

RIELLO

WEBINAR SU IDRAULICA

Valvole, autorità e logiche di controllo

Regolazione Dinamica, Logiche PID e Ottimizzazione Energetica

Martedì 15 settembre 2026 dalle 16:00 alle 18:00



©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

1

Il programma completo

RIELLO

- Mercoledì 1° luglio
 - Concetti fondamentali: portate, pressioni, perdite di carico, dimensionamento delle reti di distribuzione
- Giovedì 9 luglio
 - Il controllo dei corpi scaldanti. I circuiti idraulici di utenza. I circuiti a portata variabile. Il bilanciamento dei circuiti. I circuiti di generazione
- Martedì 8 settembre
 - Le pompe di circolazione. Che cosa sono le pompe elettroniche. I parametri delle pompe elettroniche. Esempi di problemi e soluzioni
- Martedì 15 settembre
 - Valvole statiche, valvole di regolazione dinamiche autoazionate, valvola di sfioro, stabilizzatore di pressione, regolatore di pressione differenziale, regolatore di portata, valvola termostatica. Che cos'è un regolatore PID. Regolazione di una batteria, autorità e parametri PID. Regolazioni ed efficienza: l'acceleratore ed il freno. Le funzioni di ottimizzazione energetica delle reti. Esempi di problemi di regolazione e soluzioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

2

2

Agenda

RIELLO

- Valvole statiche, valvole di regolazione dinamiche autoazionate
- Valvola di sfioro e stabilizzatore di pressione
- Regolatore di pressione differenziale
- Regolatore di portata,
- Valvola termostatica
- Che cos'è un regolatore PID? Regolazione di una batteria, autorità e parametri PID
- Regolazioni ed efficienza: l'acceleratore ed il freno. Le funzioni di ottimizzazione energetica delle reti
- Esempi di problemi di regolazione e soluzioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

3

3

Valvole

RIELLO

- **Statiche** → otturatore (e Kv) fisso durante il funzionamento
- **Dinamiche** → otturatore (e Kv) mobile durante il funzionamento
 - **Autoazionate**: il movimento dell'otturatore è forzato dalle pressioni generate dal fluido in circolazione
 - **Comandate**: il movimento dell'otturatore è comandato da un servomotore e si utilizza energia ausiliaria

Le valvole comandate possono integrare logiche di regolazione complesse e set-point variabili

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

4

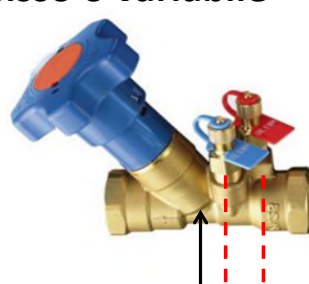
4

Valvole di bilanciamento «ad orifizio fisso o variabile»

RIELLO


Otturatore

Orifizio di misura variabile
 Segnale di misura maggiore
 Lettura dipendente dalla posizione
 dell'otturatore



Otturatore

Orifizio di misura fisso
 Segnale di misura minore
 Lettura indipendente dalla posizione
 dell'otturatore

Idraulica e circuiti idraulici

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

5

5

Valvola di bilanciamento statica ad orifizio fisso

RIELLO

- Bilanciamento statico
- Va bene per suddividere la portata in proporzione costante in diversi rami



Valori kv delle valvole

Posizione volantino	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40	DN 50
0,50	0,40	0,33	0,66	0,60	1,10	2,55
1,00	0,60	0,63	1,04	1,00	3,10	4,50
1,50	0,80	1,20	1,90	2,20	4,80	6,60
2,00	1,00	1,70	3,10	3,50	6,30	8,70
2,50	1,15	2,25	4,20	4,65	7,90	10,80
3,00	1,42	2,80	5,00	5,90	9,50	13,00
3,50	1,80	3,25	5,80	7,25	11,20	15,30
4,00	2,00	3,60	6,50	8,85	13,00	18,00
4,50				9,90	14,70	20,20
5,00				11,40	16,25	22,50
5,50				12,50	17,40	25,00
6,00				13,30	18,50	26,70
6,50						28,60
7,00						30,30
7,50						31,90
8,00						33,00

Idraulica e circuiti idraulici

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

6

6

Perdita di carico di misura

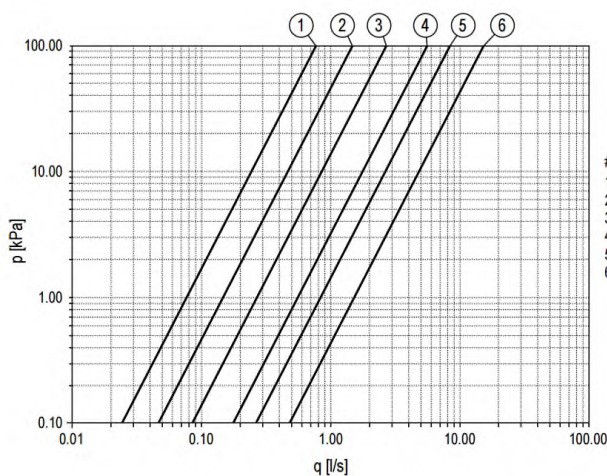


Grafico da utilizzare per la misura di portata a prescindere dalla posizione del volante

Idraulica e circuiti idraulici

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

7

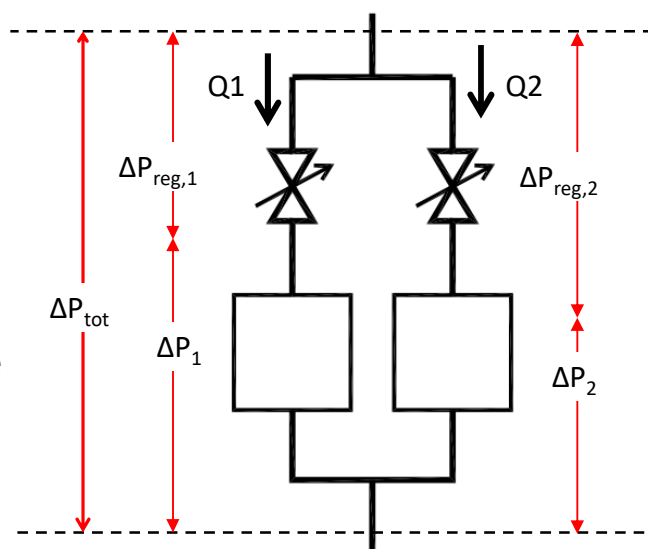
Bilanciamento statico semplice

Inserimento di una perdita di carico regolabile su ciascun ramo per distribuire le portate

$$\Delta P_{\text{reg},i} = \Delta P_{\text{tot}} - \Delta P_i$$

L'apertura del detentore si calcola in base alla perdita di carico da generare alla portata del rispettivo ramo

Viene fissato il rapporto portate nei rami



Idraulica e circuiti idraulici

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

8

Valvole di regolazione dinamiche

RIELLO

Le valvole di regolazione «dinamiche» autoazionate, sono mosse da:

- **due pressioni** che contrastano su una membrana
 - se tengono conto di una sola pressione, la seconda pressione è quella atmosferica.
 - si usa una molla caricata da una vite per alterare l'equilibrio (taratura)
- **una temperatura (valvole termostatiche)**

I regolatori autoazionati comuni sono di tipo P

→ non arrivano mai a segno, riducono le influenze reciproche ma non le eliminano del tutto

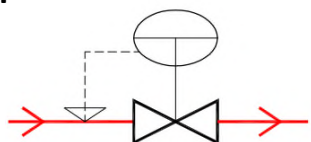
Idraulica e circuiti idraulici

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

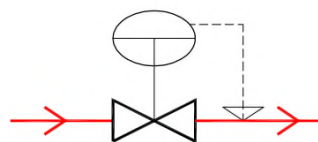
9

9

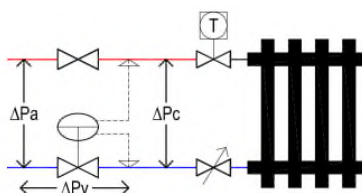
Principali tipi di valvole autoazionate

RIELLO


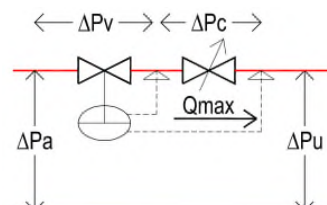
Regolazione pressione a monte
«Valvola di sfioro»



Regolazione pressione a valle
«Regolatore di pressione»



Regolazione DP
Bilanciamento dinamico



Regolazione DP su orifizio
Regolatore di portata

Idraulica e circuiti idraulici

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

10

10

Punti di attenzione delle valvole dinamiche

RIELLO

▪ Pressione differenziale massima

- **Instabilità** di funzionamento (effetto Venturi → oscillazioni)
- **Impedimento** alla chiusura (forza su otturatore apre la valvola)
- **Impedimento** all'apertura (forza su otturatore chiude la valvola)
- **Rumorosità del flusso sull'otturatore** (valvole termostatiche)

▪ Pressione differenziale minima

- Quando richiesto dal funzionamento della valvola

▪ Trafilamento → piccole portate grandi potenze!!

▪ Autorità → questo dipende dal progettista!

Idraulica e circuiti idraulici

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

11

11

Agenda

RIELLO

- Valvole statiche, valvole di regolazione dinamiche autoazionate
- Valvola di sfioro e stabilizzatore di pressione
- Regolatore di pressione differenziale
- Regolatore di portata,
- Valvola termostatica
- Che cos'è un regolatore PID? Regolazione di una batteria, autorità e parametri PID
- Regolazioni ed efficienza: l'acceleratore ed il freno. Le funzioni di ottimizzazione energetica delle reti
- Esempi di problemi di regolazione e soluzioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

12

12

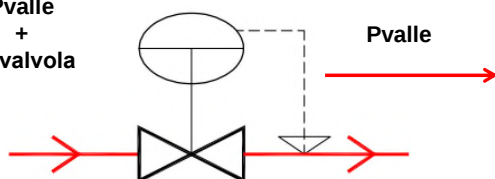
Regolatore di pressione a valle per acqua

RIELLO

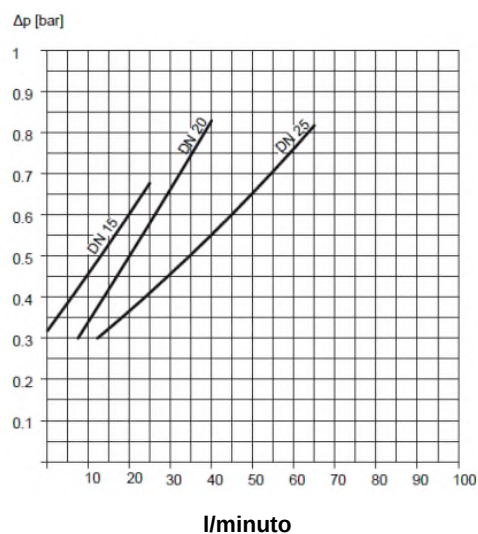
Stabilizza la pressione a valle

Pressione
minima

P_{valle}
+
 $\Delta P_{valvola}$



Per il sanitario...

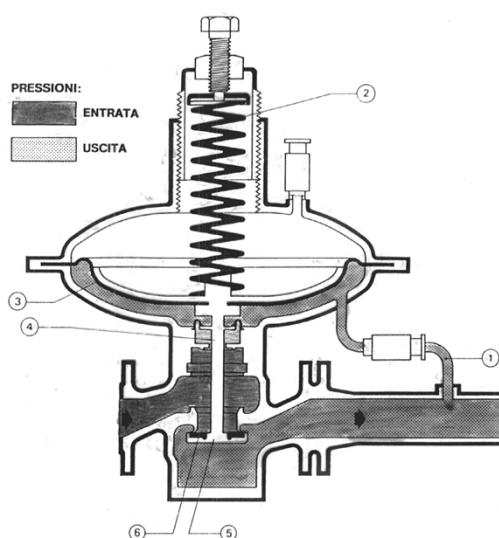


Idraulica e circuiti idraulici

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

13

Stabilizzatore di pressione di rete per gas

RIELLO


L'otturatore 5 della valvola è azionato dallo stelo 4.

Lo stelo è mosso dalla membrana 3 che, a sua volta, è sottoposta da una parte alla pressione atmosferica ed al carico della molla 2, dall'altra alla pressione di uscita per mezzo della "presa d'impulso" 1.

La pressione di uscita può essere regolata agendo sulla vite che comprime la molla.

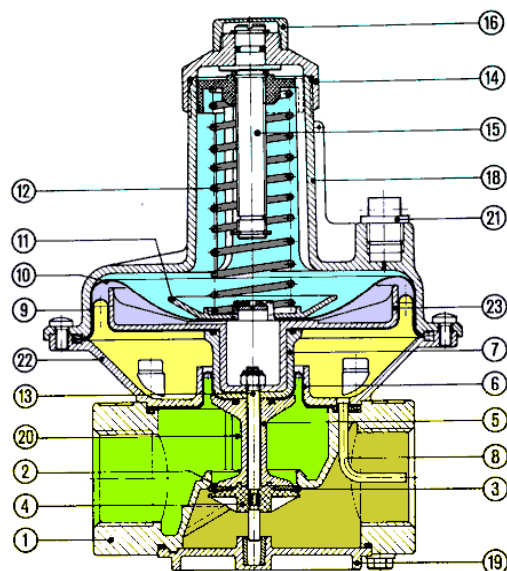
Punti di attenzione:

- Orientamento
- Distanza fra valvola e presa pressione 1
- Volume libero a valle del regolatore

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

14

Stabilizzatore di pressione per gas

RIELLO


Elenco dei componenti

- 1 = parte inferiore del corpo valvola
- 2 = sede di regolazione
- 3 = guarnizione regolatore
- 4 = piatto di regolazione
- 5 = distanziatore inferiore
- 6 = membrana di compensazione
- 7 = distanziatore superiore
- 8 = condotto di rilevamento
- 9 = membrana di lavoro
- 10 = membrana di sicurezza
- 11 = piatto di membrana
- 12 = molla di taratura valore nominale
- 13 = perno
- 14 = vite di chiusura
- 15 = perno di regolazione
- 16 = tappo di chiusura
- 18 = coperchio
- 19 = coperchio inferiore
- 20 = filetto G 1/4 (sui due lato della camera di prepressione per il montaggio della presa pressione)
- 21 = attacco condotto di sfiato G 1/4 da DN 15 - DN 25 (G 1/2 - G 1) G 1/2 da DN 40 - DN 150
- 22 = supporto membrana
- 23 = disco membrana

Stabilizzatore con
membrana di
sicurezza.
In caso di guasto si
blocca

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

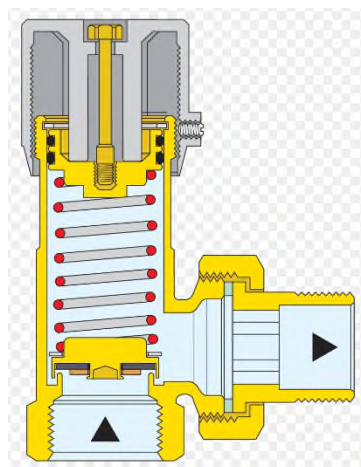
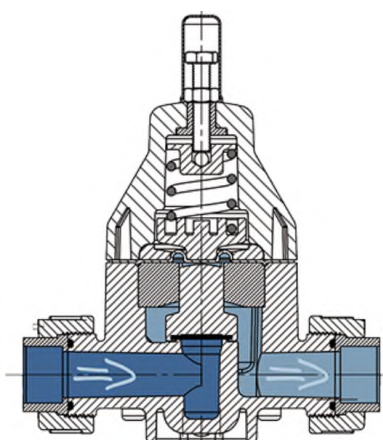
15

15

Valvola di sfioro

RIELLO

Stabilizza la pressione a monte della valvola



Idraulica e circuiti idraulici

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

16

16

Valvola di sfioro

RIELLO

Utilizzate qualche volta per limitare la pressione in un punto di un circuito.

Utilizzate per garantire una portata minima in caldaia o in una pompa
(se la portata si riduce, aumenta la prevalenza di pompa e la valvola apre)



Funziona solo con un circolatore a giri fissi, un circolatore a giri variabili rallenta e la valvola di sfioro non si apre mai...

Idraulica e circuiti idraulici

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

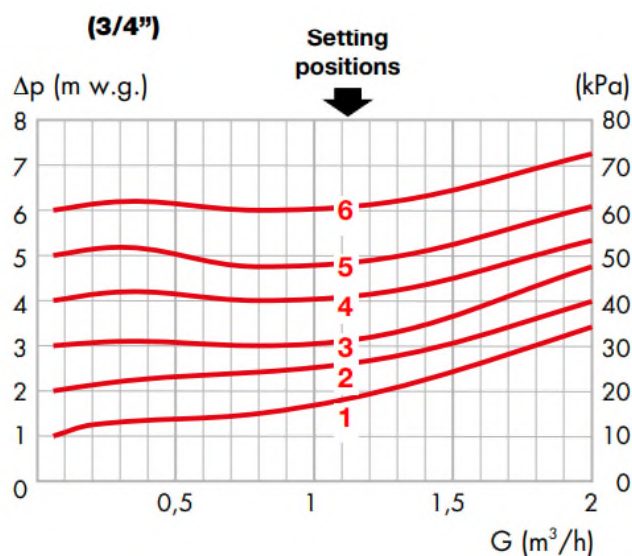
17

17

Caratteristiche valvola di sfioro

RIELLO


La manopola carica la molla.
Il numero corrisponde alla
pressione di apertura in metri
di colonna d'acqua



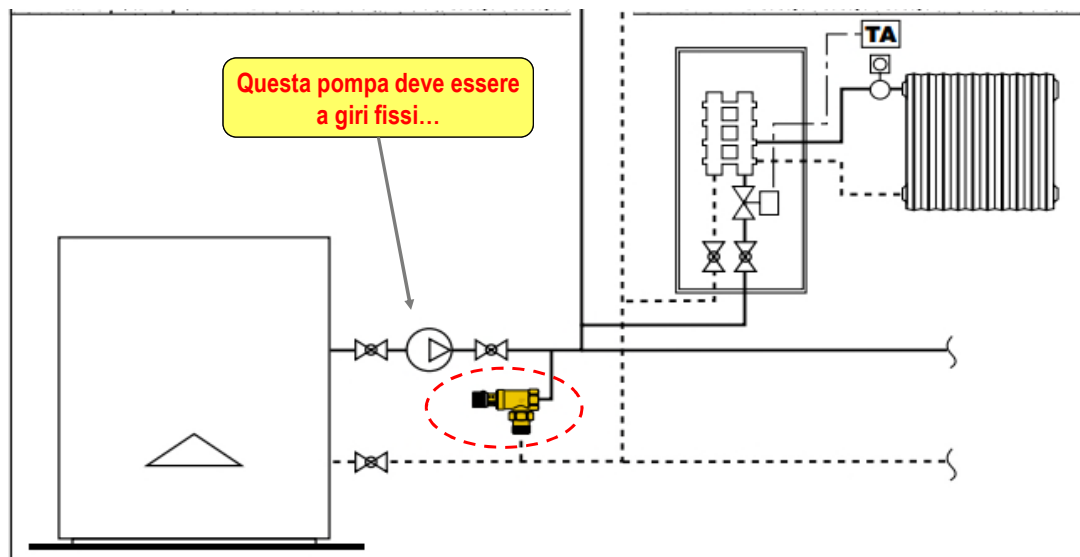
Idraulica e circuiti idraulici

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

18

18

Applicazione tipica

RIELLO


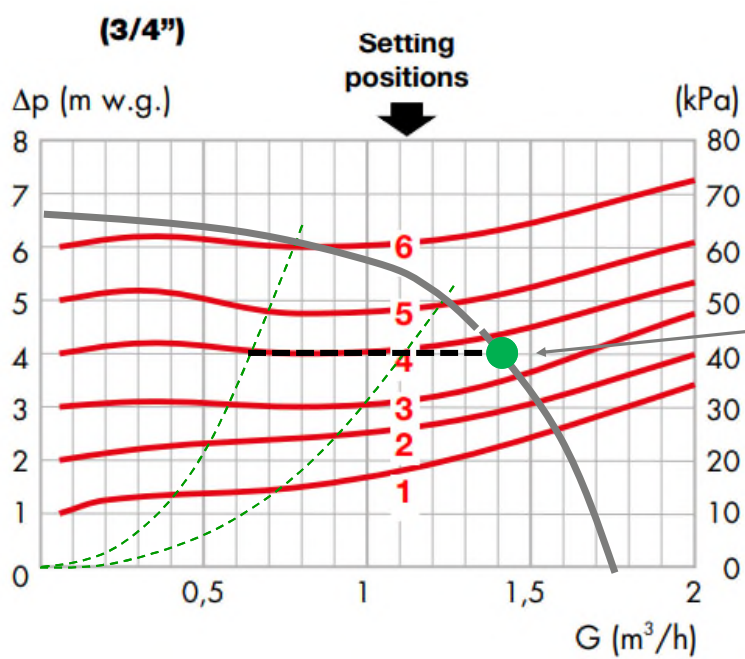
Idraulica e circuiti idraulici

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

19

19

Valvola di sfioro
e pompa a giri
fissi

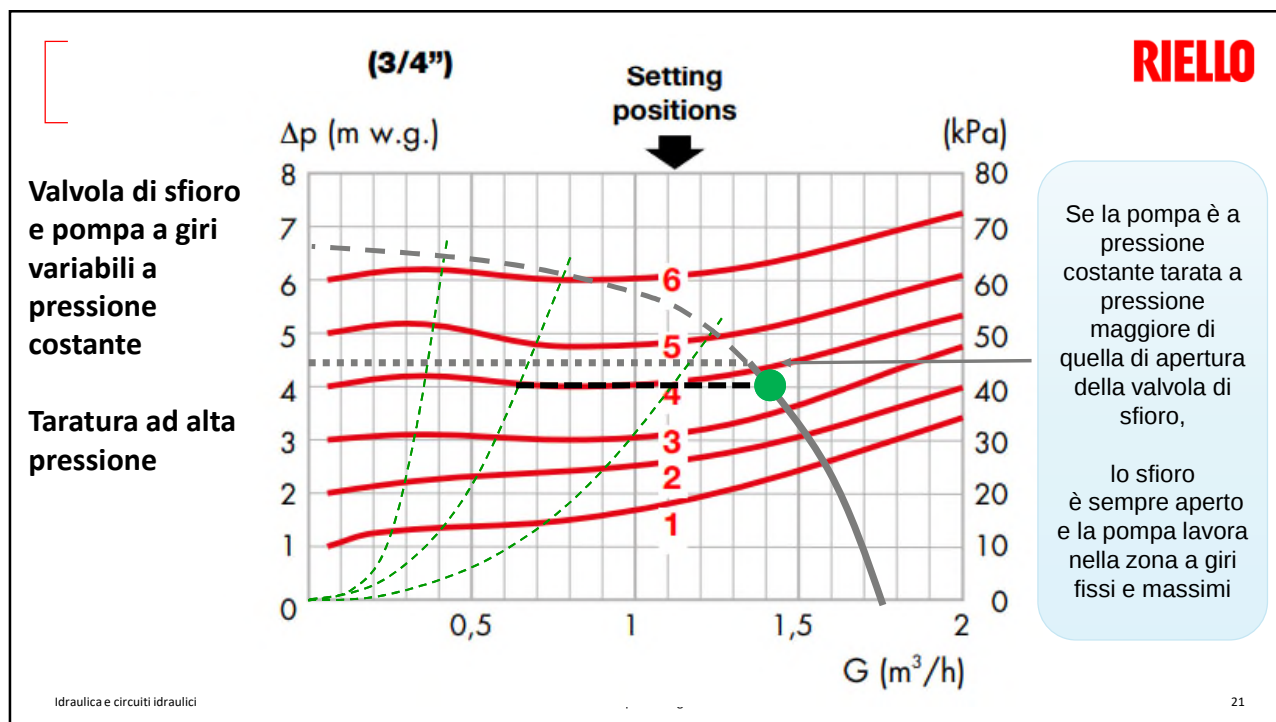


Tarando su 4,
il punto di
lavoro della
pompa è circa
costante

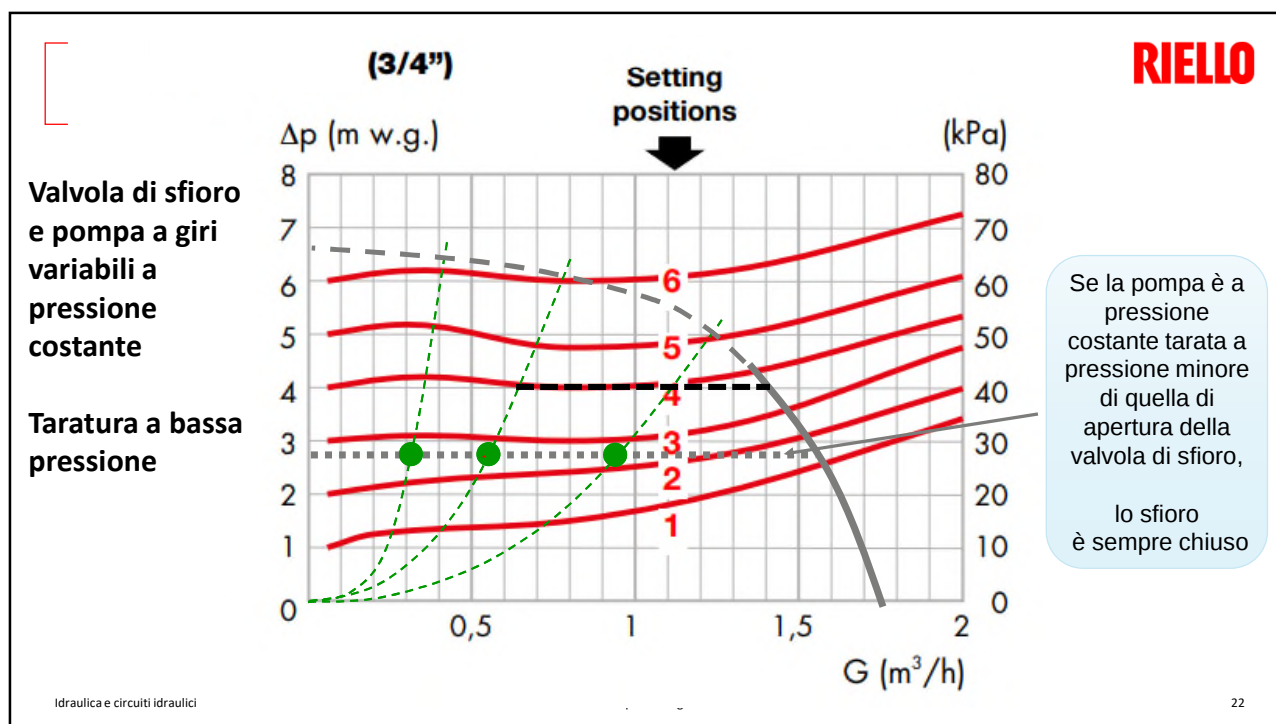
Idraulica e circuiti idraulici

20

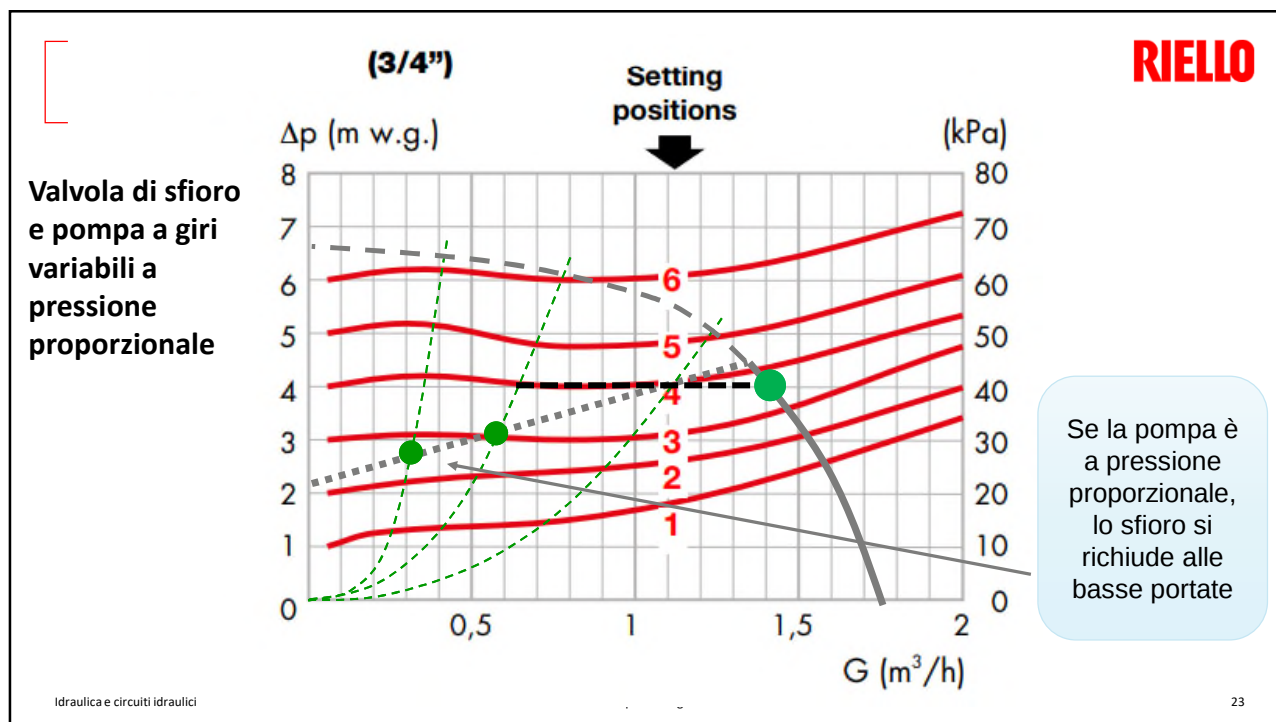
20



21



22



23

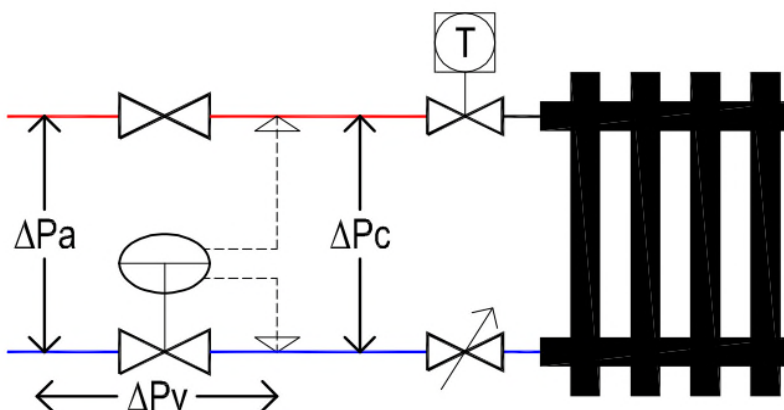
Agenda

- Valvole statiche, valvole di regolazione dinamiche autoazionate
- Valvola di sfioro e stabilizzatore di pressione
- **Regolatore di pressione differenziale**
- Regolatore di portata,
- Valvola termostatica
- Che cos'è un regolatore PID? Regolazione di una batteria, autorità e parametri PID
- Regolazioni ed efficienza: l'acceleratore ed il freno. Le funzioni di ottimizzazione energetica delle reti
- Esempi di problemi di regolazione e soluzioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

24

La valvola di regolazione di ΔP

RIELLO


La valvola crea un perdita di carico ΔP_v variabile che tende a stabilizzare ΔP_c al variare di ΔP_a (prevalenza a monte) e della portata prelevata nel ramo

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

25

25

Regolatore di pressione differenziale

RIELLO


Di solito la valvola si monta sul ritorno.
La valvola deve avere un capillare per collegarsi ad una presa di pressione sul ramo di mandata.

La presa di mandata è spesso realizzata con una valvola «partner» che è una valvola di bilanciamento statica

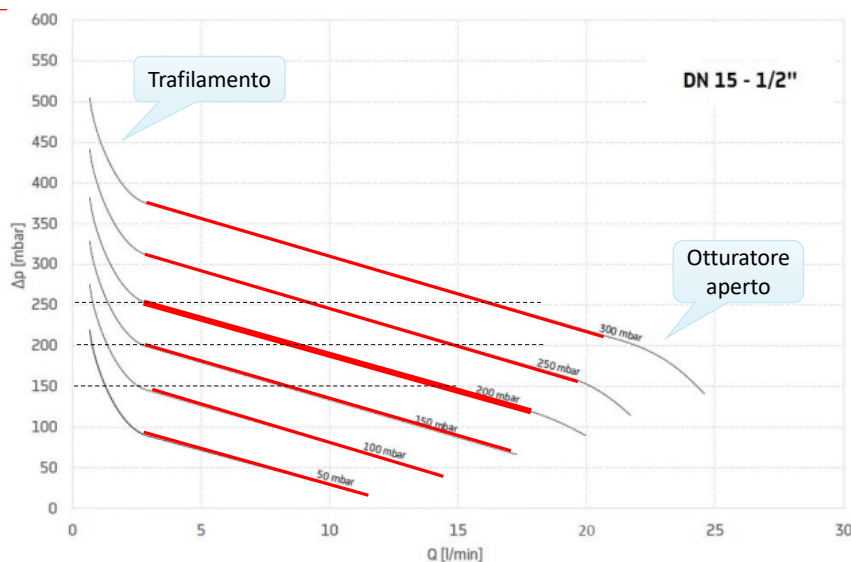
Idraulica e circuiti idraulici

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

26

26

Prevalenza sul carico per una data prevalenza a monte

RIELLO


La variazione di pressione sul carico è mantenuta entro un campo predefinito per valori di portata compresi fra min e max.

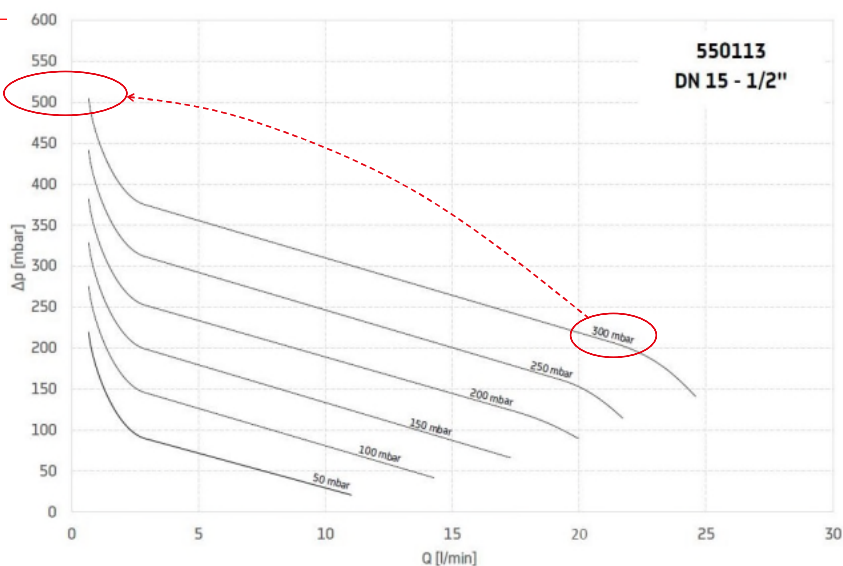
Idraulica e circuiti idraulici

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

27

27

Prevalenza sul carico per una data prevalenza a monte

RIELLO


Ad ogni posizione corrisponde una prevalenza minima a monte rappresentata dalla fine della curva.

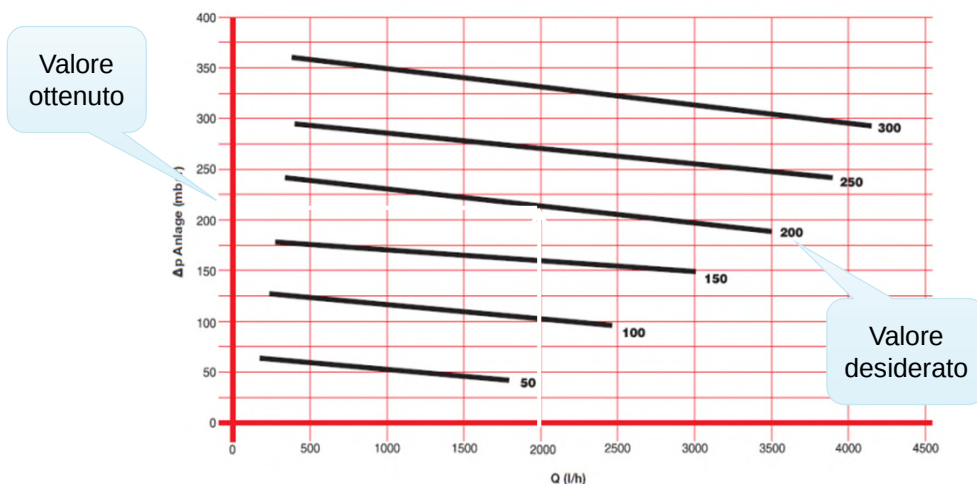
Idraulica e circuiti idraulici

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

28

28

Altro esempio con valvola DN 25

RIELLO


Idraulica e circuiti idraulici

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

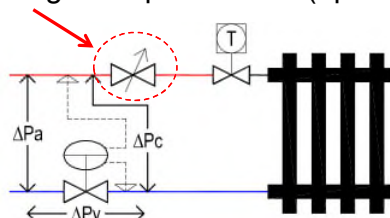
29

29

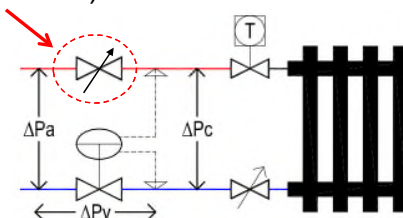
LIMITAZIONE PORTATA

RIELLO

- Stabilizzando la pressione ai capi del circuito, la valvola partner (detentore) diventa un limitatore di portata.
 - Detentore comune del ramo
 - Detentori singoli corpi scaldanti («preregolazione»)



Detentore di base colonna incluso nel loop di regolazione pressione
Limitazione della portata di zona



Detentore di base colonna fuori dal loop di regolazione pressione
Occorre limitare la portata sui singoli corpi scaldanti

Idraulica e circuiti idraulici

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

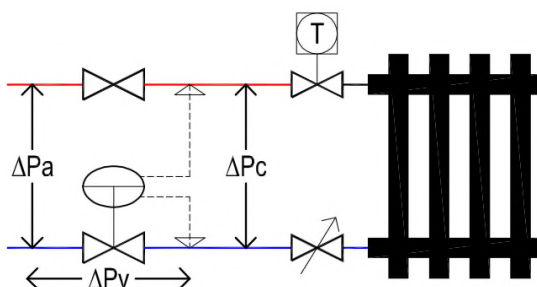
30

30

Strategia: bilanciamento dinamico

RIELLO

1. Generare una prevalenza abbondante
2. Stabilizzare una prevalenza costante ai capi dei singoli circuiti utenti tagliando l'eccedenza...



Il sistema controlla ΔP_c
Il DN della valvola si verifica in
base a portata del carico Q e
pressione desiderata ΔP_c a valle

INOLTRE:
 $\Delta P_a > \Delta P_c + \Delta P_v$

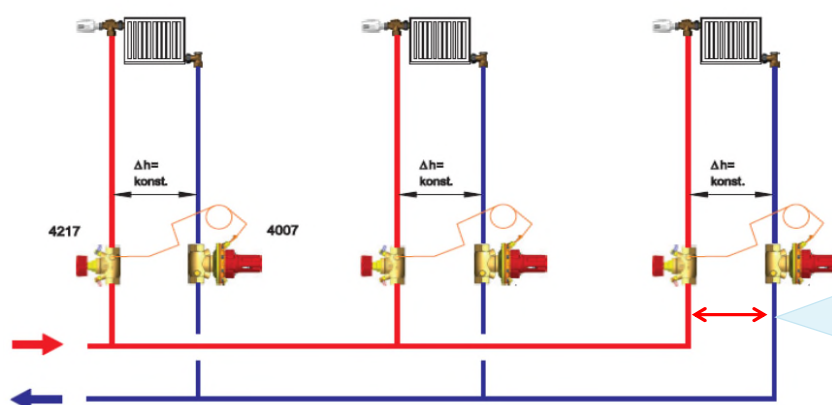
Idraulica e circuiti idraulici

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

31

31

Strategia: bilanciamento dinamico

RIELLO


Verificare la
prevalenza
residua nel
ramo più
sfavorito

**La prevalenza della pompa deve essere sufficiente per
consentire alla valvola più lontana di funzionare**

Idraulica e circuiti idraulici

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

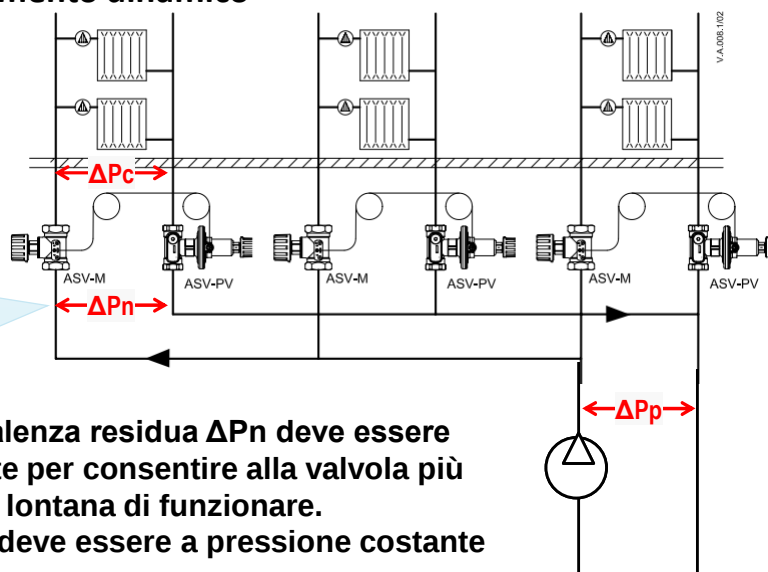
32

32

Strategia: bilanciamento dinamico

RIELLO

Verificare prevalenza residua nel ramo più sfavorito



La prevalenza residua ΔP_n deve essere sufficiente per consentire alla valvola più lontana di funzionare.
La pompa deve essere a pressione costante

Idraulica e circuiti idraulici

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

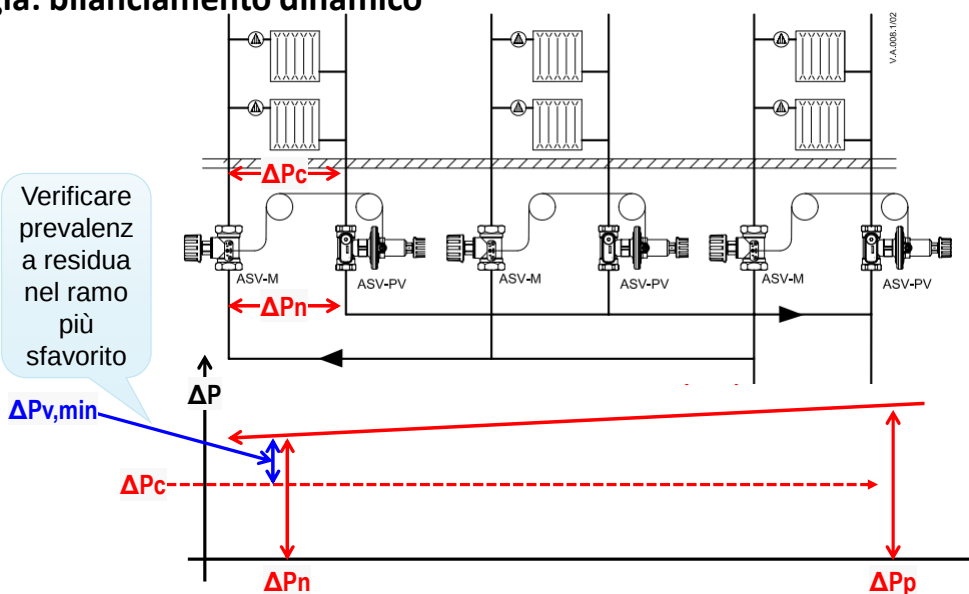
33

33

Strategia: bilanciamento dinamico

RIELLO

Verificare prevalenza residua nel ramo più sfavorito



Idraulica e circuiti idraulici

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

34

34

Bilanciamento dinamico con valvole DP

RIELLO

- Occorre verificare che la prevalenza residua in testa alla linea sia sufficiente
- Il bilanciamento dinamico comporta un aumento dei consumi elettrici a causa della prevalenza necessaria per far lavorare le valvole
- La pompa elettronica deve essere impostata a pressione costante, altrimenti non è più garantita la prevalenza necessaria alle portate ridotte.

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

35

35

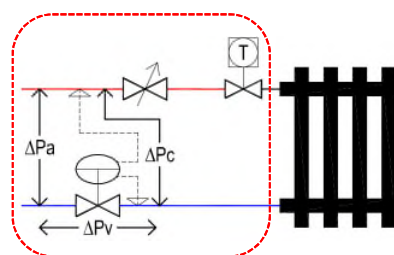
Bilanciamento automatico sulla singola valvola

RIELLO

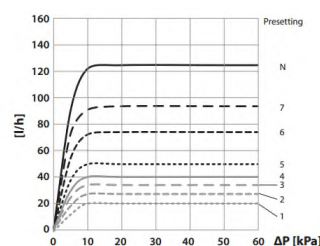
Alcuni costruttori hanno integrato nel corpo valvola termostatica anche un regolatore di pressione differenziale realizzando l'intero circuito in figura in un unico componente.

Si applica il taglio e regolazione della prevalenza a livello di singolo corpo scaldante.

La caratteristica di portata massima della valvola è riportata in figura.



Massima portata in funzione della preregolazione



Idraulica e circuiti idraulici

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

36

36

Agenda

RIELLO

- Valvole statiche, valvole di regolazione dinamiche autoazionate
- Valvola di sfioro e stabilizzatore di pressione
- Regolatore di pressione differenziale
- **Regolatore di portata,**
- Valvola termostatica
- Che cos'è un regolatore PID? Regolazione di una batteria, autorità e parametri PID
- Regolazioni ed efficienza: l'acceleratore ed il freno. Le funzioni di ottimizzazione energetica delle reti
- Esempi di problemi di regolazione e soluzioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

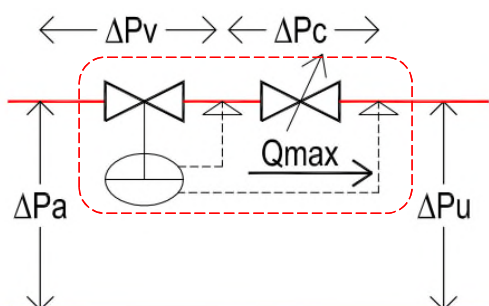
37

37

Regolazione della portata

RIELLO

- Imporre una portata costante in un circuito...
 Serve nel caso di circuiti con ventilconvettori o terminali ad aria



Il sistema controlla ΔP_c
 Se la valvola di taratura
 è fissa, la portata è
 costante. Usate come
 limitatore

INOLTRE:
 $\Delta P_a > \Delta P_c + \Delta P_v + \Delta P_u$

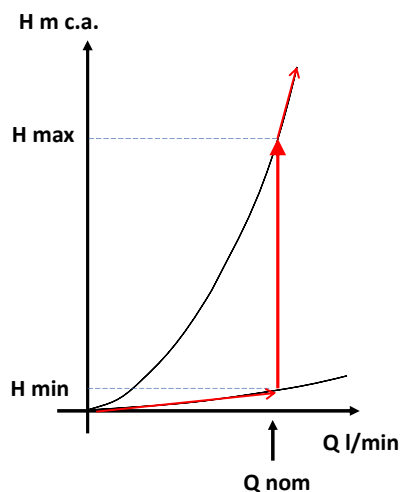
Idraulica e circuiti idraulici

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

38

38

Regolatore di portata

RIELLO


Esempio di caratteristica

Il regolatore mantiene la portata nominale quando la caduta di pressione è compresa fra minimo e massimo
Ad esempio 15...200 kPa

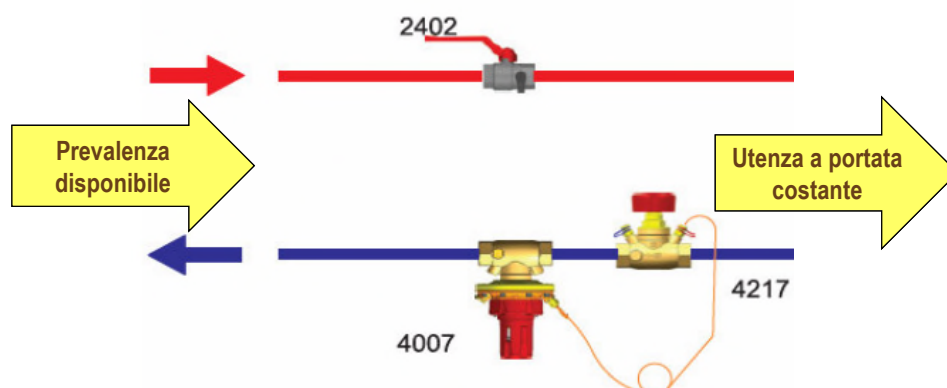
Idraulica e circuiti idraulici

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

39

39

Esempio di regolazione della portata

RIELLO


Idraulica e circuiti idraulici

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

40

40

Agenda

RIELLO

- Valvole statiche, valvole di regolazione dinamiche autoazionate
- Valvola di sfioro e stabilizzatore di pressione
- Regolatore di pressione differenziale
- Regolatore di portata,
- Valvola termostatica
- Che cos'è un regolatore PID? Regolazione di una batteria, autorità e parametri PID
- Regolazioni ed efficienza: l'acceleratore ed il freno. Le funzioni di ottimizzazione energetica delle reti
- Esempi di problemi di regolazione e soluzioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

41

41

La valvola termostatica

RIELLO

- **É una valvola la cui apertura 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**, **gas**

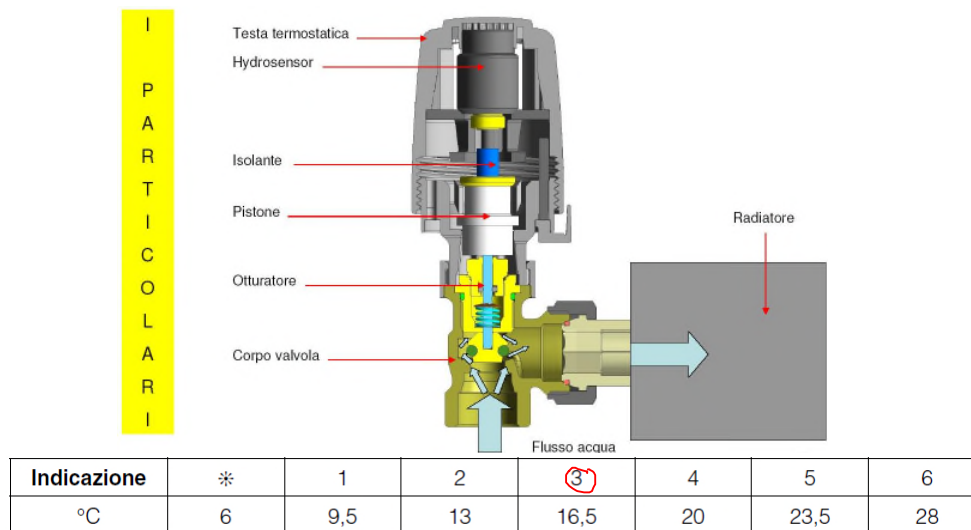
Idraulica e circuiti idraulici

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

42

42

Valvola termostatica a liquido

RIELLO


Idraulica e circuiti idraulici

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

43

43

Una valvola termostatica

RIELLO

- **É un regolatore della temperatura ambiente del locale che agisce tramite la portata**
- **Quando la temperatura ambiente aumenta e si avvicina alla temperatura impostata dall'utente sulla ghiera (1...5):**
 - La valvola si chiude
 - Diminuisce la portata
 - Diminuisce la temperatura di ritorno
 - Diminuisce la temperatura media del radiatore
 - Diminuisce la potenza erogata dal radiatore

Idraulica e circuiti idraulici

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

44

44

Agenda

RIELLO

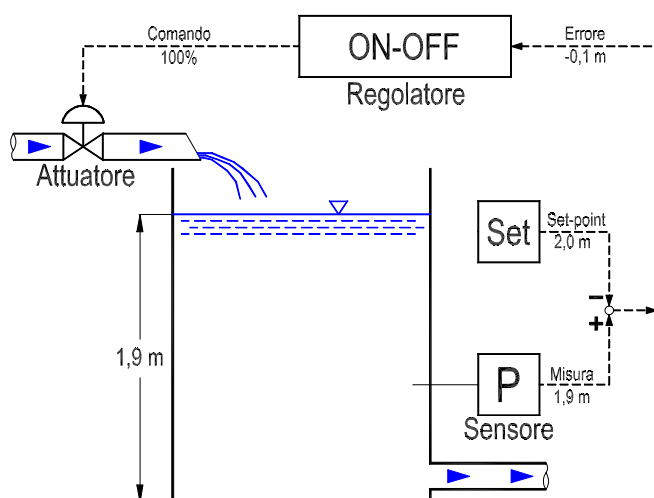
- Valvole statiche, valvole di regolazione dinamiche autoazionate
- Valvola di sfioro e stabilizzatore di pressione
- Regolatore di pressione differenziale
- Regolatore di portata,
- Valvola termostatica
- Che cos'è un regolatore PID? Regolazione di una batteria, autorità e parametri PID
- Regolazioni ed efficienza: l'acceleratore ed il freno. Le funzioni di ottimizzazione energetica delle reti
- Esempi di problemi di regolazione e soluzioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

45

45

Che cos'è un regolatore?

RIELLO


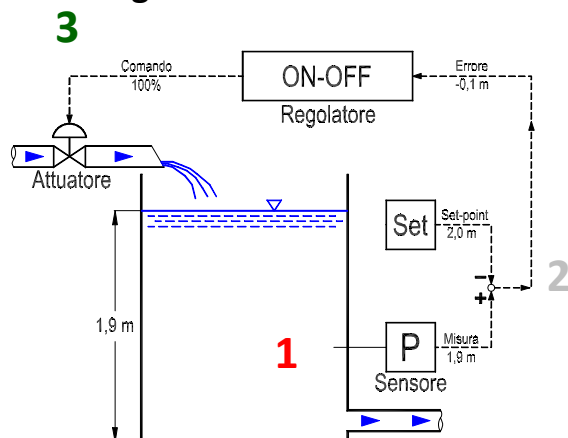
Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

46

46

Che cos'è un regolatore?



I regolatori sono classificati in base alla logica con la quale viene determinata l'azione di controllo in funzione dell'errore.
ON/OFF → P → PI → PID

Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

47

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



47

Regolatore a retroazione

- **Regolazione ad anello chiuso:** *Dimmi quanto sbagli e ti dico cosa fare.*
- **Il regolatore :**
 - **Va a vedere** cosa succede nell'impianto: misura della variabile controllata
 - **Confronta** ciò che succede con quello che si vorrebbe che succedesse. Confronto del valore misurato con il set-point: la differenza è l'errore.
 - **Decide** cosa fare: elabora il segnale di errore in base alle sue regole (On-Off, a stadi, PID) e tarature (soglie di scatto, banda proporzionale, tempo integrale, tempo derivativo)
 - **Esegue:** genera il comando per l'attuatore che esegue la correzione
 - **Ricomincia da capo**

Il regolatore non regola il «valore vero» ma ciò che gli fa vedere il sensore

Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

48

48

Terminologia

RIELLO

- **Variabile controllata o valore di processo:** grandezza misurata di cui si vuole ottenere un valore desiderato.
- **Set-point:** valore obiettivo della grandezza controllata.
Può essere fisso o variabile.
- **Errore o deviazione:** differenza fra il valore della variabile controllata ed il set
- **Azione di controllo:** azione sul sistema per ottenere il valore desiderato della variabile controllata
- **Sensore:** strumento di misura della variabile controllata
- **Regolatore:** dispositivo che determina l'azione di controllo sulla base del set-point e della misura fornita dal sensore
- **Attuatore:** strumento che esegue l'azione di controllo sul sistema regolato
- **Disturbo:** un evento ambientale che modifica il valore della variabile controllata
- **Banda morta:** intervallo di valori della variabile controllata entro cui il regolatore non modifica la sua uscita
- **Tempo morto, ritardo o gioco:** ritardo nella trasmissione di un segnale o nella esecuzione di una azione

Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

49

49

Il regolatore ON-OFF

RIELLO

- Il suo **comando** di regolazione ha due soli stati possibili:

- **ON:** viene erogata tutta la potenza disponibile
- **OFF:** l'impianto è spento

- **Parametri del regolatore ON-OFF**

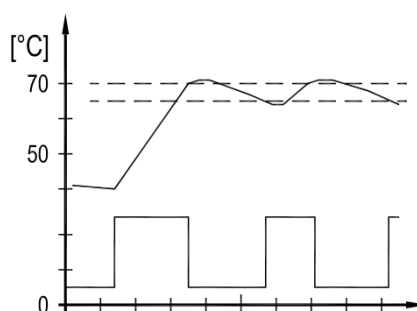
- **Set-point**

- **Isteresi** = differenza fra soglia di accensione e di spegnimento

Il differenziale può essere sopra, sotto o a cavallo del set-point

In figura:

- SET 70 °C
- isteresi 5 °C, sotto



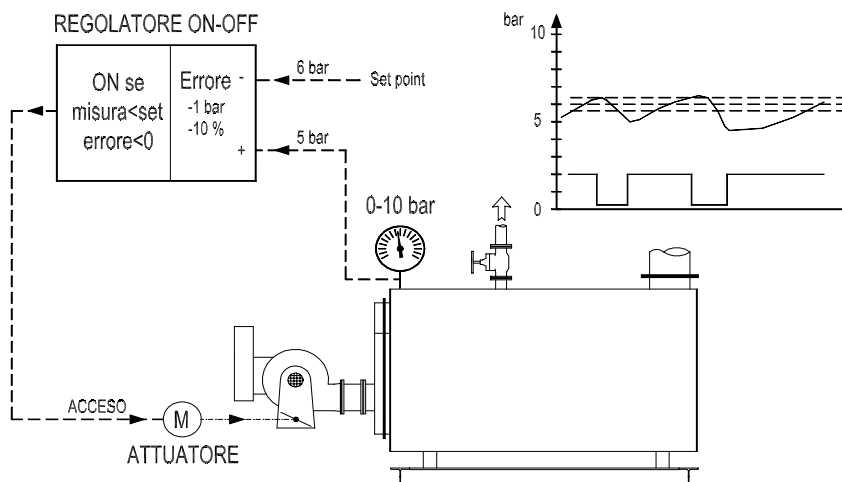
Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

50

50

Regolatore ON-OFF

RIELLO


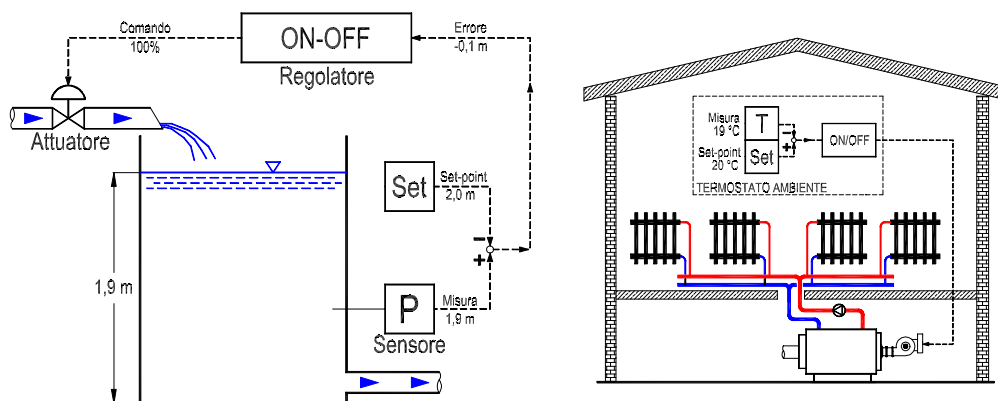
Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

51

51

Semplice regolazione del riscaldamento ...

RIELLO


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

Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

52

52

Il regolatore proporzionale

RIELLO

▪ Perché dare sempre e solo tutta la potenza o niente?

Si può aumentare (o diminuire) la potenza in proporzione allo scostamento (errore) della variabile di processo rispetto al set-point

▪ Per definire questo comportamento si deve dare il «guadagno» ovvero il fattore moltiplicativo da applicare all'errore per ottenere l'azione da comandare.

Attuatori e **sensori** hanno sempre una scala da un minimo ad un massimo (0%...100%, rappresentati da 0...10 V o 4...20 mA).

Si può quindi sempre esprimere misure e comando come % del fondo scala.

$$\text{Azione \%} = \text{Errore \%} \times \text{guadagno}$$

▪ 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

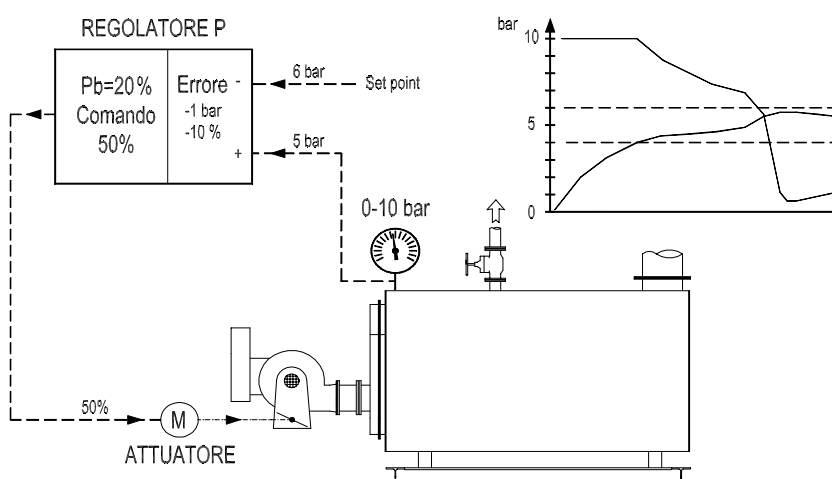
Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

53

53

L'azione Proporzionale

RIELLO


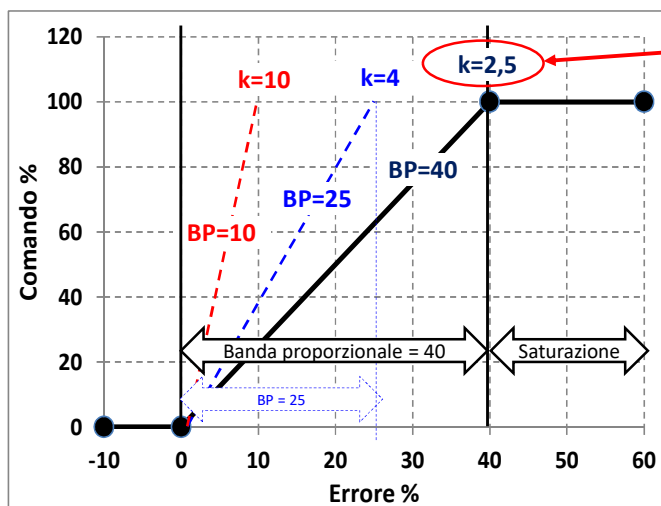
Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

54

54

Caratteristica di un regolatore proporzionale

RIELLO


Come indicare
la caratteristica
di un
regolatore
proporzionale

Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

55

55

Parametri di un regolatore P

RIELLO

- Invece di definire il «**guadagno**», si può dare l'ampiezza della «**banda proporzionale**», cioè dell'intervallo di valori della variabile di processo che fa passare da azione nulla a massima in maniera proporzionale.
- Vantaggio: **stessa unità di misura della variabile controllata**, anche senza nessun riferimento al campo scala di sensori ed attuatori.
Spesso espressa comunque in % del campo scala del sensore di misura.
In tale caso: $\text{guadagno} = 1 / \text{banda proporzionale}$
- **Parametri fondamentali di un regolatore P**
 - **Set-point** = valore obiettivo della grandezza regolata
 - **Guadagno** = Rapporto fra azione comandata ed errore misurato
 - **Banda proporzionale** = errore che provoca un segnale di uscita pari al 100%
 - **Banda morta** = intervallo attorno al set-point nel quale l'uscita non varia

**Al di fuori della banda proporzionale l'uscita
è nulla oppure massima come un regolatore on-off**

Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

56

56

Un esempio di regolatore P...

RIELLO

La valvola termostatica è un
regolatore di temperatura ambiente di tipo P
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*

Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

57

57

Errore a regime

RIELLO

- A regime ed in assenza di disturbi, un sistema controllato da un regolatore P funziona in uno stato diverso dal set-point perché ci deve essere un errore costante per sostenere un comando non nullo.

Se l'errore fosse nullo, il comando sarebbe anch'esso nullo

- Piccola banda proporzionale (= guadagno elevato):
→ errori regime piccoli perché basta un piccolo errore per sostenere il comando necessario.

Senza un errore di temperatura, la valvola termostatica è chiusa...

Anche se si «inganna» il regolatore (ad esempio modificando il set-point per portare il sistema nelle condizioni desiderate), se cambia il carico ci si allontana di nuovo dal set.

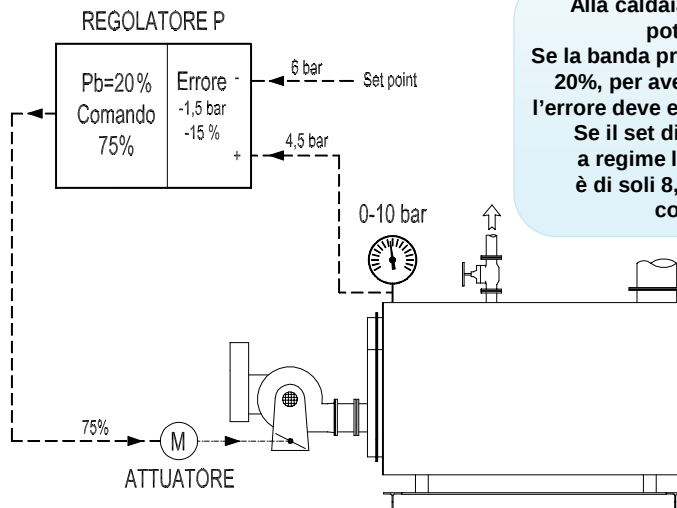
Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

58

58

Errore a regime, caldaia a vapore

RIELLO


Alla caldaia si chiede il 75% della potenza massima.
Se la banda proporzionale è impostata al 20%, per avere un comando del 75% l'errore deve essere del $75\% \times 20\% = 15\%$.
Se il set di pressione è di 10 bar, a regime la pressione in caldaia è di soli 8,5 bar per mantenere il comando al 75%

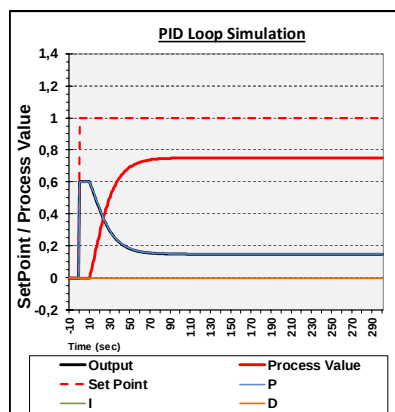
Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

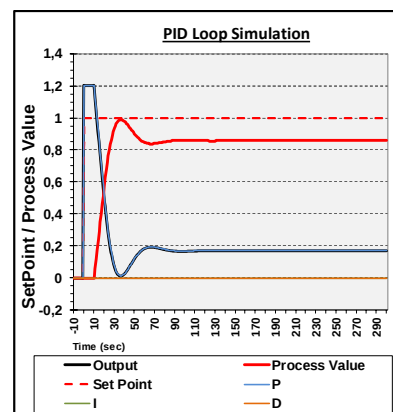
58
59

59

Regolatore P a regime

RIELLO


Guadagno = 0,6
Errore a regime elevato



Guadagno = 1,2
Errore a regime ridotto
Incipiente instabilità

Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

60
60

60

Instabilità

RIELLO

- Per ridurre l'errore a regime si può aumentare il guadagno ovvero ridurre la banda proporzionale.
Se si esagera il regolatore diventa troppo «nervoso», comanda correzioni esagerate anche per piccolissimi scostamenti si ritrova con errori maggiori e di segno opposto.
Allora reagisce nuovamente con un comando opposto ancora più violento e così via.
- **Regola pratica:** l'azione P non può essere aumentata a piacere.
Ad un certo punto si provoca l'instabilità della regolazione.
In risposta a disturbi la variabile controllata e l'uscita si mettono ad oscillare.
- Aumentando progressivamente l'azione P di un regolatore (riducendo la banda proporzionale) si ottiene:
 - All'inizio un comportamento "pigro": la variabile controllata si avvicina lentamente al valore di regime
 - Poi una **sovralongazione**: si supera il set e poi ci si riavvicina lentamente
 - Poi un **oscillazione smorzata**: al primo tentativo la variabile controllata supera il valore di equilibrio e poi vi si riavvicina e lo super di nuovo con un'oscillazione smorzata
 - Infine il regolatore diventa **instabile**. La variabile controllata inizia ad oscillare ed il regolatore comanda alternativamente potenza massima e minima

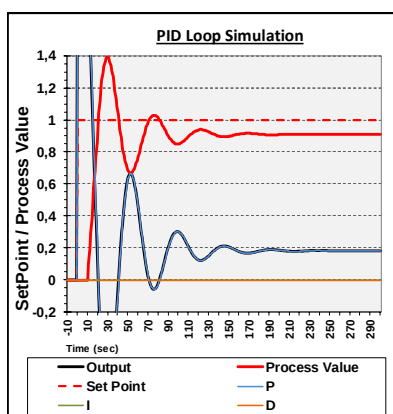
Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

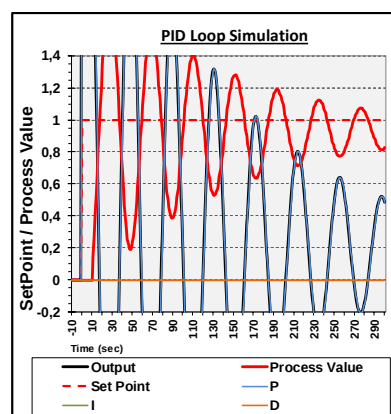
61
61

61

Instabilità regolatore P

RIELLO


Guadagno = 2,0
Elevate oscillazioni smorzate



Guadagno = 2,8
Regolatore instabile
Aumentando ancora, le oscillazioni sono permanenti

Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

62
62

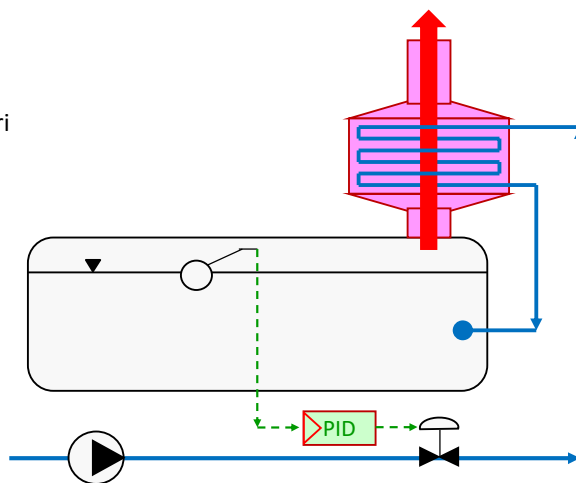
62

Le conseguenze dell'instabilità

- **Distruzione dell'impianto**
 - 1 corsa al minuto = oltre 500.000 corse all'anno
 - Ogni corsa → dilatazioni, assestamenti, ...
- **Mancato recupero** del calore nel caso di scambiatori
- **Mancato raggiungimento del set-point**

Cosa succede se la regolazione di livello è instabile?
A valvola chiusa:

- Non c'è recupero perché non c'è portata
 - Si forma una bolla di vapore nello scambiatore
- Quando la valvola di riapre:
- Colpo d'ariete per la miscela di vapore ed acqua



©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

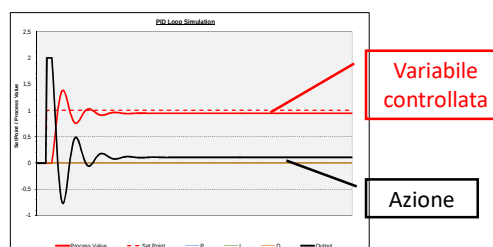
63

63

Riassunto sul 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 (instabilità)
- I ritardi e le inerzie della catena di misura ed attuazione aumentano i rischi di instabilità

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



Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

64
64

64

Un esempio di regolatore P...

RIELLO

La valvola termostatica è un regolatore di temperatura ambiente di tipo P 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

Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

65

65

Quanto vale il guadagno della valvola termostatica?

RIELLO

Si tratta di una faccenda molto complessa...

In teoria dovrebbe essere il rapporto fra:

- la potenza erogata dal radiatore (azione sul sistema)
- lo scarto fra la temperatura ambiente misurata e quella desiderata

Occorre mettere in fila:

- Relazione fra differenza di temperatura e corsa dell'otturatore
- Relazione fra corsa dell'otturatore e Kv della valvola
- Prevalenza della pompa e perdite di carico del circuito
- Temperatura di mandata dell'acqua
- Dimensione del radiatore

Se la valvola non ha un enorme margine di stabilità...

Per avere un funzionamento stabile, occorre che le valvole termostatiche abbiano un tempo di risposta il più basso possibile.

Ottimo: valvole con sensore ad evaporazione di fluido

Accettabile: valvole a dilatazione di liquido con volume di liquido ridotto

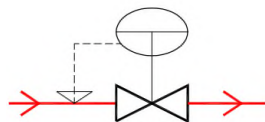
Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

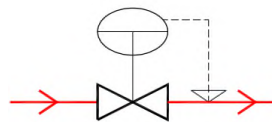
66

66

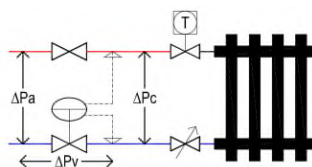
La maggior parte delle valvole autoazionate sono regolatori P

RIELLO


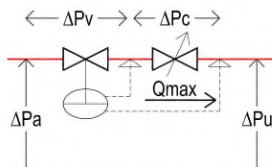
Regolazione pressione a monte
Valvola di sfioro



Regolazione pressione a valle
Regolatore di pressione



Regolazione DP
Bilanciamento dinamico



Regolazione DP su orifizio
Regolatore di portata

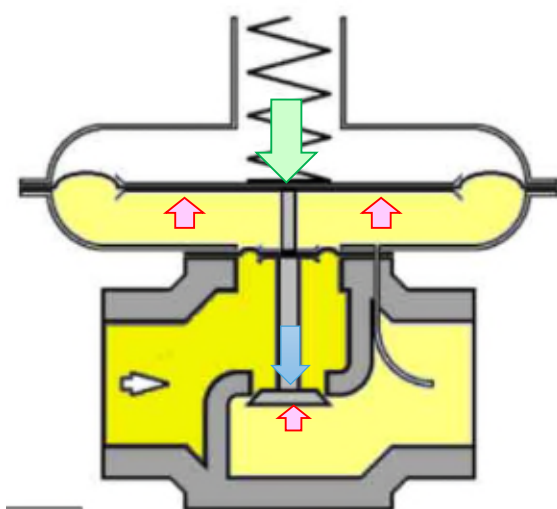
Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

67

67

Schema di un regolatore di pressione

RIELLO


La corsa dell'otturatore è il comando

La **forza esercitata dalla molla** (freccia verde) è proporzionale alla sua deformazione
→ corsa dell'otturatore

La **forza esercitata dal fluido** (freccie rosse) è proporzionale alla pressione a valle

La **forza sull'otturatore** (freccia blu) è un disturbo

C'è una pressione a valle di equilibrio della membrana con valvola chiusa.

Se la pressione a valle scende, la valvola si apre in proporzione alla caduta di pressione

È un regolatore P autoazionato

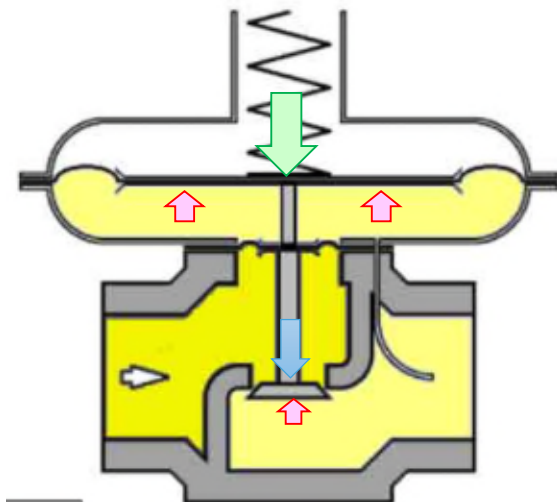
Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

68

68

Schema di un regolatore di pressione

RIELLO


Il guadagno è determinato dalle caratteristiche meccaniche.

In particolare, area della membrana e dell'otturatore.

La connessione al processo del sensore può essere critica: lunghezza minima dove collegare la presa d'impulso (qui integrata ma che può essere da realizzare esternamente)

Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

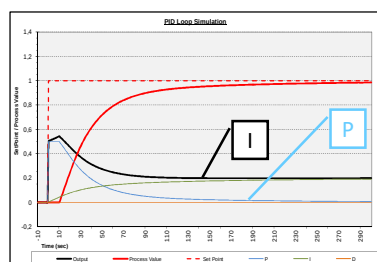
69

69

L'azione Integrale

RIELLO

- Periodicamente si corregge l'azione di controllo in funzione dell'errore.
Le successive correzioni dell'azione integrale vengono sommate alle precedenti ed accumulate progressivamente.
- 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, si somma un'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



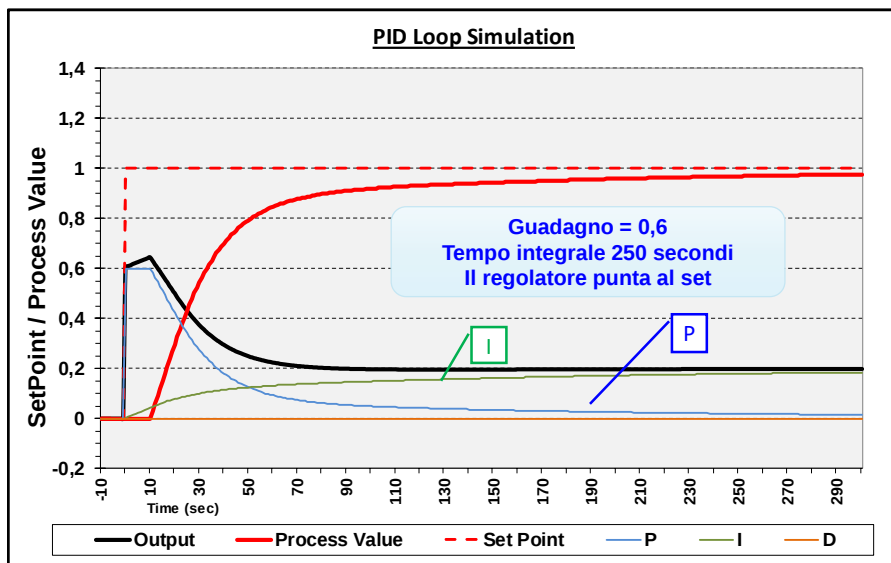
Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

70

70

Dettaglio effetto regolazione I

RIELLO


Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

71
71

71

L'azione Derivativa

RIELLO

- **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 comanda un aumento dell'azione.
 - Inversamente, se l'errore sta aumentando, si comanda subito una riduzione dell'azione.
- Il comando D è tanto più energico quanto più veloce è l'avvicinamento al o l'allontanamento dal set-point.
- L'azione derivativa è espressa come tempo derivativo T_v :
L'azione derivativa è pari all'azione proporzionale che si determinerebbe dopo T_v se rimanesse costante la velocità di variazione della variabile di processo.
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**

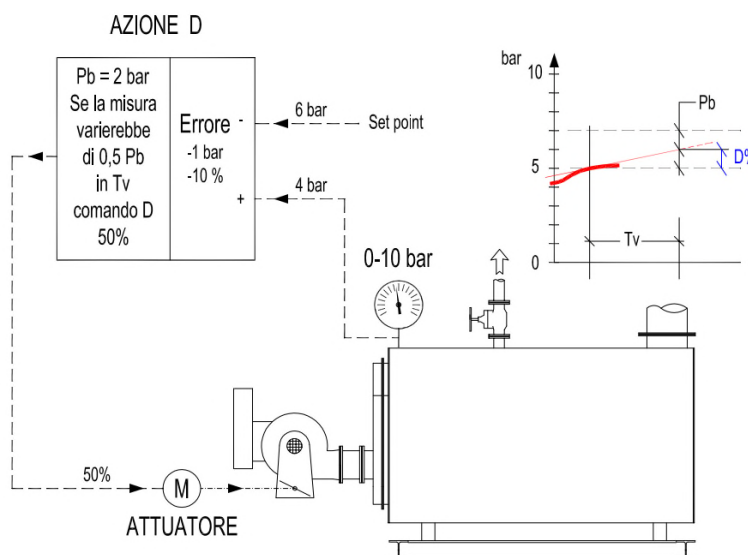
Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

72
72

72

L'azione Derivativa

RIELLO


Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

73
73

73

Il regolatore PID

RIELLO

- Il regolatore PID utilizza contemporaneamente tutte e tre le regole di comportamento.
 - È come avere tre regolatori i cui comandi si sommano
 - L'uscita è la somma delle uscite dei tre regolatori.
- All'equilibrio (se è inserita) rimane solo l'azione I per sostenere un comando costante.

**Nel controllo di moltissimi processi ed in quasi tutti quelli di riscaldamento e climatizzazione,
un regolatore PI è ampiamente sufficiente.
I regolatori PID sono riservati ad applicazioni spinte**

Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

74
74

74

I parametri di un regolatore PID

RIELLO

- **Set point**
- **Banda proporzionale Bp (%)** oppure guadagno proporzionale Kp
 $Bp = 1/K \rightarrow$ *diminuendo la banda proporzionale aumenta il guadagno*
- **Tempo integrale Tn** oppure guadagno Ki
 Tempo integrale: tempo dopo il quale la variazione di azione integrale uguaglia l'azione proporzionale.
Riducendo il tempo integrale l'azione integrale aumenta ($\rightarrow$ instabilità)
 Se viene definito il «tempo integrale», le azioni P ed I sono legate fra loro $\rightarrow$ aumentando il guadagno proporzionale aumenta anche l'azione integrale
Di regola Tn = 0 corrisponde all'esclusione dell'azione integrale
- **Tempo derivativo Td** oppure guadagno derivativo Kd
 L'azione derivativa è uguale all'azione proporzionale se la variazione della grandezza misurata continuasse inalterata per Td secondi.
Aumentando il tempo derivativo l'azione derivativa aumenta.
 Di regola Td = 0 corrisponde all'esclusione dell'azione derivativa

Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

75
75

75

Taratura manuale di un regolatore PID

RIELLO

Procedura empirica rapida

- Si vuole il regolatore che sia il più “reattivo” possibile ma senza oscillare
- Si inizia **escludendo l'azione I e D**, utilizzando **solo l'azione P**
- **Ridurre la banda proporzionale P_b**, finchè piccole variazioni del set-point provocano oscillazioni (incipiente instabilità).
- Raddoppiare la banda proporzionale per allontanarsi dall'instabilità
- **Inserire l'azione integrale I** e ridurre un po' alla volta il tempo integrale T_n finchè le oscillazioni ricominciano (ridurre il tempo integrale equivale ad aumentare l'azione I)
- **Inserire l'azione derivativa** ed aumentare il tempo dell'azione derivativa T_v finchè le oscillazioni cessano (aumentare il tempo dell'azione derivativa equivale ad aumentare l'azione D). Se non ci si riesce, ridurre un po' l'azione integrale.

Esistono anche regole più precise (Ziegler Nichols), usate per «autotuning» dei regolatori.

IMPORTANTE:

Verificare la stabilità ai carichi ridotti, non solo in condizioni nominali...

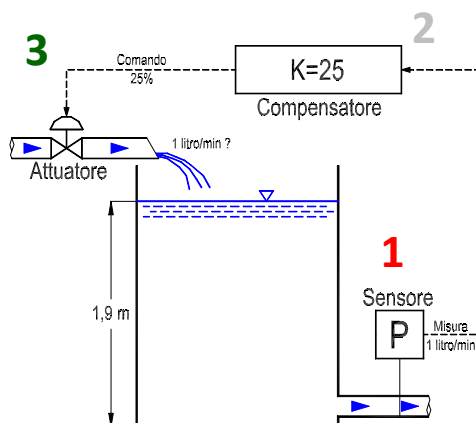
Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

76
76

76

Che cos'è la compensazione

RIELLO


Compensare ...

1. **Misurare** la grandezza che disturba
2. **Calcolare** la misura compensativa
3. Applicare il **comando** di compensazione

Questa modalità si chiama anche «**regolazione ad anello aperto**»
 Il comando del compensatore è spesso sommato a quello del regolatore
 Se il compensatore azzecca il calcolo, l'errore è nullo ed il regolatore sta fermo

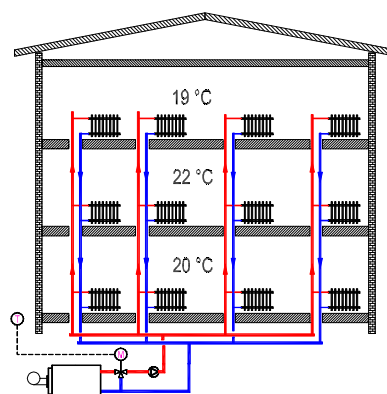
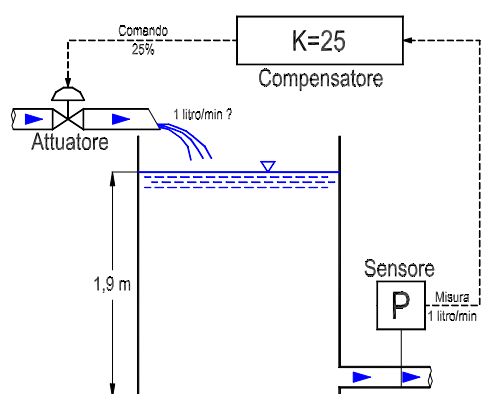
Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

77
77

77

Compensazione

RIELLO


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

Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

78
78

78

Compensazione climatica con sonda esterna

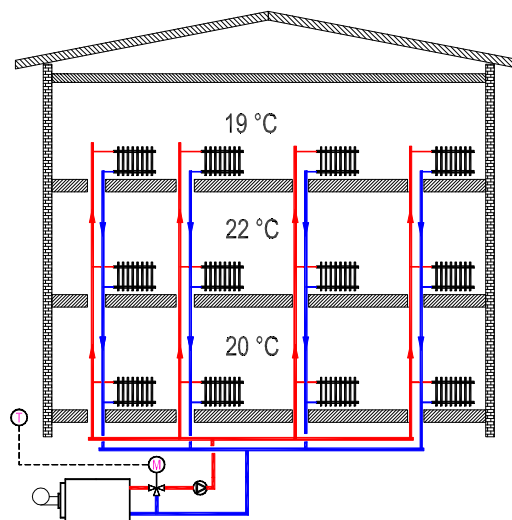
RIELLO

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)



Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

79
79

79

La «compensazione climatica»

RIELLO

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 ...

Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

80
80

80

La compensazione climatica...

RIELLO

- Realizzabile a temperatura scorrevole (preferibile) o con miscelazione
- **Non serve a regolare la temperatura interna**
- **Aiuta la regolazione della temperatura interna** in quanto il regolatore di temperatura interna deve solo far fronte all'errore del compensatore, non all'intero effetto delle dispersioni

Ma soprattutto...

- serve a **determinare le condizioni di funzionamento dell'impianto**, quindi l'efficienza delle reti di distribuzione e del generatore
→ **Pompe di calore !!!!!**
- Nel funzionamento estivo determina il rapporto sensibile/latente (perché lo voglio evitare la condensazione o lo voglio controllare)

Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

81
81

81

Il ruolo della compensazione

RIELLO

La compensazione viene utilizzata quando si vogliono ottenere elevate prestazioni della regolazione (ad anello chiuso).

Consente di assorbire buona parte degli effetti del disturbo o dei ritardi lasciando alla regolazione ad anello chiuso solo la rifinitura.

Vantaggio: interviene prima che l'effetto del disturbo allontani il sistema dal set-point

Limite: non può in alcun modo garantire da sola il rispetto del set-point

Effetti collaterali possibili: mettere il sistema in condizioni di funzionamento migliori dal punto dell'efficienza energetica

- Riscaldamento e pompa di calore
- Livello caldaia a tubi d'acqua
- Pompe in parallelo
- Regolazione pressione ugelli

Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

82
82

82

Agenda

RIELLO

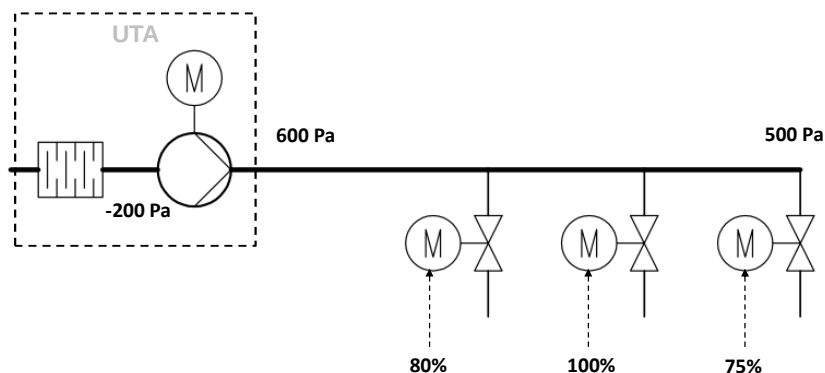
- Valvole statiche, valvole di regolazione dinamiche autoazionate
- Valvola di sfioro e stabilizzatore di pressione
- Regolatore di pressione differenziale
- Regolatore di portata,
- Valvola termostatica
- Che cos'è un regolatore PID? Regolazione di una batteria, autorità e parametri PID
- Regolazioni ed efficienza: l'acceleratore ed il freno. Le funzioni di ottimizzazione energetica delle reti
- Esempi di problemi di regolazione e soluzioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

83

83

Ottimizzazione energetica

RIELLO


Circuito elementare: ventilatore a giri fissi
 La pressione generata deve essere ancora sufficiente quando il filtro è intasato e tutte le valvole sono aperte.
 Spreco continuo

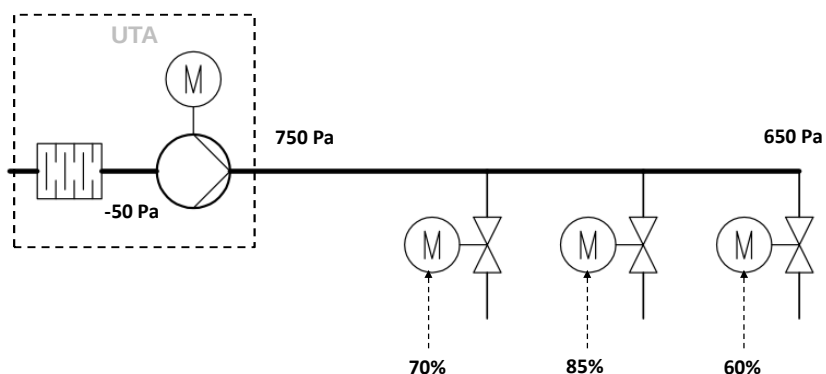
Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

84

84

Ottimizzazione energetica

RIELLO


Circuito elementare: ventilatore a giri fissi
 La pressione generata deve essere ancora sufficiente quando il filtro è intasato e tutte le valvole sono aperte.
 Spreco continuo

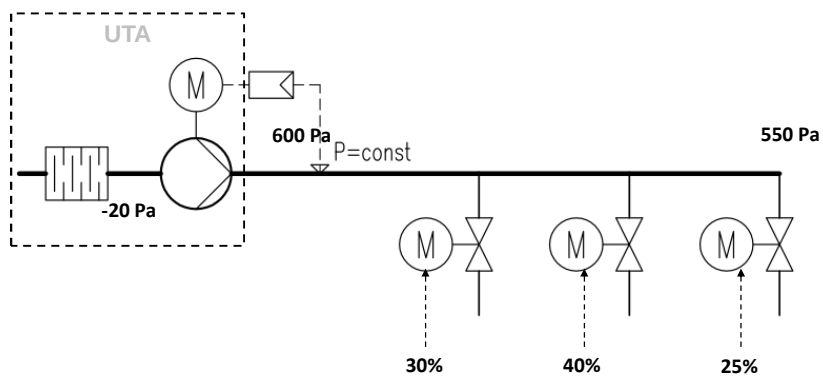
Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

85
85

85

Ottimizzazione energetica

RIELLO


Primo step: ventilatore pressione costante
 Quando il filtro è pulito il ventilatore riduce i giri
 La pressione generata è sempre elevata perchè deve poter soddisfare l'ultima valvola quanto tutte le altre sono aperte.

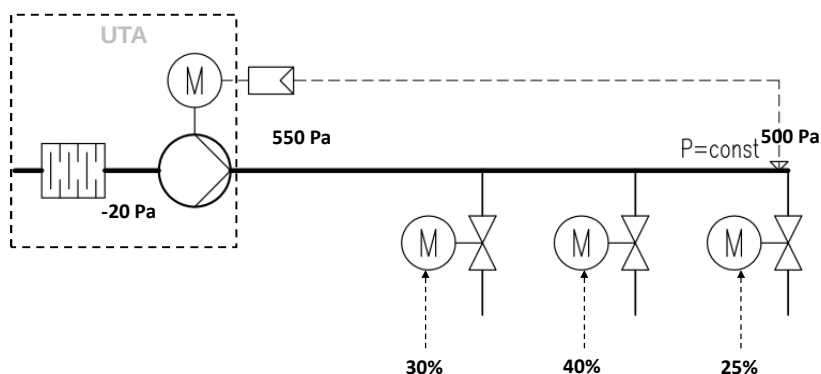
Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

86
86

86

Ottimizzazione energetica

RIELLO


Secondo step: pressione costante in fondo al collettore
 Quando il filtro è pulito il ventilatore riduce i giri.
 Quando le valvole chiudono il ventilatore riduce ulteriormente i giri grazie alla riduzione delle perdite di carico nella condotta.
 La pressione generata è sempre elevata perchè deve poter soddisfare l'ultima valvola quanto è aperta al massimo.

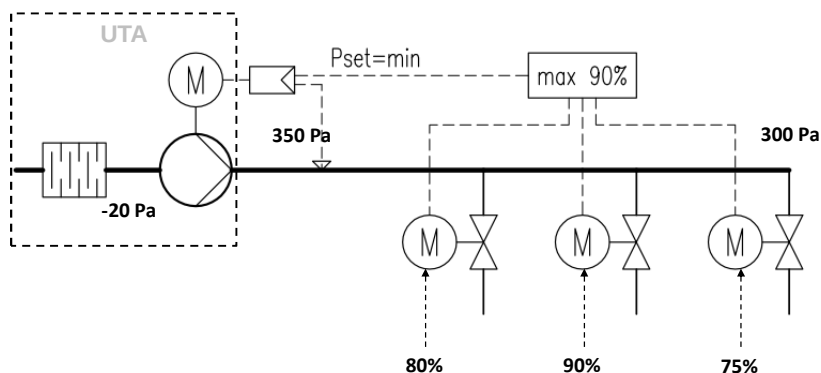
Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

87
87

87

Ottimizzazione energetica

RIELLO


Terzo step: pressione ottimizzata
 Non occorre sonda di pressione: la posizione delle valvole viene rilevata e i giri del ventilatore ridotti finchè la valvola più aperta raggiunge il 90 %.
 La pressione generata è sempre quella minima necessaria al corretto funzionamento del sistema.

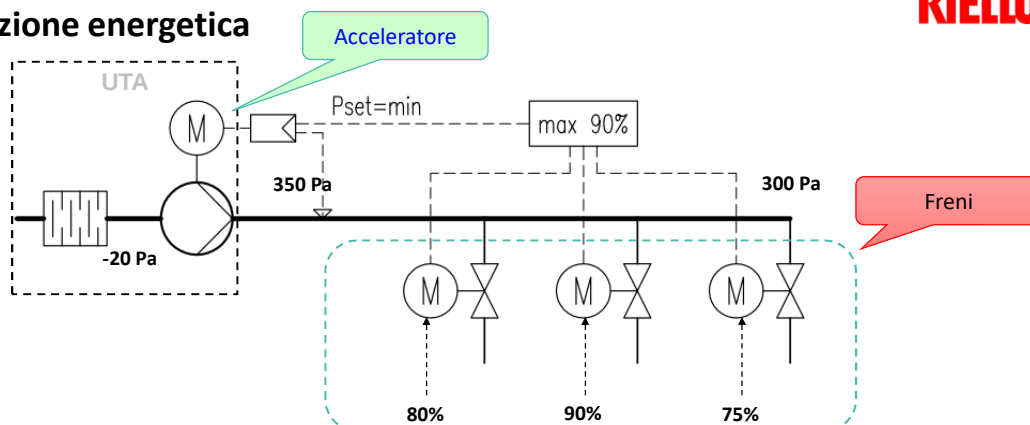
Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

88
88

88

Ottimizzazione energetica

RIELLO


In ogni impianto ci sono

- **acceleratori** → sistemi che immettono energia per attivare il processo → pompe, ventilatori, ...
- **freni** → sistemi che dissipano energia per rallentare il processo → valvole, serrande, ...

L'impianto è ottimizzato quando marcia solo con l'acceleratore ed i freni sono rilasciati

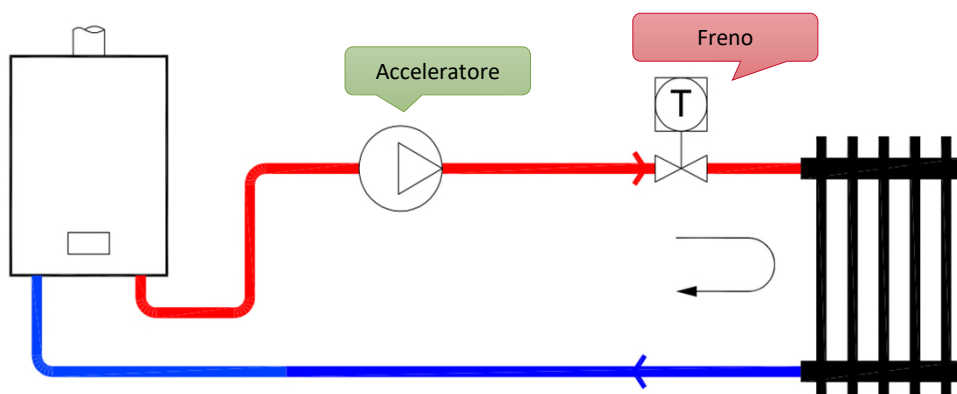
Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

89
89

89

Esempi di acceleratori e freni...

RIELLO


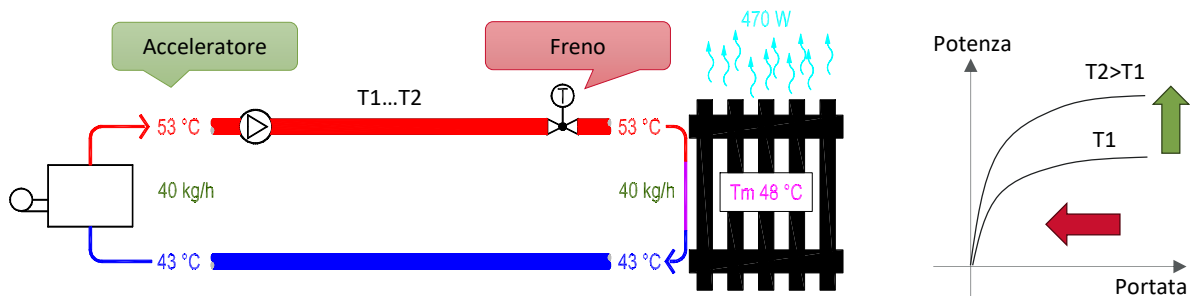
Per ottenere una determinata portata di acqua occorre una pompa (acceleratore) ed un freno (valvola di regolazione)
La situazione migliore dal punto di vista energetico è con la valvola completamente aperta.

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

90

90

Esempi di acceleratori e freni...

RIELLO


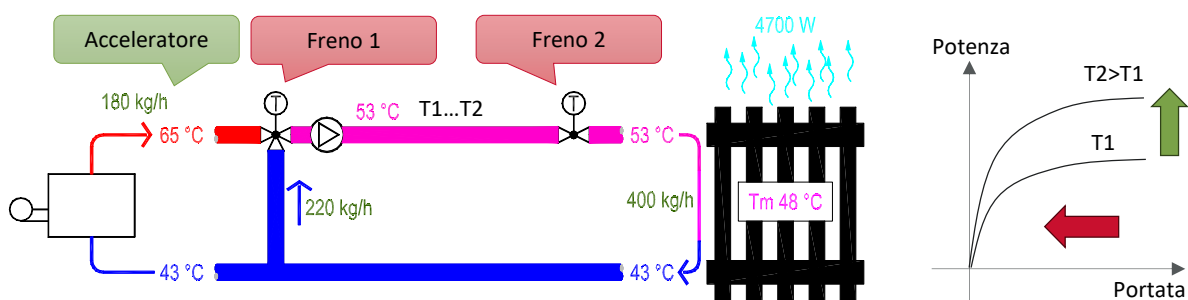
Per ottenere una determinata potenza da un radiatore occorre una temperatura (acceleratore) ed un freno (portata)
La temperatura di mandata determina la potenza massima erogabile, la portata riduce quella effettiva.
 Nel caso delle pompe di calore, schiacciare sull'acceleratore costa caro...

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

91

91

Esempi di acceleratori e freni...

RIELLO


Moltiplicare i freni non è la soluzione migliore per ottimizzare le prestazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

92

92

Agenda

RIELLO

- Valvole statiche, valvole di regolazione dinamiche autoazionate
- Valvola di sfioro e stabilizzatore di pressione
- Regolatore di pressione differenziale
- Regolatore di portata,
- Valvola termostatica
- Che cos'è un regolatore PID? Regolazione di una batteria, autorità e parametri PID
- Regolazioni ed efficienza: l'acceleratore ed il freno. Le funzioni di ottimizzazione energetica delle reti
- Esempi di problemi di regolazione e soluzioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

93

93

Esempio : livello caldaia instabile

RIELLO


Regolazione livello instabile, cosa fare ?

Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

94
94

94

ESEMPIO : LIVELLO CALDAIA INSTABILE, PRIMO PROVVEDIMENTO

RIELLO

Regolazione livello instabile, primo intervento: aumento del tempo integrale, l'oscillazione diventa smorzata

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.
Le regolazioni

95

95

95

Risolto tutto con il regolatore?

RIELLO

La regolazione è stata stabilizzata ma il comando del regolatore è ancora « nervoso ». Come mai?

Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

96
96

96

Caratteristiche della valvola di regolazione

RIELLO


$KV = 16 \text{ m}^3/\text{h}$ $\Delta P = 18,5 - 5,5 = 13 \text{ bar}$

$Q_{\text{max}} = 16 \times 13^{0,5} = 57 \text{ m}^3/\text{h}$

... a fronte di un consumo massimo di vapore di 15 t/h → apertura massima della valvola $13/57 = 23\%$

Piccole variazioni del comando, grosse variazioni di portata...

Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

97
97

97

Soluzione ?

RIELLO

Cosa possiamo proporre ancora?

Se il freno è sempre tirato, occorre rilasciare l'acceleratore...

Chi è l'acceleratore in un circuito idraulico?

Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

98
98

98

Esempio 2 : lamentele per livello instabile

RIELLO

■ Due caldaie in parallelo, 12 t/h cadauna

- Pressione di bollo 22 bar, pressione di esercizio 12 bar
- Portata vapore 6...12 t/h
- Da anni la regolazione del livello delle caldaie funziona male:
 - Frequenti sbalzi del livello
 - Qualche volta scatta l'allarme di livello minimo
 - Rottura delle pompe frequente
- Pur essendo gli impianti identici, la caldaia 2 ha il comportamento più nervoso ed instabile.
- È già intervenuta l'assistenza più volte ma la situazione non è migliorata

Cosa fare?

Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

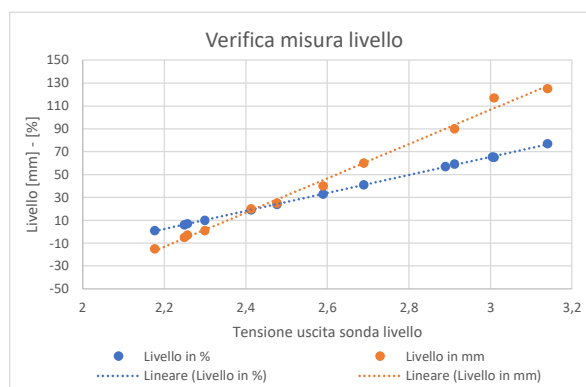
98
99

99

Primo intervento

RIELLO

- Il sospetto iniziale è la misura del livello imprecisa
Il segnale è un 2,2...3,2 Volt e potrebbe essere disturbato o derivare
- A caldaia ferma effettuato un riempimento e svuotamento dell'acqua per verificare il segnale.



- Tutto regolare... allora si passa a rilevare le caratteristiche dei componenti in campo

Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

100
100

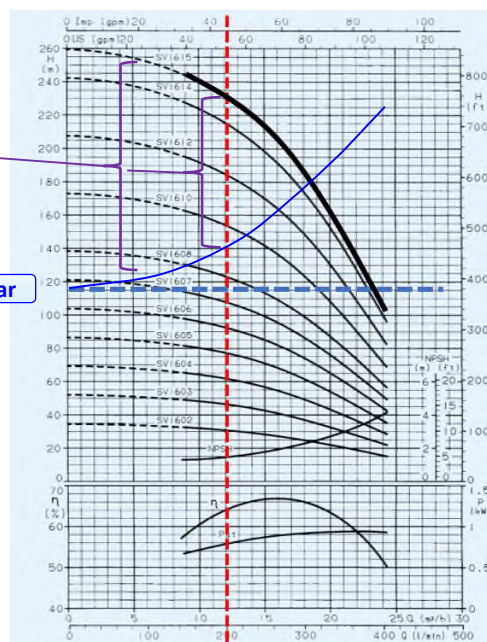
100

La pompa



Prevalenza disponibile

11,5 bar



RIELLO

La caldaia lavora a 11,5 bar

Conclusione?

Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

12 t/h

101
101

101

La valvola



CV=unità americane (portata in GPM con 1 psi di pressione differenziale) Kv = unità bar di pre

Otturatori	DN 15	DN 20	DN 25	DN 32	DN 40
Pass. pieno	Ø 1/2"	Ø 3/4"	Ø 1"	Ø 1.1/4"	Ø 1.1/2"
EQP	CV 3.4	6.6	10.8	17	23.8
	KV 2.9	5.7	9.3	14.7	20.5
PL	CV 3.4	6.6	11.2	17.6	23.9
	KV 2.9	5.7	9.6	15.2	20.6
PT	CV 3.4	6.6	12.1	19	24
	KV 2.9	5.7	10.4	16.4	20.7
Pass. Ridotti*	•	•	1/2"	3/4"	1"

Kv = 20,5 m³/h

Commenti ?

Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

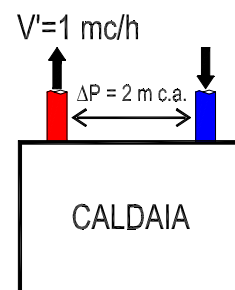
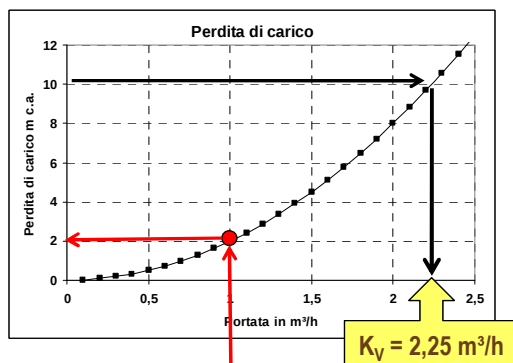
102
102

102

il coefficiente di portata K_v

RIELLO

$K_v \rightarrow$ è la portata con perdita di carico 1 bar



$$\Delta P = 10 \cdot \left(\frac{V'}{K_v} \right)^2 = 10 \cdot \left(\frac{1 \text{ m}^3/\text{h}}{2,25 \text{ m}^3/\text{h}} \right)^2 = 2 \text{ m c.a.}$$

Idraulica e circuiti idraulici

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

103

103

Formule di base del K_v

RIELLO

Attenzione alle unità di misura:

- ΔP deve essere espresso in bar
- Q nella stessa unità di K_v (m^3/h , l/s , ...)

Se misuriamo le perdite di carico in m c.a., vanno convertite

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

Calcolo K_v :

1,0 m^3/h con ΔP 2,0 m c.a. ...

$$\rightarrow K_v = 1 / \sqrt{0,2} = 2,25 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q = K_v \cdot \sqrt{\Delta P}$$

Calcolo portata:

Applico ΔP 1,0 m c.a. ...

$$\rightarrow Q = 2,25 \times \sqrt{0,10} = 0,71 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\Delta P = \left(\frac{Q}{K_v} \right)^2$$

Calcolo perdita di carico:

Vorrei far passare 1,5 m^3/h ...

$$\rightarrow \Delta P = (1,5/2,25)^2 = 0,44 \text{ bar} = 4,44 \text{ m c.a.}$$

Idraulica e circuiti idraulici

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

104

104

PRIMA REGOLAZIONE

RIELLO

Grandezza	Caldaia 1	Caldaia 2
SET	55%	55%
Banda proporzionale	30%	30%
Tempo integrale	OFF	OFF
Banda morta	10%	10%
Stop pompa	75%	70%
Start pompa	70%	65%



Grandezza	Caldaia 1	Caldaia 2
SET	50%	50%
Banda proporzionale	40%	40%
Tempo integrale	240 s	240 s
Banda morta	5%	5%
Stop pompa	75%	70%
Start pompa	70%	65%



©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.
Le regolazioni

105

105

105

Cosa non andava

RIELLO

- **Banda morta:** è sul movimento dell'attuatore
 - Introduce un ritardo che destabilizza la regolazione
 - Non eliminabile perché regolatore specifico, non PID industriale 10% → 5%
 - **Banda proporzionale** a cavallo del set-point → vicino all'arresto
 - Abbassato set-point per evitare interruzioni di alimento 55% → 50%
 - **Mancanza di azione integrale**
 - Aumentata la banda proporzionale per aumentare stabilità 30% → 40%
 - Aggiunta azione integrale modesta per riportare a set-point Tn OFF → 240 s
- Ma rimaneva ancora una differenza fra la caldaia 1 e la 2
- *Il regolatore della caldaia 2 aveva un difetto software.*
Quando il livello passa per il 50% in discesa forzava la valvola a 50%...

Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

106
106

106

Cosa è stato fatto dopo

RIELLO

Aggiunto un inverter sulla pompa di alimento

- Controllo giri pompa per ottenere un set-point fisso di 14 bar
- La valvola di regolazione lavora con un differenziale di pressione di 2,0 bar, quindi con portata disponibile di $20 \times 1,4 = 28 \text{ t/h}$ ampiamente sufficiente

- Riduzione dei giri: $K = \sqrt{\frac{14}{22}} = 0,8 \rightarrow 40 \text{ Hz}$

- Riduzione della portata minima: da $9 \text{ m}^3/\text{h}$ a $7,2 \text{ m}^3/\text{h}$
 $\rightarrow$ la pompa non lavora più ai margini del campo di funzionamento

- Regolazione stabile $\rightarrow$ il recupero dell'economizzatore è ottimale

Il personale si è dimenticato delle caldaie

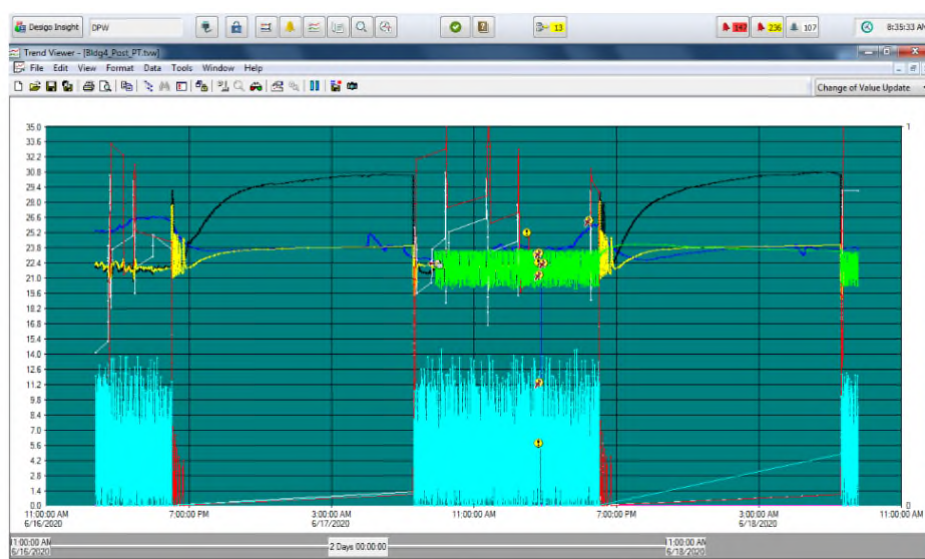
Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

107
107

107

Esempio di instabilità

RIELLO


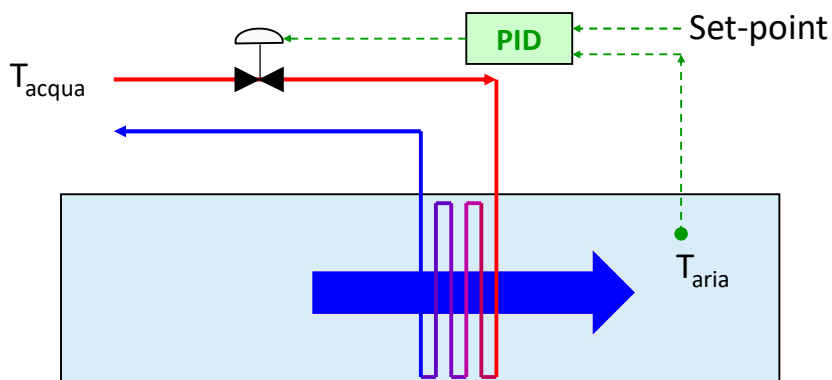
Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

108
108

108

Batterie di post-riscaldamento

RIELLO


Il **guadagno** =
potenza termica
per unità di corsa della valvola,
dipende soprattutto da:

- Temperatura di mandata dell'acqua alla batteria
- Portata di aria nella condotta

La regolazione deve essere stabile anche alle basse portate.

La temperatura dell'acqua deve essere controllata per autorizzare solo la potenza sufficiente.

Come verificare? Trend di posizione della valvola...

Come mettere a punto questo regolatore?

Le regolazioni

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

108
109

109

RIELLO

Grazie dell'attenzione....

©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

110

110

Spazio alle Vostre domande

RIELLO



©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

111

111

RIELLO

La tua opinione conta



Inquadra QR-code e
rispondi alle domande



©2026 Riello S.p.A. All Rights Reserved.

112