



CONSIGLIO NAZIONALE INGEGNERI

FONDAZIONE
CONSIGLIO NAZIONALE INGEGNERI



TERMOTECNICA-ELETTROTECNICA «Progettazione Impianti Termici»

Dimmi e dimenticherò.
Mostrami e ricorderò.
Coinvolgimi e capirò.



Confucio
filosofo cinese

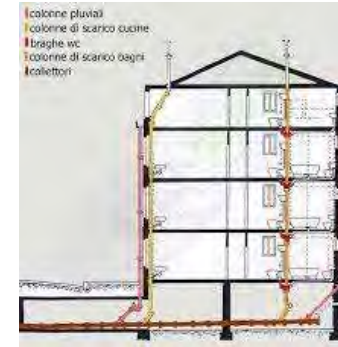
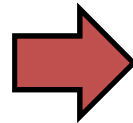
DATI E REQUISITI DI BASE PER LA PROGETTAZIONE

- ✓ Disposizioni legislative e normative tecniche
- ✓ Metodologie calcolo fabbisogno energia
- ✓ Metodologia calcolo fabbisogni potenza
- ✓ Caratteristiche dell'aria umida
- ✓ Diagrammi psicometrici
- ✓ Dimensionamento sottosistemi di distribuzione aria/acqua
- ✓ Scelta e dimensionamento dei sottosistemi di generazione
- ✓ Scelta e dimensionamento dei sottosistemi di emissione
- ✓ Scelta e dimensionamento dei sottosistemi regolazione
- ✓ Metodologie di rappresentazione dei progetti e scelte sui principi logici di funzionamento
- ✓ Capacità di analisi delle anomalie funzionali e soluzione

I VINCOLI CORRELATI AL PROGETTO

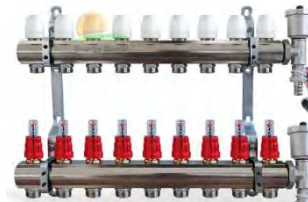
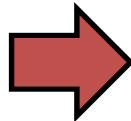
STRUTTURALI

Gli impianti pesano e interferiscono con gli elementi strutturali



ARCHITETTONICHE

Gli impianti occupano spazio



ULTERIORI RQUISITI



REQUISITI ELETTRICI
Gli impianti sono soggetti ad alimentazione, controllo, regolazione

Elenco attività D.M. 07/08/2012

Il progettista meccanico «DOVREBBE» fornire al progettista elettrico le modalità di interfacciamento elettrico di macchine e apparecchiature (Tensione, Assorbimenti, Protezioni), la logica di controllo, gli allarmi da acquisire, la tipologia di protocolli di comunicazione (ModBus, KNX, MBus, BacNet...)

ACUSTICA AMBIENTALE
Gli impianti fanno rumore

Requisiti acustici passivi, impatto acustico

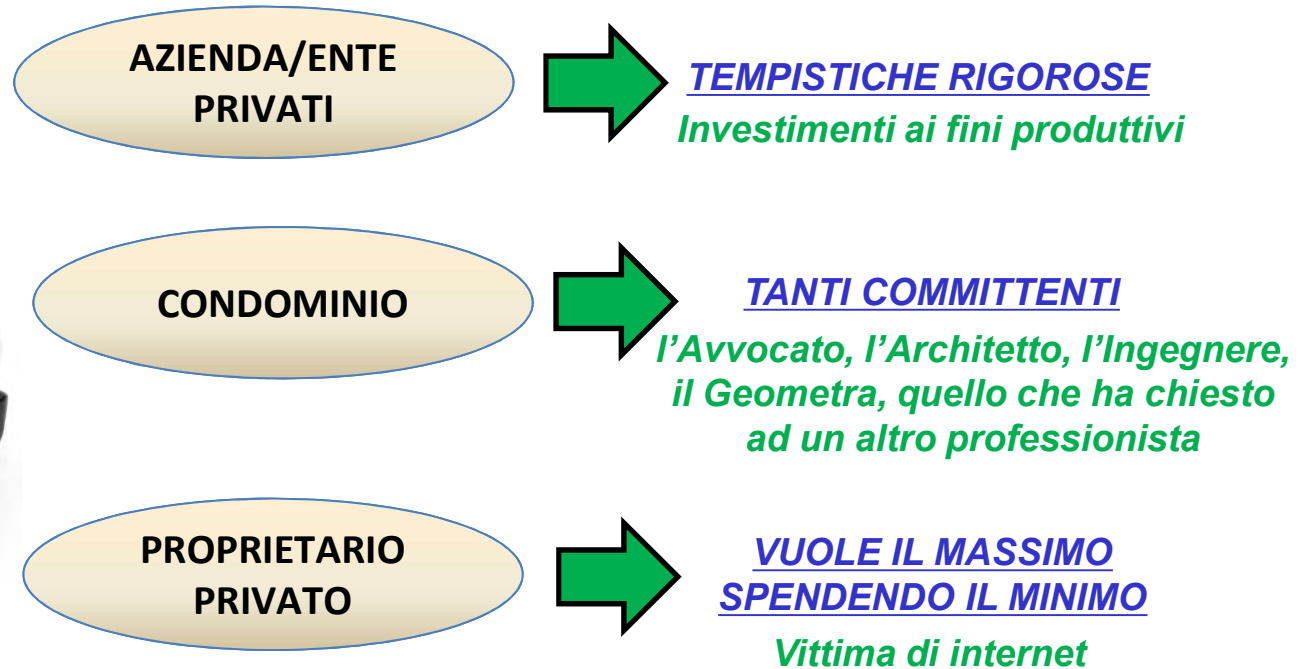
Il progettista meccanico «DOVREBBE» conoscere le problematiche connesse al rumore degli impianti

- Scarichi
- Adduzioni (cassette di cacciata)
- Unità di trattamento aria
- Chiller – Pompe di Calore

SICUREZZA
Gli impianti sono soggetti a manutenzione



IL COMMITTENTE (QUESTO SCONOSCIUTO)



DATI E REQUISITI DI BASE DEI PROGETTI DI IMPIANTI MECCANICI

**«OGNI IMPIANTO E' UN CASO A SE, NON ESISTONO IMPIANTI IDENTICI,
POSSONO SOLO ASSOMIGLIARSI»**

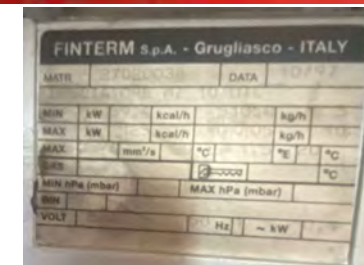
- 1) QUALI SONO LE CONDIZIONI INIZIALI ?
- 2) COSA MI VIENE RICHIESTO DI PROGETTARE
- 3) HO SUFFICIENTE CONOSCENZE PER PROCEDERE ?
- 4) QUALI SONO LE CONDIZIONI AL CONTORNO ?
- 5) QUALI SONO I DATI IN INGRESSO DA ACQUISIRE ?
- 6) QUALE DOCUMENTAZIONE HO A DISPOSIZIONE ?
- 7) QUALI SPAZI HO A DISPOSIZIONE ?
- 8) QUALI PRESTAZIONI DOVRO' OTTENERE ?
- 9) QUALI SONO I MARGINI DI TOLLERANZA ?
- 10) QUANTI GRADI DI LIBERTA' PROGETTUALE MI VENGONO CONCESSI ?
- 11) QUANTO TEMPO HO A DISPOSIZIONE
- 12) QUAL'E' IL LIVELLO DI DETTAGLIO DEL PROGETTO ?
- 13) COSA SI ASPETTA DA ME IL COMMITTENTE



14/03/2024

ESEMPIO – Progetto impiantistico attività produttiva

Committente : Azienda Privata



14/03/2024

ESEMPIO – Riqualficazione impiantistica attività produttiva

LE RICHIESTE DEL COMMITTENTE

- **Nuovo impianto di climatizzazione invernale ed estiva**
- **Recupero di aerotermini e ventilconvettori dismessi da altre realtà**
- **Durata dei nuovi impianti non inferiore a 20 anni**
- **Limitati costi di manutenzione annuali**
- **Accesso ad incentivi fiscali**
- **Tempi di esecuzione dell'intervento 90 giorni**
- **Possibilità di raffrescare e riscaldare contemporaneamente**
- **No prevenzione incendi**
- **No INAIL**



LE INFORMAZIONI E I DATI A DISPOSIZIONE

- **Planimetrie in formato DWG**

ESEMPIO – Riqualificazione impiantistica attività produttiva

DATI IN INGRESSO DIRETTI

- **Architettura del complesso sportivo**
- **Apparecchiature impiantistiche esistenti**
- **Profili di utilizzo degli impianti in relazione alle esigenze produttive (area di collaudo macchine tester capannone grande e area spedizioni capannone piccolo)**

DATI IN INGRESSO DA CALCOLO

- **Fabbisogni di potenza termica tramite modellazione con software di calcolo**

CONFIGURAZIONE IMPIANTISTICA

- **Generazione del calore (numero e caratteristiche)**
- **Distribuzione (tipologia)**
- **Regolazione (logica operativa)**

**QUALE SAREBBE
PER VOI LA
MIGLIORE
SOLUZIONE ?**

CONOSCENZA DI NORME TECNICHE, LEGGI NAZIONALI E REGIONALI E REGOLAMENTI DI ATTUAZIONE

ART. 5 comma 3 D.M. 37/2008

I progetti degli impianti sono elaborati secondo la regola dell'arte. I progetti elaborati in conformità alla vigente normativa e alle indicazioni delle guide e alle norme dell'UNI, del CEI o di altri Enti di normalizzazione appartenenti agli Stati membri dell'Unione europea o che sono parti contraenti dell'accordo sullo spazio economico europeo, si considerano redatti secondo la regola dell'arte.

OVE SONO DISPONIBILI NORME TECNICHE SULLA PROGETTAZIONE VANNO UTILIZZATE

14/03/2024

RIFERIMENTI LEGISLATIVI

Sicurezza Impianti

Regio Decreto 15/05/1927 n. 824

D.M. 01/12/1975 Raccolta «E», Raccolta «R» Raccolta «H»

Direttiva 2014/29/UE recipienti in pressione (D.Lgs 82/2016)

Lettere Circolari

Disposizioni Prevenzione Incendi

D.M. 03/08/2015 «Norme tecniche di prevenzione incendi»

Decreti Ministeriali per attività diverse

Disposizioni in materia di efficienza energetica

Decreto Legislativo 192/2005

Legge 10/91 (In vigore)

D.P.R. 412/93 (In vigore)

D.P.R. 74/2013

D.M. 26/06/2015

D.Lgs 102/2014 e s.m.i.

Leggi e regolamenti regionali

14/03/2024

RIFERIMENTI LEGISLATIVI

Ambiente

D.Lgs 152/2006 e s.m.i. (Emissioni in atmosfera, scarichi, ecc.)
Leggi e Regolamenti regionali

Acustica Ambientale

Legge 26/10/1995 n. 447 Legge quadro in materia di acustica ambientale
D.P.C.M. 05/12/1997 requisiti acustici passivi
D.Lgs 42/2017 Armonizzazione della normativa nazionale in materia di inquinamento acustico

14/03/2024

APPARECCHIATURE COMPONENTI (Massima efficienza)

PROGETTARE UN IMPIANTO = SCEGLIERE MATERIALI, APPARECCHIATURE E COMPONENTI CHE TRA DI LORO ASSEMBLATI GARANTISCONO FUNZIONALITA'; EFFICIENZA, PRESTAZIONI STABILI NEL TEMPO, MANUTENIBILITA' E ASSISTENZA TECNICA PROFESSIONALE DA PARTE DEI PRODUTTORI

SCEGLIERE UN COMPONENTE DI IMPIANTO = POSSIBILITA' DI SINERGIA CON IL PRODUTTORE DEL COMPONENTE (REGOLE PROGETTUALI)

SCEGLIERE UN COMPONENTE = DISPONIBILITA' DI MANUALI TECNICI E MODALITA' DI POSA DA INDICARE NEGLI ELABORATI DI PROGETTO

SCEGLIERE UN COMPONENTE = POSSIBILITA' DI ADATTARLO ANCHE IN APPLICAZIONI NON PREVISTE DAL PRODUTTORE (cit. Non mi interessa per cosa è stato progettato mi interessa cosa può fare)

PROGETTI CON INDICAZIONI SOMMARIE E GENERICHE DELLE CARATTERISTICHE DI MATERIALI E COMPONENTI PRODURRANNO IMPIANTI MEDIOCRI IL CUI OBIETTIVO E' IL COSTO E NON LA QUALITA'

IMPIANTI DI NUOVA PROGETTAZIONE

Completa definizione delle condizioni al contorno

Scelte progettuali



- Elementi architettonici
- Strutture portanti
- Scelte impiantistiche

**Risultati delle valutazioni
analitiche**



- Calcolo dei fabbisogni termici
- Calcolo delle portate dei fluidi termovettori
- Calcolo perdite di carico
- Calcolo dei fabbisogni energetici
- Progetto impianto termico e dimensionamenti

IMPIANTI ESISTENTI



Condizioni al contorno definite

- Ricostruzione degli elementi architettonici (rilievo, archivio edilizio)
- Rilievo degli elementi impiantistici esistenti
- Modello analitico del sistema edificio/impianto



Risultati delle valutazioni analitiche

- Determinazione delle nuove prestazioni impiantistiche
- Definizione della taglia del/dei sottosistemi di generazione
- Definizione (ove richiesto) dei sottosistemi di distribuzione, emissione e regolazione
- Schemi funzionali di progetto, progettazione del sistema di termoregolazione e ulteriori interventi di bilanciamento sul sistema di distribuzione (**sovente trascurato**)

PARAMETRI PROGETTUALI

GENERATORI DI CALORE

- Potenza nominale
- Portata nominale (salto termico)
- Limiti funzionali (es. PdC aria/acqua)
- Perdita di carico (es. per scambiatori di calore)
- Caratteristiche (es. alto/basso contenuto d'acqua)

ELETTROPOMPE / VENTILATORI

- Portata nominale
- Limiti funzionali (curve di lavoro)
- Perdita di carico (punto di lavoro)
- Caratteristiche (On-Off, controllo remoto, inverter)

SISTEMI DI INTERCETTAZIONE

- Tipologia (sfera, otturatore, farfalla)
- Materiali
- Perdita di carico
- Manutenibilità

PARAMETRI PROGETTUALI

SISTEMI DI EMISSIONE

- Temperature nominali di esercizio (es. radiatori, pannelli radianti, travi fredde)
- Portata nominale (radiatori, sistemi radianti, diffusori aeraulici)
- Perdita di carico
- Limiti funzionali (temperatura, portata)

DISTRIBUZIONE

- Dimensioni (diametri, sezioni)
- Perdite di carico (tubazioni, canalizzazioni)
- Tipologia di fluidi ammissibili
- Temperature di esercizio
- Dilatazione

REGOLAZIONE

- Tipologia (Proporzionale, PD, PID)
- Punti di controllo
- Protocollo di comunicazione
- Tipologia di interfaccia

TIPOLOGIE IMPIANTISTICHE

- **IMPIANTI DI RISCALDAMENTO TRADIZIONALI**
 - **Autonomi/Centralizzati**
 - **Con sistema emissivo a radiatori/ventilconvettori/radianti**
 - **Con caldaia a combustibile solido/liquido/gassoso**
 - **Con pompa di calore (aria/acqua, geotermia bassa entalpia)**
 - **Ibridi**

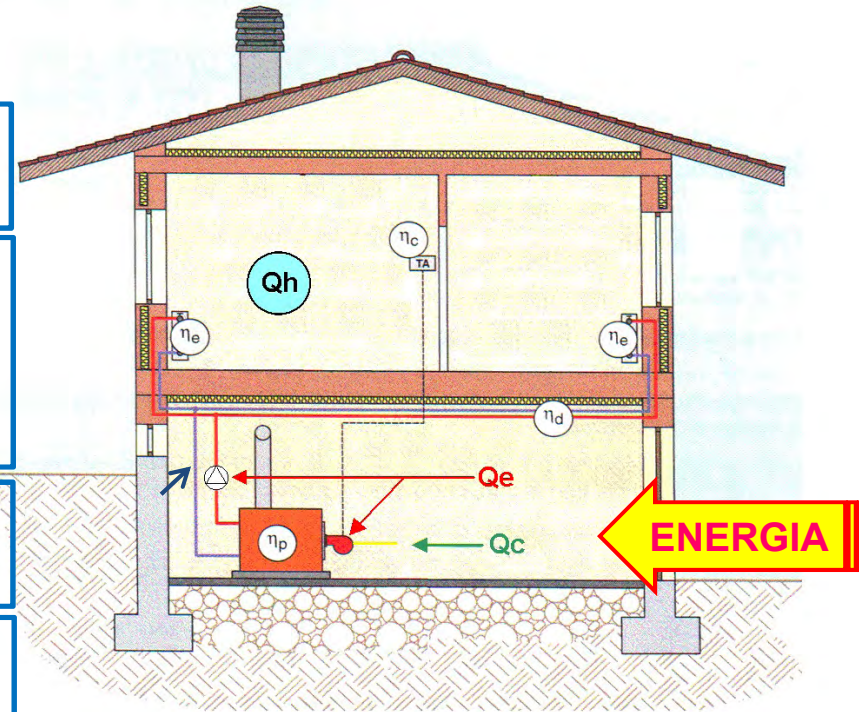
- **IMPIANTI DI CLIMATIZZAZIONE INVERNALE/ESTIVO**
 - **Per edifici di civile abitazione / terziario**
 - **Impianti misti radiatori/radianti/ventilconvettori**
 - **Con integrazione aria primaria**
 - **A tutt'aria esterna (con recupero calore)**
 - **Con caldaia + chiller**
 - **Con Pompa di Calore reversibile**
 - **Con sistemi RoofTop integrati**

14/03/2024

I SOTTO SISTEMI IMPIANTISTICI ED IL LORO DIMENSIONAMENTO

I sottosistemi dell'impianto di riscaldamento

- **Generazione:**
Conversione del vettore energetico
- **Accumulo:**
Disaccoppiamento temporale di generazione ed utilizzo del calore (puffer, separatori idraulici ove previsti)
- **Distribuzione:**
Trasporto del calore nell'edificio
- **Emissione:**
Trasferimento del calore in ambiente
- **Regolazione:**
Decidere quando, dove e quanto calore emettere in ambiente
Non ha nulla a che vedere con la regolazione del generatore





Sottosistema di generazione

Sistema preposto alla conversione in energia termica di altre forme di energia (chimica del combustibile, elettrica, ecc), nella quota richiesta dal o dai sistemi impiantistici ad esso connessi. Può essere costituito da uno o più generatori termici, anche di diversa tipologia e impiegati vettori energetici diversi, operanti in modo differenziato a seconda delle logiche di gestione adottate.

Caldaie a condensazione

■ Caratteristiche qualificanti

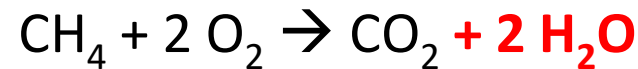
- **DT finale Fumi – Acqua di ritorno impianto ridotto** a tutti i regimi di potenza
- Campo di **modulazione** della potenza
- Stabilità della **regolazione dell'eccesso d'aria**
- **Portata minima d'acqua** di funzionamento espressa come:
 - minima portata richiesta
 - massimo ΔT sopportabile
 - richiesta di installazione di un compensatore idraulico
- Sensibilità alla qualità dell'acqua
- Tipo di circolazione dell'acqua al loro interno
- Livello tecnologico dei sistemi di regolazione

■ Tipologie principali

- Ad elevato contenuto d'acqua
- A basso contenuto d'acqua, fusione di alluminio, corpi di acciaio ed altri
- A basso contenuto d'acqua, tubo alettato

La condensazione

- Nella caldaia, dopo la combustione si deve trasferire il calore all'acqua = **RAFFREDDARE I FUMI**



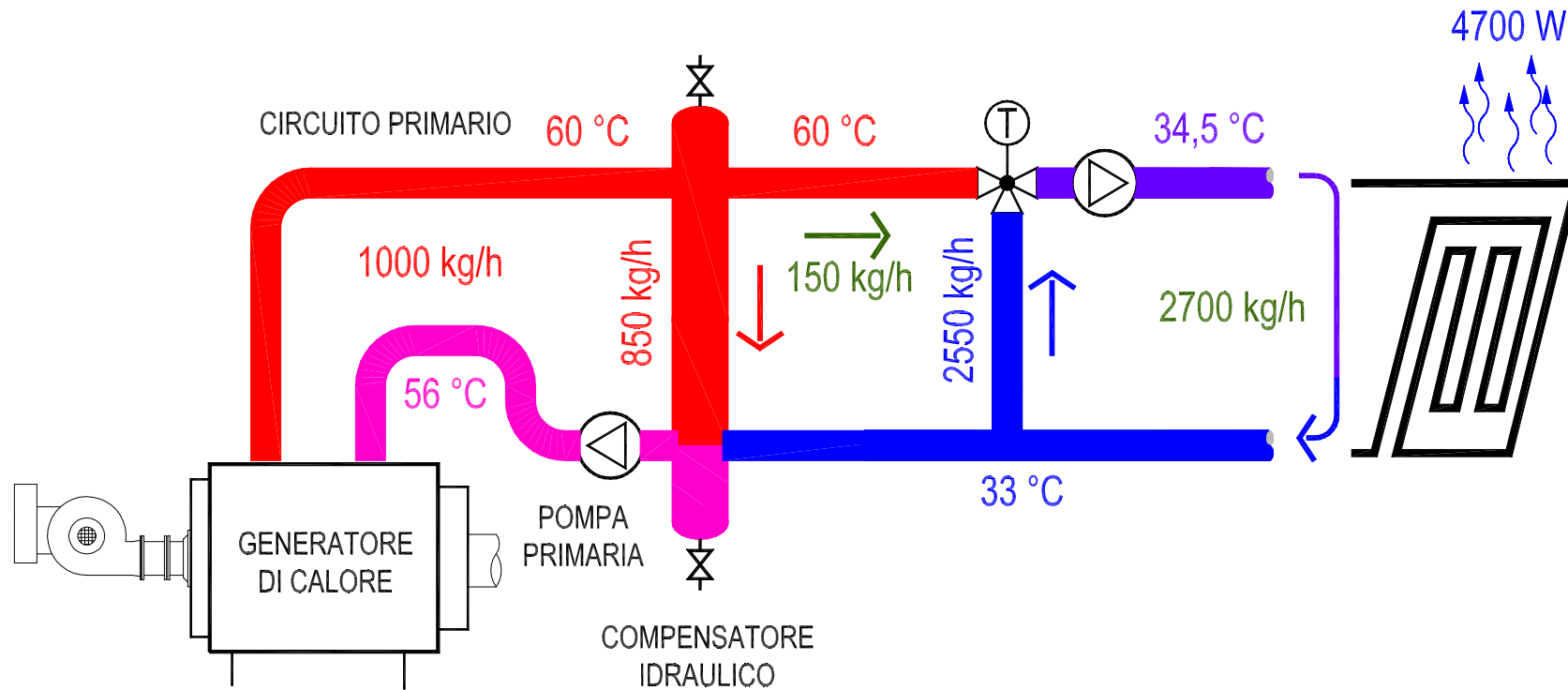
I fumi contengono vapor acqueo:

- **In passato:** non si poteva far condensare l'acqua:
potere calorifico inferiore (34425 kJ/Nm³)
- **Oggi:** possiamo far condensare il vapor d'acqua contenuto nei fumi:
potere calorifico superiore (38162 kJ/Nm³)
- La caldaia a condensazione rende di più
 - perché i fumi escono a temperatura inferiore:
30-70 ° C al posto di 120-160 ° C delle migliori caldaie tradizionali
= + 3-6% sul rendimento di combustione
 - perché condensa in camera di combustione parte del vapor d'acqua
contenuto nei fumi: fino a \cong +10%
 - perché le perdite a vuoto sono modeste

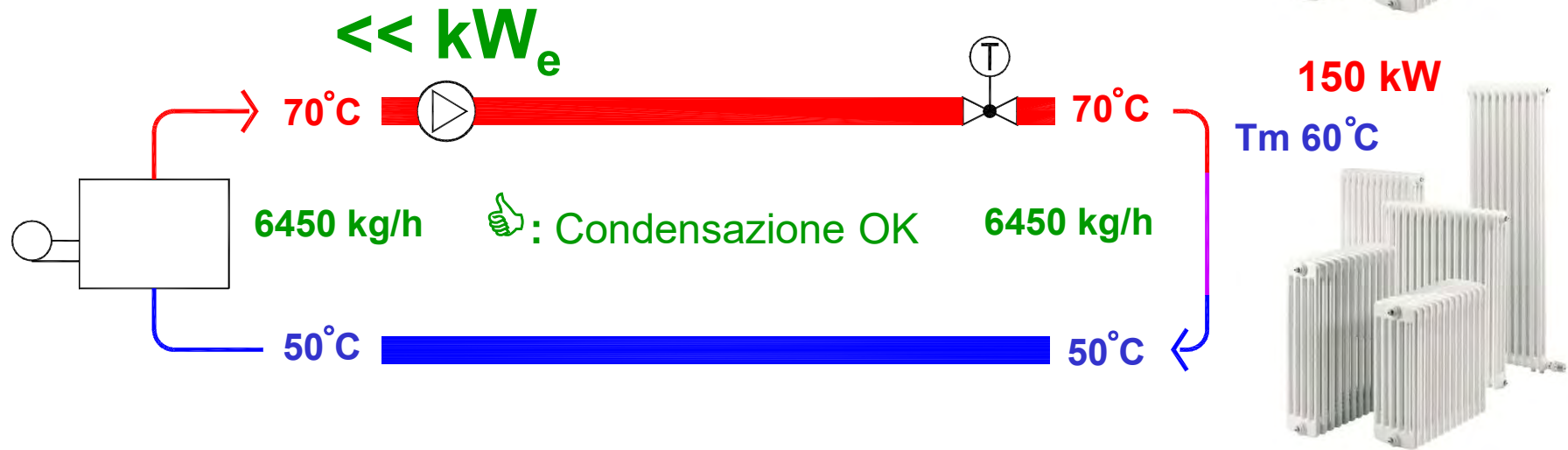
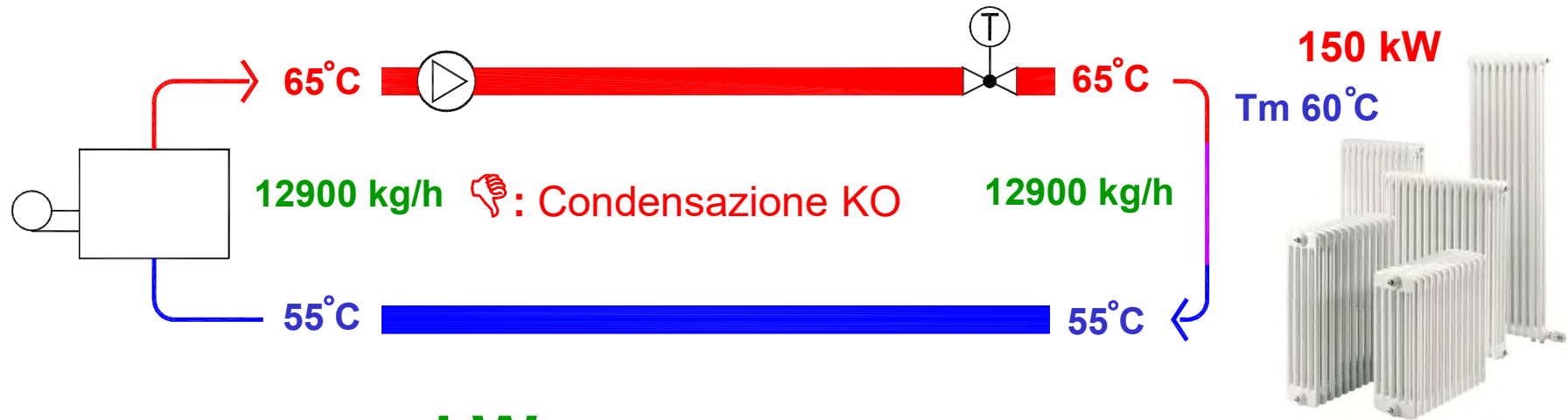
Composizione percentuale dei fumi di combustione del metano

	O₂= 0% f.s. Combustione stechiometrica	O₂= 3% f.s. Combustione ben condotta	O₂= 6% f.s. Combustione accettabile	O₂= 9% f.s. Combustione in forte eccesso d'aria
CO₂ [%]	9.46	8.21	6.93	5.62
H₂O [%]	18.92	16.43	13.87	11.23
O₂ [%]	0.00	2.75	5.58	8.49
N₂ [%]	71.62	72.60	73.62	74.66
Punto di rugiada [° C]	59,2	56,2	52,6	48,1

Come NON condensare con un impianto «a bassa temperatura»

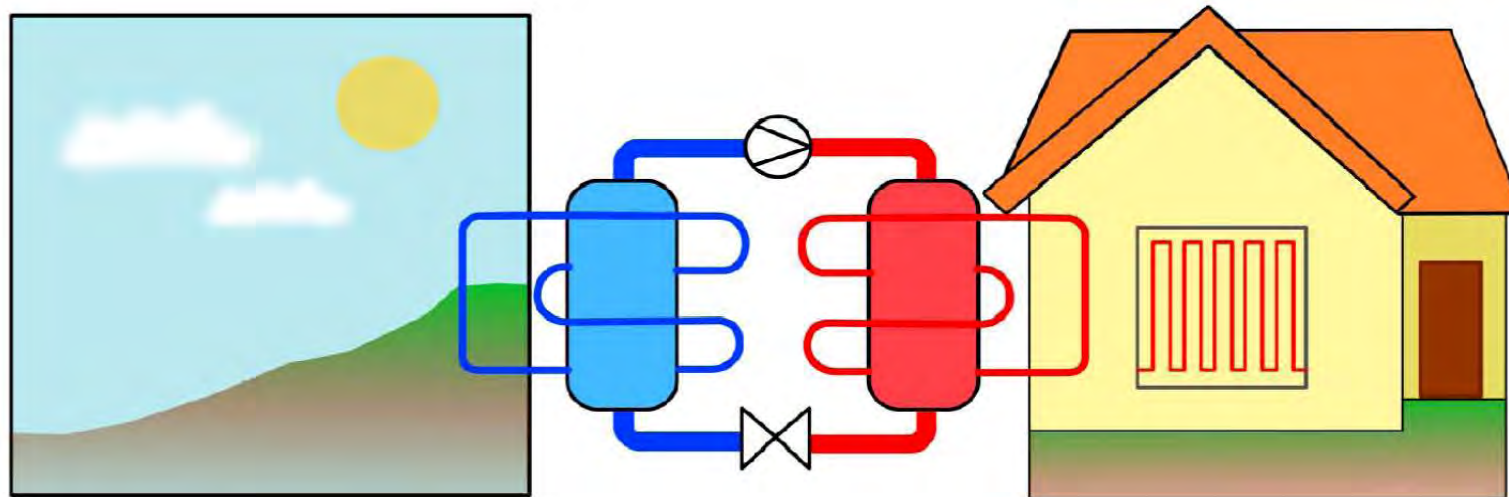


Come NON condensare con un impianto «a radiatori»



Pompa di calore

E' una macchina che consente di trasferire del calore da un sistema a bassa temperatura (sorgente fredda) ad un sistema a temperatura maggiore (sorgente calda). Si basa sul principio di applicazione dei cicli termodinamici frigoriferi.



Il circuito frigorifero è l'organo che, attraverso cambiamenti di stato dei fluidi, rende possibile il trasferimento di energia termica

Pompa di calore

Il calore sottratto viene ricaricato sul gas per effetto dell'evaporazione e successivamente scaricato per effetto della condensazione.

La quantità di calore trasferita è proporzionale alla massa di gas che viene fatta evaporare compressa e fatta liquefare.

.....In sintesi

All'aumentare del salto di temperatura, il salto di pressione e quindi il lavoro (energia) di compressione aumentano.



Il COP diminuisce

Al diminuire della temperatura di evaporazione diminuisce la massa di gas trasferito (la densità del gas diminuisce)



Diminuisce la potenza utile

All'aumentare della temperatura di condensazione, la pressione e quindi il lavoro (energia) di compressione aumentano



Aumenta la potenza assorbita dal compressore

Pompa di calore

...attualmente esistono 3 grandi categorie di pompa di calore

ELETTRICHE, funzionanti per mezzo di un compressore alimentato elettricamente



COP: per la funzione riscaldamento di una pompa di calore è il rapporto fra energia termica fornita alla sorgente calda e l'energia elettrica complessiva spesa. **EER:** per la funzione raffreddamento è il rapporto tra l'energia frigorifera asportata dalla sorgente fredda e l'energia elettrica complessiva spesa.

Per PdC reversibili a compressione $EER=COP-1$

AD ASSORBIMENTO, funzionanti per mezzo di un bruciatore alimentato a metano o a GPL



GUE (Gas Utilization Efficiency), per riscaldamento il GUE di una pompa di calore ad assorbimento è il rapporto fra energia termica fornita alla sorgente calda rapportato all'energia primaria del combustibile utilizzato calcolato al PCI.

EER, per raffrescamento di una pompa di calore ad assorbimento è il rapporto fra energia frigorifera asportata alla sorgente fredda rapportato all'energia primaria del combustibile utilizzato calcolato al PCI.

MOTORE ENDOTERMICO, il compressore viene alimentato da un motore a combustione interna a ciclo Otto. Tale sistema è in grado di produrre contemporaneamente 2 forme di energia (meccanica e termica) da una unica sorgente primaria



GUE/EER stessa definizione delle macchine ad assorbimento

Pompa di calore

In funzione dei mezzi di scambio con gli ambienti, esterno ed interno, si ha poi una seconda classificazione delle pompe di calore, distinte in:



ARIA-ACQUA (sorgente fredda aria, sorgente calda acqua)



ARIA-ARIA (sorgente fredda aria, sorgente calda aria)



ACQUA-ACQUA (sorgente fredda acqua, sorgente calda acqua)



TERRA-ACQUA (sorgente fredda sottosuolo, sorgente calda acqua)

.... Occorre pertanto definire il tipo di sorgente fredda/calda da utilizzare

Pompa di calore

Scelta della sorgente FREDDA



UNI/TS 11300-4

Fonte di energia	Tipologia fonte di energia sfruttata	Modalità di estrazione
Acqua di falda, di mare, di lago o di fiume	Rinnovabile "idrotermica"	Raffreddamento acque superficiali
Aria esterna	Rinnovabile "aerothermica"	Raffreddamento e deumidificazione dell'aria esterna
Aria interna, aria interna (da espulsione)	Non rinnovabile se proveniente da sistemi impieganti energie fossili, ad esclusione dell'aria di espulsione	Raffreddamento e deumidificazione dell'aria interna di espulsione in sistemi di recupero
Terreno climaticamente perturbato	Rinnovabile "geotermica"	Raffreddamento del sottosuolo
Terreno non climaticamente perturbato	Rinnovabile "geotermica"	Raffreddamento del sottosuolo
Acqua di risulta e liquami da processi biologici	Non rinnovabile	Raffreddamento acque e/o liquami di processo
Liquami urbani	Assimilabile a rinnovabile	Raffreddamento liquami urbani

.... Deve essere la temperatura più alta possibile

Pompa di calore

Scelta della sorgente CALDA



UNI/TS 11300-4 e UNI/TS 11300-2

Tipo sorgente	Temp. in gioco	Pro e contro
Aria interna: con sistemi ad espansione diretta oppure impianto canalizzato	Basse	Costo elettrico elevato per la movimentazione dell'aria
Acqua: pannelli radianti	Basse/Molto basse	Temperature molto basse sovradimensionando i pannelli Utilizzabili parzialmente in raffrescamento (carico sensibile)
Acqua: ventilconvettori	Medie/Alte	Utilizzabili anche in raffrescamento e deumidificazione Rumorosi e inducono a consumi elettrici
Acqua: radiatori	Alte	Utilizzabili solamente con forte sovradimensionamento Non utilizzabili in raffrescamento

.... Deve avere la temperatura più BASSA possibile, necessario quindi il calcolo della temperatura dell'impianto

Pompa di calore – I dati caratteristici

Le TEMPERATURE delle sorgenti calda e fredda



Ridurre la temperatura di mandata dell'impianto



Utilizzare sorgenti esterne a temperatura più alta possibile

I limiti di funzionamento, TEMPERATURE DI CUT-OFF per PdC con sorgente fredda aria



Definiscono il campo di funzionamento

Il FATTORE DI CARICO, delle sorgenti calda e fredda



A carico parziale il COP cambia (di norma peggiora)

La temperatura di BRINAMENTO della Pompa di Calore



Per Pompe di Calore con sorgente fredda aria esterna

MODALITA' DI FUNZIONAMENTO della Pompa di Calore

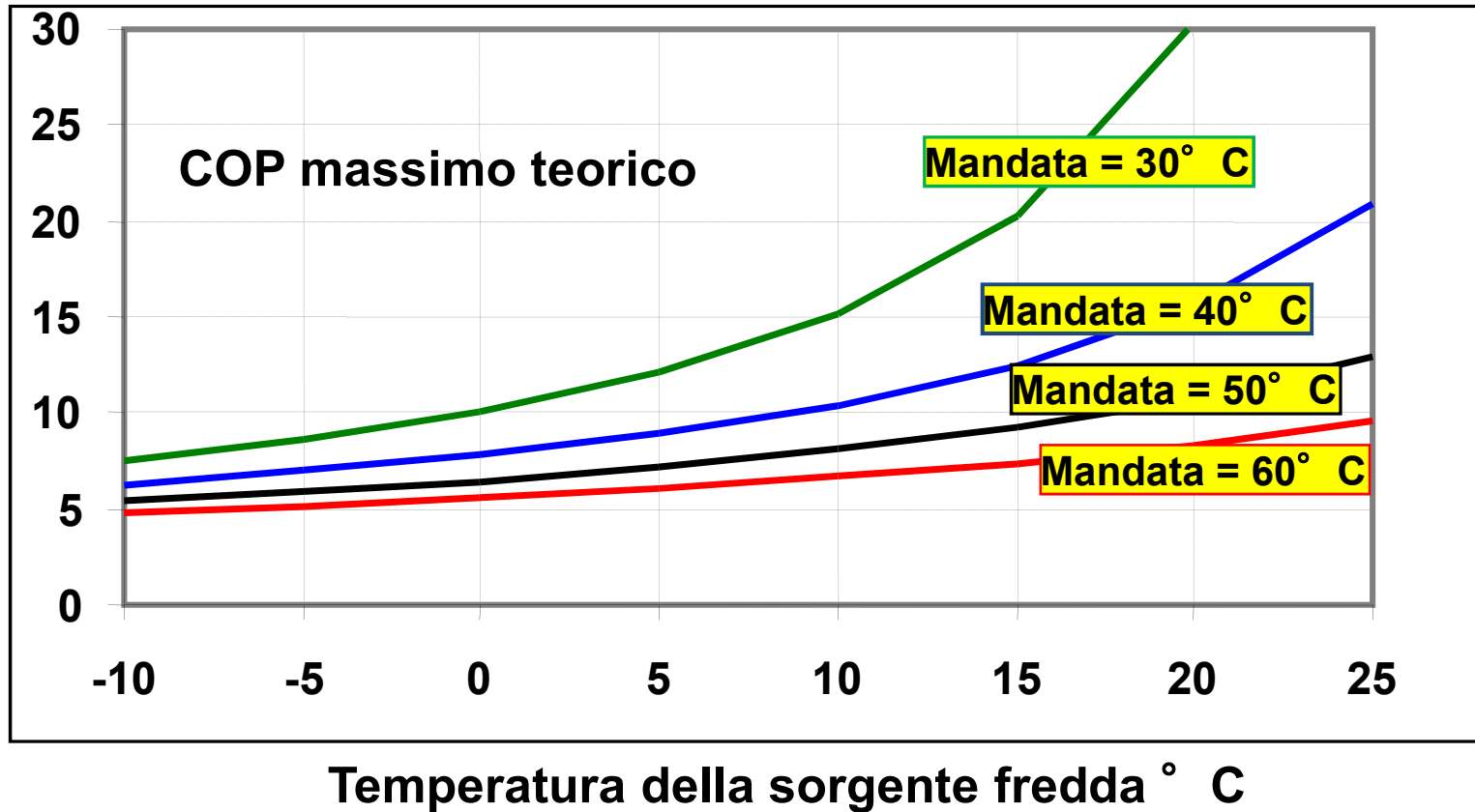


Unità con funzionamento On-Off



Unità a potenza variabile (modulante)

I limiti teorici della Pompa di calore



$$\text{COP}_{\text{MAX}} = \frac{T_{\text{abs,HOT}}}{T_{\text{abs,HOT}} - T_{\text{abs,COLD}}} = \frac{T_{\text{°C,HOT}} + 273,15}{\Delta T}$$

Pompa di calore – I dati caratteristici

... la potenza utile erogabile



Dipende fortemente dalle temperature delle sorgenti fredda e calda



Diminuisce al ridursi della temperatura della sorgente fredda



Le prestazioni sono minime in condizioni di esigente progettuali massime

...Non esiste UNA POTENZA UTILE



Esiste solamente una potenza massima nominale



Generalmente le macchine sono identificate con sigle che riferiscono la potenza utile e il COP con aria esterna a 7°C , che non è la condizione di progetto

Esempio: A7/W25, identifica una pompa di calore Aria-Acqua e significa che i dati prestazionali indicati (Pu e COP) si riferiscono ad una temperatura di 7°C e ad una temperatura di mandata pari a 35°C

Parametri di riferimento per PdC elettriche soggette ad agevolazioni fiscali (Dm 06/08/2020)

Tabella 1 - Coefficienti di prestazione minimi per pompe di calore elettriche

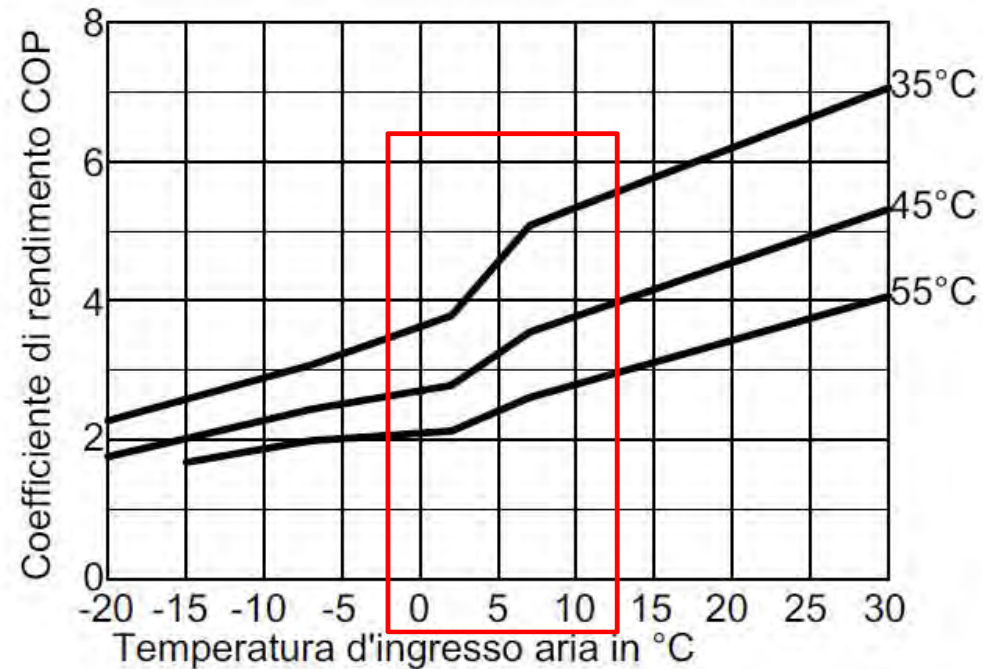
Tipo di pompa di calore	Ambiente esterno [°C]	Ambiente interno [°C]	COP	EER
Ambiente esterno/interno				
aria/aria	Bulbo secco all'entrata: 7 Bulbo umido all'entrata: 6	Bulbo secco all'entrata: 20 Bulbo umido all'entrata: 15	3,9 ⁶	3,4
aria/acqua potenza termica utile riscaldamento ≤ 35 kW	Bulbo secco all'entrata: 7 Bulbo umido all'entrata: 6	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	4,1	3,8
aria/acqua potenza termica utile riscaldamento >35 kW	Bulbo secco all'entrata: 7 Bulbo umido all'entrata: 6	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	3,8	3,5
salamoia/aria	Temperatura entrata: 0	Bulbo secco all'entrata: 20 Bulbo umido all'entrata: 15	4,3	4,4
salamoia/ acqua	Temperatura entrata: 0	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	4,3	4,4
acqua/aria	Temperatura entrata: 10 Temperatura uscita: 7	Bulbo secco all'entrata: 20 Bulbo umido entrata: 15	4,7	4,4
acqua/acqua	Temperatura entrata: 10	Temperatura entrata: 30 Temperatura uscita: 35	5,1	5,1

⁶Per i soli sistemi di tipo rooftop il COP minimo è pari a 3,2

nel caso di pompe di calore elettriche o a gas dotate di variatore di velocità (inverter o altra tipologia), i pertinenti sono ridotti del 5%.

Pompa di calore – I dati caratteristici

Sorgente fredda aria



Curve caratteristiche in funzione della temperatura di mandata:

- Ⓐ Potenzialità con temperature di mandata 35 °C, 45 °C, 55 °C
- Ⓑ Potenza elettrica assorbita riscaldamento a temperature di mandata 35 °C, 45 °C, 55 °C

Avvertenza

- I dati del coefficiente di rendimento COP delle tabelle e dei grafici seguenti sono stati calcolati in base alla norma EN 14511.
- Le indicazioni di rendimento si riferiscono ad apparecchi nuovi con scambiatori di calore a piastre puliti.

14/03/2024

Pompa di calore – I dati caratteristici - il Cut-Off

...Esempio PdC aria acqua rendimenti macchina

Tw out [°C]	30			35			40			45			50			55		
Tao [°Obs]	Cap [kW]	Input [kW]	COP	Cap [kW]	Input [kW]	COP	Cap [kW]	Input [kW]	COP	Cap [kW]	Input [kW]	COP	Cap [kW]	Input [kW]	COP	Cap [kW]	Input [kW]	COP
-25	10,50	5,36	1,96	10,50	5,71	1,84	10,50	6,10	1,72	10,50	6,56	1,60						
-20	13,25	5,34	2,48	13,25	5,71	2,32	13,25	6,16	2,15	13,25	6,69	1,98	12,59	6,92	1,82			
-7	16,00	4,62	3,46	16,00	4,89	3,27	16,00	5,11	3,13	16,00	5,37	2,98	16,00	5,93	2,70	16,00	6,64	2,41
-4	16,00	4,27	3,75	16,00	4,47	3,58	16,00	4,71	3,40	16,00	4,97	3,22	16,00	5,52	2,90	16,00	6,20	2,58
-2	16,00	3,85	4,16	16,00	4,23	3,78	16,00	4,47	3,58	16,00	4,73	3,38	16,00	5,25	3,05	16,00	5,88	2,72
2	16,00	3,50	4,57	16,00	3,82	4,19	16,00	4,05	3,95	16,00	4,31	3,71	16,00	4,78	3,35	16,00	5,37	2,98
7	16,00	3,15	5,08	16,00	3,40	4,70	16,00	3,63	4,41	16,00	3,87	4,13	16,00	4,30	3,72	16,00	4,83	3,31
10	16,00	2,82	5,67	16,00	3,05	5,24	16,00	3,33	4,80	16,00	3,66	4,37	16,00	4,06	3,94	16,00	4,56	3,51
15	16,00	2,58	6,20	16,00	2,79	5,73	16,00	3,04	5,26	16,00	3,34	4,79	16,00	3,70	4,32	16,00	4,17	3,84

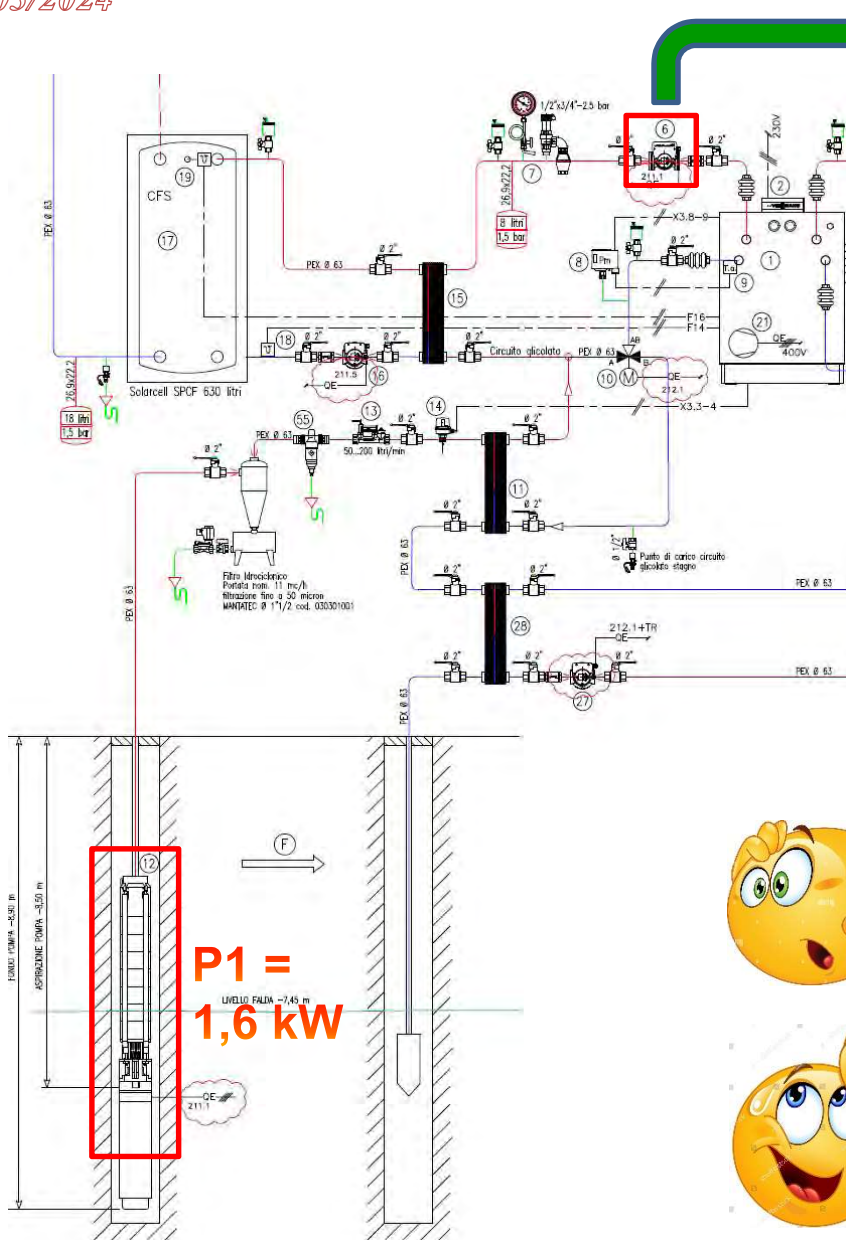
BASSA TEMPERATURA: 35°C

Temperatura aria esterna [°C]	CARICO PARZIALE (W35)		
	Fattore di carico CR	Potenza termica erogata [kW]	COP
-7	88%	10,90	3,09
2	54%	6,60	4,33
7	35%	5,00	5,90
12	15%	5,30	8,15

MEDIA TEMPERATURA: 55°C

Temperatura aria esterna [°C]	CARICO PARZIALE (W55)		
	Fattore di carico CR	Potenza termica erogata [kW]	COP
-7	88%	10,70	2,13
2	54%	6,50	3,34
7	35%	5,20	4,65
12	15%	4,60	6,58

14/03/2024



P2 = 0,3 kW

**ATTENZIONE ALLE PdC
ACQUA/ACQUA –
TERRA/ACQUA
Acqua 35-30
P_t = 34,7 kW**

P_e Teorico = 5,7 kW

COP_{Teorico} = 6,1

P_e Reale = 7,6 kW

COP_{Reale} = 4,57

**NON TUTTO E' ORO
QUEL CHE LUCCICA**



COP SEMPRE COSTANTE

SISTEMI IBRIDI

SONO DISPONIBILI ENTRAMBE LE TIPOLOGIE DI GENERATORI

POMPA DI CALORE CON FUNZIONE PRIMARIA

GENERATORE DI CALORE A COMBUSTIBILE GASSOSO, LIQUIDO (SOLIDO ?)

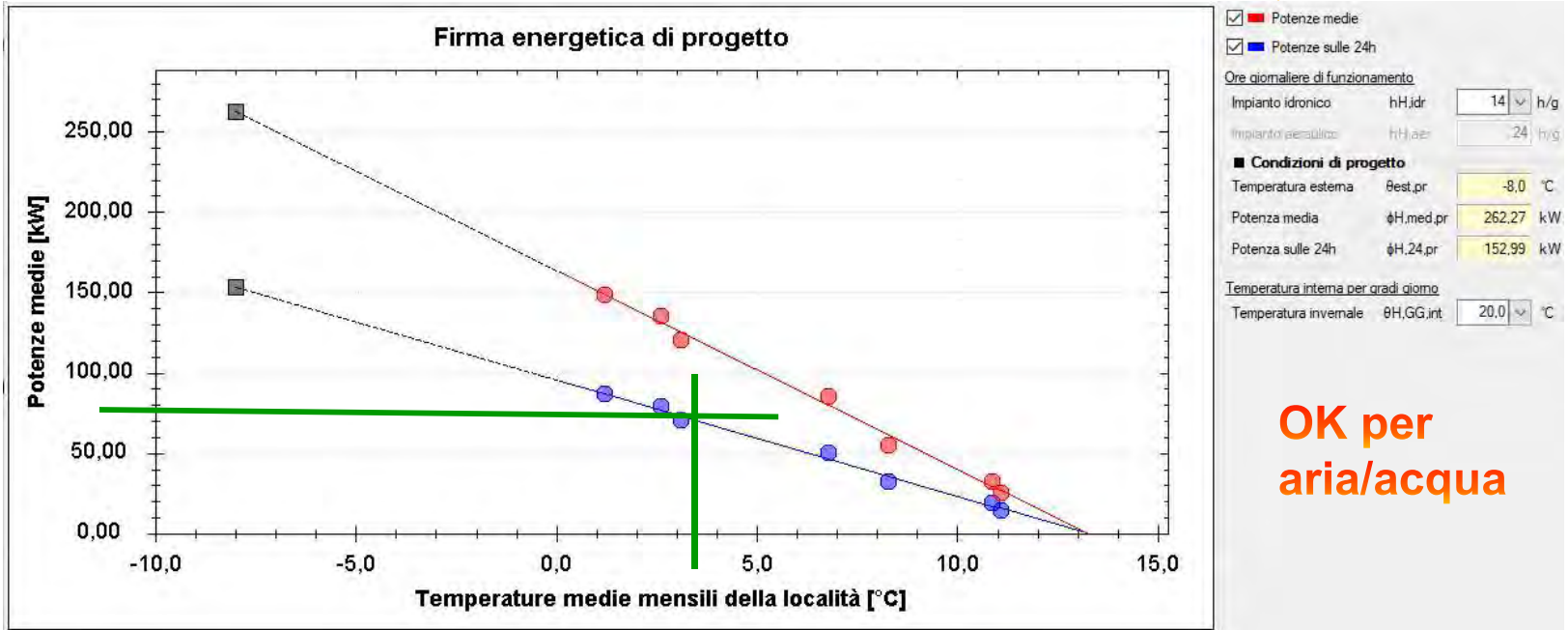
(funzione di integrazione e/o di backup)

Impianti Ibridi Pompa di Calore Caldaia a Condensazione in caso di agevolazioni fiscali

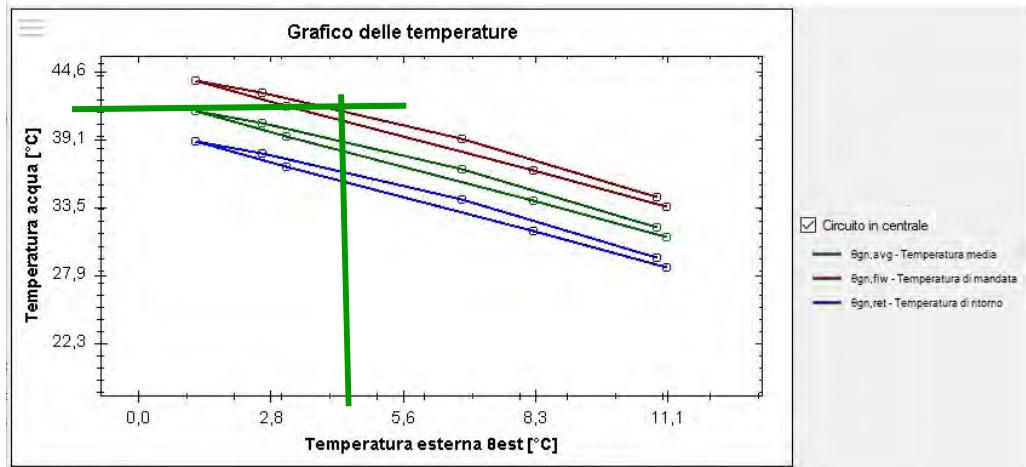
- a) Il sistema ibrido è costituito da pompa di calore e caldaia a condensazione, *espressamente realizzati e concepiti dal fabbricante per funzionare in abbinamento tra loro* (Factory Made)
- b) Il rapporto tra la potenza termica utile nominale della pompa di calore e la potenza termica utile nominale della caldaia *deve essere minore o uguale a 0,5*
- c) Il COP/GUE della pompa di calore rispetta i limiti di cui all'allegato F del Decreto
- d) La caldaia è del tipo a condensazione con rendimento termico utile, a carico pari al 100% della potenza termica utile nominale (per le caldaie ad acqua con temperature minima e massima rispettivamente di 60 e 80 ° C) maggiore o uguale a $93 + 2 \log(P_n)$, dove $\log(P_n)$ è il logaritmo in base 10 della potenza utile nominale del singolo generatore. Per valori di P_n maggiori di 400 kW si applica il limite massimo corrispondente a 400 kW
- e) Per impianti di potenza utile della caldaia superiore a 100 kW, il bruciatore deve essere di tipo modulante, la regolazione climatica deve agire direttamente sul bruciatore, deve essere installata una pompa di tipo elettronico a giri variabili o sistemi assimilabili e il sistema di distribuzione deve essere messo a punto ed equilibrato in relazione alle portate

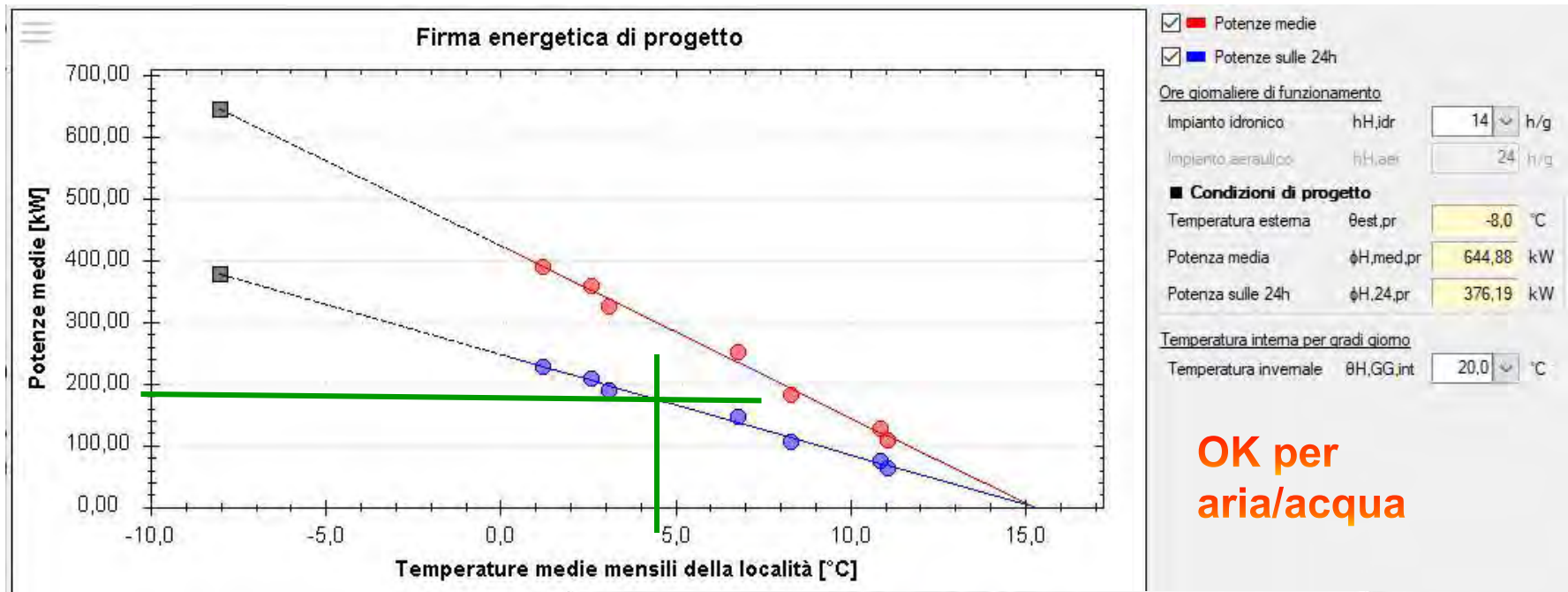
14/03/2024

PERCHE' IL RAPPORTO TRA POTENZE NOMINALI DI PdC E CALDAIA DEVE ESSERE AL MASSIMO 0,5 ?



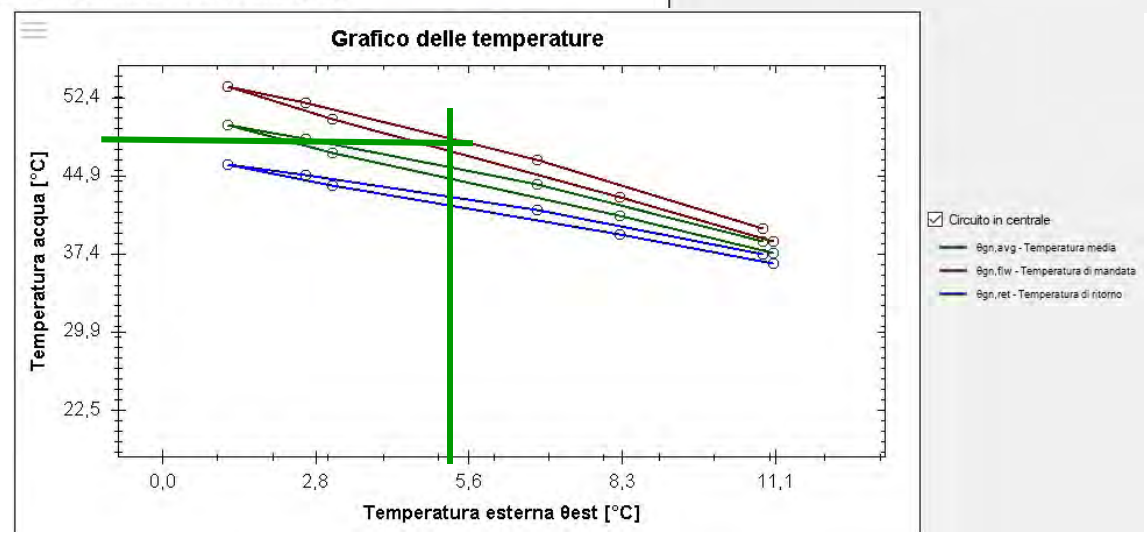
EDIFICIO
ISOLATO
REQUISITI
SUPERBONUS





OK per
aria/acqua

STESSO EDIFICIO
NON ISOLATO



14/03/2024

DIMENSIONAMENTO GENERATORI DI CALORE

IMPIANTI DI NUOVA PROGETTAZIONE



Completa definizione delle condizioni al contorno

- Elementi architettonici
- Strutture portanti
- Scelte impiantistiche



Risultati delle valutazioni analitiche

- Calcolo dei fabbisogni termici secondo UNI EN 12831
- Calcolo dei fabbisogni energetici UNI TS 11300-1 UNI TS 11300-2
- Confronto e verifica dei risultati
- Progetto impianto termico e dimensionamenti

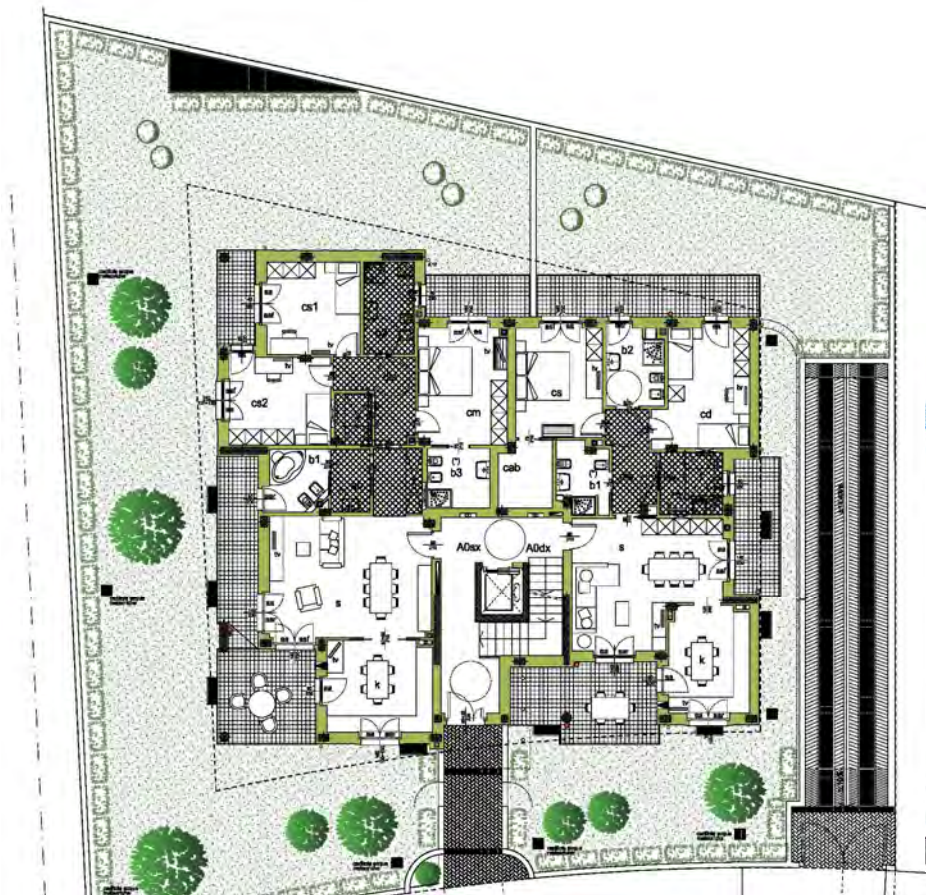
14/03/2024

Edifici di nuova costruzione

Esempio 1

PICCOLA PALAZZINA

5 Unità Immobiliari



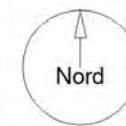
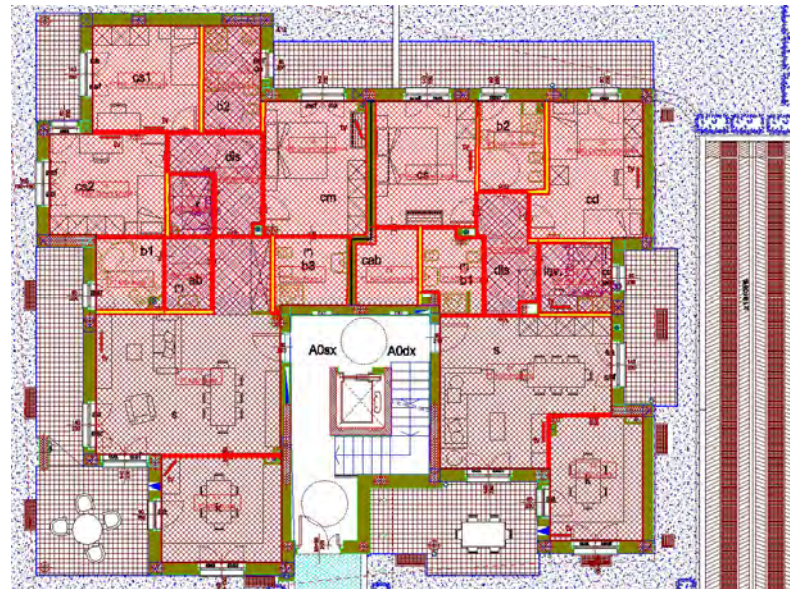
14/03/2024

Edifici di nuova costruzione

Dimensionamento

PER IL DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO E' NECESSARIO DETERMINARE I FABBISOGNI DI POTENZA TERMICA PER OGNI SINGOLO LOCALE

Gli input grafici ai sistemi di calcolo devono tenere in debita considerazione tutte le condizioni al contorno per avere il massimo numero di informazioni per il dimensionamento degli elementi caratteristici delle singole apparecchiature.



Edifici di nuova costruzione

Potenza dispersa per trasmissione, ventilazione, effetto intermittenza e coefficiente di sicurezza									
Locale	Zona	Descrizione	θ_i [°C]	V [m³]	Φ_{tr} [W]	Φ_{ve} [W]	Φ_{rh} [W]	Φ_{hl} [W]	$\Phi_{hl}(+5\%)$ [W]
1	1	PT A0Sx Cucina	20,0	35,9	557	63	0	621	652
2	1	PT A0Sx Salotto	20,0	85,9	820	151	0	971	1020
3	1	PT A0Sx Bagno 1	20,0	13,7	174	159	0	333	350
4	1	PT A0Sx Anti Bagno 1	20,0	9,2	13	107	0	119	125
5	1	PT A0Sx Disimpegno	20,0	18,2	26	32	0	58	61
6	1	PT A0Sx Camera Singola 2	20,0	33,1	386	58	0	444	466
7	1	PT A0Sx Ripostiglio	20,0	7,2	10	35	0	44	46
8	1	PT A0Sx Camera Matrimoniale	20,0	38,3	355	67	0	422	444
9	1	PT A0Sx Bagno 3	20,0	11,0	41	127	0	169	177
10	1	PT A0Sx Cabina Armadi	20,0	17,0	82	82	0	165	173
11	1	PT A0Sx Camera Singola 1	20,0	31,7	437	56	0	493	518
12	1	PT A0Sx Bagno 2	20,0	16,8	227	195	0	423	444
1	2	PT A0Dx Salotto	20,0	44,8	448	79	0	527	553
2	2	PT A0Dx Cucina	20,0	33,0	615	382	0	998	1047
3	2	PT A0Dx Stiereria	20,0	17,5	280	31	0	311	327
4	2	PT A0Dx Disimpegno	20,0	17,1	31	30	0	61	64

Risultati					
Dettaglio dispersioni			Totali		
Potenza dispersa per trasmissione	Φ_{tr}	16422 W	Volume totale	V	1457,4 m³
Potenza dispersa per ventilazione	Φ_{ve}	6042 W	Potenza totale	Φ_{hl}	22464 W
Potenza dispersa per intermittenza	Φ_{rh}	0 W	Potenza totale, con fattore di sicurezza	Φ_{hl} sic	23587 W

Sup. Utile 534 m²

Pot. Specifica media

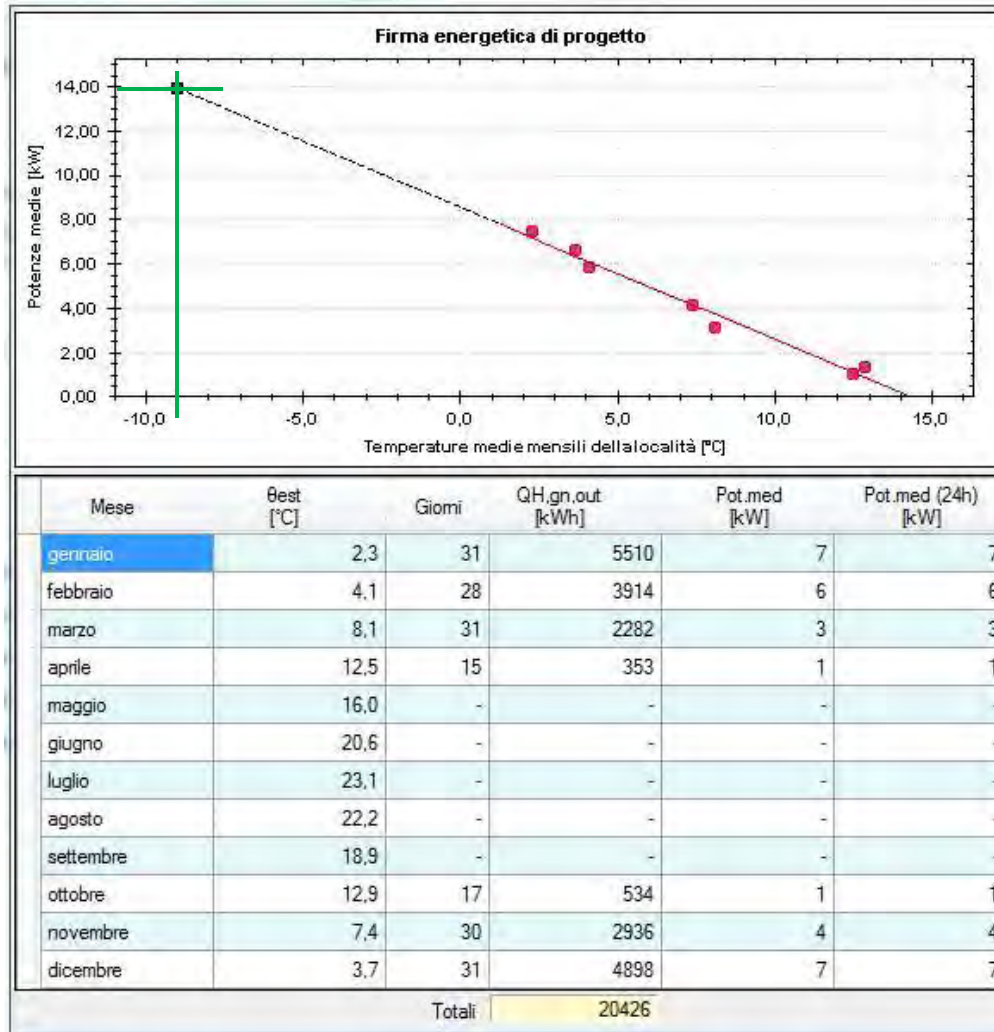
di progetto 44,2 W/m²

Totale lordo 23,6 kW

di cui 6,0 kW per ventilazione

N.B.: L'impianto è stato previsto con ventilazione meccanica controllata a doppio flusso con recuperatore di calore ad alta efficienza con rendimento sempre >0,8 in qualsiasi condizione termigrometrica ma ai fini del calcolo della potenza termica la norma UNI EN 12831 non se ne tiene conto (rischio di forti sovradimensionamenti della PdC)

Edifici di nuova costruzione



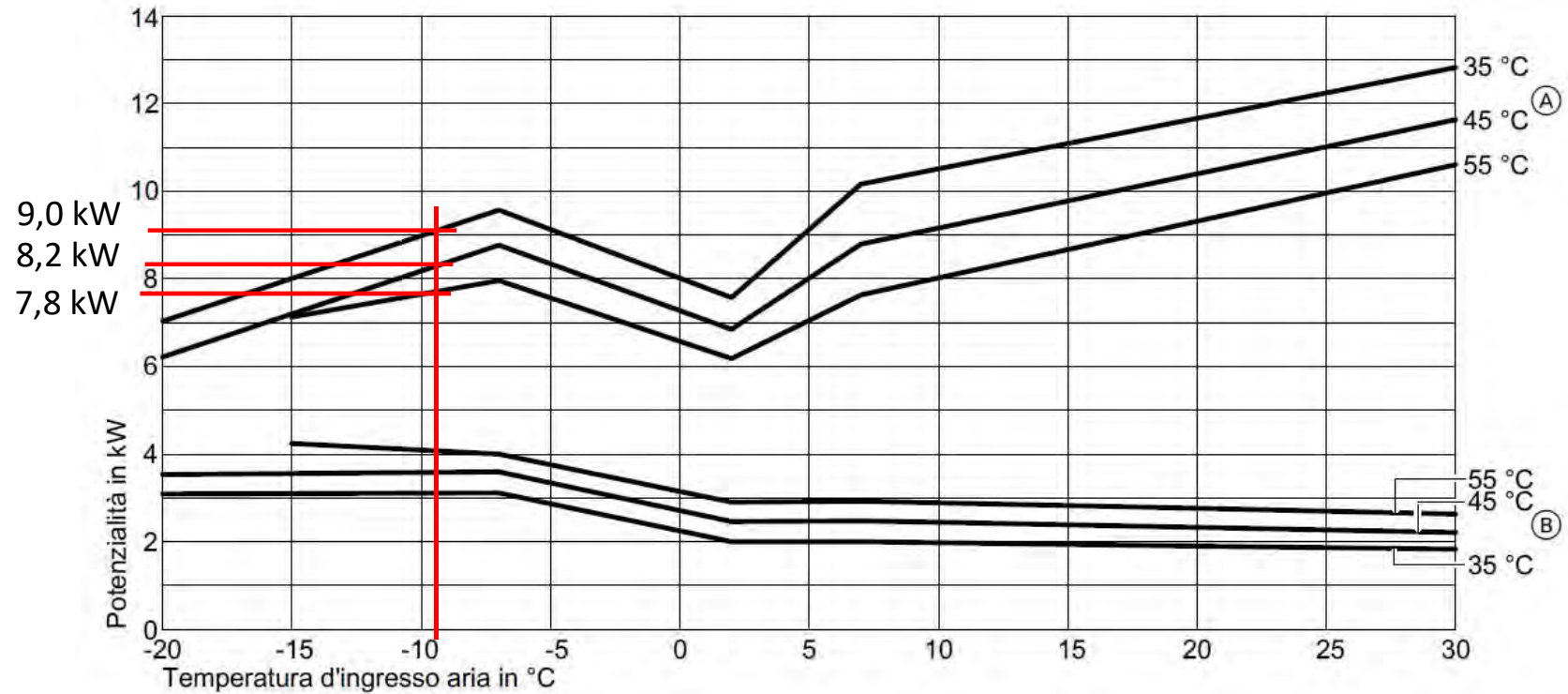
Dimensionamento della potenza termica della pompa di calore con il metodo della firma energetica sulla base dei fabbisogni di energia

Alla T esterna di progetto il fabbisogno di potenza termica del generatore è pari a 14 kW e non 23 come da calcolo delle dispersioni.

Il calcolo delle dispersioni non tiene conto degli apporti gratuiti e non tiene conto del recupero del calore nella ventilazione meccanica ove presente

Edifici di nuova costruzione

Riscaldamento



Sono necessarie almeno 2 pompe di calore e un sistema di integrazione (soprattutto per la produzione di acqua calda sanitaria) e di backup

3 Pompe di calore sarebbero sovradimensionate

Edifici di nuova costruzione

Funzionamento	W	°C	35				
	A	°C	-20	-15	-7	2	7
Potenzialità		kW	7,04	8,01	9,57	7,57	10,16
Potenza elettrica assorbita		kW	3,09	3,10	3,11	2,00	2,00
Coefficiente di rendimento ϵ (COP)			2,28	2,59	3,08	3,79	5,08

Funzionamento	W	°C	45				
	A	°C	-20	-15	-7	2	7
Potenzialità		kW	6,22	7,20	8,77	6,85	8,79
Potenza elettrica assorbita		kW	3,54	3,56	3,59	2,46	2,48
Coefficiente di rendimento ϵ (COP)			1,76	2,02	2,44	2,78	3,55

Funzionamento	W	°C	55				
	A	°C	-20	-15	-7	2	7
Potenzialità		kW		6,31	7,96	6,18	7,64
Potenza elettrica assorbita		kW		4,07	4,00	2,90	2,93
Coefficiente di rendimento ϵ (COP)				1,55	1,99	2,13	2,61

RIQUALIFICAZIONE DI IMPIANTI IN EDIFICI ESISTENTI



Condizioni al contorno non definite

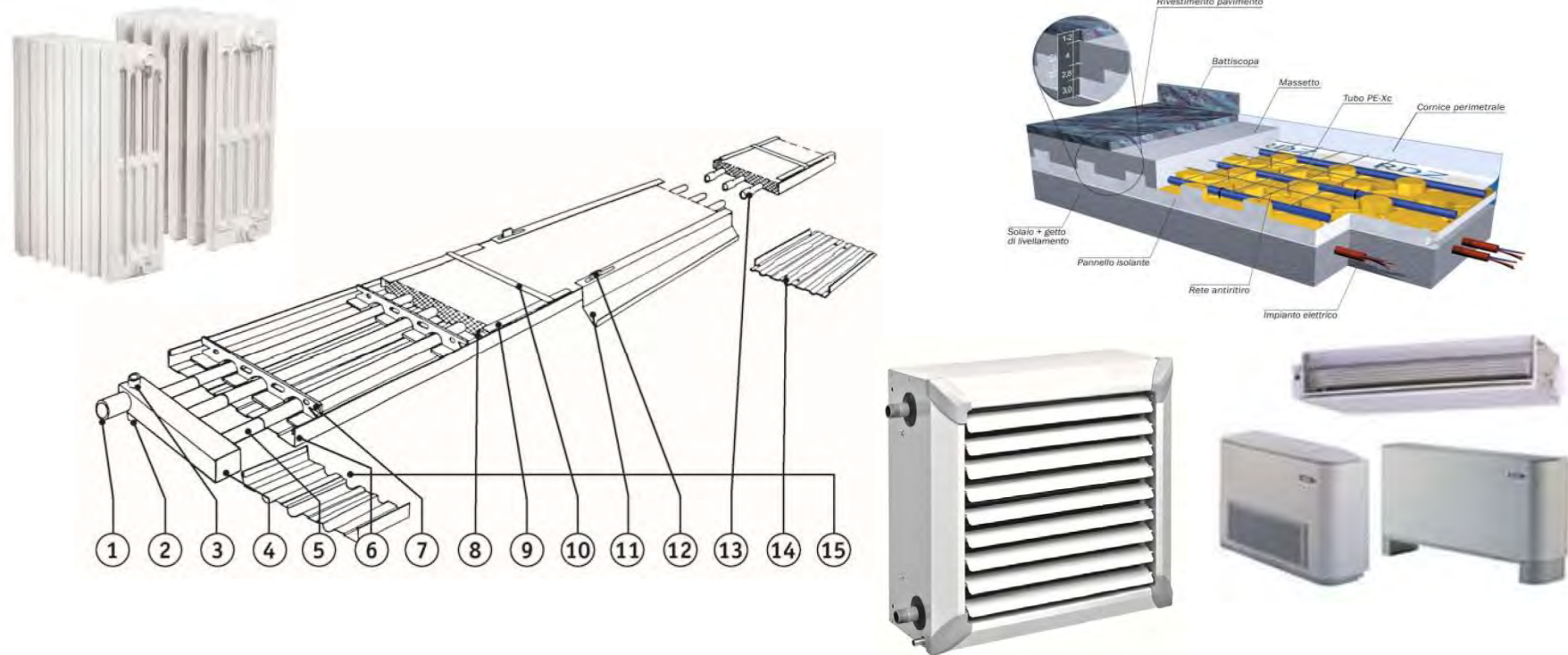
- Ricostruzione degli elementi architettonici (rilievo, archivio storico)
- Rilievo degli elementi impiantistici esistenti (generatore di calore e sistema di emissione)
- Ricostruzione dei consumi energetici (firma energetica)
- Modello matematico del sistema edificio/impianto



Risultati delle valutazioni analitiche

- Marca, modello e taglia del/dei generatori di calore (sulla base dei reali interventi)
- Schemi funzionali di progetto, progettazione del sistema di termoregolazione e ulteriori interventi di bilanciamento sul sistema di distribuzione (**sovente trascurato**)

Sottosistema di emissione



Sistema preposto all'immissione dell'energia termica al fine di contrastare la quantità di energia in uscita dall'involucro edilizio.

Relazione tra potenza termica, portata e salto termico

$$P = Q \times C \times \Delta T$$

Dove

P= Potenza Termica (W o kcal/h)

C= Calore specifico

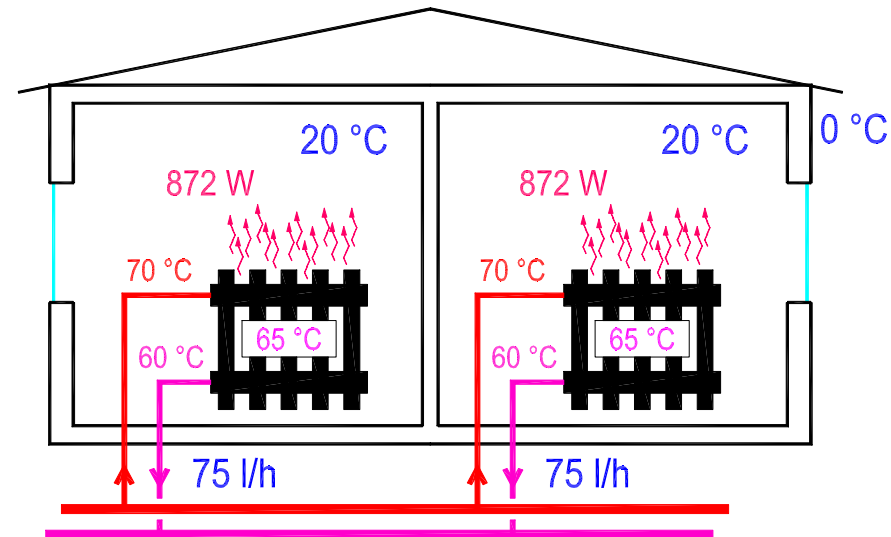
(per l'acqua C=1 kcal/kgK oppure 1,163 Wh/kgK)

Q= portata in kg/h (litri/ora con buona approssimazione)

ΔT =Salto termico sul corpo emettitore (K)

In fase di progettazione il dato noto è il fabbisogno di potenza termica di picco mentre il salto termico può essere imposto dal progettista o essere dipendente dal tipo di corpo emettitore.

Pertanto la univoca determinazione delle portate di impianto dipende dalla scelta dei componenti e dalla configurazione dell'impianto.



Terminali per emissione del calore



- Radiatori
- Ghisa
 - Acciaio
 - Alluminio

- I valori di emissione sono normati ai sensi della EN 442 e dipendono dalla differenza tra il valore medio di temperatura dell'acqua nel radiatore e la temperatura ambiente
- La maggior parte dei costruttori fornisce il valore di resa termica al parametro standardizzato della differenza di cui sopra pari a 50 ° C. Nei cataloghi tecnici tale valore di resa è espresso per $\Delta T = 50 \text{ ° C}$

La legge che regola la potenza termica emessa da un radiatore è la seguente:

$$P = P_{\Delta T 50^\circ C} \left(\frac{\Delta T_{acqua - aria}}{50} \right)^n \quad \text{Dove} \quad \Delta T_{acqua - aria} = \left(\frac{T_{in} - T_{out}}{2} \right) - T_{amb}$$

La temperatura ambiente di norma è pari a 20 ° C. Dire per un radiatore $\Delta T = 50 \text{ ° C}$ significa ad esempio acqua in ingresso al radiatore pari a 80 ° C, acqua in uscita pari a 60 ° C e aria ambiente a 20 ° C. Pertanto la media della temperatura dell'acqua nel radiatore è pari a 70 ° C ed il $\Delta T = 70 - 20 = 50 \text{ ° C}$. Nel caso in cui si abbia un salto dell'acqua tra 70 e 50 ° C con aria a 20 ° C il corrispondente $\Delta T = 60 - 20 = 40 \text{ ° C}$ e la potenza del relativo radiatore andrà calcolata con $\Delta T = 40 \text{ ° C}$

Esempio di tabella di resa fornita da un produttore di radiatori

Dati Tecnici

Modello	Codice	Profondità P mm	Altezza H mm	Interasse L mm	Peso Kg	Capacità Lit	Kcal/h 50 °C	Watt 250 °C	Watt 240 °C	Watt 230 °C	Watt 220 °C	Espon. n
200	RT40200 yy 01 IR no	139	200	133	0,70	0,55	22,3	26,0	19,3	13,2	7,7	1,326
300	RT40300 yy 01 IR no	139	302	235	0,99	0,71	36,2	42,1	31,8	22,1	13,3	1,258
400	RT40400 yy 01 IR no	139	402	335	1,27	0,87	47,0	54,6	41,1	28,5	17,0	1,272
500	RT40500 yy 01 IR no	139	502	435	1,55	1,03	57,5	66,9	50,2	34,7	20,6	1,286
600	RT40600 yy 01 IR no	139	602	535	1,83	1,20	67,9	79,0	59,1	40,6	24,0	1,300
750	RT40750 yy 01 IR no	139	752	685	2,25	1,44	83,2	96,8	72,1	49,3	28,8	1,322
900	RT40900 yy 01 IR no	139	902	835	2,68	1,68	98,3	114,3	84,7	57,6	33,4	1,343
1000	RT41000 yy 01 IR no	139	1002	935	2,96	1,84	108,3	125,9	93,4	63,5	36,9	1,340
1200	RT41200 yy 01 IR no	139	1202	1135	3,18	2,25	128,0	148,8	110,5	75,2	43,8	1,335
1500	RT41500 yy 01 IR no	139	1502	1435	4,37	2,64	157,1	182,6	135,8	92,7	54,1	1,328
1800	RT41800 yy 01 IR no	139	1802	1735	5,21	3,12	185,8	216,0	160,9	110,0	64,4	1,321
2000	RT42000 yy 01 IR no	139	2002	1935	5,77	3,44	204,8	238,1	177,5	121,5	71,3	1,317
2200	RT42200 yy 01 IR no	139	2202	2135	6,34	3,76	223,6	260,0	194,0	133,0	78,1	1,312
2500	RT42500 yy 01 IR no	139	2502	2435	7,18	4,24	251,8	292,8	218,8	150,2	88,5	1,306

Per ΔT diversi applicare la relazione con il corrispondente coefficiente "n"

Ad esempio per il modello 900 con $\Delta T = 35^\circ \text{C}$ la resa sarà:

$$P_{\Delta T 35^\circ \text{C}} = 114,3 \left(\frac{35}{50} \right)^{1,343} = 70,8 \text{W}$$

14/03/2024

Noto quindi il fabbisogno di potenza del corpo scaldato il progettista stabilisce la temperatura media di funzionamento alle massime condizioni richieste al radiatore, impone il salto termico tra ingresso ed uscita dal radiatore e sulla base di questi dati dimensiona il radiatore e la relativa portata d'acqua.

Esempio:

Fabbisogno di potenza calcolato 1500 Watt

Temperatura media dell'acqua 60 ° C

Salto termico acqua 25 ° C (pertanto $T_M=72,5$ ° C $T_R=47,5$ ° C)

Temperatura ambiente da mantenere 20 ° C

$\Delta T_{\text{acq-aria}}=40$ ° C

Nell'ipotesi di utilizzare i radiatori modello 900 con $\Delta T=40$ ° C la resa di ogni elemento è pari a 84,7 W e pertanto per ottenere una potenza installata pari a 1500 W saranno necessari 18 elementi i quali renderanno effettivamente $18 \times 84,7 = 1524$ W.

La portata d'acqua necessaria al radiatore sarà:

$$Q = \frac{1524}{1,163 \cdot 25} = 52,4 \text{ litri/ora}$$



Ventilconvettori

Per i ventilconvettori di qualsiasi marca sarà il produttore a fornire al progettista le caratteristiche di resa termica ed i fabbisogni di portata in funzione della temperatura in ingresso alla batteria di scambio termico. Di norma vanno dimensionati alla velocità media del ventilatore.

Dati tecnici

Mod.		17	22	24	32	34	42	44	50
Potenza termica	W (max.)	2490	3400	3950	4975	5850	7400	8600	8620
	W (med.)	2070	2700	3200	4085	4850	6415	6930	7530
	W (min.)	1610	1915	2200	3380	3850	5115	5200	5420
Potenza termica* (acqua ingresso 50°C)	W (E)	1360	2100	2320	3160	3550	4240	5250	4900
Potenza termica (resistenza elettrica) W		700	950	-	1300	-	1650	-	1950
Portata acqua	l/h	214	292	340	427	503	636	740	741
Perdite di carico acqua	kPa	2,8	6,3	4,0	14,2	8,0	14,1	21,0	14,2
Potenza frigorifera totale	W (max.) (E)	1000	1500	1730	2210	2800	3400	4450	4190
	W (med.)	890	1330	1500	2055	2450	2800	3780	3640
	W (min.)	720	1055	1150	1570	2050	2310	2970	2840
Potenza frigorifera sensibile	W (max.) (E)	830	1240	1380	1750	2130	2760	3300	3000
	W (med.)	710	1055	1140	1540	1789	2115	2722	2750
	W (min.)	540	755	828	1100	1441	1635	2079	2040
Portata acqua	l/h	172	258	297	380	482	585	765	721
Perdite di carico acqua	kPa (E)	2,6	5,8	3,0	16,6	9,0	14,3	19,2	19,3

- Riscaldamento:
 - temperatura aria ambiente 20°C B.S.
 - velocità massima
 - temperatura acqua in ingresso 70°C ; Δt acqua 10°C
 - media e minima velocità
 - temperatura acqua in ingresso 70°C
 - portata acqua come alla massima velocità
- Riscaldamento*:
 - temperatura aria ambiente 20°C B.S.
 - velocità massima
 - temperatura acqua in ingresso 50°C
 - portata acqua come nel funzionamento a freddo



**MAL SI PRESTANO PER
APPLICAZIONI
CON POMPE DI CALORE**

Riscaldamento a pavimento

LE NORMATIVE SUI SISTEMI RADIANTI

	Norma	Titolo
●	UNI EN ISO 11855 parti 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 2021	Progettazione dell'ambiente costruito - Progettazione, dimensionamento, installazione e controllo dei sistemi di riscaldamento e raffreddamento radianti integrati
	UNI EN 1264 parti 1, 2, 3, 4, 5 2021	Sistemi radianti alimentati ad acqua per il riscaldamento e il raffrescamento integrati nelle strutture
	UNI EN 14037 2016	Pannelli radianti sospesi per riscaldamento e raffrescamento alimentati con acqua a temperatura minore di 120 °C
	UNI EN 14240 2015	Ventilazione degli edifici - Soffitti freddi - Prove e valutazione (rating)
●	UNI/TR 11619 2016	Sistemi radianti a bassa temperatura - Classificazione energetica
●	ISO 18566 2017	Building environment design -- Design, test methods and control of hydronic radiant heating and cooling panel systems - Part 1: Vocabulary, symbols, technical specifications and requirements
●	UNI 11741 2019	Attività professionali non regolamentate - Installatori di sistemi radianti idronici a bassa differenza di temperatura - Requisiti di conoscenza, abilità e competenza

- Norme tecniche di sistema che interessano le attività di progettazione

Riscaldamento a pavimento

La norma UNI EN ISO 11855:2021

È stata pubblicata il 22 dicembre 2021 la nuova norma UNI EN ISO 11855.

L'attuale norma è composta da 7 parti:

- Parte 1: Definizione, simboli, criteri di comfort – versione 2021
- Parte 2: Determinazione della capacità termica e di raffrescamento di progetto – versione 2021
- Parte 3: Progettazione e dimensionamento – versione 2021
- Parte 4: Dimensionamento e calcolo della resa termica e della capacità di raffrescamento dei sistemi di attivazione termica della massa - Thermo Active Building Systems (TABS) – versione 2021
- Parte 5: Installazione – versione 2021
- Parte 6: Regolazione – versione 2018 (non recepita a livello europeo)
- Parte 7: Parametri di input per i calcoli energetici – versione 2019 (non recepita a livello europeo)

14/03/2024

Riscaldamento a pavimento

UNI EN ISO 11855 e UNI EN 1264: quali differenze?

	UNI EN 1264:2021	UNI EN ISO 11855:2021
Parte 1	Definizioni e simboli	
	-	Criteri di comfort
Parte 2	Descrizione tipologie sistemi radianti: Tipo A (A1 e A2), Tipo B, Tipo C, Tipo D, Tipo E, Tipo F, Tipo G, Tipo H (H1 e H2), Tipo I, Tipo J	-
	Metodo di calcolo semplificato con tabelle per la determinazione della potenza termica	
	Test per la determinazione della potenza termica con doppia piastra	-
		Descrizione tipologie sistemi radianti: Tipo A, Tipo B, Tipo C, Tipo D, Tipo E, Tipo F, Tipo G, Tipo H, Tipo I, Tipo J
	-	Metodo delle resistenze
	-	Metodo di verifica dei programmi per simulazioni FEM e FDM
Conducibilità, densità e calore specifico dei materiali	Conducibilità, densità e calore specifico dei materiali e valori di resistenza termica per intercapedini di aria	

FEM : Finite Method Element ovvero “Metodo degli Elementi Finiti”. Si tratta di una tecnica numerica che ha lo scopo di cercare soluzioni approssimate di fenomeni fisici complessi

FDM sta per “Finite Difference Method” e cioè “Metodo delle differenze finite”, tale metodo si basa sull’approssimazione diretta delle equazioni differenziali parziali (Partial Differential Equations – PDEs) ottenuta sostituendo alle derivate parziali delle differenze definite sul dominio del problema (Jing, 2003). Si tratta quindi di approssimare un continuo in una serie di punti discreti. La soluzione del sistema derivante si consegue imponendo le condizioni iniziali e quelle al contorno.

14/03/2024

Riscaldamento a pavimento

	UNI EN 1264:2021	UNI EN ISO 11855:2021
Parte 3	Resistenza termica del bugnato non considera le bugne	
	Dimensionamento con rivestimento pavimentazione 0.1 m ² K/W	Dimensionamento con resistenza rivestimento scelta dal progettista
Parte 4 ISO	-	TABS
Parte 4 EN e parte 5 ISO	Isolanti: tabella con resistenze minime.	Isolanti: criterio percentuale (20% nuovo, 30% riqualificazioni) / tabella con resistenze minime se non si conosce il valore di resistenza termica degli strati
	Massima percentuale di umidità residua del massetto (se non ci sono altre norme)	-
	Format per protocollo di riscaldamento iniziale	

14/03/2024

Riscaldamento a pavimento

ATTENZIONE : Per il riscaldamento a pavimento i fabbisogni di potenza devono essere valutati solo per la componente verso l'alto. Nel caso di solai attestati verso piani interrati o verso l'esterno (piloties) al calcolo del fabbisogno di potenza dovrà essere detratta la quota parte verso il basso al fine di evitare sovradimensionamenti.

IL PROGETTISTA, scelta la casa produttrice del riscaldamento a pavimento, invia i disegni di progetto con i valori di fabbisogno di potenza all'ufficio tecnico preposto al dimensionamento unitamente alla definizione dell'area utile per il passaggio delle serpentine.

L'UFFICIO TECNICO della casa produttrice restituisce al progettista il disegno esecutivo per la posa dei serpentini con adeguata relazione tecnica in cui vengono definite le emissioni termiche, i fabbisogni di portata d'acqua e le perdite di carico dei circuiti.

VARIANDO il numero di circuiti ed i passi di posa è possibile utilizzare temperature di mandate estremamente basse, unitamente a salti termici dell'acqua minori o uguali a 5°C , che fanno del riscaldamento a pavimento un ottimo sistema emissivo per operare con le pompe di calore ma ideale anche per utilizzo con caldaie a condensazione a causa delle basse temperature di ritorno.

Riscaldamento a pavimento



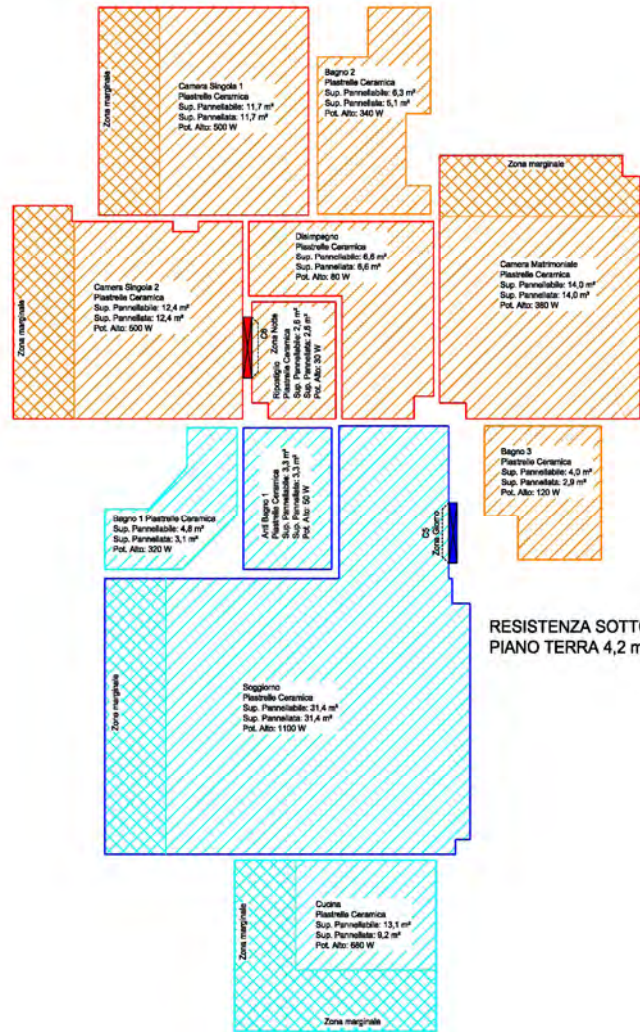
Per ogni locale devono essere definite le aree pannellate, le aree pannellabili, il tipo di pavimento e il fabbisogno di potenza di progetto.

Area pannellata=area su cui vengono posati i supporti del serpentino

Area pannellabile=area su cui insiste il serpentino

Il riscaldamento a pavimento è molto sensibile all'architettura e all'arredamento

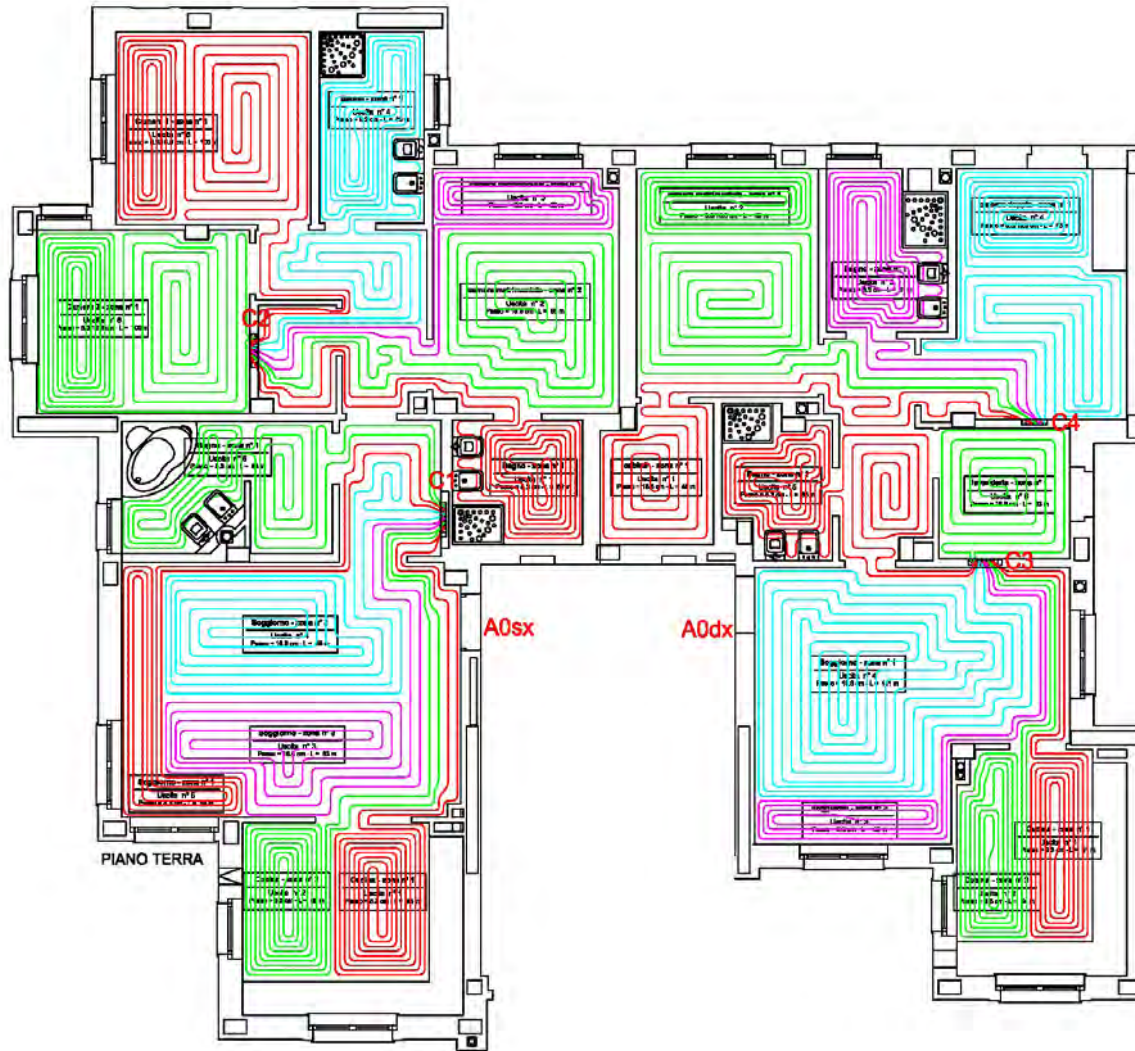
Riscaldamento a pavimento



Visualizzazione grafica
Delle zone oggetto di
installazione **e** **dei**
fabbisogni di potenza
verso l'alto richiesti



Riscaldamento a pavimento



Restituzione del disegno dei circuiti per ogni singolo locale con esatta posizione dei collettori di distribuzione. N.B. Il riscaldamento a pavimento vincola molto l'architettura dell'unità immobiliare.

Riscaldamento a pavimento

N° circuito	Nome locale	Superficie (m²) Posata	Passo Int.	posa Ext.	Lunghezza (m)	Posizione valvola	Portata (l/h)	Nome collettore
1	Bagno	5.1	8.3		82	2	40	A0dx-notte
2	camera matrimoniale	14.0	16.6		88	2	40	A0dx-notte
3	camera matrimoniale		8.3		52	2	40	A0dx-notte
4	Bagno	6.3	8.3		83	10	132	A0dx-notte
5	Camera 1	11.6	16.6	8.3	100	3	59	A0dx-notte
6	Camera 2 rip dia.	12.1 2.6 6.6	16.6	8.3	100	2	47	A0dx-notte
Totali					58.1		466	358

C2

Collettore N. attacchi	A0dx-notte 6	Tipo	"KIT VJ CONTROL 17"
Temperatura (°C)	Portata (l/h)	PDC (mmH2O)	Potenza erogata (w)
34	358	1004	2694

T_{max} di progetto

N° circuito	Nome locale	Superficie (m²) Posata	Passo Int.	posa Ext.	Lunghezza (m)	Posizione valvola	Portata (l/h)	Nome collettore
1	Cucina	13.1	8.3		88	10	133	A0dx-giorno
2	Cucina		8.3		88	10	133	A0dx-giorno
3	Soggiorno	31.4	16.6		83	2	40	A0dx-giorno
4	Soggiorno		16.6		89	2	40	A0dx-giorno
5	Soggiorno		8.3		84	2	40	A0dx-giorno
6	Bagno anti	4.7 3.4	8.3		55	8	119	A0dx-giorno
Totali					52.6		386	606

C1

Collettore N. attacchi	A0dx-giorno 8	Tipo	"KIT VJ CONTROL 17"
Temperatura (°C)	Portata (l/h)	PDC (mmH2O)	Potenza erogata (w)
34	504	988	2576

T_{max} di progetto

Totale portata
Alloggio 862 litri/h a 34 ° C

N° circuito	Nome locale	Superficie (m²) Posata	Passo Int.	posa Ext.	Lunghezza (m)	Posizione valvola	Portata (l/h)	Nome collettore
1	cabina	4.7	16.6		48	4	40	A0dx-notte
2	camera matrimoniale	12.9	16.6	8.3	99	5	40	A0dx-notte
3	Bagno	5.8	8.3		61	10	70	A0dx-notte
4	camera doppia dia.	14.3	16.6	8.3	88	5	40	A0dx-notte
Totali					37.8		296	190

C4

Collettore N. attacchi	A0dx-notte 4	Tipo	"KIT VJ CONTROL 17"
Temperatura (°C)	Portata (l/h)	PDC (mmH2O)	Potenza erogata (w)
36	190	311	1895

T_{max} di progetto

N° circuito	Nome locale	Superficie (m²) Posata	Passo Int.	posa Ext.	Lunghezza (m)	Posizione valvola	Portata (l/h)	Nome collettore
1	Cucina	11.7	8.3		51	10	130	A0dx-giorno
2	Cucina		8.3		54	10	130	A0dx-giorno
3	Soggiorno	23.7	8.3		42	2	40	A0dx-giorno
4	Soggiorno		16.6		111	3	52	A0dx-giorno
5	Bagno	4.8	8.3		85	2	40	A0dx-giorno
6	lavanderia dia.	5.4 6.1	16.6		33	2	40	A0dx-giorno
Totali					61.6		366	432

C3

Collettore N. attacchi	A0dx-giorno 6	Tipo	"KIT VJ CONTROL 17"
Temperatura (°C)	Portata (l/h)	PDC (mmH2O)	Potenza erogata (w)
36	431	829	2506

T_{max} di progetto

Totale portata
Alloggio 621 litri/h a 36 ° C

Utilizzo dei dati di portata alla temperatura di progetto per il calcolo delle portate in partenza dalla centrale di produzione calore

Riscaldamento a pavimento

N° circuito	Nome locale	Superficie (m²)		Passo	posa	Lunghezza (m)	Posizione	Portata (l/h)	Nome collettore
		Posata	Int.	Int.	Ext.		valvola		
1	Bagno	4,0	8,3			49	2	40	A1dx-notte
2	cabina	6,4	16,6			57	2	40	A1dx-notte
3	camera matrimoniale	14,1	16,6			58	2	40	A1dx-notte
4	camera matrimoniale		8,3			49	2	40	A1dx-notte
5	Bagno	6,3	8,3			62	10	170	A1dx-notte
6	Camera 1	11,7	16,6	8,3		59	2	55	A1dx-notte
7	Camera 2	12,1	16,6	8,3		59	3	69	A1dx-notte
	dis.	6,6							Solo passaggi
	rip.	2,6							Solo passaggi
Totale		63,6				493		464	

Collettore N. attacchi	A1dx-notte	Tipo	"KIT VJ CONTROL 17"
Temperatura (°C)	Portata (l/h)	PDC (mmH2O)	Potenza erogata (w)
36	455	1675	3793

T_{max} di progetto

N° circuito	Nome locale	Superficie (m²)		Passo	posa	Lunghezza (m)	Posizione	Portata (l/h)	Nome collettore
		Posata	Int.	Int.	Ext.		valvola		
1	Cucina	13,1	8,3			68	10	185	A1dx-giorno
2	Cucina		8,3			58	10	165	A1dx-giorno
3	Soggiorno	31,2	16,6			63	2	40	A1dx-giorno
4	Soggiorno		16,6			69	2	40	A1dx-giorno
5	Soggiorno		8,3			54	2	40	A1dx-giorno
6	Bagno anti	4,8	8,3			58	8	151	A1dx-giorno
		5,4							Solo passaggi
Totale		52,3				390		601	

Collettore N. attacchi	A1dx-giorno	Tipo	"KIT VJ CONTROL 17"
Temperatura (°C)	Portata (l/h)	PDC (mmH2O)	Potenza erogata (w)
36	802	1442	3174

T_{max} di progetto

N° circuito	Nome locale	Superficie (m²)		Passo	posa	Lunghezza (m)	Posizione	Portata (l/h)	Nome collettore
		Posata	Int.	Int.	Ext.		valvola		
1	camera matrimoniale	14,4	16,6			80	6	75	A1dx-notte
2	camera matrimoniale		8,3			52	2	42	A1dx-notte
3	Bagno	5,3	8,3			58	10	122	A1dx-notte
4	camera	13,8	8,3			47	2	40	A1dx-notte
5	camera		16,6					71	A1dx-notte
	rip.	2,5							Solo passaggi
	dis.	5,8							Solo passaggi
Totale		41,8				308		319	

Collettore N. attacchi	A1dx-notte	Tipo	"KIT VJ CONTROL 17"
Temperatura (°C)	Portata (l/h)	PDC (mmH2O)	Potenza erogata (w)
35	318	758	2356

T_{max} di progetto

N° circuito	Nome locale	Superficie (m²)		Passo	posa	Lunghezza (m)	Posizione	Portata (l/h)	Nome collettore
		Posata	Int.	Int.	Ext.		valvola		
1	Bagno	6,3	8,3			58	8	124	A1dx-giorno
2	Soggiorno	24,4	16,6	8,3		79	2	44	A1dx-giorno
3	Cucina	11,7	8,3			57	10	166	A1dx-giorno
4	Cucina		8,3			58	10	155	A1dx-giorno
5	Soggiorno		16,6	8,3		79	2	44	A1dx-giorno
									Solo passaggi
Totale		42,5				331		522	

Collettore N. attacchi	A1dx-giorno	Tipo	"KIT VJ CONTROL 17"
Temperatura (°C)	Portata (l/h)	PDC (mmH2O)	Potenza erogata (w)
35	821	1231	2661

T_{max} di progetto

N° circuito	Nome locale	Superficie (m²)		Passo	posa	Lunghezza (m)	Posizione	Portata (l/h)	Nome collettore
		Posata	Int.	Int.	Ext.		valvola		
1	Ingresso	7,1	16,6			87	5	40	A2-giorno
2	Soggiorno	25,1	16,6			101	10	56	A2-giorno
3	Soggiorno		8,3			87	5	40	A2-giorno
4	Cucina	14,6	16,6	8,3		59	8	60	A2-giorno
5	sciti cucina	8,2	8,3			37	5	40	A2-giorno
6	settimo	5,4	8,3			89	5	40	A2-giorno
Totale		60,4				471		276	

Collettore N. attacchi	A2-giorno	Tipo	"KIT VJ CONTROL 17"
Temperatura (°C)	Portata (l/h)	PDC (mmH2O)	Potenza erogata (w)
30	276	302	3320

T_{max} di progetto

N° circuito	Nome locale	Superficie (m²)		Passo	posa	Lunghezza (m)	Posizione	Portata (l/h)	Nome collettore
		Posata	Int.	Int.	Ext.		valvola		
1	camera	11,9	8,3			61	6	111	A2-notte
2	camera		8,3			58	6	111	A2-notte
3	Bagno	7,6	8,3			69	2	66	A2-notte
4	camera matrimoniale	14,1	16,6	8,3		104	2	54	A2-notte
5	soff. em	6,2	8,3			60	10	166	A2-notte
6	Bagno	5,6	8,3			56	2	40	A2-notte
7	soff. ad	2,5	8,3			46	2	40	A2-notte
8	camera doppia	12,6	16,6			83	2	40	A2-notte
	dis.	7,8							Solo passaggi
	Ingresso								Solo passaggi
Totale		67,2				529		617	

Collettore N. attacchi	A2-notte	Tipo	"KIT VJ CONTROL 17"
Temperatura (°C)	Portata (l/h)	PDC (mmH2O)	Potenza erogata (w)
35	617	1563	3921

T_{max} di progetto



Aerotermini

Per gli aerotermini di qualsiasi marca sarà il produttore a fornire al progettista le caratteristiche di resa termica ed i fabbisogni di portata in funzione del salto di temperatura in ingresso e uscita alla batteria di scambio termico. Sono dotati di ventilatori elicoidali. Non hanno la possibilità di modificare la portata d'aria



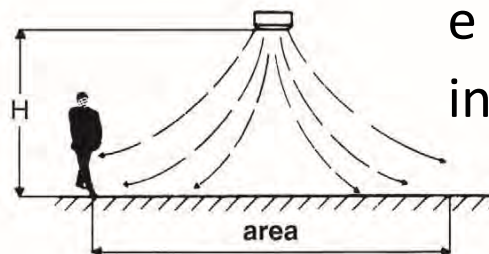
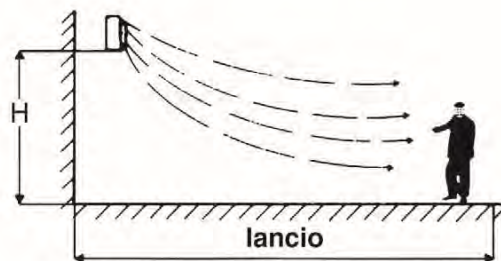
Acqua calda
Acqua Surriscaldata
Vapore

ALIMENTAZIONE ACQUA 85-70 °C

Caduta di temperatura 15°C - Δt_m 62,5°C - Temperatura entrata aria 15°C

GRANDEZZA	VELOCITÀ DI ROTAZIONE giri/minuto	MODELLO	PORTATA ARIA m³/h	LIVELLO SONORO A 5 mt. dB(A)	EMISSIONI TERMICHE		TEMP. USCITA ARIA °C	ZONA INFLUENZA PER INSTALLAZIONE A			
					KCal/h	W		PARETE		SOFFITTO	
								ALTEZZA m	LANCIO m	ALTEZZA max m	AREA m²
1	900	6 A11	1140	48	-	-	-				
		6 A12	1040	48	6670	7760	39	2,5+3	5,5	3	36
		6 A13	960	48	7690	8940	45				
2	900	6 A21	1560	51	-	-	-				
		6 A22	1440	51	9330	10850	39	2,5+3,5	7,5	3,5	45
		6 A23	1380	51	10510	12230	44				

ZONA D'INFLUENZA



Rese termiche e modalità di installazione

Fattori correttivi in funzione delle condizioni ambiente e delle temperature di alimentazione

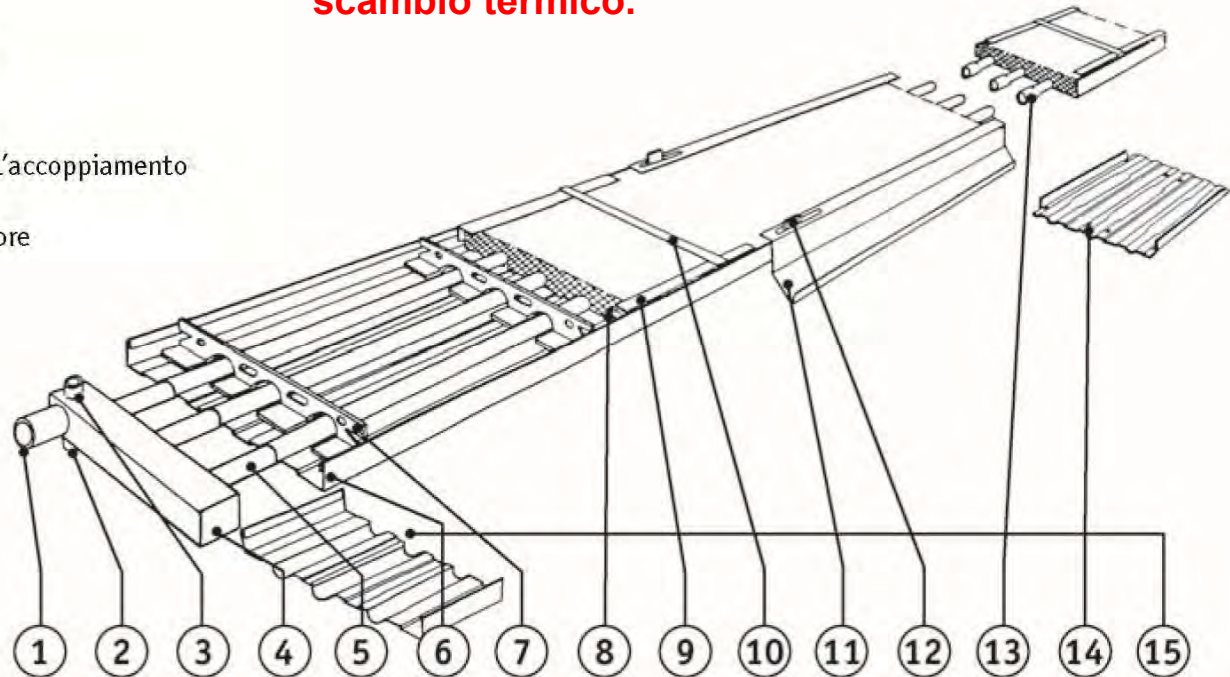
Temp. aria	50/35	55/40	60/45	65/50	70/55	75/60	80/65	85/70	90/75
-10	0,84	0,92	1,00	1,08	1,16	1,24	1,32	1,40	1,48
-5	0,76	0,84	0,92	1,00	1,08	1,16	1,24	1,32	1,40
0	0,67	0,76	0,84	0,92	1,00	1,08	1,16	1,24	1,32
+5	0,60	0,68	0,76	0,84	0,92	1,00	1,08	1,16	1,24
+10	0,52	0,60	0,68	0,76	0,84	0,92	1,00	1,08	1,16
+15	0,44	0,52	0,60	0,68	0,76	0,84	0,92	1,00	1,08
+20	0,36	0,44	0,52	0,60	0,68	0,76	0,84	0,92	1,00
+25	0,28	0,36	0,44	0,52	0,60	0,68	0,76	0,84	0,92

14/03/2024

- 1 - Attacco filettato maschio ($\varnothing 1/2'' - 3/4'' - 1'' - 1.1/4''$)
- 2 - Attacco scarico acqua $\varnothing 3/8''$
- 3 - Attacco sfiato aria $\varnothing 3/8''$
- 4 - Collettore di testata, iniziale o finale
- 5 - Tubo acciaio $\varnothing 1/2''$
- 6 - Piastra radiante in acciaio
- 7 - Traversa di sospensione
- 8 - Materassino isolante
- 9 - Bordatura laterale
- 10 - Reggette fissaggio materassino
- 11 - Scossalina anticonvettiva
- 12 - Squadretta sostegno scossalina
- 13 - Bicchieratura tubi per facilitare l'accoppiamento
- 14 - Coprigiunto
- 15 - Copri-tubi tra pannello e collettore

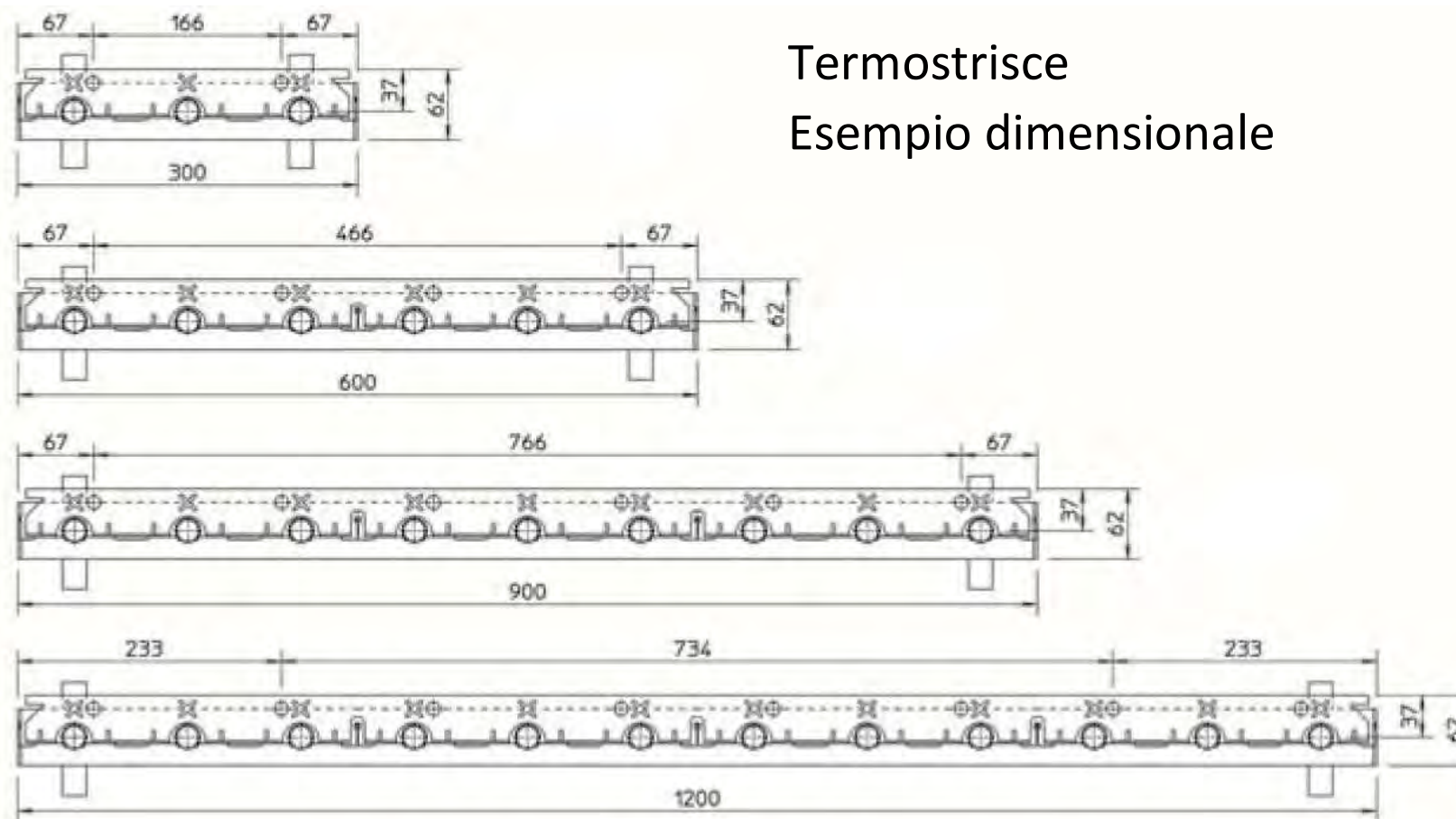
Per le termostricce di qualsiasi marca sarà il produttore a fornire al progettista le caratteristiche di resa termica ed i fabbisogni di portata in funzione del salto di temperatura in ingresso e uscita alla batteria di scambio termico.

Termostricce



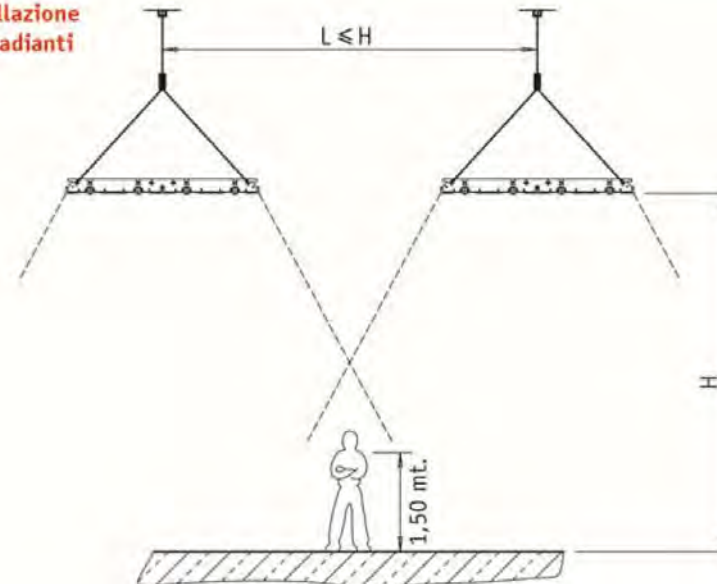
14/03/2024

Termostrisce Esempio dimensionale



Δt_m (K)	DS3-03 W	DS3-06 W	DS3-09 W	DS3-12 W
20	32	57	91	115
22	35	64	101	129
24	39	71	113	144
26	44	78	124	158
28	48	86	135	173
30	52	93	147	189
32	56	101	158	204
34	60	109	170	220
36	65	116	182	236
38	69	124	194	252
40	74	132	206	268
42	78	140	218	285
44	83	149	231	301
46	87	157	243	318
48	92	165	256	335
50	97	174	268	353
52	101	182	281	370
54	106	191	294	387
55	109	195	301	396
56	111	199	307	405
58	116	208	320	423

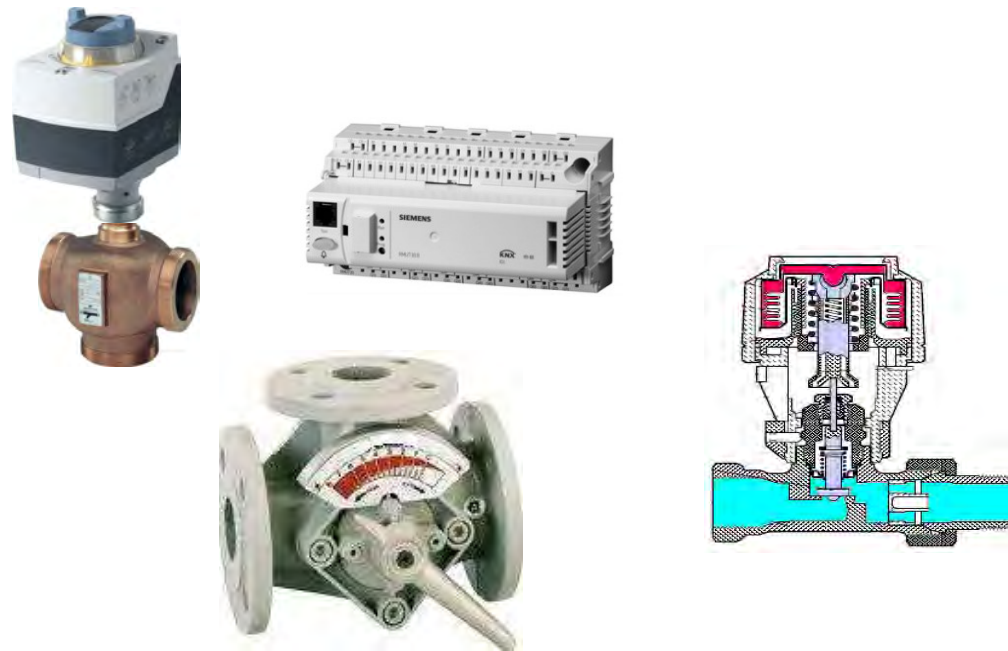
Corretta installazione
termostrisce radianti



Altezza minima di montaggio consigliata (in m rispetto al pavimento)

Temperatura media acqua °C	DS2-03	DS2-06 DS2-09	DS2-12	DS3-03	DS3-06 DS3-09	DS3-12
60°	3.00	3.10	3.20	3.10	3.20	3.30
70°	3.10	3.20	3.30	3.20	3.30	3.40
80°	3.20	3.30	3.40	3.30	3.50	3.60
90°	3.30	3.50	3.70	3.40	3.70	3.90
100°	3.40	3.70	3.90	3.50	4.00	4.20
110°	3.50	4.00	4.30	3.60	4.20	4.40
120°	3.60	4.20	4.50	3.70	4.40	4.70
130°	3.70	4.40	4.70	3.80	4.60	4.90
140°	3.80	4.60	5.00	3.90	4.80	5.20

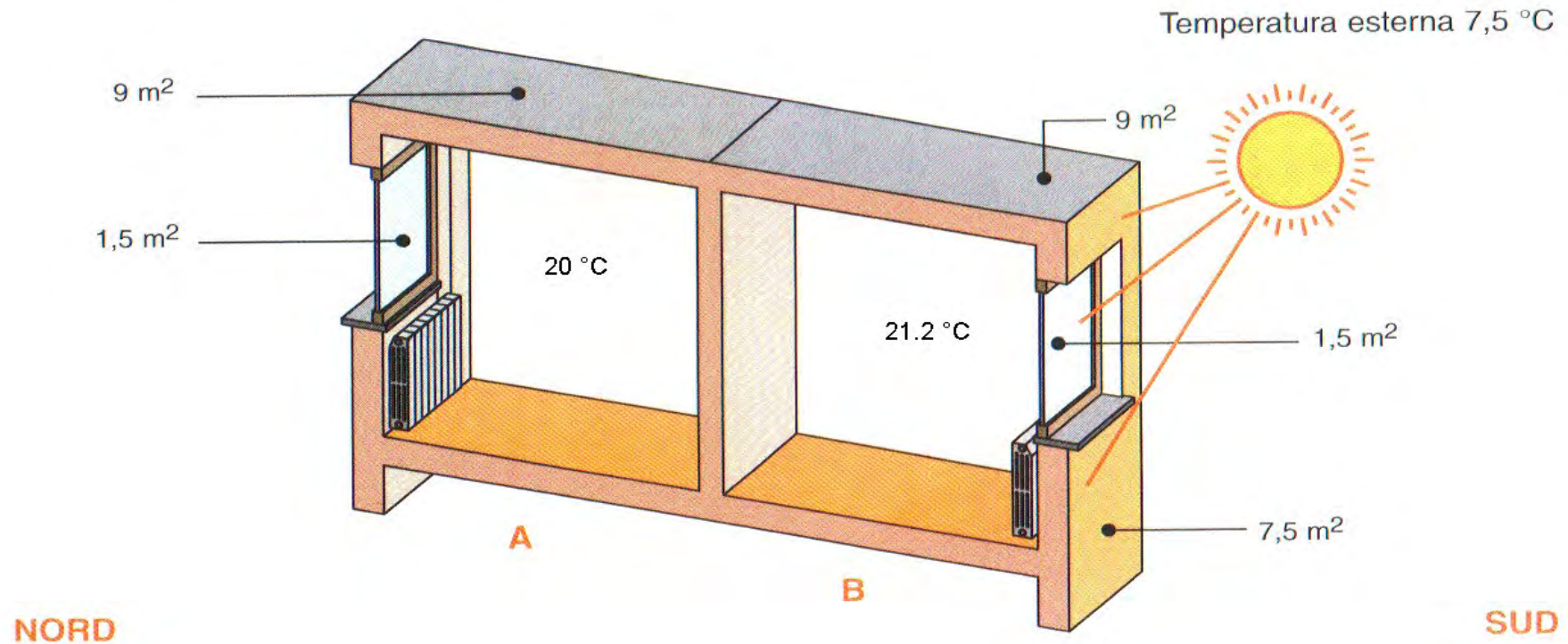
14/03/2024



Sottosistema di regolazione

Sistema preposto al controllo dell'immissione dell'energia negli ambienti allo scopo di mantenere le condizioni termoigrometriche prefissate con la massima efficienza.

■ Perdite di regolazione



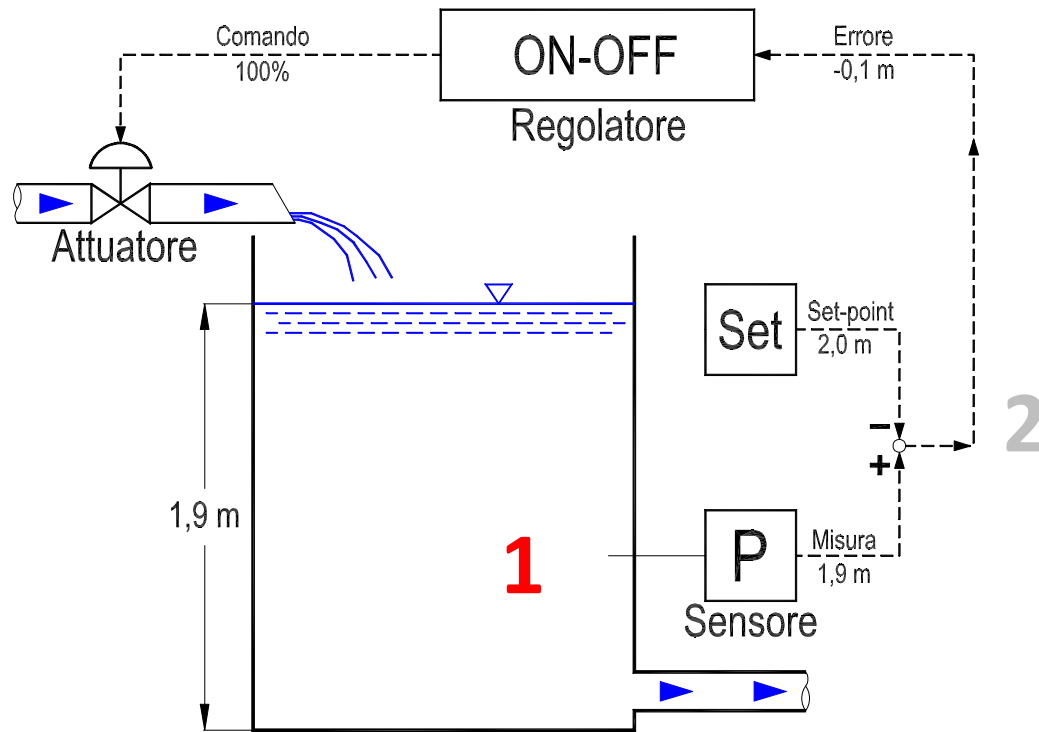
In assenza di una regolazione locale per locale, nel locale B la temperatura supera i 20 ° C e le perdite attraverso le pareti aumentano in proporzione al ΔT rispetto all'esterno.

Ogni grado in più causa $\cong 7\%$ più di consumo di combustibile.

Il bilanciamento richiesto all'impianto cambia in funzione delle condizioni meteo e di utilizzo dei locali

- Perdite di regolazione
- Ipotesi di partenza:
in tutti i locali deve essere garantito il servizio (20 ° C)
- Cause di maggior perdita: il calore non viene immesso
SOLO dove serve e quando serve
ma ANCHE anche dove e quando non serve.
- Esempi:
 - Se non viene fatto il bilanciamento dell'impianto vengono surriscaldati i locali favoriti
 - Anche se viene eseguito il bilanciamento ma questo è fisso, il bilanciamento ottimale dipende dall'andamento climatico e dagli apporti gratuiti.

Che cos'è un regolatore?



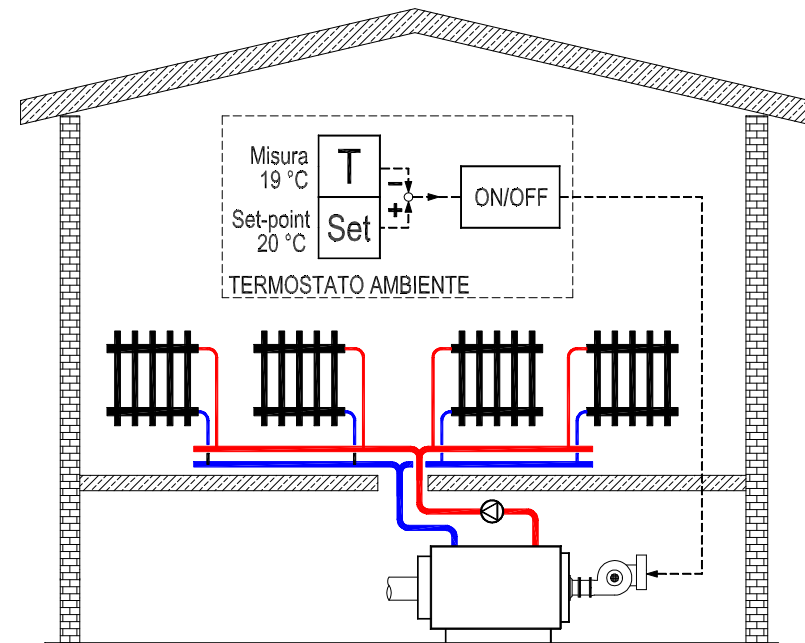
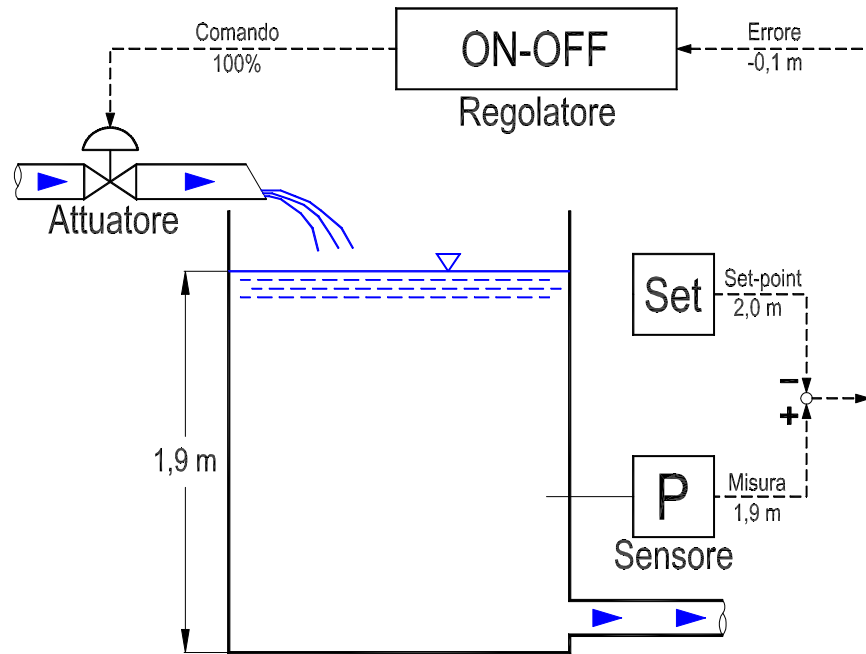
Regolare...

1. **Misurare** la grandezza regolata
2. **Confrontare** la misura con un set-point e determinare l'errore
3. Sulla base dell'errore, determinare il **comando** dell'attuatore

I regolatori sono classificati in base alla logica con la quale viene determinata l'azione in funzione dell'errore.

ON/OFF → P → PI → PID

Regolazione del riscaldamento ...

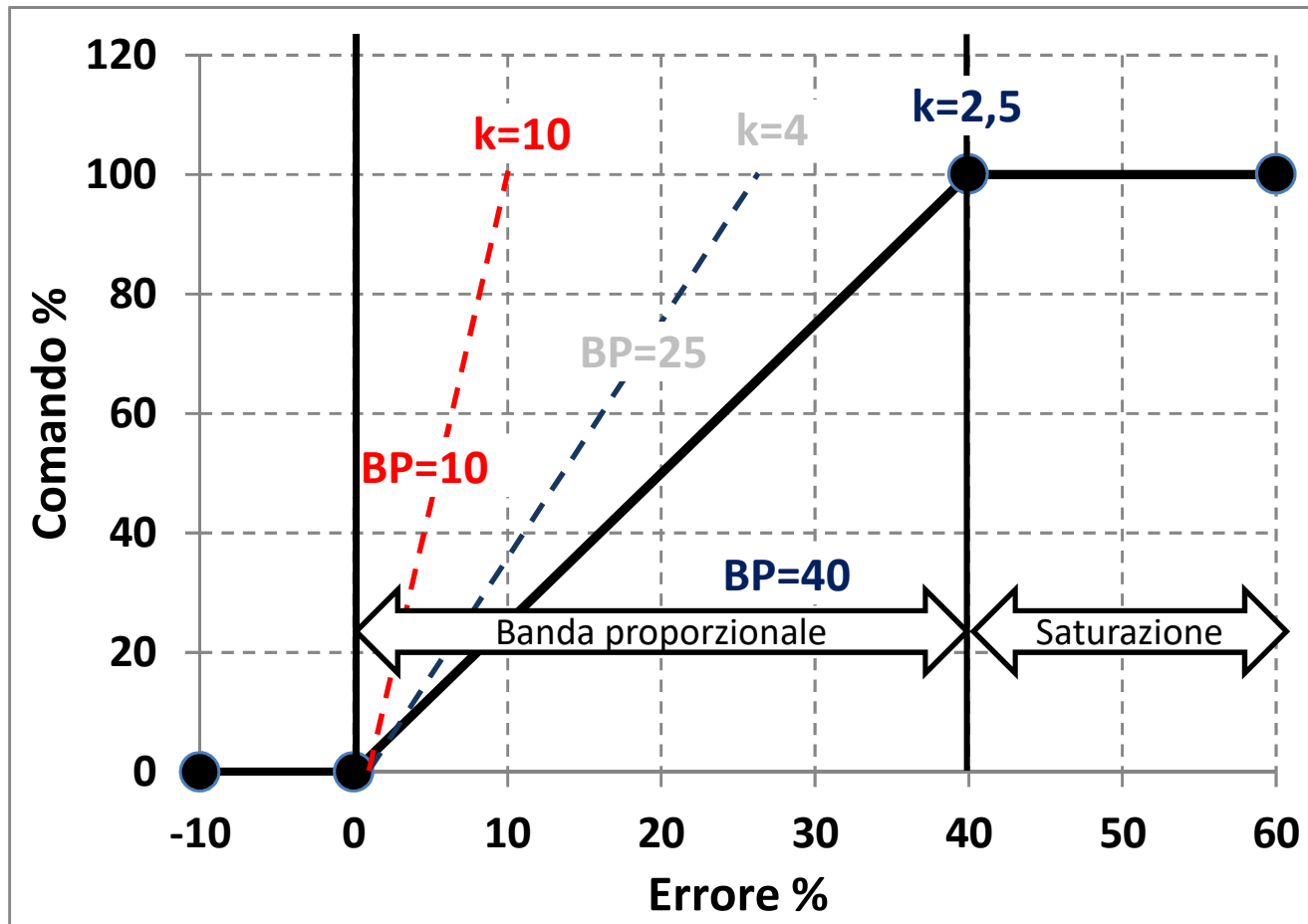


**APPORTI GRATUITI = PIOVE NEL SECCHIO
= SOLE E PERSONE
= ALMENO 30% DELLE DISPERSIONI**

L'azione Proporzionale

- Perché dare sempre e solo tutta la potenza o niente?
Si può aumentare (o diminuire) la potenza in proporzione allo scostamento (errore) rispetto alla pressione voluta (set-point).
- Per definire questo comportamento si indica l'ampiezza dell'errore per il quale viene comandata la massima potenza di uscita:
si chiama banda proporzionale P_b e viene espressa in percentuale rispetto al fondo scala del segnale di misura.
Diminuendo la banda proporzionale P_b aumenta l'intensità dell'azione proporzionale
- L'azione P è istantanea e non ha "memoria": dipende esclusivamente dall'errore in quel preciso istante.
- L'azione P si basa sullo stato attuale del sistema, sul presente

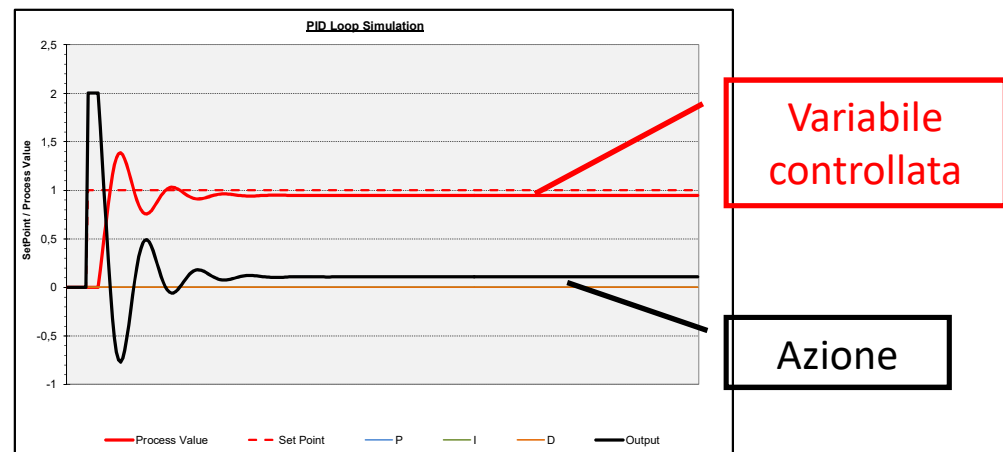
Grafico regolatore proporzionale



Come indicare
la caratteristica
di un
regolatore
proporzionale

Alcune proprietà di un regolatore P

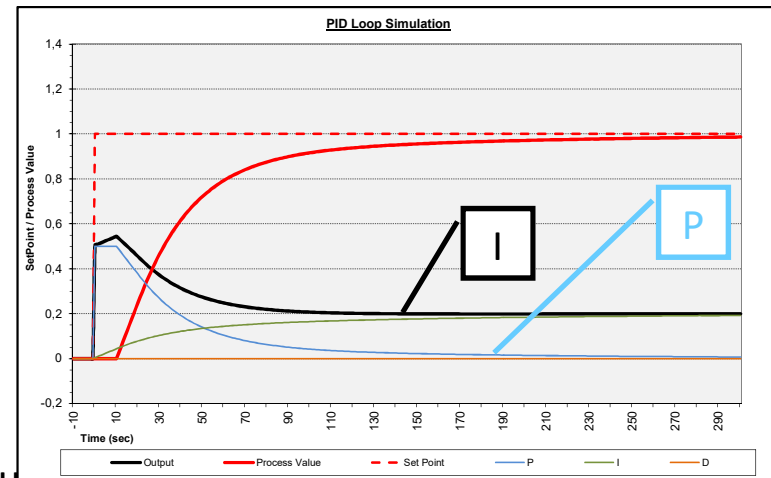
- **Il regolatore P non arriva mai «a segno»:**
→ a regime rimane sempre un errore...
- Riducendo la banda proporzionale si riduce l'errore
- Se si riduce troppo la banda proporzionale il regolatore comincia ad oscillare
- I ritardi e le inerzie della catena di misura ed attuazione aumentano i rischi di oscillazione



- **Regolatore PI: si elimina l'errore a regime**
- **Regolatore PID: si smorzano le oscillazioni**

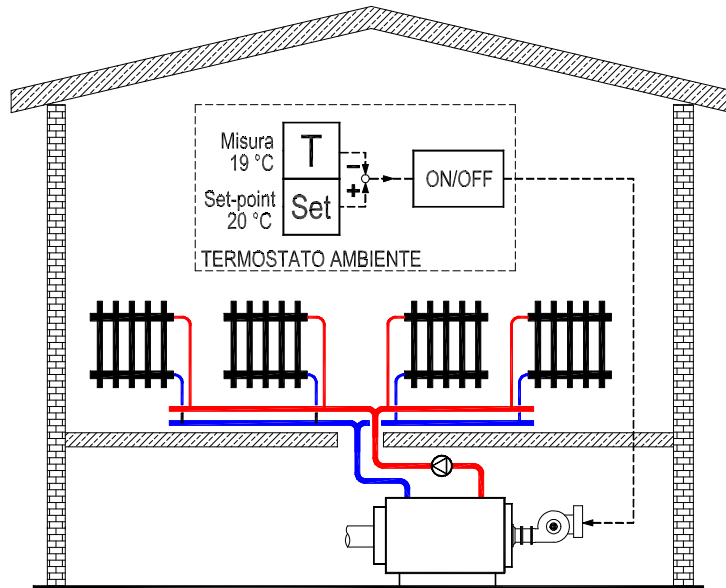
L'azione Integrale

- Periodicamente si corregge l'azione di controllo in funzione dell'errore.
Le successive correzioni dell'azione integrale vengono sommate alle precedenti.
- La correzione è tanto più energica quanto più
 - l'errore è elevato
 - il tempo trascorso è lungo.
- L'azione integrale consente di eliminare l'errore a regime.
In un regolatore PI o PID, a regime l'azione necessaria a mantenere il set-point è sostenuta dall'azione **I** mentre l'azione **P** diventa nulla (perché l'errore è nullo)
- **Tempo integrale T_n** : è il tempo, trascorso il quale, un errore provoca una azione integrale uguale a quella dovuta all'azione Proporzionale.
Aumentando T_n si riduce l'intensità dell'azione integrale
- **Aumentando eccessivamente l'azione integrale (T_n troppo piccolo) si provoca instabilità come per l'azione proporzionale.**
- L'azione I ha memoria: dipende dalla storia dell'errore.
- L'azione I tiene conto solo della storia passata del sistema

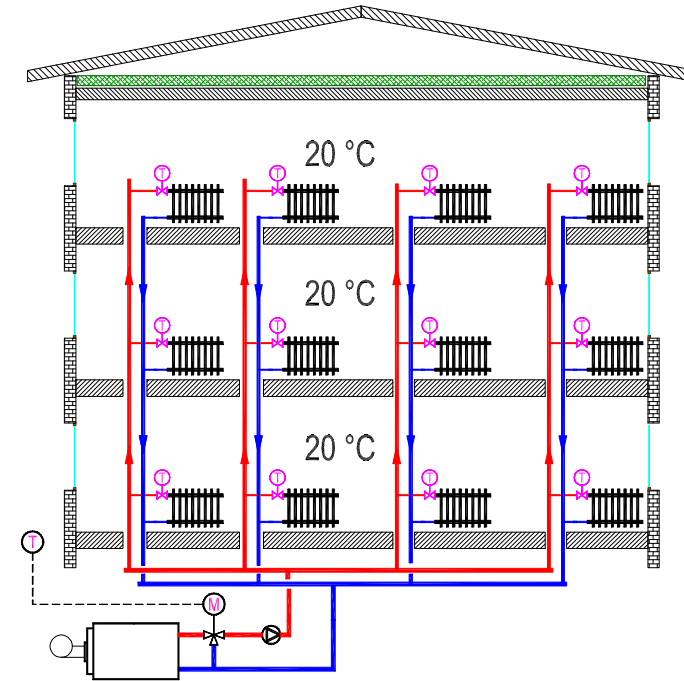


L'azione Derivativa

- Lo scopo dell'azione derivativa è quello di smorzare le oscillazioni
- L'azione derivativa è proporzionale alla velocità dell'aumento dell'errore.
- Se l'errore sta diminuendo, si produce un aumento del comando.
- Inversamente, se l'errore sta aumentando, si produce subito una riduzione del comando.
- Il comando D è tanto più energico quanto più veloce è l'avvicinamento o l'allontanamento dal set-point.
- L'azione derivativa è espressa come tempo derivativo T_v :
Se la velocità di variazione è tale che dopo T_v l'errore si annullerebbe (o si raddoppierebbe), allora l'azione D è pari all'azione P.
Aumentando il tempo T_v aumenta l'intensità dell'azione derivativa
- **L'azione derivativa non ha memoria.**
- **L'azione derivativa è basata sul futuro, sulla previsione di comportamento del sistema regolato**

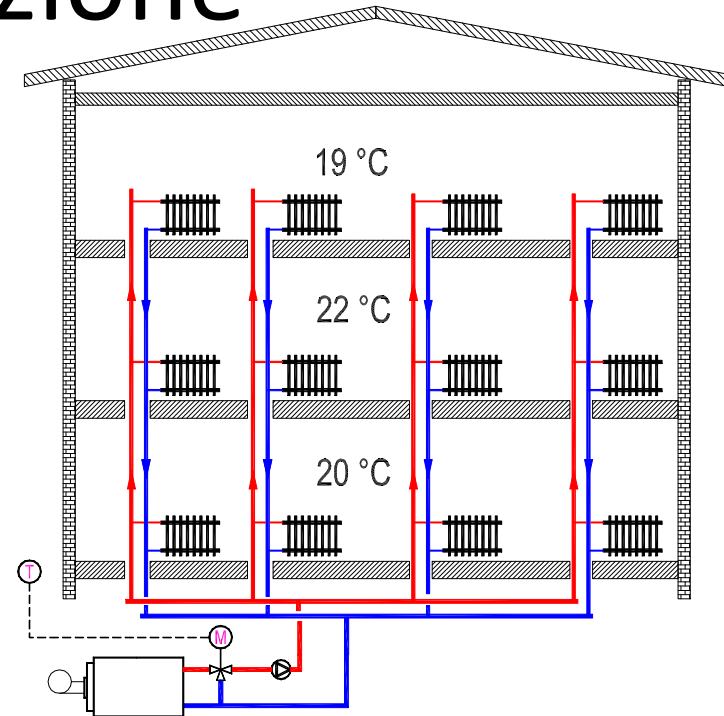
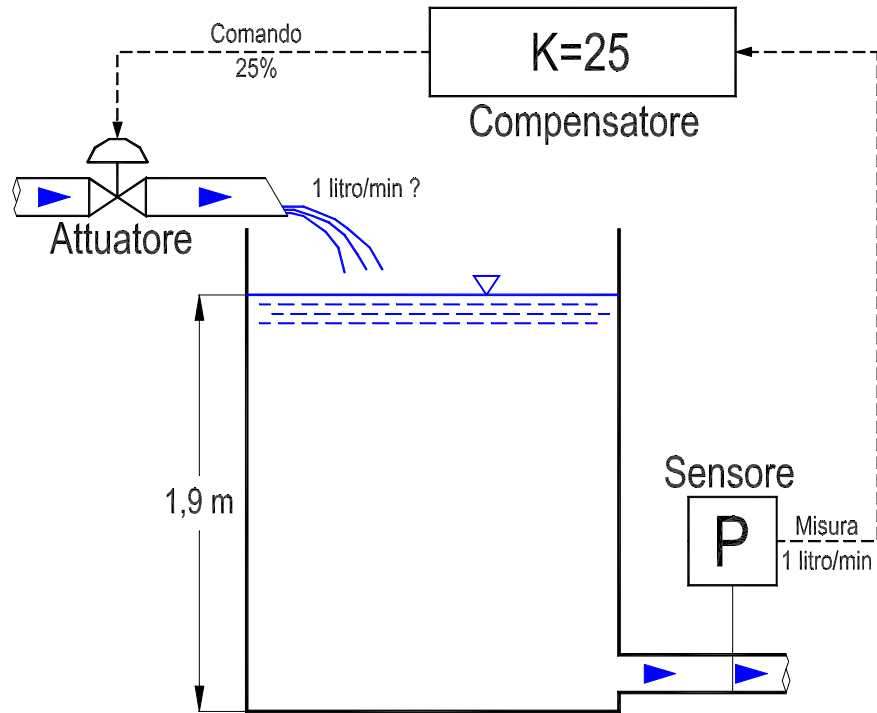


REGOLAZIONE DI ZONA
Esempio: cronotermostato unico
o per gruppi di locali
BUONO



REGOLAZIONE PER SINGOLO AMBIENTE
Esempio: termostato in ogni stanza o
valvole termostatiche
OTTIMO

Compensazione



La «compensazione» tenta di eliminare l'effetto del (compensare il) disturbo

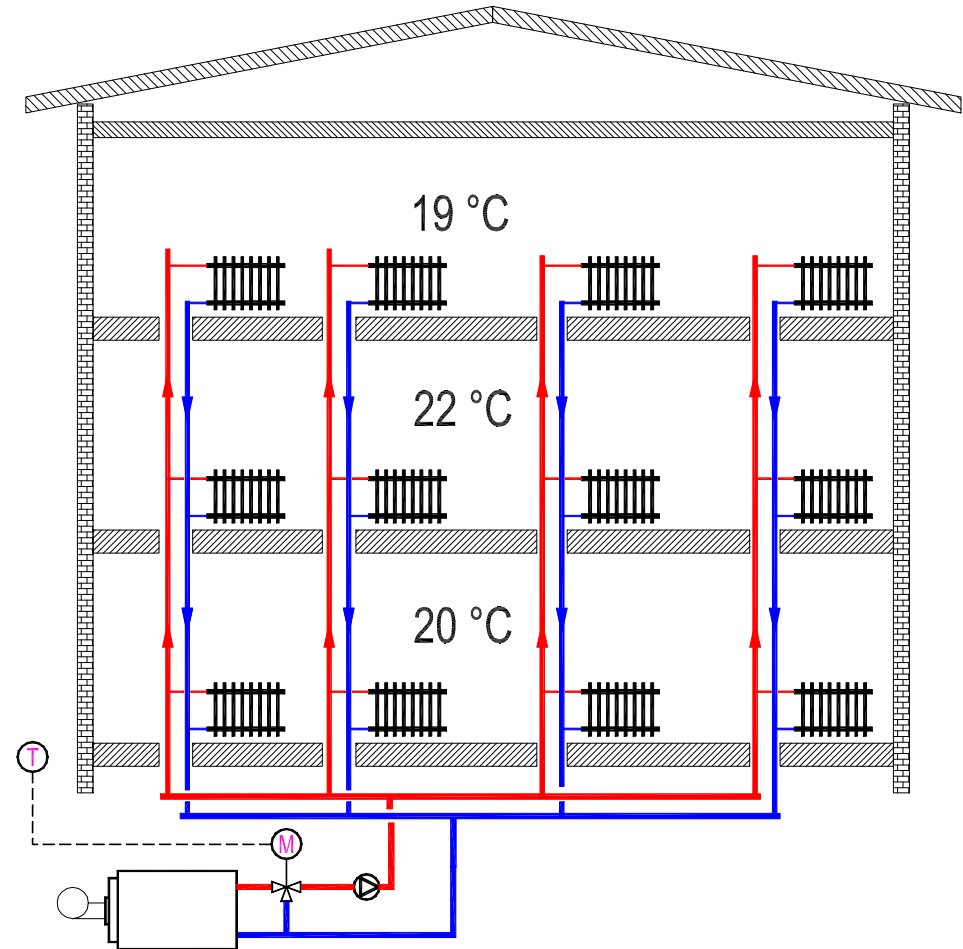
Centralina climatica con sonda esterna

Le dispersioni aumentano quando la temperatura esterna si abbassa

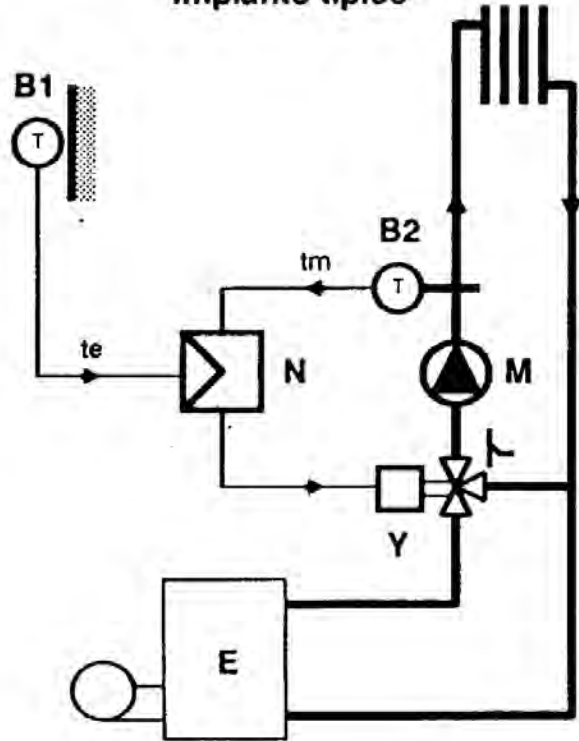
Misuro la temperatura esterna (sonda esterna)

Decido la temperatura di mandata («curva climatica»)

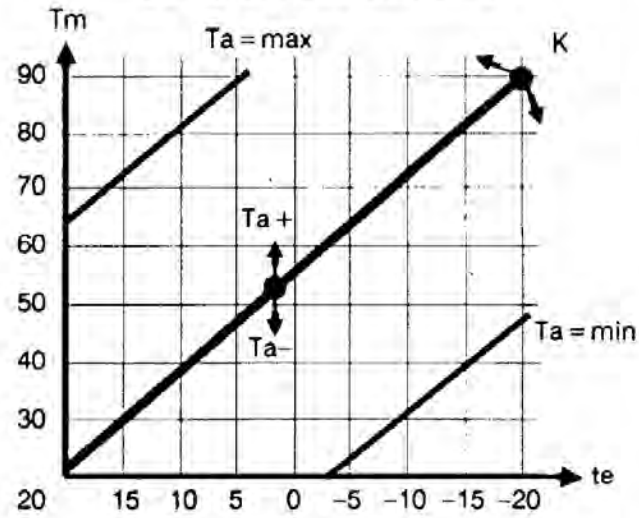
Regolo la temperatura di mandata (valvola miscelatrice)



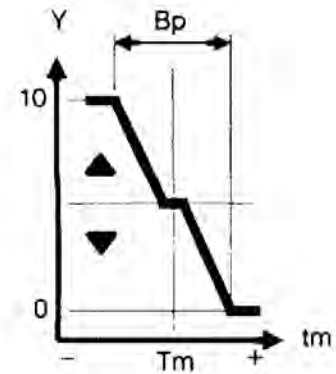
Impianto tipico



Curva di riscaldamento



Comando valvola



- | | |
|---------------------------|---------------------------------------|
| B1 - Sonda esterna | Y - Valvola |
| B2 - Sonda di mandata | Ta - Temperatura ambiente richiesta |
| Bp - Banda proporzionale | tm - Temperatura di mandata reale |
| E - Caldaia | Tm - Temperatura di mandata richiesta |
| M - Pompa di circolazione | te - Temperatura esterna |
| N - Regolatore RTE 93 | |

La «centralina climatica»

• **NON È UN SISTEMA DI REGOLAZIONE ...**

1. *Prima regolazione «a sentimento»*
2. *Ogni utente che ha freddo chiama...*
3. *Si alza la curva climatica = si aumentano i consumi*
4. *Finchè l'utente più freddoloso è soddisfatto*
5. *... e gli altri aprono le finestre*

• **... MA UN PERFETTO OTTIMIZZATORE DI SPRECHI...**

• **... QUANDO È USATA DA SOLA ...**

Rendimento di regolazione : cosa fare

- **La funzione principale** è la **regolazione in funzione della temperatura ambiente**: deve sempre essere presente.
- **La funzione accessoria** è la compensazione climatica
- Migliorare la classe di regolazione: andare verso la regolazione locale per locale (valvole termostatiche o sonde che intervengono su testine elettrotermiche o su ulteriori organi di regolazione)

Nota Bene (Nel caso di edifici esistenti)

- La riduzione di consumi può essere inferiore al previsto perché la migliore regolazione comporta spesso un aumento del servizio (eliminazione delle utenze sfavorite)
- La riduzione può essere superiore al previsto in caso di forti sbilanciamenti iniziali
- Le valvole termostatiche sono sinergiche con le caldaie a condensazione
- La riduzione di portata e l'aumento del ΔT portano una riduzione dei consumi elettrici

Tipo di regolazione	Caratteristica regolatore ambiente	Sistemi a bassa inerzia termica	Sistemi ad elevata inerzia termica	
		Radiatori, convettori, ventilconvettori, strisce radianti ed aria calda (*)	Pannelli integrati nelle strutture edilizie e disaccoppiati termicamente	Pannelli annegati nelle strutture edilizie e non disaccoppiati termicamente
Solo Climatica	$K - 0,6 \eta_u \gamma$	$K=1 \rightarrow$ 0,85...0,70	$K=0,98$	$K=0,9$
Solo zona	On off	0,93	0,91	0,90
	P banda prop. 2 °C	0,94	0,92	0,91
	P banda prop. 1 °C	0,98	0,97	0,96
	P banda prop. 0,5 °C	0,99	0,98	0,98
	PI o PID	0,995	0,99	0,99
Solo per singolo ambiente	On off	0,94	0,92	0,91
	P banda prop. 2 °C	0,95	0,93	0,92
	P banda prop. 1 °C	0,97	0,95	0,94
	P banda prop. 0,5 °C	0,98	0,96	0,96
	PI o PID	0,99	0,97	0,97
Zona + climatica	On off	0,96	0,94	0,93
	P banda prop. 2 °C	0,96	0,95	0,93
	P banda prop. 1 °C	0,97	0,96	0,95
	P banda prop. 0,5 °C	0,98	0,97	0,97
	PI o PID	0,995	0,98	0,98
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	0,96
	P banda prop. 0,5 °C	0,99	0,98	0,98
	PI o PID	0,995	0,99	0,97

VECCHI IMPIANTI CENTRALIZZATI

IMPIANTO AUTONOMO, CALDAIA ATMOSFERICA

VENTILCONVETTORI

IMPIANTO AUTONOMO, PREMIX/CONDENSA

IMPIANTO CON TERMOSTATICHE

REGOLAZIONI PID CON TERMOSTATI ELETTRONICI

Rendimento di regolazione : cosa fare

- Il sistema di regolazione deve essere progettato in funzione del tipo di emettitore:



VENTILCONVETTORI



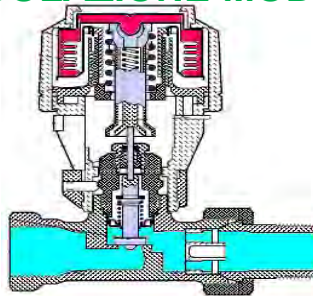
REGOLAZIONE ON-OFF

VALVOLA A DUE VIE + TERMOREGOLATORE



RADIATORI

REGOLAZIONE MODULANTE



VALVOLA TERMOSTATICA A GAS

In alternativa termostato ambiente e testina elettrotermica su collettore di distribuzione (meno efficace della valvola elettrotermica per regolazione on-off)

Che cos'è una valvola termostatica?

E' un regolatore di temperatura ambiente che agisce sulla portata dell'acqua nel radiatore



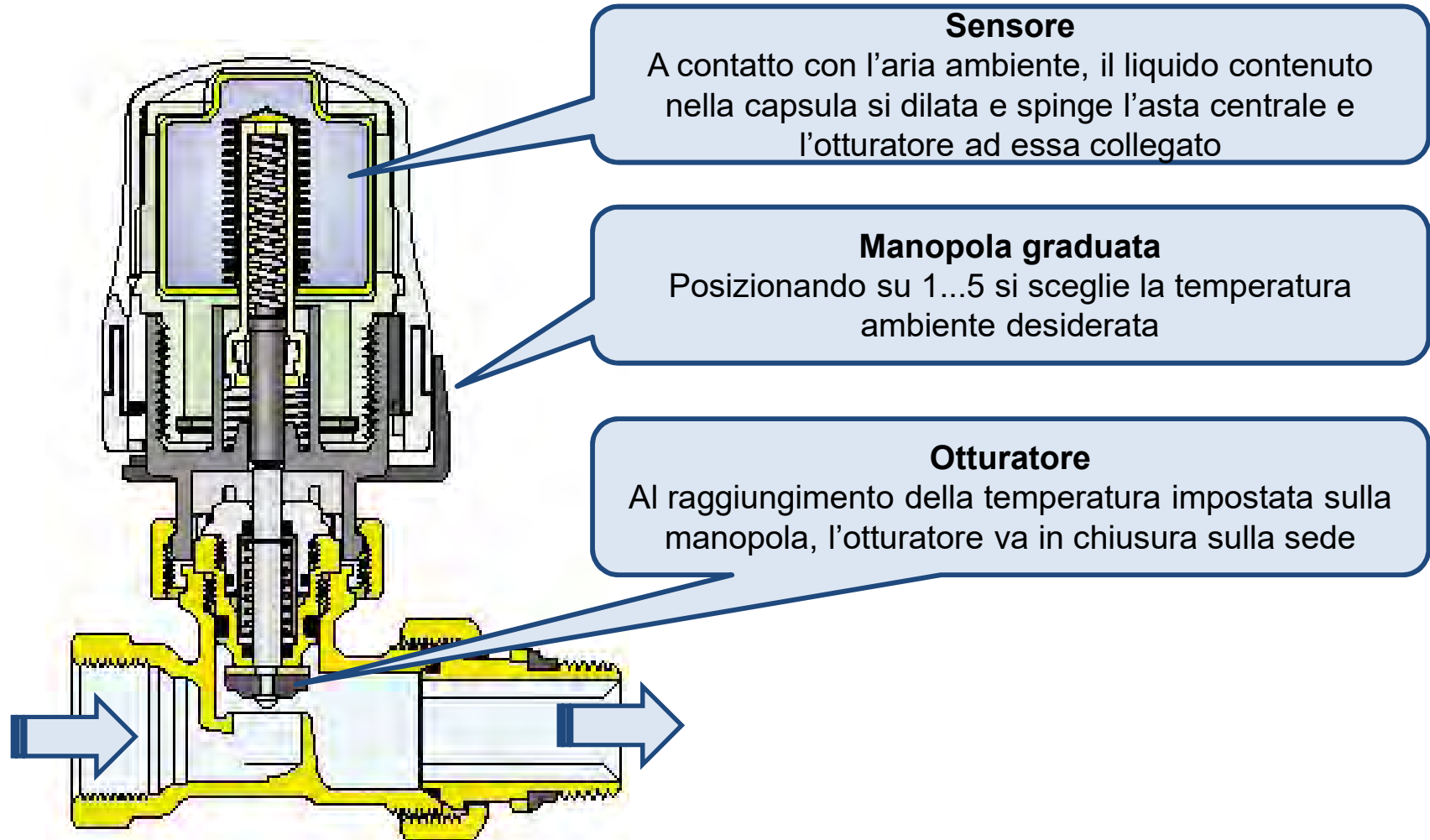
Una volta trovata la posizione (tipicamente 2...4) nella quale si ottiene la temperatura ambiente desiderata, non la si deve più toccare

... salvo chiuderla quando si intende spegnere l'impianto per periodi prolungati

La valvola termostatica

... E' UN REGOLATORE DELLE TEMPERATURA AMBIENTE AGENTE SULLA PORTATA DELL'ACQUA NEL RADIATORE

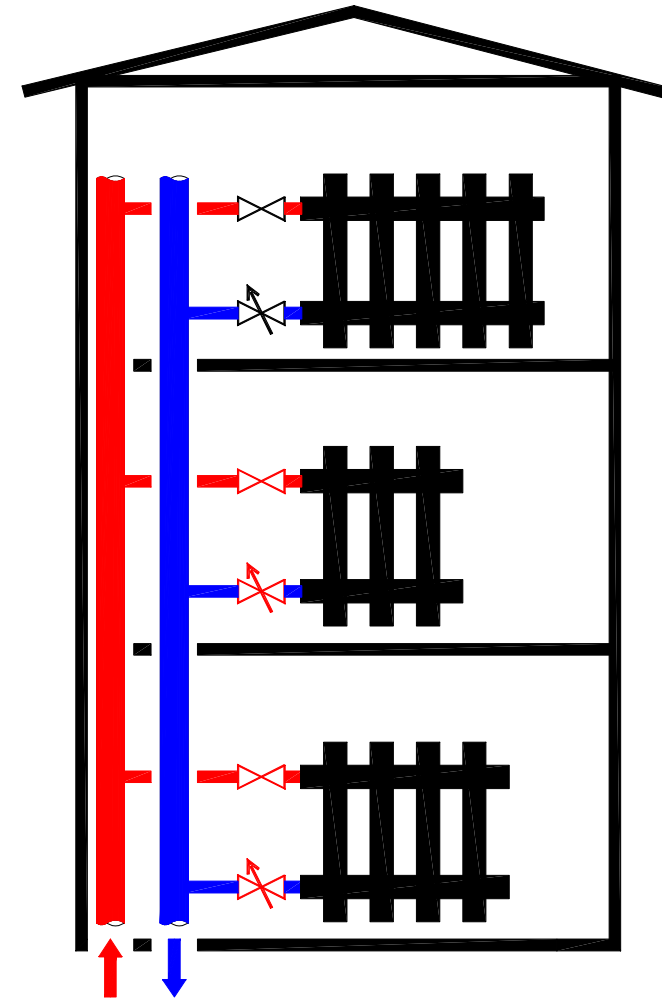
- **L'apertura dell'otturatore è proporzionale alla differenza fra:**
 - Temperatura impostata dall'utente sulla ghiera
 - Temperatura ambiente misurata
 - Quando la temperatura ambiente è uguale alla temperatura impostata sulla ghiera, la valvola termostatica è completamente chiusa
- **Caratteristiche del corpo valvola:**
 - k_v in funzione dell'errore di temperatura (quanta acqua fa passare)
 - Pressione differenziale massima (altrimenti la valvola diventa rumorosa)
- **Caratteristiche della testa termostatica**
 - Tecnologia del sensore: cera, liquido



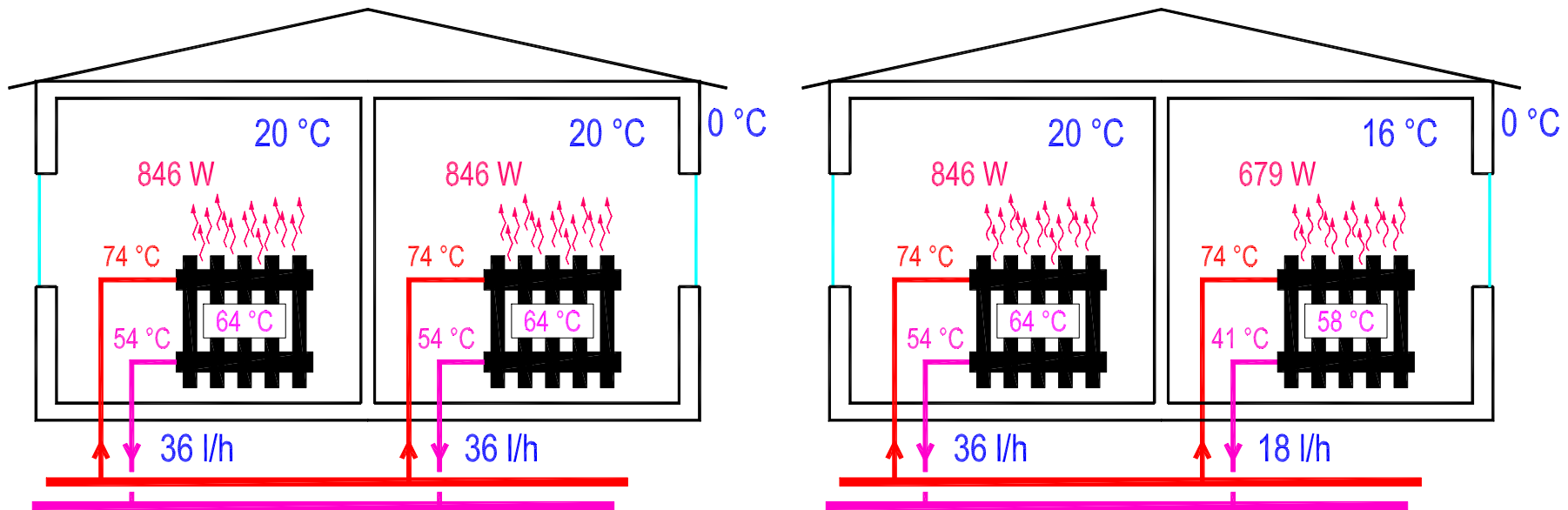
Bilanciamento

Bilanciare l'impianto vuol dire:

1. Immettere il calore dove serve
2. Distribuire i corpi scaldanti in base alla potenza delle dispersioni
3. Distribuire le portate di acqua in base alle potenze dei radiatori
 - Controllo temperatura di ritorno
 - Agire sui detentori?



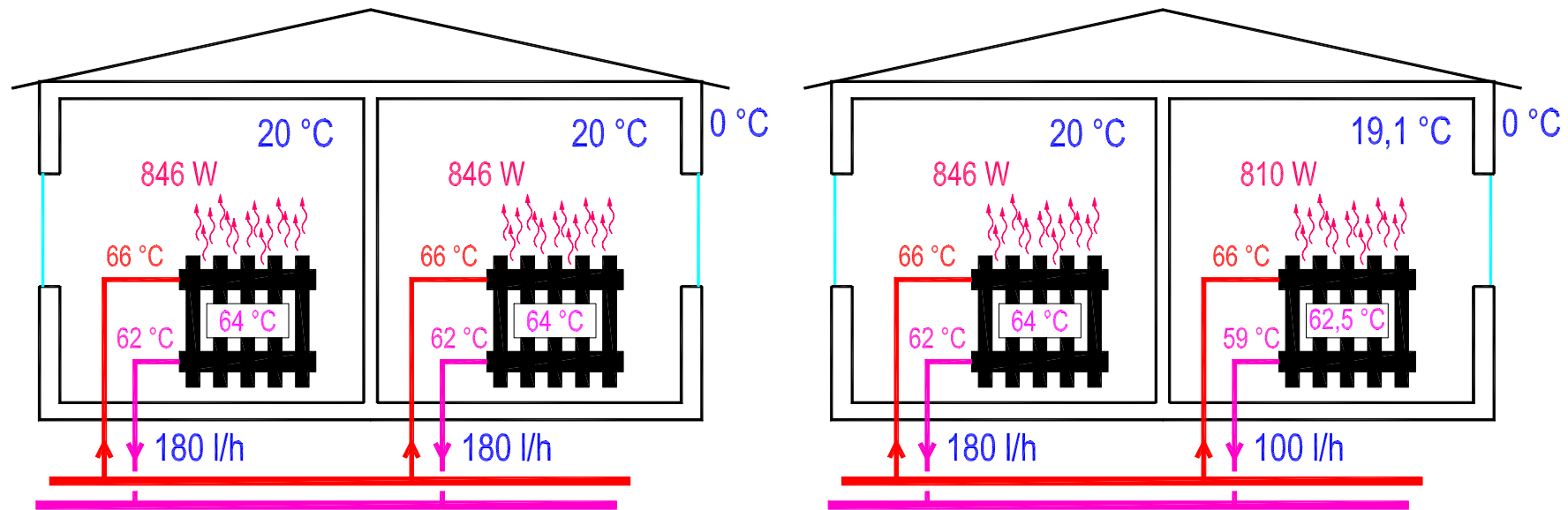
Bilanciamento (in)corretto



Se le portate sono corrette (cioè quanto basta!),
lo sbilanciamento ha effetti disastrosi...

Questo spiega le portate mostruose fino ad oggi utilizzate

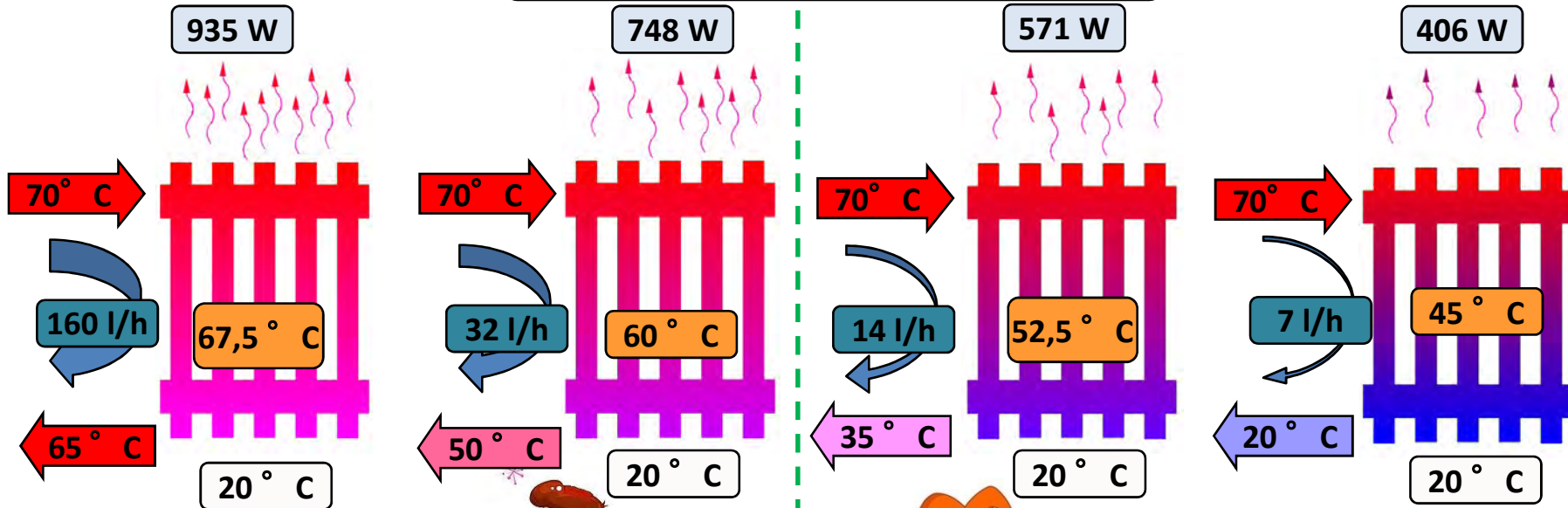
Bilanciamento all'italiana



Se le portate sono molto elevate, anche se la portata nel radiatore di destra si riduce a poco più della metà, lo sbilanciamento ha effetti modesti

Effetto della termostatica

RADIATORE DA 1000 W NOMINALI



Sono belli caldi sopra e sotto la termovalvola
FUNZIONA BENE

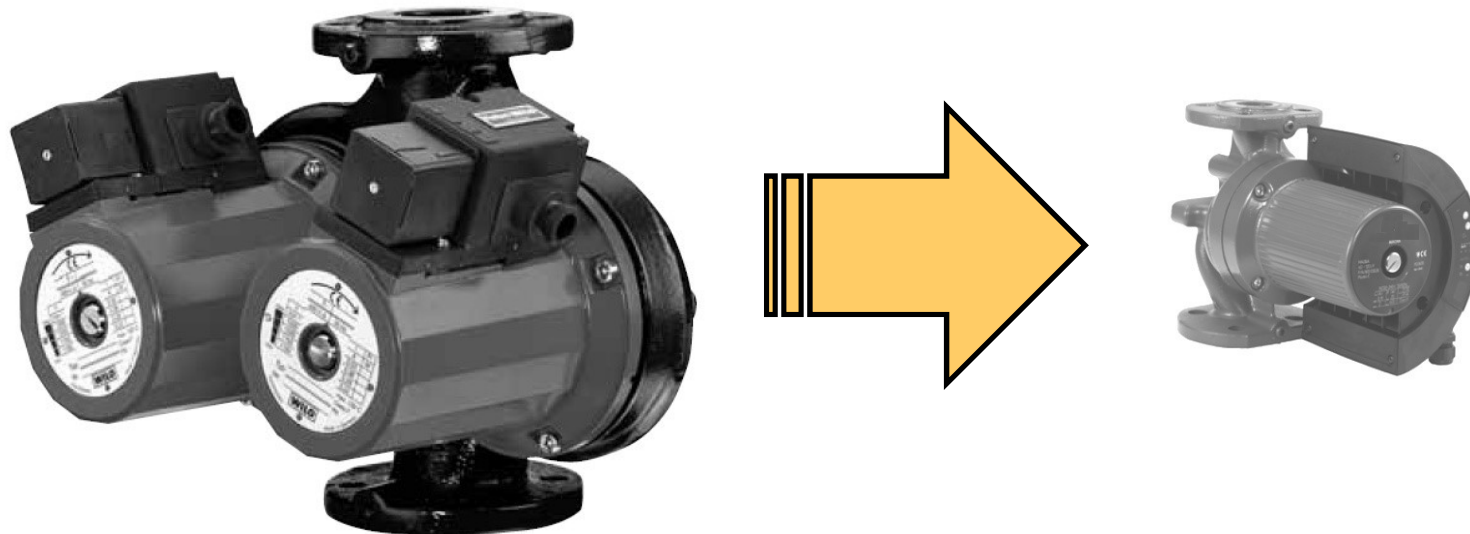


Sopra è bollente Sotto è freddo la termovalvola
NON FUNZIONA

Chi delle due ha ragione ?

Effetto sulle portate

- L'introduzione delle valvole termostatiche provoca **il crollo della portata nell'impianto**
- **150...200 l/h per radiatore → 100...150 l/h per appartamento**



Con l'introduzione delle termostatiche...

- L'impianto funziona in maniera completamente diversa
 - Il vecchio impianto scalda tutti i radiatori in maniera uniforme
 - Il nuovo impianto emette calore solo dove serve
 - Il vecchio impianto richiede una sempre un fiume di acqua
 - Il nuovo impianto richiede poca acqua solo quando serve
- **L'impianto deve essere riprogettato**
 - Progettare = pensare prima di fare
 - Progettare = fare il lavoro con la testa prima di farlo con le mani
- **L'utente deve essere informato ed istruito**

Banda proporzionale di progetto

- Affinchè nelle condizioni di progetto circoli acqua nella valvola, questa deve essere sufficientemente aperta
- Affinchè sia aperta, occorre accettare una differenza fra la temperatura impostata e la temperatura effettiva



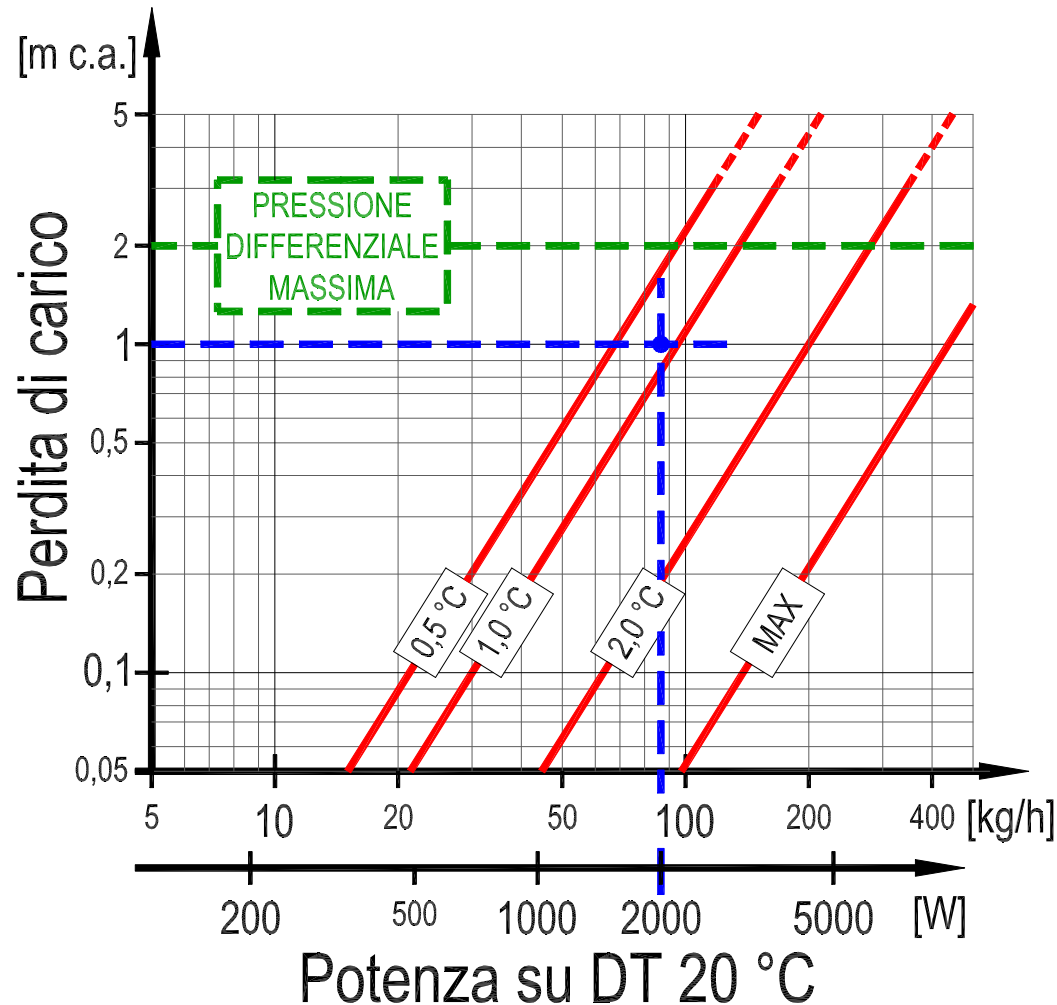
- La “**BANDA PROPORZIONALE DI PROGETTO**” è la differenza fra temperatura impostata dall’utente sulla ghiera e temperatura ambiente misurata che consente di far circolare la portata di progetto nel corpo scaldante servito
- Esempio: Banda proporzionale 1°C
 - Impostazione valvola 20 °C
 - $T_{amb} = 19$ °C in condizioni di progetto (-5 °C esterno)
 - $T_{amb} = 19,0...19,5...20$ °C in condizioni di carico intermedie
- **BANDA PROPORZIONALE REALE**: è la differenza fra temperatura impostata e temperatura ambiente che fa circolare la portata di progetto tenuto conto della valvola installata e della prevalenza disponibile

Stabilità della regolazione

La valvola termostatica è un regolatore P, perciò:

- **In un sistema di regolazione, ogni inerzia nel percorso sensore... attuatore produce instabilità.**
 - a stabilità della regolazione della temperatura ambiente (assenza di oscillazioni) dipende soprattutto dal tempo di reazione della testa.
 - Più breve è il tempo di reazione, più piccola potrà essere la banda proporzionale di progetto senza causare oscillazioni di temperatura.
- **In un sistema di regolazione, il sovradimensionamento dell'attuatore porta all'instabilità**
 - La **banda proporzionale effettiva** è sempre inferiore alla banda proporzionale di progetto:
 - radiatore piccolo
 - valvola termostatica obbligata su impianto esistente
 - prevalenza disponibile maggiore di quella di progetto

Situazione a regime



Verifica del punto di lavoro della valvola

Potenza 2 kW

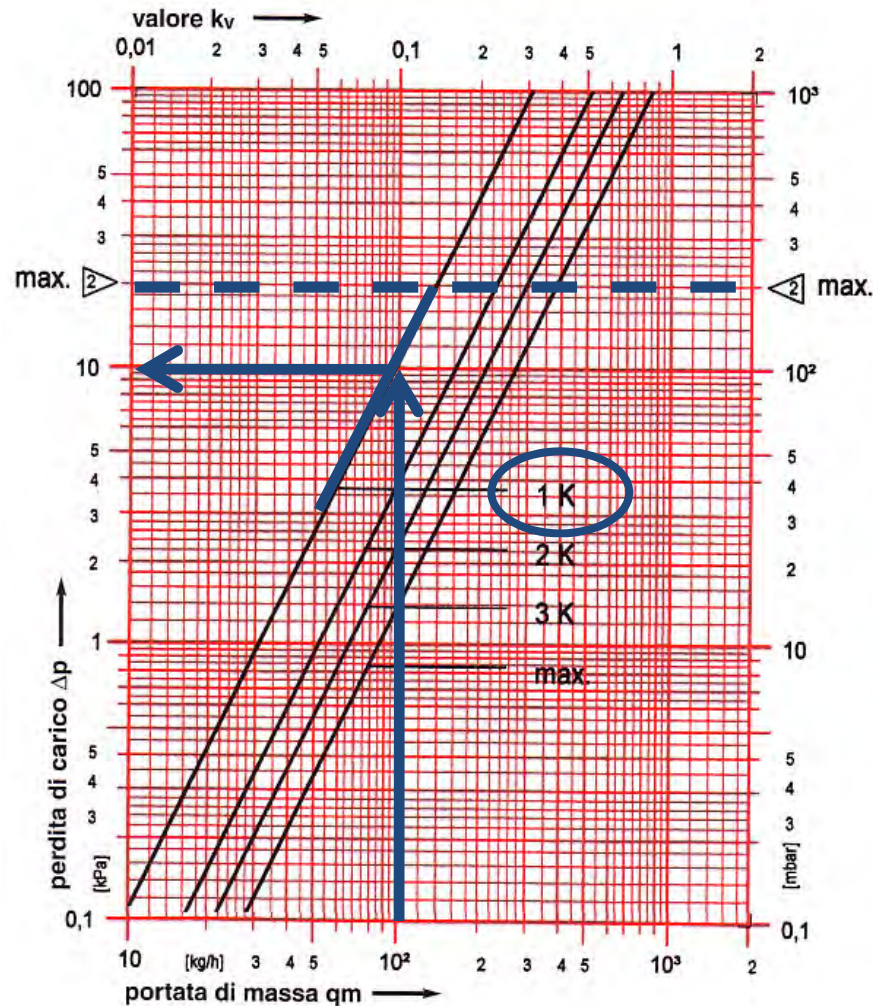
$\Delta T = 20^\circ \text{C}$

Portata = 86 kg/h

Prevalenza = 1 m c.a.

BP = $1,0^\circ \text{C}$

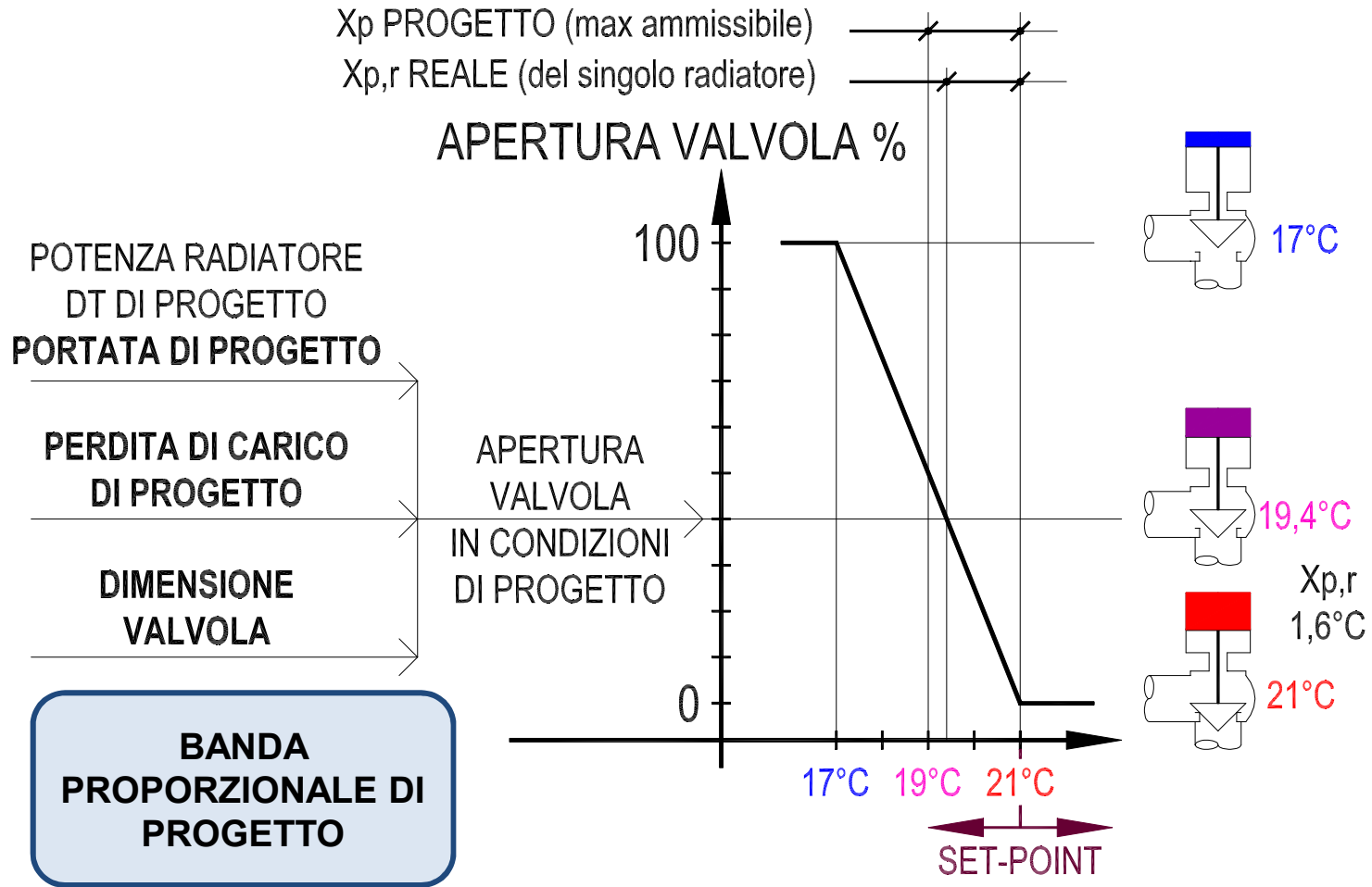
OK

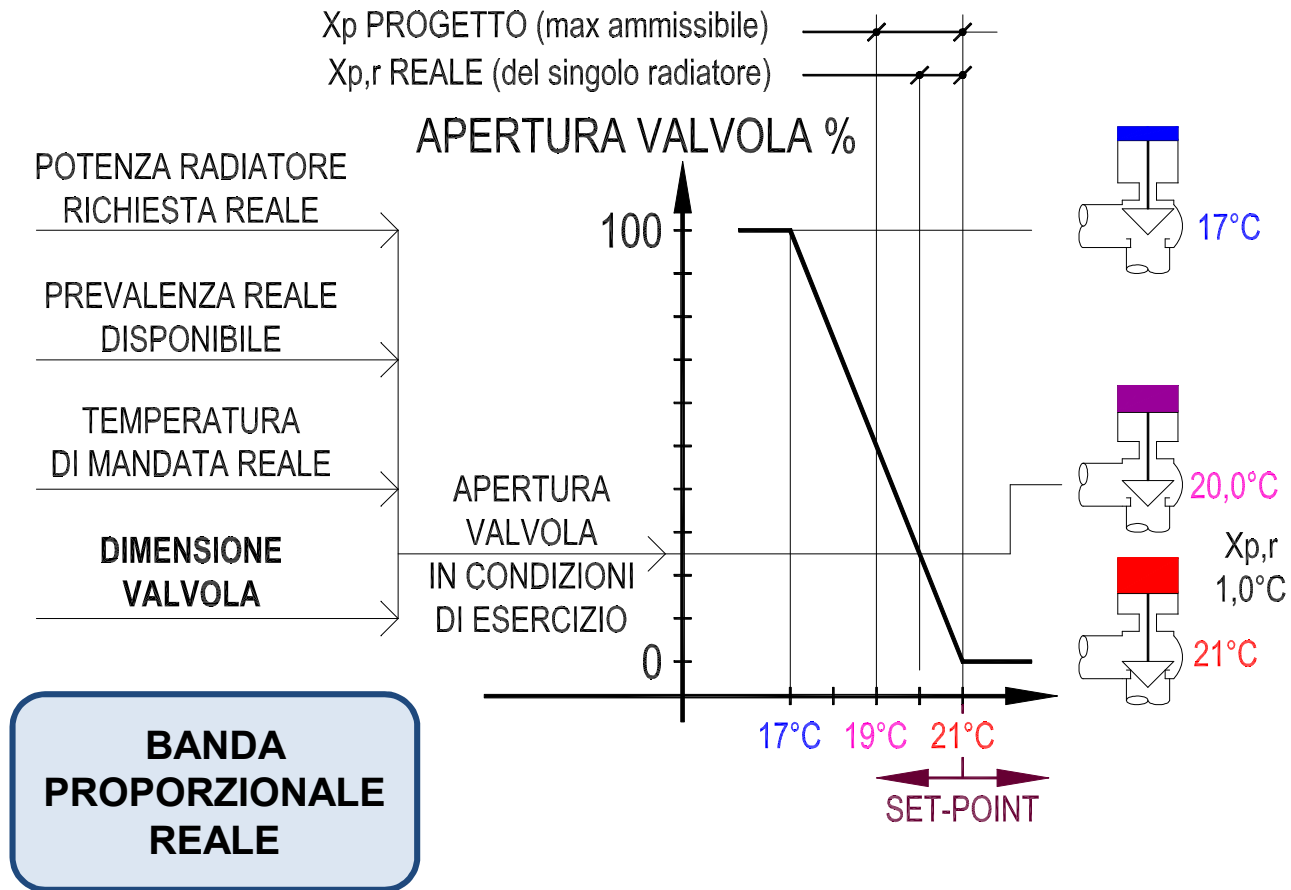


Verifica del punto di lavoro della valvola

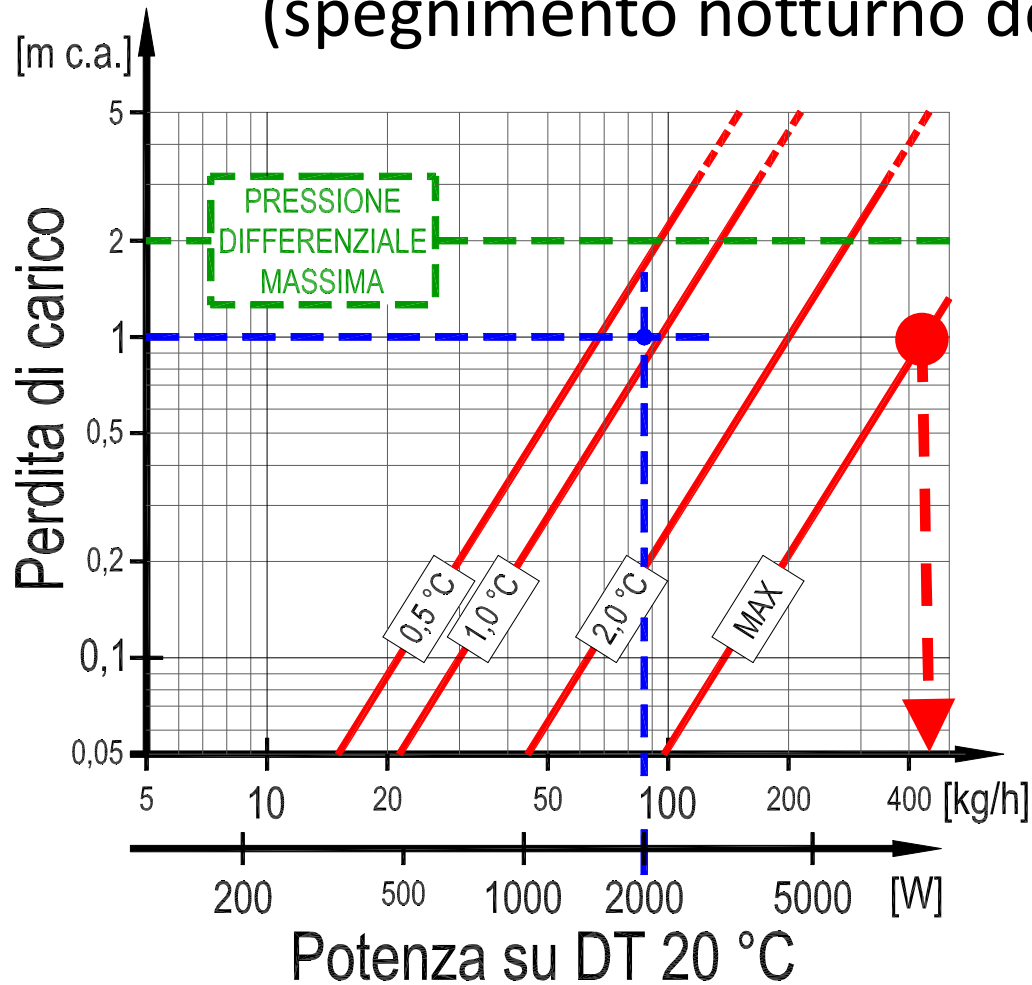
Diagramma portata/prevalenza in funzione della differenza (banda proporzionale) fra

- temperatura ambiente desiderata (set)
- temperatura ambiente effettiva in condizioni di progetto





Situazione con partenza a freddo (spegnimento notturno dell'impianto)



Valvola spalancata

Prevalenza = 1 m c.a.

Portata = 430 kg/h

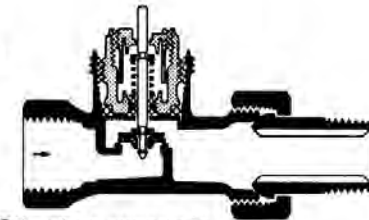
**CORTO
CIRCUITO
IDRAULICO !**

Prerregolazione

La **prerregolazione** della valvola termostatica (limitazione della corsa di apertura dell'otturatore indipendentemente dalla temperatura ambiente) va impostata in conformità al punto di lavoro di progetto della valvola



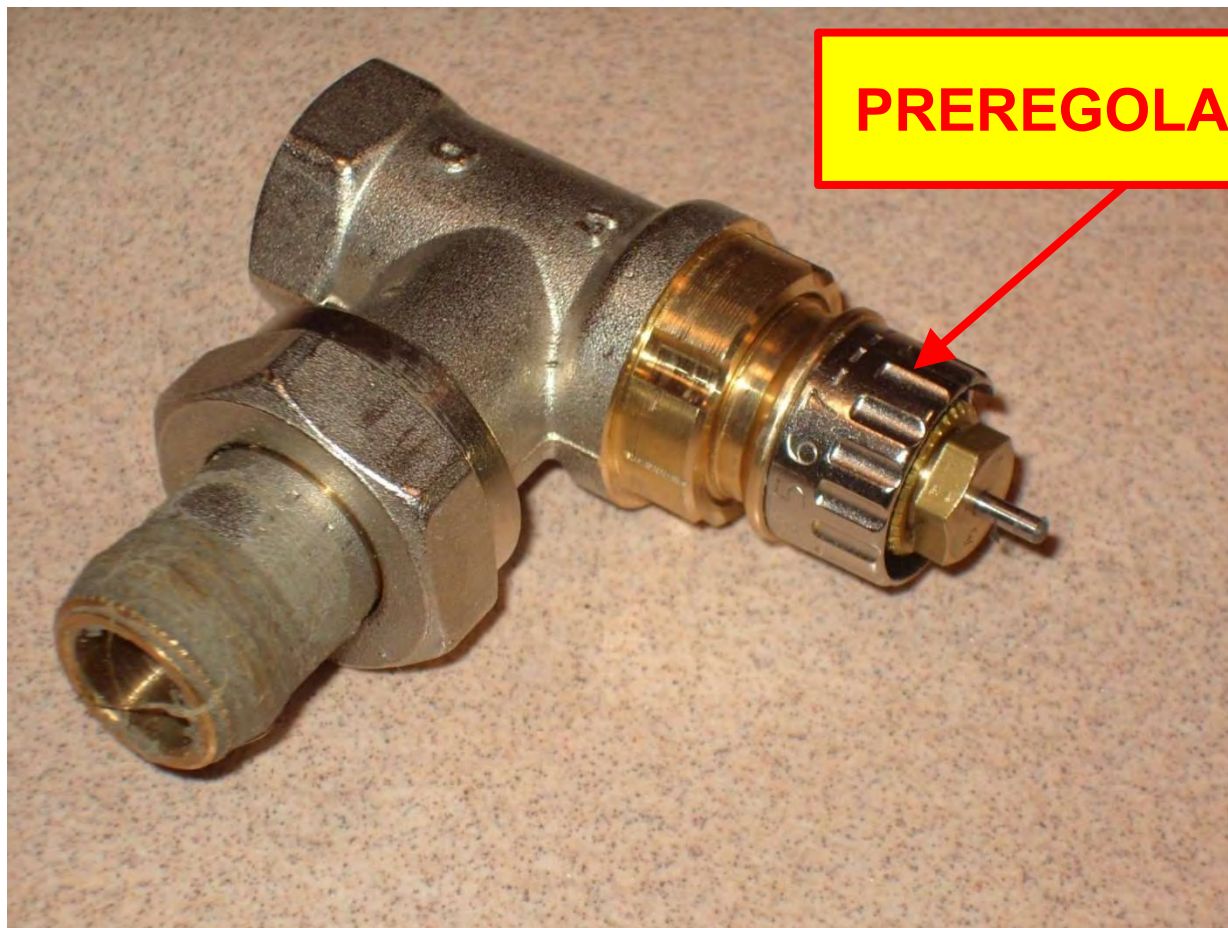
Regolazione del KV

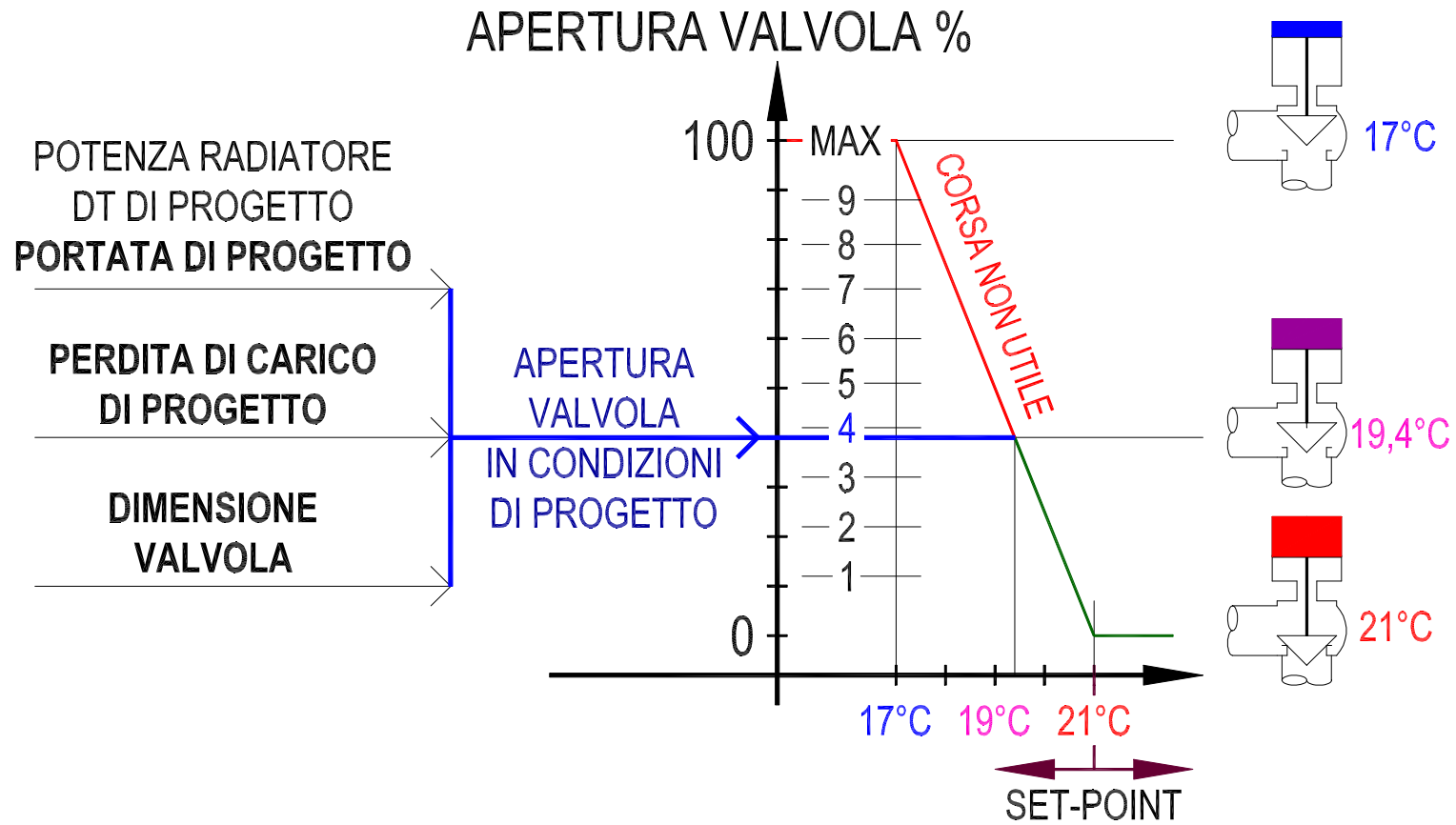


Otturatore sagomato

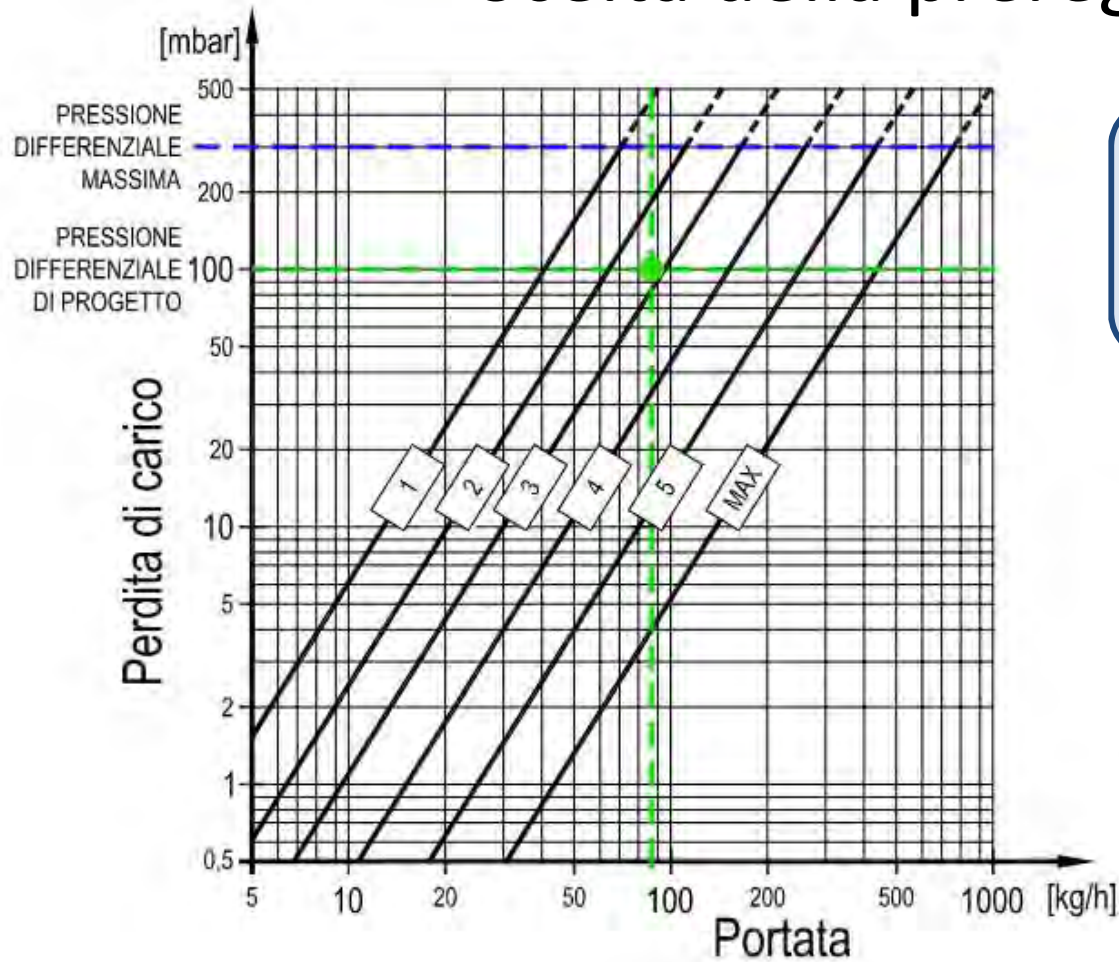
- **Avviamento da freddo dopo la fermata notturna**
- **Funzionamento attenuato dell'impianto**
- **Prevenzione di transitori esagerati**
 - apertura finestra
 - aumento della temperatura impostata dall'utente

In funzionamento, ogni radiatore dispone sempre della portata di progetto. Di più non serve!!



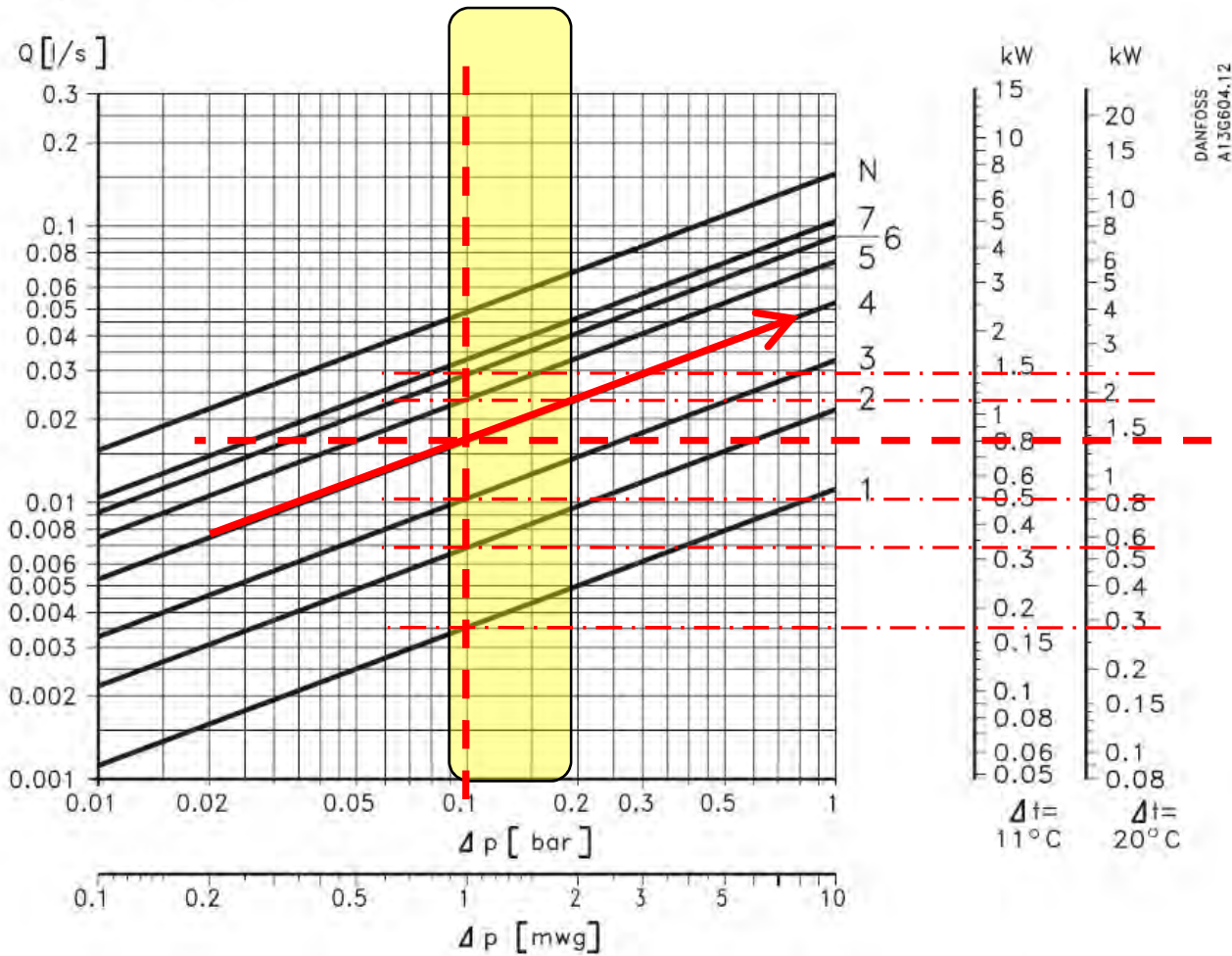


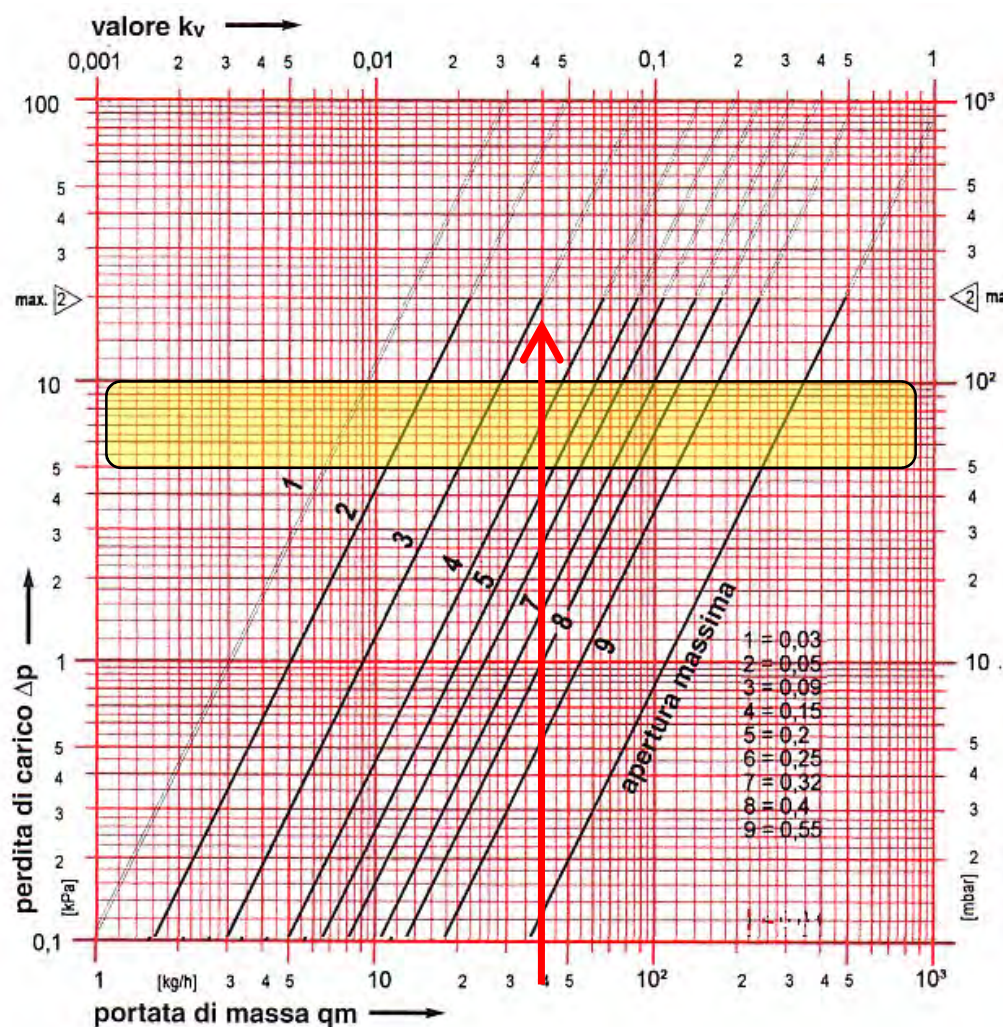
Scelta della preregolazione



SCelta DELLA PREREGOLAZIONE

RA-N 10, R_p 3/8 connection





Calcolo della prerregolazione

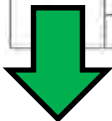
Potenza 1 kW
 DT = 20 ° C
 Portata = 43 kg/h
 ΔP ammissibile = 0,5...1 m c.a.
 Prerregolazione = 4...5
 Non è necessaria una grande precisione.
 Serve solo a superare i transitori

NEGLI IMPIANTI CENTRALIZZATI OGNI RADIATORE DEVE AVERE UNA PERDITA DI CARICO COSTANTE INDIPENDENTEMENTE DALLA PORTATA TEORICA DI PROGETTO



Sono necessari corpi valvola con k_v regolabili. Alla portata di progetto la perdita di carico deve essere la stessa in ogni corpo scaldante per poter equilibrare il sistema

Type	Design	Pre-setting								k_{vs}
		$k_{v-max}^{(2)}$ (m ³ /h at $\Delta p = 1$ bar)								
		1	2	3	4	5	6	7	N	
RA-N 15	Angle, F									
	Straight, F									
	Angle, D	0.04	0.09	0.16	0.25	0.36	0.43	0.52	0.73	0.90
	Straight, D									
	Horiz. angle, D									



Valvola diametro 1/2"



8 gradi di preregolazione

$\Delta P=10$ kPa (0,1 bar) $\Delta T=18$ K

Potenza W	$Q_{teorica}$ l/h	K_v necessario	Prereg.	$Q_{progetto}$
600	28,67	0,0906	2	28,46
2200	105,11	0,3323	5	113,84
1600	76,44	0,2417	4	79,06



Dispositivo di preregolazione

$$k_v = \frac{Q}{\sqrt{\Delta P}}$$

Dimensionamento delle valvole

- Verifica dimensione minima
 - quasi sempre verificata
- Calcolo della preregolazione
 - Impianto esistente
 - da dimensioni radiatori ed UNI 10200
 - Impianto nuovo
 - da potenze di progetto (carico termico)

**NEGLI EDIFICI ESISTENTI SI PUO' ASSUMERE COME CARICO TERMICO
LA POTENZA DEL CORPO SCALDANTE.
IN PRESENZA DI REGOLAZIONE, ANCHE SE LA POTENZA
E' MAGGIORE DEI FABBISOGNI CIO' NON E' UN PROBLEMA**

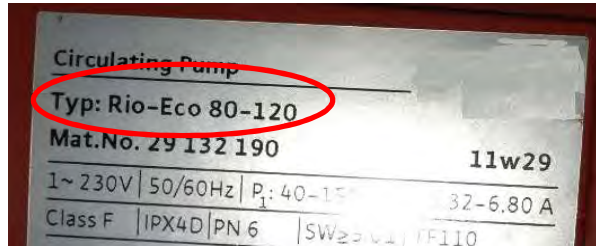
ATTENZIONE AI GRUPPI DI POMPAGGIO

Osservare bene cosa troviamo nella centrale di produzione calore

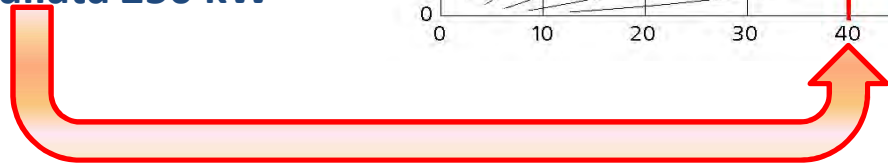
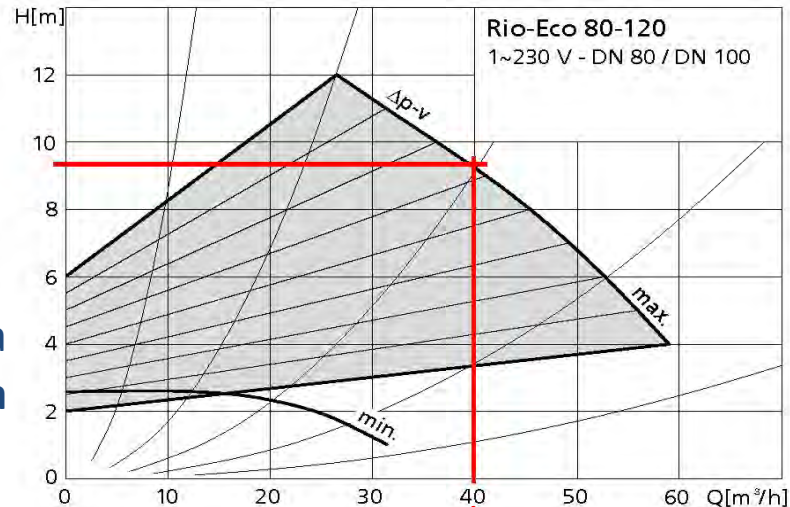
LE PORTATE NOMINALI

Negli impianti esistenti le portate nominali fanno riferimento (nel migliore dei casi) a salti termici di max 10 ° C, di norma 80-70 ° C

Si riscontrano sovente gruppi di pompaggio con prevalenze prossime a 1 bar (10 m di colonna d'acqua), purtroppo già di tipo elettronico adducendo (erroneamente) la compatibilità con i dispositivi di termoregolazione



Condominio di 42 unità immobiliari. Potenza termica radiante installata 250 kW



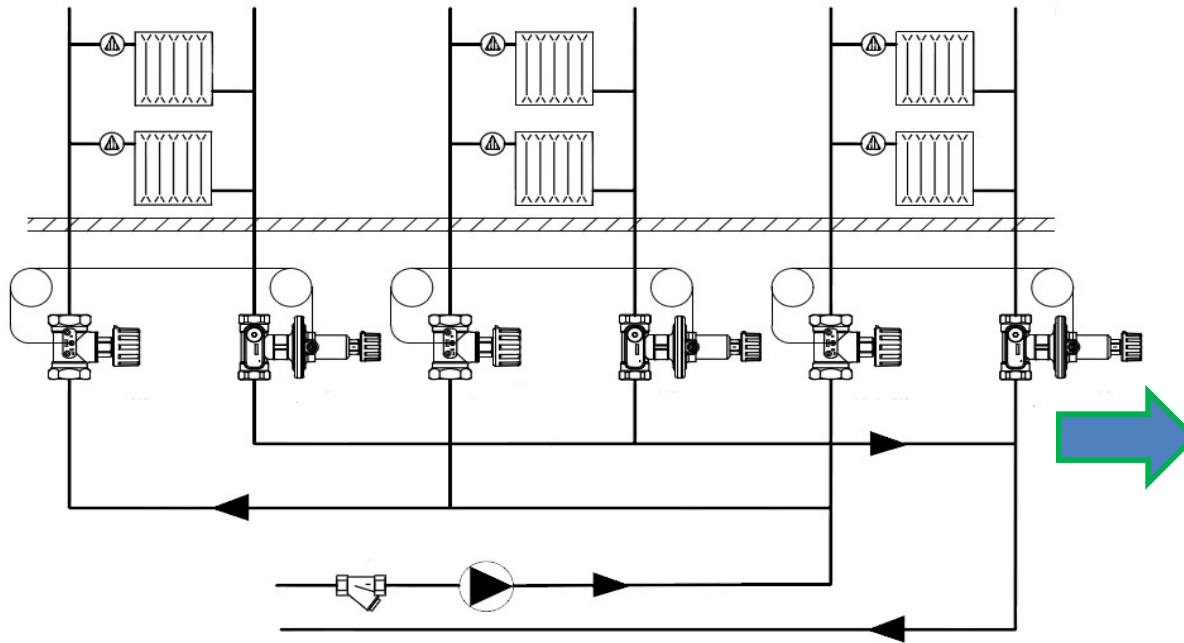
LA MASSIMA PRESSIONE DIFFERENZIALE

Type	Design	Connections		Pre-setting									Max. work. press. bar	Max. diff. ²⁾ press. bar
		Inlet Rp	Outlet R	k_v -max. ¹⁾ (m ³ /h at $\Delta p = 1$ bar)										
				1	2	3	4	5	6	7	N	N		
RA-N 10	Angle	3/8	3/8	0.04	0.08	0.12	0.19	0.25	0.33	0.38	0.56	0.65	10	0.6
	Straight	3/8	3/8	0.04	0.08	0.12	0.19	0.25	0.33	0.38	0.56	0.65	10	0.6
	Horiz. angle	3/8	3/8	0.04	0.08	0.12	0.19	0.25	0.33	0.38	0.56	0.65	10	0.6
	Right angle	3/8	3/8	0.04	0.08	0.12	0.19	0.25	0.33	0.38	0.56	0.65	10	0.6
	Left angle	3/8	3/8	0.04	0.08	0.12	0.19	0.25	0.33	0.38	0.56	0.65	10	0.6
RA-N 15	Angle	1/2	1/2	0.04	0.09	0.16	0.25	0.36	0.43	0.52	0.73	0.90	10	0.6
	Straight	1/2	1/2	0.04	0.09	0.16	0.25	0.36	0.43	0.52	0.73	0.90	10	0.6
	Horiz. angle	1/2	1/2	0.04	0.09	0.16	0.25	0.36	0.43	0.52	0.73	0.90	10	0.6
	Right angle	1/2	1/2	0.04	0.09	0.16	0.25	0.36	0.43	0.52	0.73	0.90	10	0.6
	Left angle	1/2	1/2	0.04	0.09	0.16	0.25	0.36	0.43	0.52	0.73	0.90	10	0.6

Attenzione alle note (in tutti i sensi)

La pressione differenziale massima specificata è la pressione massima a cui le valvole garantiscono una soddisfacente capacità di regolazione. Come con qualsiasi dispositivo che impone una caduta di pressione nel sistema, il rumore può verificarsi in determinate condizioni di flusso / pressione. Per garantire un funzionamento silenzioso, la caduta di pressione massima non deve superare 30 a 35 kPa (e anche meno)

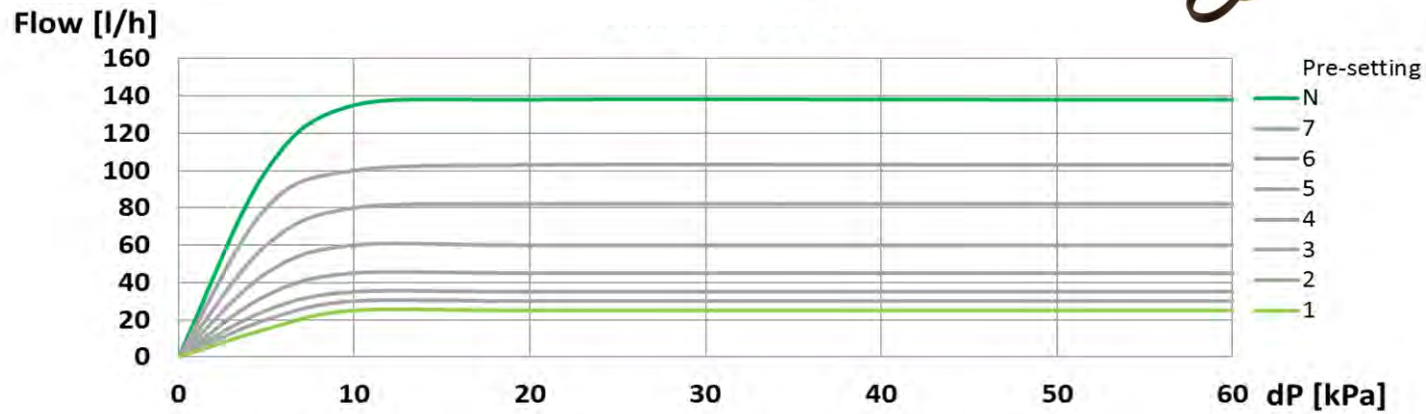
In presenza di elevati valori di pressione differenziale sugli emettitori Valvole di regolazione della pressione differenziale

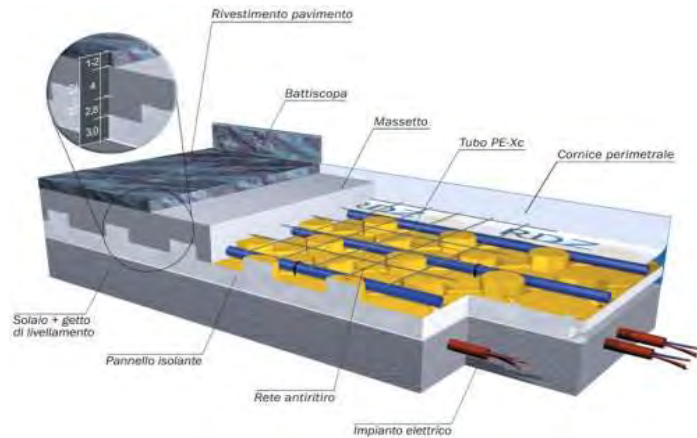


*Il tecnico abilitato
dimensiona per ogni
colonna montante
una valvola di
pressione differenziale*

**Costi elevati – difficoltà di installazione
QUALE ALTERNATIVA ?**

FARE UTILIZZO DI VALVOLE TERMOSTATICHE CON DISPOSITIVO DI BILANCIAMENTO DINAMICO



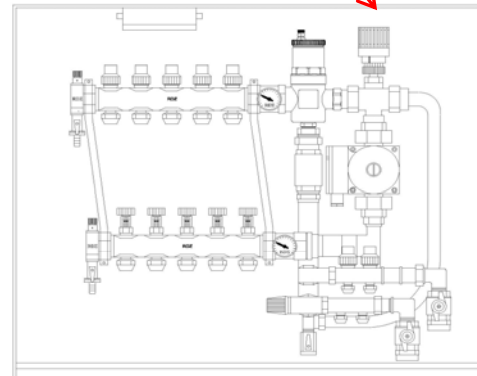


RISCALDAMENTO A PAVIMENTO

REGOLAZIONE A PUNTO FISSO E TERMOSTATI AMBIENTE ON-OFF

Sconsigliato a causa della elevata inerzia di risposta del massetto galleggiante decine di minuti. Problemi di comfort ed elevate bande proporzionali di temperatura, meglio impianto a radiatori. Può essere considerato accettabile in applicazioni industriale e terziario

Valvola mix termostatica autoazionata



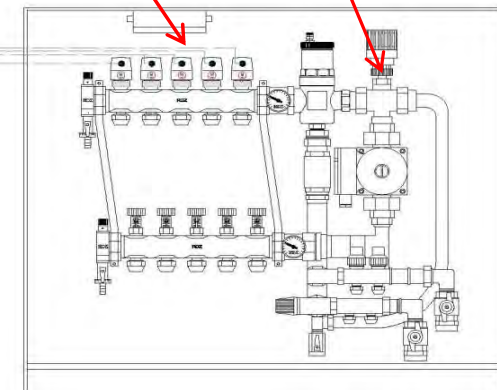
REGOLAZIONE A PUNTO FISSO

Fortemente sconsigliata, problemi nel mantenimento della temperatura ambiente nei singoli locali, nessun vantaggio su apporti gratuiti, meglio un impianto a radiatori. Potrebbe andare bene in mansarde open space con pochi serramenti e controllo termostatico sulla pompa di circolazione

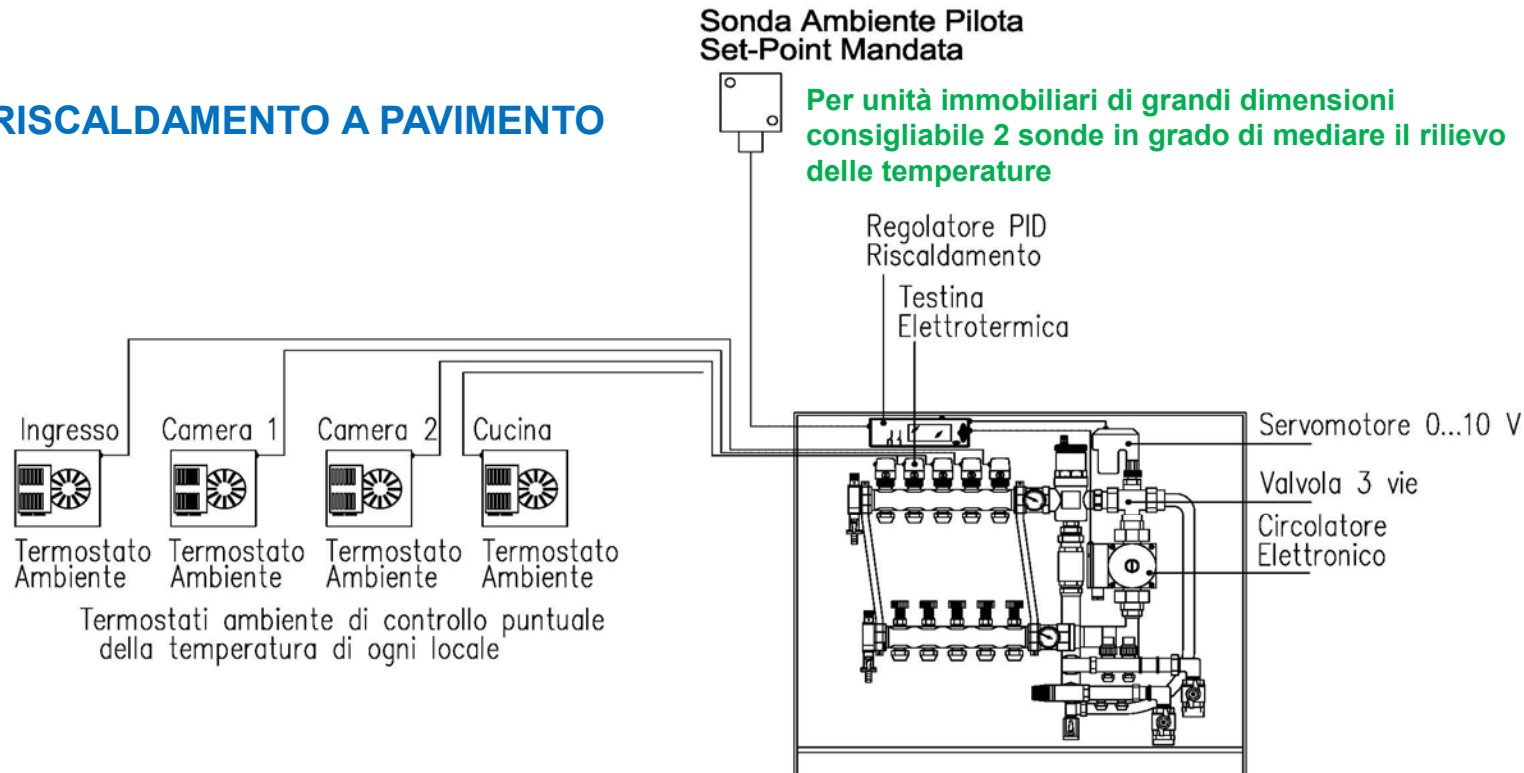
Valvola mix termostatica autoazionata



Testa elettrotermica



RISCALDAMENTO A PAVIMENTO

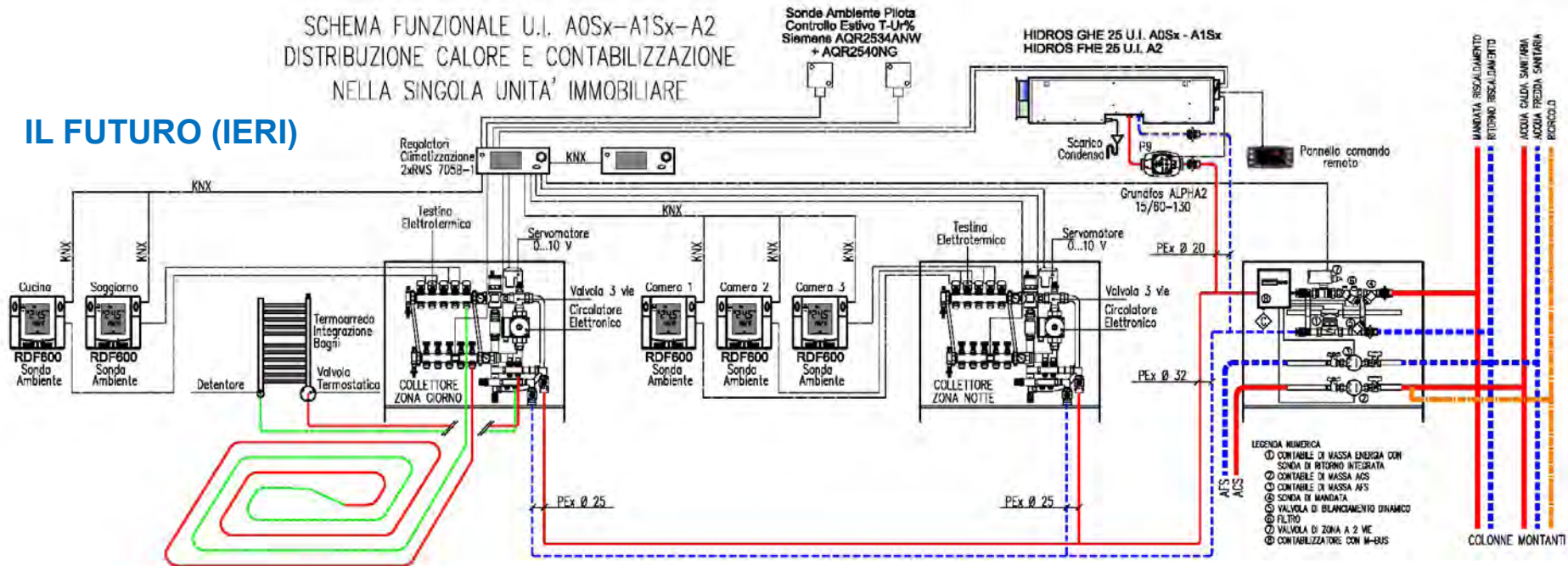


REGOLAZIONE CON Sonda AMBIENTE, REGOLATORE PID E TERMOSTATI AMBIENTE ON-OFF

Attualmente il miglior compromesso nel rapporto qualità/prezzo della regolazione e tempi di risposta. La sonda pilota e il regolatore PID anticipano le variazioni della temperatura ambiente modificando il SET-POINT della temperatura di mandata al pavimento, le testine elettrotermiche intervengono unicamente in caso di apporti gratuiti da sfruttare

SCHEMA FUNZIONALE U.I. A0Sx-A1Sx-A2 DISTRIBUZIONE CALORE E CONTABILIZZAZIONE NELLA SINGOLA UNITA' IMMOBILIARE

IL FUTURO (IERI)



REGOLAZIONE CON SONDE AMBIENTE CON PROTOCOLLO DI COMUNICAZIONE KNX SU REGOLATORE PID

Il miglior sistema ai fini dell'ottimizzazione dell'impianto e la qualità della regolazione e dei tempi di risposta. Ogni sonda comunica i propri dati al regolatore PID il quale stabilisce le priorità anticipando le variazioni della temperatura ambiente modificando il SET-POIN della temperatura di mandata al pavimento, le testine elettrotermiche intervengono unicamente in caso di apporti gratuiti da sfruttare o quale limite di massima temperatura

14/03/2024

GRAZIE DELL'ATTENZIONE