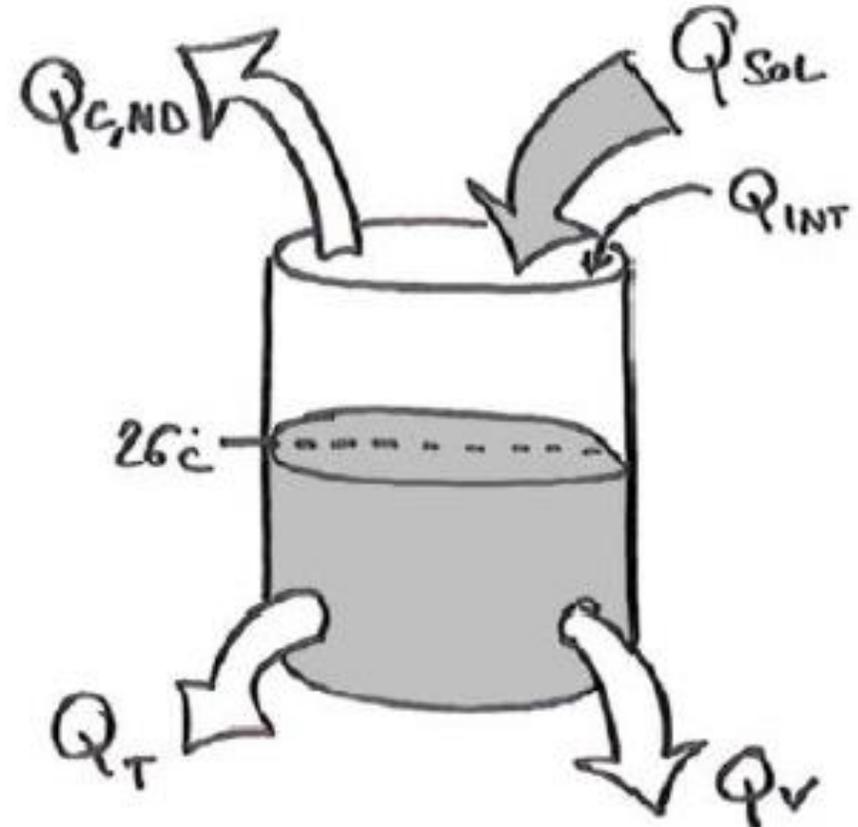


Attenzione alla corretta valutazione del carico di progetto con sistemi radianti!

Modelli dei carichi sensibili C – UNI EN ISO 52016

I dati di input necessari all'utilizzo del modello proposto dalla norma UNI EN ISO 52016 sono:

- dati climatici su base oraria, ovvero:
 - temperatura oraria dell'aria esterna del sito oggetto di studio;
 - contenuto di umidità dell'aria esterna;
 - irradianza solare oraria, diretta, diffusa, su piano orizzontale e su superfici variamente inclinate;
- contributi di bilancio:
 - carico (scarico) per trasmissione e per ventilazione;
 - apporti solari e apporti interni (presenza di persone, cose etc.).

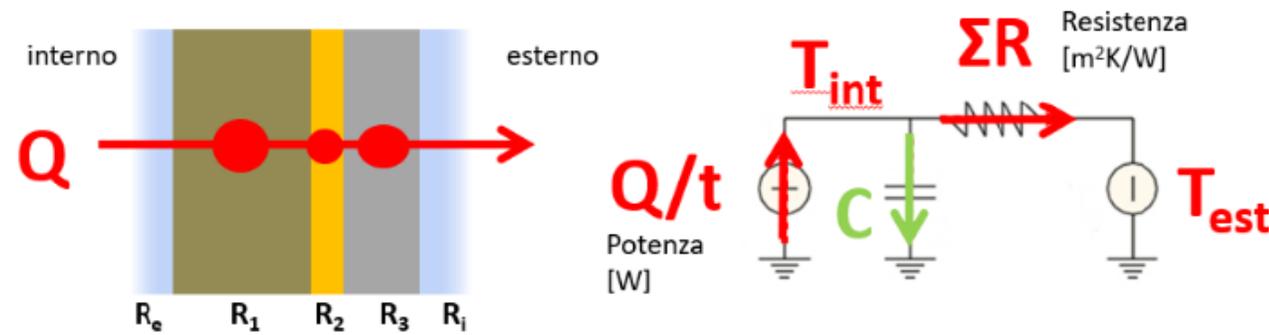


Le superfici opache e il modello inerziale di scambio di calore

La potenza che attraversa una struttura opaca, nel caso estivo, si compone di un contributo stazionario, e quindi costante nel tempo, e di un contributo dinamico:

- Il primo di questi due, quello stazionario, tiene in considerazione la resistenza termica della struttura, che deriva dalle conducibilità dei singoli materiali e dello spessore associato;
- Il secondo contributo, quello “dinamico”, riguarda invece la capacità termica del materiale, che va a descrivere la capacità della struttura, e quindi anche quella dei materiali che la compongono, di assorbire (o immagazzinare) il calore al suo interno per rilasciarlo poi in un altro momento.

In regime dinamico

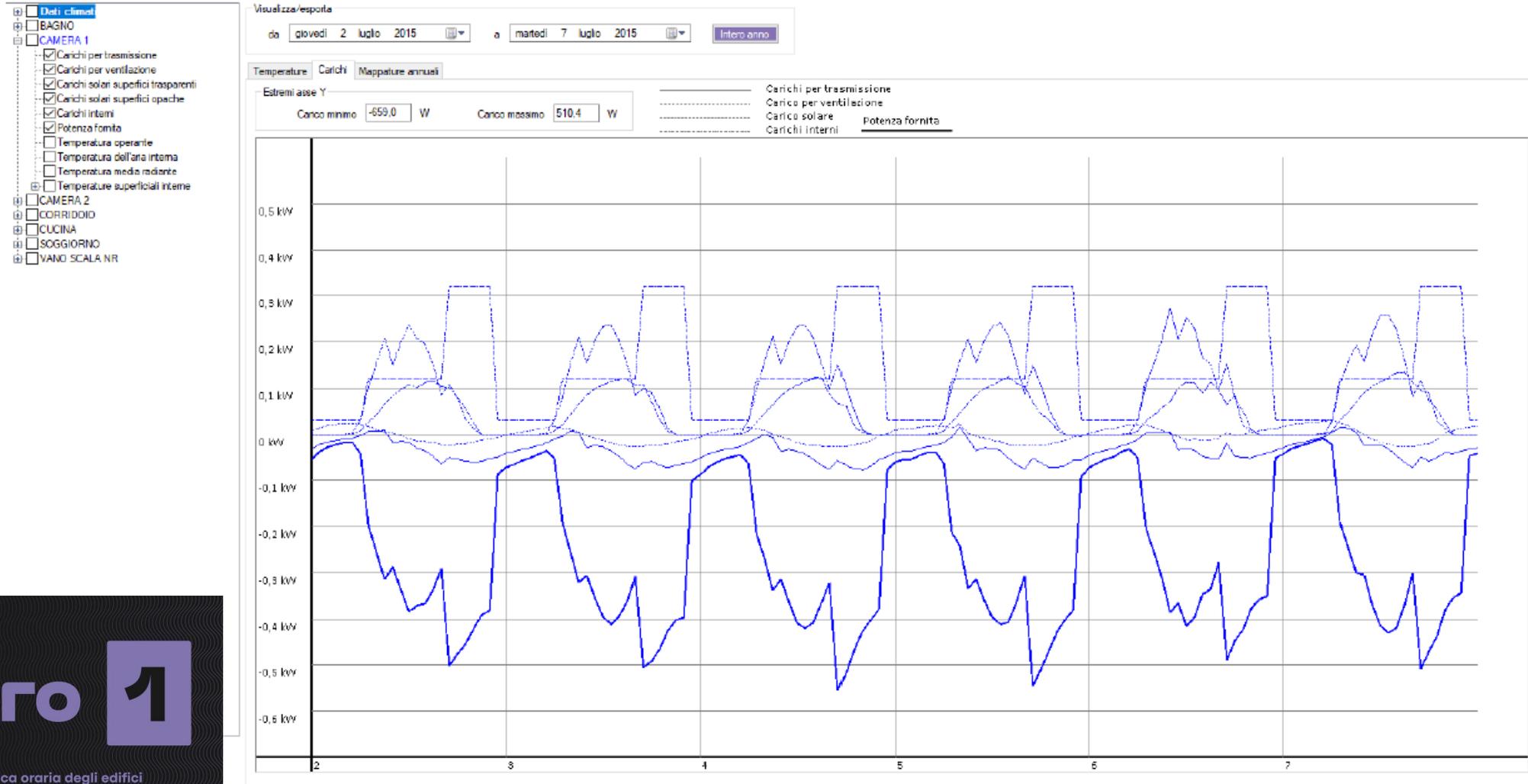


$$Q/t = (A/\Sigma R) \cdot (\Delta T) + \underbrace{m \cdot c}_{\text{Capacità termica [J/kgK]}} \cdot \underbrace{\dot{T}}_{\text{Variazione della temperatura nel tempo [K]}}$$

Effetto d'accumulo

Potenza [W] Resistenze termiche [m²K/W] Capacità termica [J/kgK] Variazione della temperatura nel tempo [K]

Esempio di carichi orari estivi



Esempio di andamento dei carichi nei giorni più caldi -camera 1 a sud

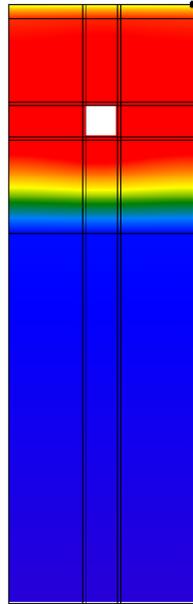
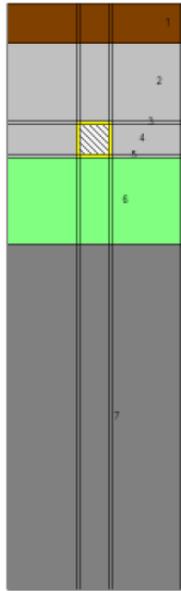
icaro

1

Simulazione dinamica oraria degli edifici secondo UNI EN ISO 52016-1.

Scelta del sistema radiante
curve caratteristiche
progetto del sistema radiante

La costruzione delle curve caratteristiche



Geometria strati, proprietà termiche (conduttività), condizioni al contorno e liminari.

Varie possibilità per i produttori di sistemi radianti.

In accordo con UN EN ISO 11855-2 è possibile usare metodo computazionale e calcolo FEN - stazionario

Descrizione geometrica e delle condizioni al contorno per la simulazione

SPESSORI			
spessore tubo			20 mm
diametro tubo esterno			17 mm
interasse tubi	T		100 mm

Orizzontale	[mm]	[m]	Verticale	[mm]	[m]
1	40	0,0400	1	8	0,0080
2	2	0,0020	2	45	0,0450
3	17	0,0170	3	2	0,0020
4	2	0,0020	4	17	0,0170
5	40	0,0400	5	2	0,0020
6		0,0000	6	50	0,0500
		0,101	7	200	0,2000
			8		0,0000
			9		0,0000
			10		0,0000
					0,252

MATERIALI			
		W/mK	Spessori
solaio	c.a.	2,3	20 cm
strato isolante	isolante	0,036	5 cm
massetto	cls alleggerito	1,3	4,5 cm
tubo	PP	0,35	20 mm
rivestimento	legno	0,15	8 mm - 23 mm

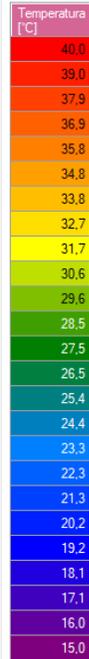
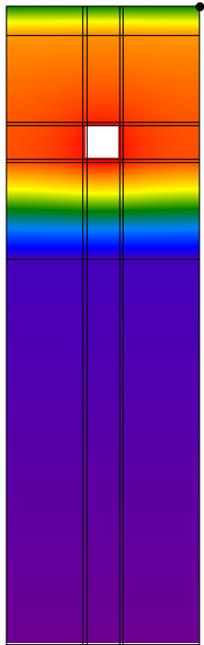
CONDIZIONI AL CONTERNO			
Ambiente 1	non riscaldato	20	°C
Ambiente 2	riscaldato	20	°C

Sezione	verticale
Resistenze superficiali	
Esterna	0,096
Interna flusso orizzontale	0,125
Interna flusso ascendente	0,093
Interna flusso discendente	0,154

	R superficiale	T °C
Cavità 1	0,0001	35 e 40 °C

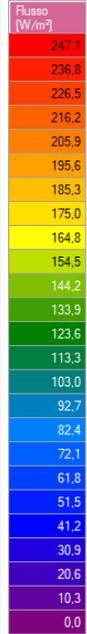
Risultati di una singola simulazione

Flussi energetici, temperature superficiali ed energia «dispersa».



Ts minima = 27,2 °C
Ts massima 27,3 °C
Ts media=27,3 °C

Flusso specifico 78,5 W/m²
Con $\Delta\vartheta_H = 40 - 20 = 20$ °C



Flussi

	totale [W]	specifico [W/m ²]
Interno	-7,853	-78,529
Esterno	1,499	14,994

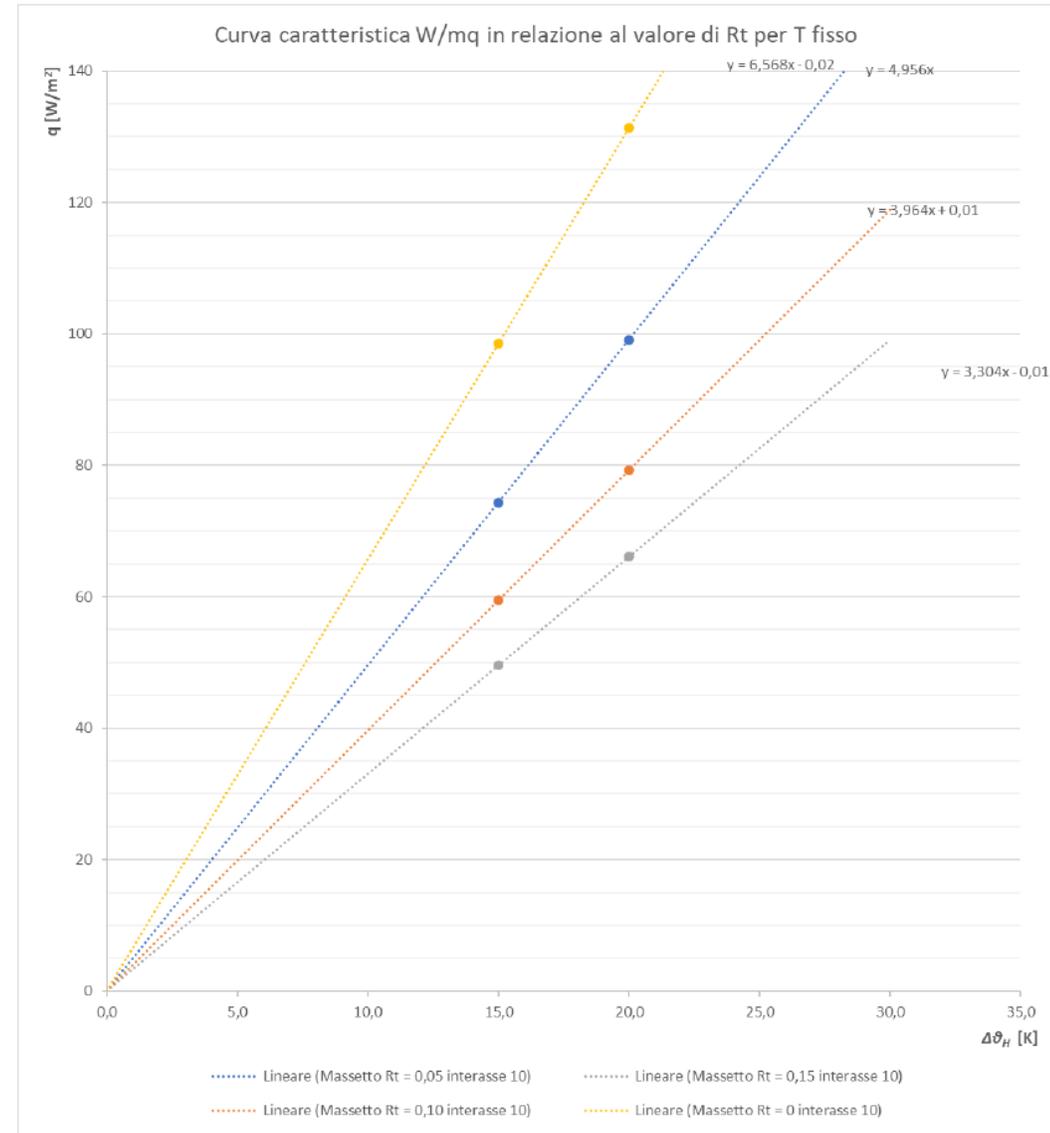
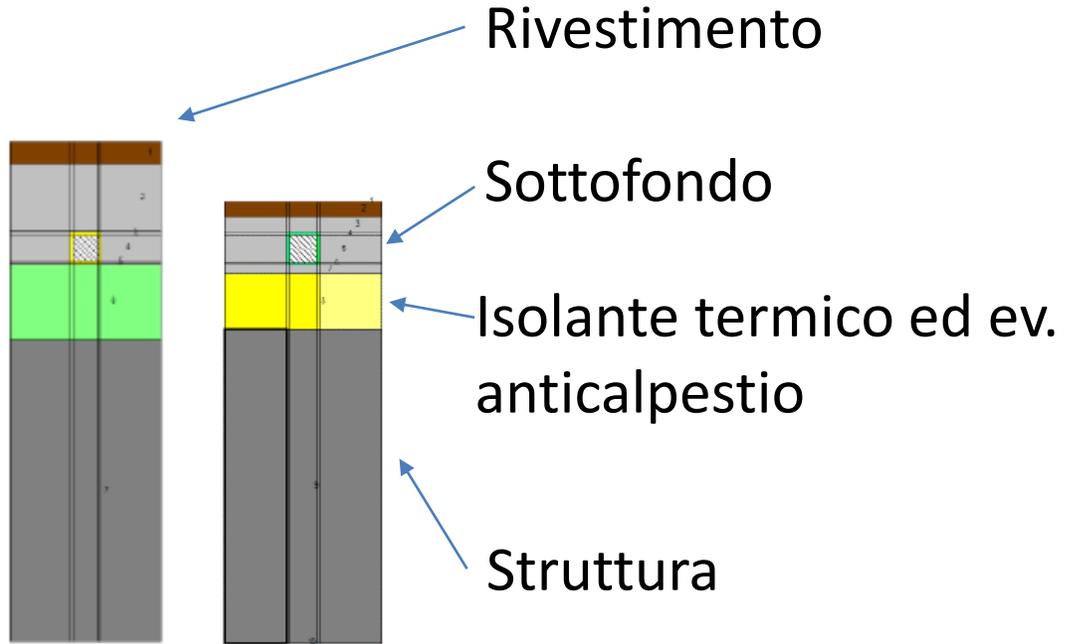
Visualizza iterazioni

Area 0,100 m²

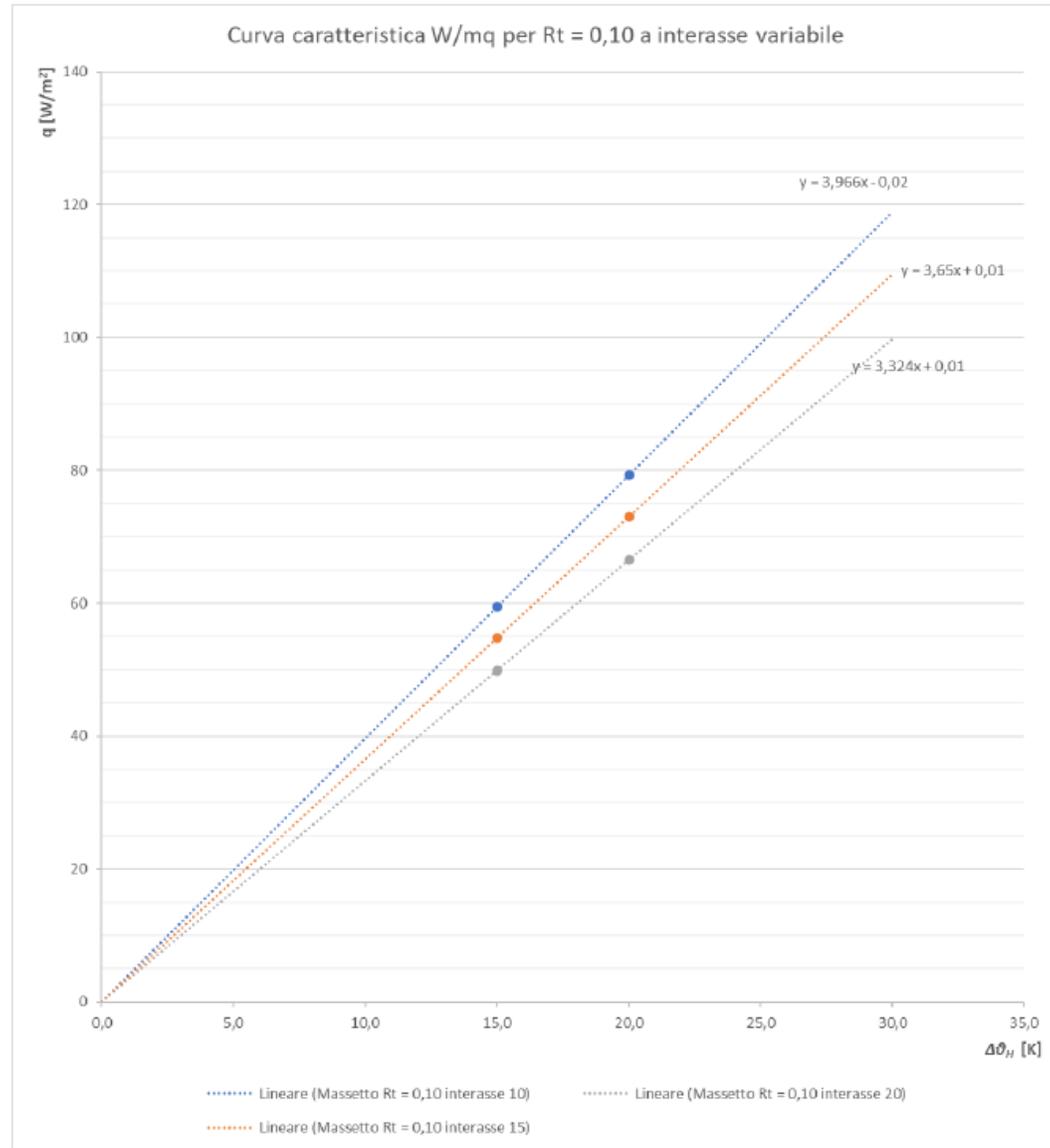
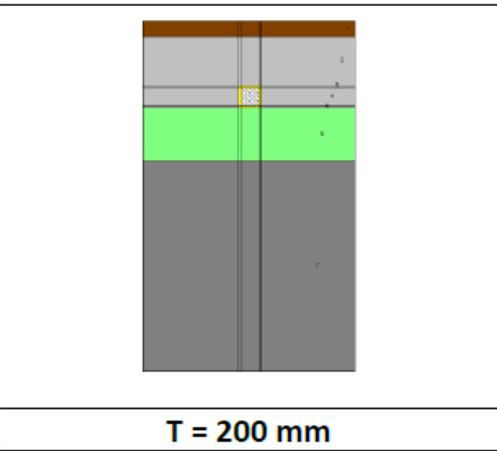
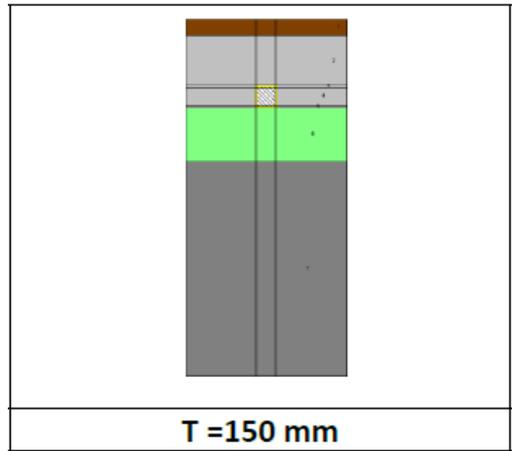
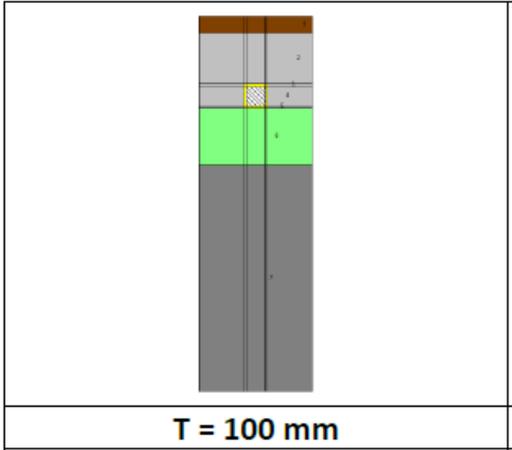
Software di studio delle curve caratteristiche e di dimensionamento sistemi radianti



Possibilità di studiare diverse curve al variare degli strati



Al variare del passo dei tubi



Dalla stanza più favorita al dimensionamento delle altre

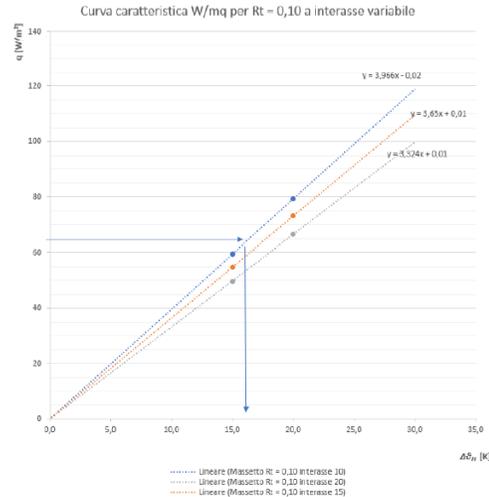
Locale	Potenza termica specifica di progetto	Interasse dei tubi	Differenza di temperatura corrispondente a q_{des}	Salto termico teorico	Superficie riscaldante	Potenza termica di progetto	Portata teorica	coef.	Portata reale
	q_{des}	T	$\Delta\theta_{H,j}$	σ	A_F		m_H		m_H
	W/m^2	mm	K	K	m^2	W	kg/h	-	kg/h
APP 3. CUCINA	64	100	16,1	5,1	15	958	163	1,19	194
APP 3. SOGGIORNO	63	100	15,8	5,6	18	1146	175	1,19	209
APP 3. CAMERA 1	60	100	15,2	6,7	16	932	119	1,19	142
APP 3. CAMERA 2	59	100	14,8	7,3	18	1082	128	1,19	152
APP 3. BAGNO	45	150	12,4	11,1	8	363	28	1,19	34
								tot	730

Il sistema è caratterizzato da stratigrafia, dimensioni tubo e passo T.

In fase di progetto il rivestimento superficiale dei vari locali è assunto uniforme e generalmente si assumono valori di rivestimento dalle curve caratteristiche con $R_{\lambda,B} = 0.10 \text{ m}^2\text{K/W}$. Se in fase di progetto si è già a conoscenza di valori maggiori, è necessario prenderli in considerazione.

Scelta del sistema radiante

$R_{\lambda,B}$	0,10	$\text{m}^2\text{K/W}$
$K_{tr} (T = 100)$	3,96	$\text{W/m}^2\text{K}$
$K_{tr} (T = 150)$	3,65	$\text{W/m}^2\text{K}$



Descrizione
Temperatura massima del fluido termovettore in circolazione dei pannelli
Salto di temperatura di progetto (differenza tra temperatura dell'acqua in ingresso e in uscita dal pannello)
La portata massima di un pannello per tubi con $D_i = 16 \text{ mm}$
La lunghezza della tubazione costituente un singolo pannello massima (lunghezza circuito)
La velocità del fluido termovettore risulti
La perdita di carico per circuito

Impatto sul fabbisogno energetico

SISTEMA IMPIANTISTICO H - oggetto di indagine – UNI TS 11300-2			
Tipo di dato	Valutazione progetto A1	Valutazione standard A2	Valutazione adattata all'utenza A3
Perdite di emissione	Rendimenti tabellari come da prospetti 17 e 18		
Perdite di regolazione	Rendimenti tabellari come da prospetto 20		
Perdite di distribuzione	Rendimenti precalcolati come da prospetti 21-22-23. Se le condizioni al contorno non sono rispettate, calcoli analitici tubazione per tubazione in accordo con Appendice A		
Perdite di accumulo	Calcolo analitico delle perdite in funzione della dimensione del serbatoio, grado di isolamento, ubicazione e temperatura dell'acqua		
Combustione a fiamma di combustibili fossili (e biomasse)	Calcoli in accordo con Appendice B ovvero con metodo basato su dati dei produttori Direttiva 92/42/CEE oppure metodo analitico basato su dati forniti dai produttori o rilevati in campo	Come A1 (possibilmente metodo dell'Appendice B), o rendimenti tabellari dei prospetti 25, 26, 27, 28 e 29 dove le condizioni lo consentono	Calcoli in accordo con Appendice B ovvero con metodo basato su dati dei produttori Direttiva 92/42/CEE oppure metodo analitico basato su dati forniti dai produttori o rilevati in campo
Solare termico	Calcolo in accordo con UNI/TS UNI11300-4		
Elettrico (effetto Joule e/o radiante)	Secondo punto 6.6.4		
Altri metodi di generazione (pompa di calore, teleriscaldamento ec..)	Calcolo in accordo con UNI/TS UNI11300-4		

Schema: dati in ingresso al modello di calcolo valutabili in modo analitico o semplificato.

Efficienza di emissione e regolazione

Rendimenti di emissione η_e in locali con altezza minore di 4 m			
Tipo di terminale di erogazione	Carico medio annuo (cma) W/m ³		
	≤ 4	4-10	> 10
Radiatori su parete esterna isolata (*)	0.98	0.97	0.95
Radiatori su parete interna	0.96	0.95	0.92
Ventilconvettori valori riferiti a T_{media} acqua = 45 °C	0.96	0.95	0.94
Termoconvettori	0.94	0.93	0.92
Bocchette in sistemi di aria calda	0.94	0.92	0.90
Pannelli annegati a pavimento	0.99	0.98	0.97
Pannelli annegati a soffitto	0.97	0.95	0.93
Pannelli a parete	0.97	0.95	0.93
Riscaldatori a infrarossi	0.99	0.98	0.97

(*) per acqua di mandata ≤ 55 °C, se c'è materiale isolante riflettente +0.01, se parete esterna non isolata - 0.04, se temperatura di mandata > 85°C - 0.02 e per temperature intermedie di interpola linearmente

Rendimenti di emissione con $h < 4$ m. [Fonte: UNI/TS 11300-2, paragrafo 6.2.1, prospetto 17]

Rendimenti di regolazione η_{rg}				
Tipo di regolazione	Caratteristiche della regolazione	Sistemi a bassa inerzia	Sistemi ad elevata inerzia	
		Radiatori, convettori, ventilconvettori, strisce radianti ed aria calda	Pannelli integrati nelle strutture edilizie e disaccop. termicamente	Pannelli annegati nelle strutture edilizie non disaccoppiati termicamente
Solo climatica (compensazione con sonda esterna) $K - (0.6 \eta_u \gamma)$		K = 1	K = 0.98	K = 0.94
Solo di zona	On off	0.93	0.91	0.87
	P banda prop. 2 °C	0.94	0.92	0.88
	P banda prop. 1 °C	0.97	0.95	0.91
	P banda prop. 0.5 °C	0.98	0.96	0.92
	PI PID	0.99	0.97	0.93
Solo per singolo ambiente	On off	0.94	0.92	0.88
	P banda prop. 2 °C	0.95	0.93	0.89
	P banda prop. 1 °C	0.98	0.97	0.95
	P banda prop. 0.5 °C	0.99	0.98	0.96
	PI PID	0.995	0.99	0.97
Zona + climatica	On off	0.96	0.94	0.92
	P banda prop. 2 °C	0.96	0.95	0.93
	P banda prop. 1 °C	0.97	0.96	0.94
	P banda prop. 0.5 °C	0.98	0.97	0.95
	PI PID	0.995	0.98	0.96
Per singolo ambiente + climatica	On off	0.97	0.95	0.93
	P banda prop. 2 °C	0.97	0.96	0.94
	P banda prop. 1 °C	0.98	0.97	0.95
	P banda prop. 0.5 °C	0.99	0.98	0.96
	PI PID	0.995	0.99	0.97

Rendimenti di regolazione. [Fonte: UNI/TS 11300-2, paragrafo 6.3, prospetto 20]

Efficienza di generazione

Stima della temperatura media del fluido termovettore per l'efficienza media di generazione

Progetto ?

Anno di installazione: 2023 Codice catasto regionale impianti termici: Temperatura di out-off: 5 °C COP medio stagionale: 2,673 Rendimento medio stagionale: 2,673

Tipo di pompa: a compressione ad azionamento elettrico
 Tipo di funzionamento: a potenza variabile, modulante

Sorgente fredda: Aria Pozzo caldo: Acqua

Temperature di default

	Temperatura sorgente fredda (°C)	temperatura pozzo caldo (°C)
Gen	4,00	32,20
Feb	7,11	33,48
Mar	10,57	42,08
Apr	13,41	52,29
Mai	19,38	45,00
Giun	22,83	45,00
Lug	24,49	45,00
Ago	24,27	45,00
Set	19,81	45,00
Ott	14,12	38,44
Nov	7,52	32,69
Dic	3,52	31,83

Valori di riferimento di potenza e rendimento a pieno carico

Dato noto: Potenza richiesta in ingresso (Pi) COP (potenza erogata/potenza richiesta)

	Ph 35°C	COP 35°C	Ph 45°C	COP 45°C	Ph 55°C	COP 55°C
-7°C	10,6	2,70	10,49	2,10	8,87	1,78
2°C	12	3,00	12	2,30	12	2,00
7°C	16	4,53	16	3,51	15,63	2,75
10°C	9,2	5,32	9,2	5,32	15,63	2,75

Potenza degli ausiliari elettrici non inclusi nel COP (se presenti): 0 kW Potenza della resistenza elettrica per integrazione (se presente): 0 kW

	Q _{out} [kWh]	Ph [kW]	CR	COP	Q _{aux} [kWh]	Q _{in} [kWh]	Q _{gen} [kWh]	Q _{h,gen} [kWh]	Q _{int} [kWh]	Q _{o,ren} [kWh]	Q _{o,ren} [kWh]	Q _{res} [kWh]
Gen	2845,00	12,54	0,23	3,14	0,00	-1769,37	1075,64	772,02	0,00	2097,49	2286,37	0,00
Feb	1811,51	12,43	0,14	2,99	0,00	-1101,00	709,72	428,42	0,00	1383,95	1467,48	0,00
Mar	1235,98	10,95	0,07	2,12	0,00	-669,97	566,01	206,11	0,00	1103,73	1039,69	0,00
Apr	806,94	14,06	0,01	0,30	0,00	-50,39	749,55	49,71	0,00	1459,67	856,92	0,00
Mai	762,89	9,20	0,01	0,44	0,00	-570,20	192,69	0,00	0,00	375,75	568,10	0,00
Giun	729,57	9,20	0,01	0,49	0,00	-566,60	162,97	0,00	0,00	317,79	533,26	0,00
Lug	749,55	9,20	0,01	0,53	0,00	-592,44	157,11	0,00	0,00	305,37	543,02	0,00
Ago	750,11	9,20	0,01	0,53	0,00	-592,90	157,21	0,00	0,00	305,56	543,42	0,00
Set	737,18	9,20	0,01	0,45	0,00	-553,98	183,20	0,00	0,00	357,24	547,54	0,00
Ott	928,51	9,36	0,03	1,49	0,00	-576,73	351,78	57,55	0,00	605,98	746,54	0,00
Nov	2113,05	13,12	0,15	3,23	0,00	-1354,94	758,12	482,49	0,00	1478,33	1678,97	0,00
Dic	3247,58	13,03	0,26	3,15	0,00	-2057,19	1190,39	895,58	0,00	2321,26	2592,29	0,00
ANNUALE	16717,89				0,00	-10454,49	6253,39	2891,87	0,00	12194,12	13403,59	0,00

Software certificato ANIT

SUITE ANIT

Giorni rimanenti: 332
 Codice abbonamento: 38628772

Software ANIT Sviluppato da TEP s.n.l.

LETO 5.1

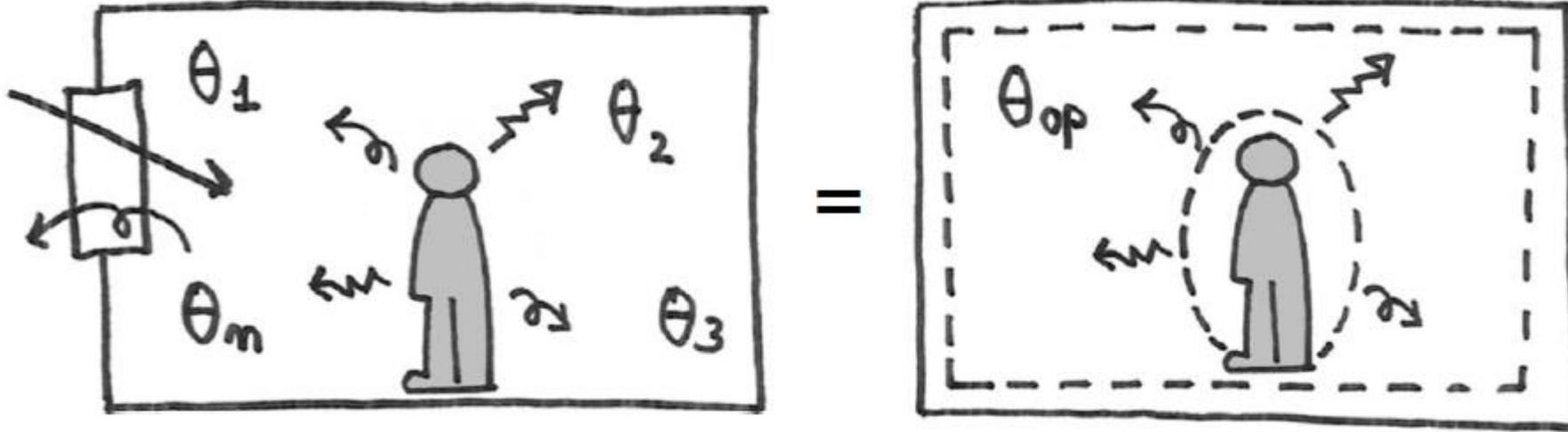
Analisi del fabbisogno energetico degli edifici secondo UNI/TS 11300 parte 1, 2, 3, 4, 5 e 6

Versione: 5.1.2.2 Anno aggiornamento: 2023/2024

Linea del presente software e dei relativi database sono di esclusiva competenza e responsabilità dell'autore. Tutti i diritti riservati. Qualsiasi riproduzione non autorizzata è vietata. Maggiori informazioni e contatti: www.anit.it - software@anit.it

Impatto sul comfort

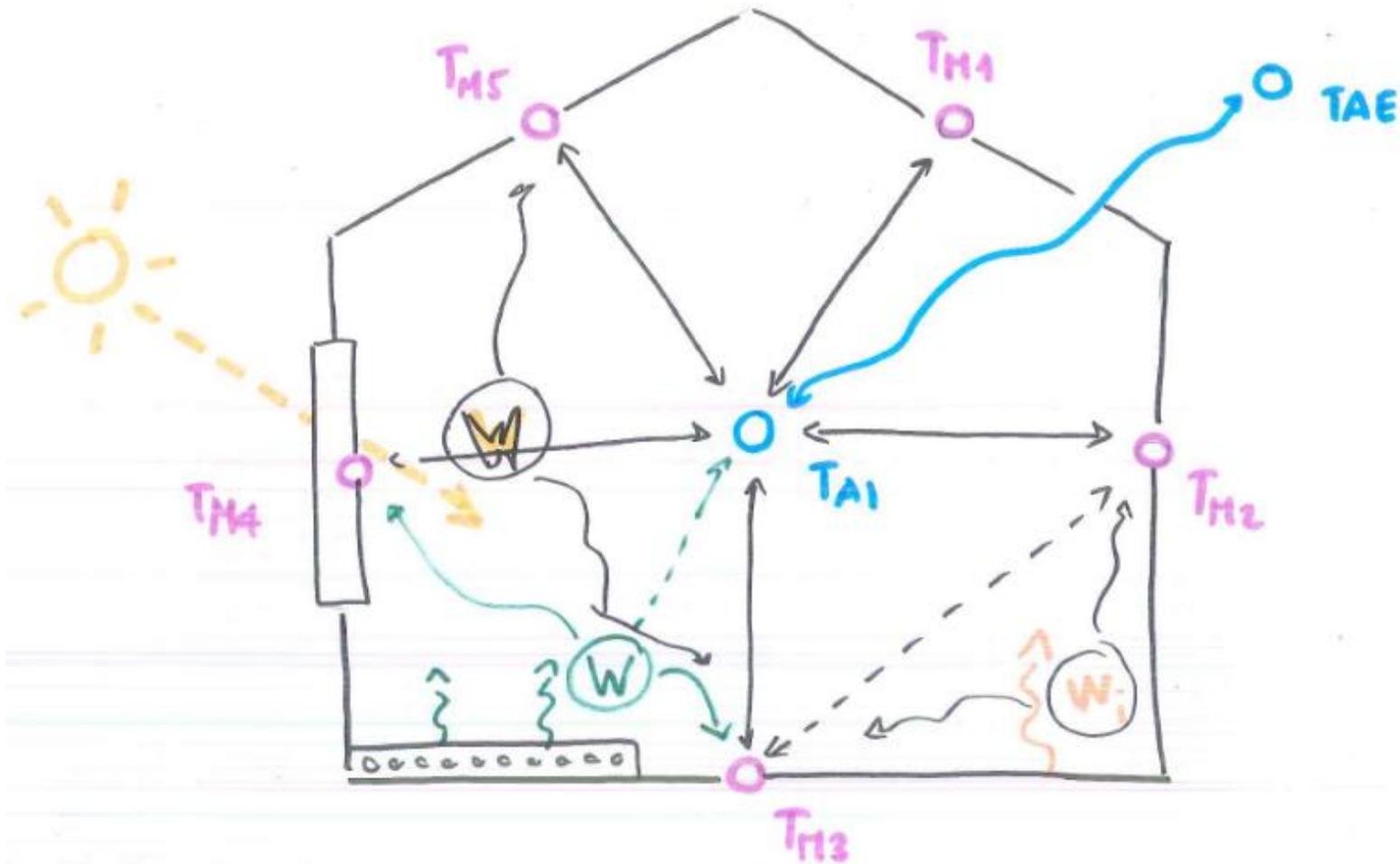
La temperatura percepita = temperatura operante (UNI EN ISO 52016)



Definizione:

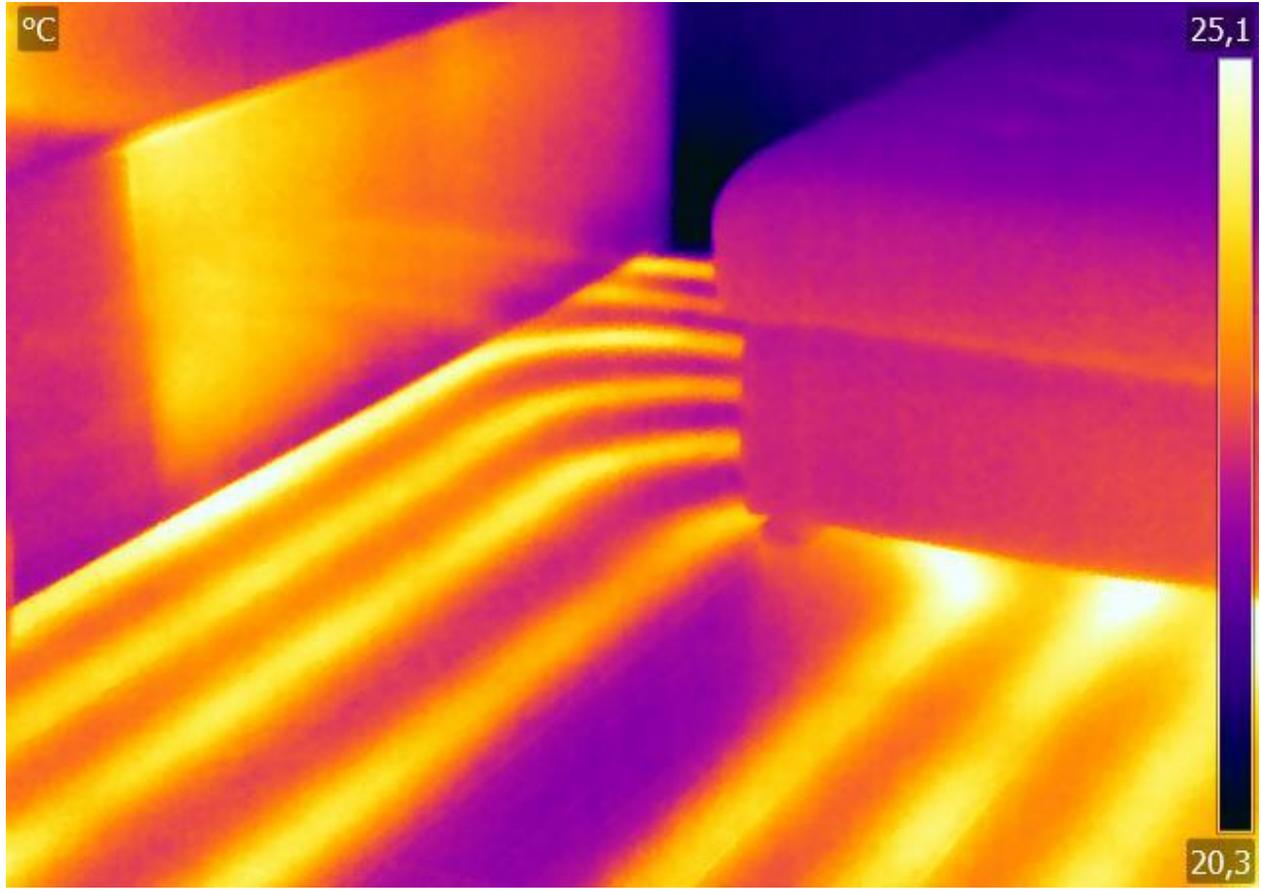
la temperatura operante è un parametro fittizio rappresentativo di un ambiente uniforme nel quale un soggetto scambierebbe la stessa potenza termica di un ambiente reale non uniforme.

Modelli di valutazione del comfort



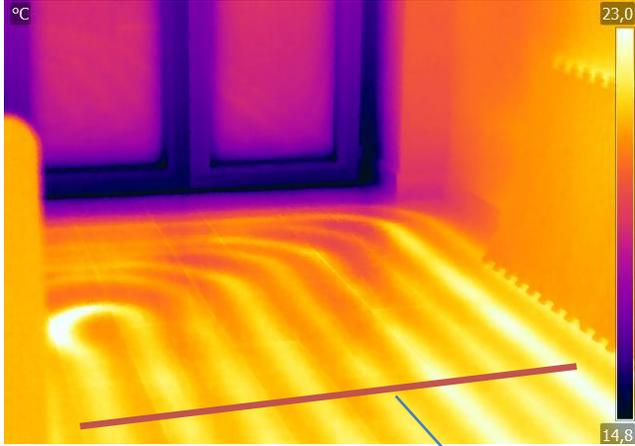
Bilancio tra i nodi e l'ambiente interno
(profilo ventilazione, carichi interni, apporti solari attraverso le finestre)

Collaudi strumentali



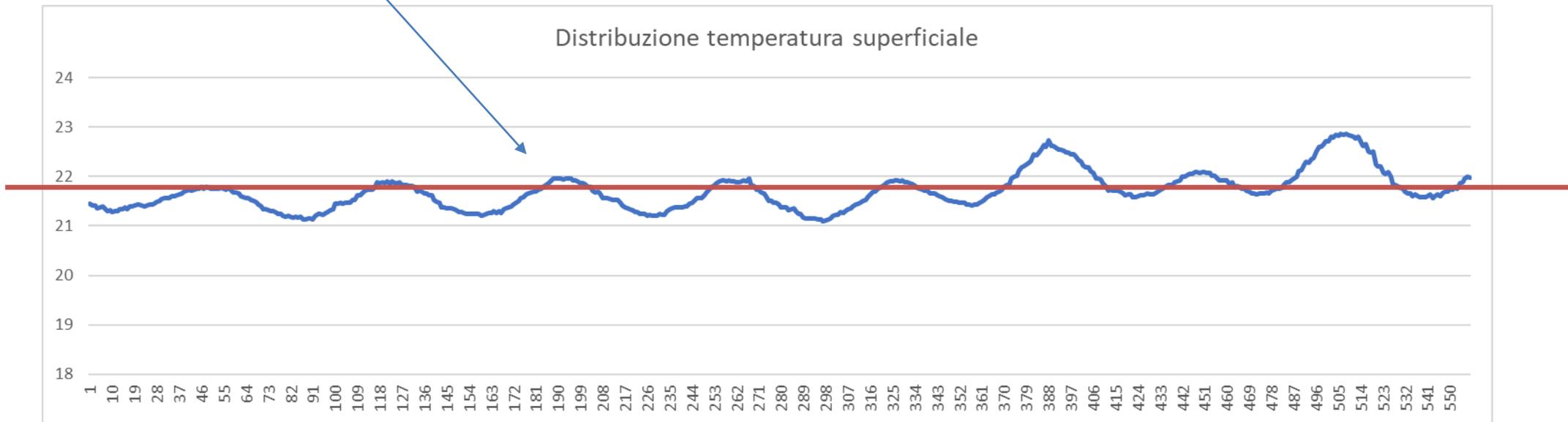
Temperatura massima = 24,4 °C, minima = 22,7 °C, media 23,5 °C

Collaudi strumentali



Ts media = 21,7 °C

Distribuzione temperatura superficiale





Grazie per l'attenzione