

IDRONICA DELLE CENTRALI DI PRODUZIONE E RETI DI DISTRIBUZIONE DI ACQUA REFRIGERATA

Alberto Cavallini

Ordinario di Energetica - Facoltà di Ingegneria, Università di Padova
alcav@unipd.it

Introduzione

Nella realizzazione di impianti di condizionamento estivo centralizzati di potenza medio-alta con produzione di freddo distribuita su più refrigeratori d'acqua, è ormai sempre più frequente prassi progettuale far ricorso a circuiti secondari (reti di distribuzione dell'acqua refrigerata) a portata variabile, secondo lo schema indicativo rappresentato in Figura 1. Secondo tale schema, gli organi di regolazione della portata d'acqua refrigerata che alimenta i singoli apparecchi utilizzatori finali (ad esempio, le batterie fredde delle CTA) o i circuiti terziari (ad esempio, le reti locali di alimentazione di ventilconvettori o pannelli radianti) sono prevalentemente valvole a due vie che modulano il prelievo d'acqua refrigerata dalla rete secondaria in funzione del carico momentaneo richiesto.

D'altra parte, per note esigenze funzionali della maggior parte dei refrigeratori d'acqua in commercio, il circuito primario di produzione di acqua refrigerata in Centrale Frigorifera deve assicurare una portata ragionevolmente costante, a valore predefinito, attraverso ogni evaporatore dei gruppi refrigeratori al momento in funzione; bisogna peraltro aggiungere che attualmente il mercato offre anche macchine non più rigidamente legate a questa esigenza – si veda al proposito lo schema 10 in Appendice.

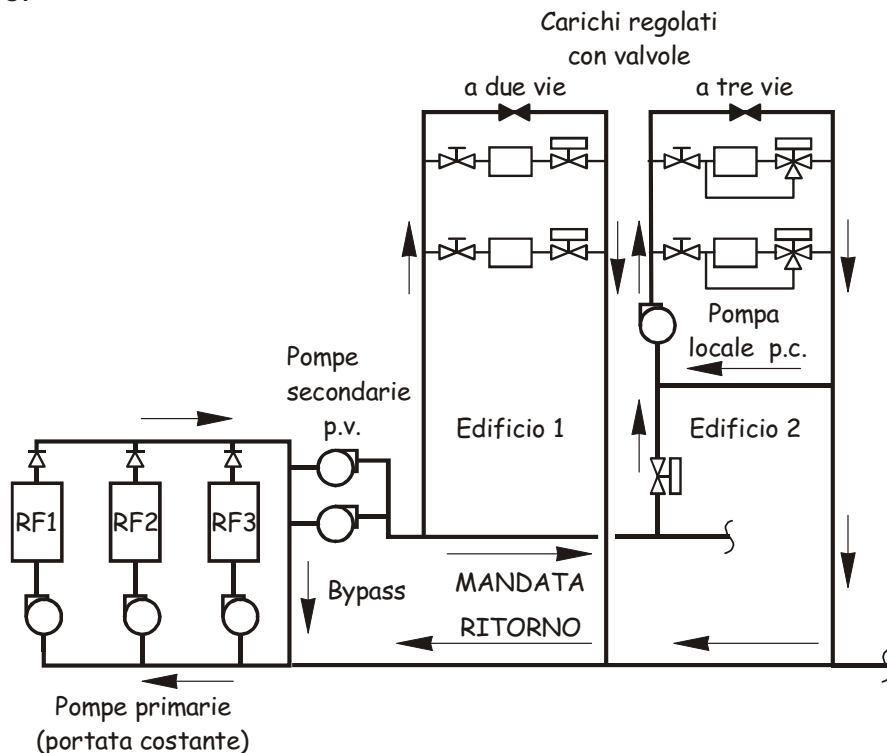


Figura 1 – Distribuzione di acqua refrigerata con circuito secondario a portata variabile.

Le esigenze contrapposte sulla portata nel circuito primario (costante attraverso ogni evaporatore dei gruppi refrigeratori al momento attivi) ed in quello secondario (ove la portata varia in funzione dell'entità momentanea del carico) sono rese compatibili disaccoppiando i due circuiti attraverso il disgiuntore idraulico, tratto di tubazione comune, indicato come *by-pass* nello schema in figura. Il *by-pass* rende indipendenti le portate istantanee d'acqua che percorrono il circuito primario (di centrale) e quello secondario (della rete di distribuzione ai carichi).

Per non perdere il controllo della temperatura dell'acqua refrigerata alla mandata della rete, il vincolo che il sistema di gestione dell'inserimento/disinserimento dei refrigeratori in centrale deve rispettare, è che la portata totale d'acqua refrigerata prodotta nel circuito primario non sia mai inferiore alla portata d'acqua da convogliare nella rete secondaria. In altri termini nel disgiuntore idraulico non dovrà mai passare acqua in senso opposto a quello indicato dalla freccia di figura; se ciò avvenisse, verrebbe convogliata nella rete di distribuzione non solo acqua refrigerata proveniente dalla mandata dei refrigeratori, bensì una miscela comprendente anche acqua in arrivo direttamente dal ritorno di rete, con perdita del controllo della temperatura. Questo può comportare problemi alla corretta operatività dei terminali, come l'impossibilità di un adeguato controllo dell'umidità ambientale in talune circostanze.

Presupposto ideale per rendere possibile una corretta gestione del sistema a portata secondaria variabile è che la temperatura di ritorno dell'acqua nella rete secondaria di distribuzione non sia mai inferiore alla temperatura massima di progetto dell'acqua all'ingresso degli evaporatori dei gruppi refrigeratori, e cioè a quel valore di temperatura di ingresso per il quale i refrigeratori, operanti a portata di progetto, erogano il pieno carico frigorifero raffreddando l'acqua fino alla temperatura nominale. In termini semplici, il Δt di rete non deve essere inferiore al Δt dei refrigeratori a pieno carico.

Questa condizione si consegue solo con un corretto dimensionamento e una adeguata regolazione (bilanciamento) dei terminali della rete secondaria (batterie di raffreddamento/deumidificazione nelle CTA, circuiti terziari locali di acqua temperata fredda etc.); l'impiego di appropriati organi di bilanciamento dell'intero circuito è assolutamente raccomandabile a tale proposito. È peraltro esperienza assai comune constatare, sul piano pratico, come le reti di distribuzione acqua refrigerata soffrano spesso del difetto di insufficiente differenza di temperatura tra ritorno e mandata: si parla di rete con *sindrome da basso Δt* . In tal caso, non solo si limitano molto (quando addirittura non si annullino) i vantaggi, in termini di risparmio d'energia di pompaggio, della strutturazione a portata variabile della rete secondaria, ma in certe condizioni operative si perde il controllo della temperatura dell'acqua refrigerata immessa nella rete di distribuzione, si impedisce la corretta gestione dei gruppi refrigeratori d'acqua in centrale frigorifera, rendendo anche impossibile il trasferimento ai carichi della totale potenza frigorifera di progetto.

Assieme ai livelli di temperatura, è elemento altrettanto importante il corretto controllo dei livelli di pressione lungo la rete di distribuzione dell'acqua refrigerata. Innanzitutto è necessario che tutte le valvole di regolazione possiedano (e conservino per tutte le condizioni operative) adeguata *autorità* rispetto al circuito che devono controllare.

Con riferimento allo schema di Figura 2, si rammenta che viene indicata come *autorità* della valvola di regolazione il rapporto tra la caduta di pressione che essa provoca nelle condizioni di portata progettuale e a piena apertura (Δp_{min}), e la differenza di pressione che si stabilisce a cavallo della valvola quando questa è in condizione di completa chiusura (Δp_{max}). Nelle usuali condizioni operative della valvole nei circuiti di acqua refrigerata, è necessario che l'autorità sia almeno 0,25; meglio se maggiore di questo valore.

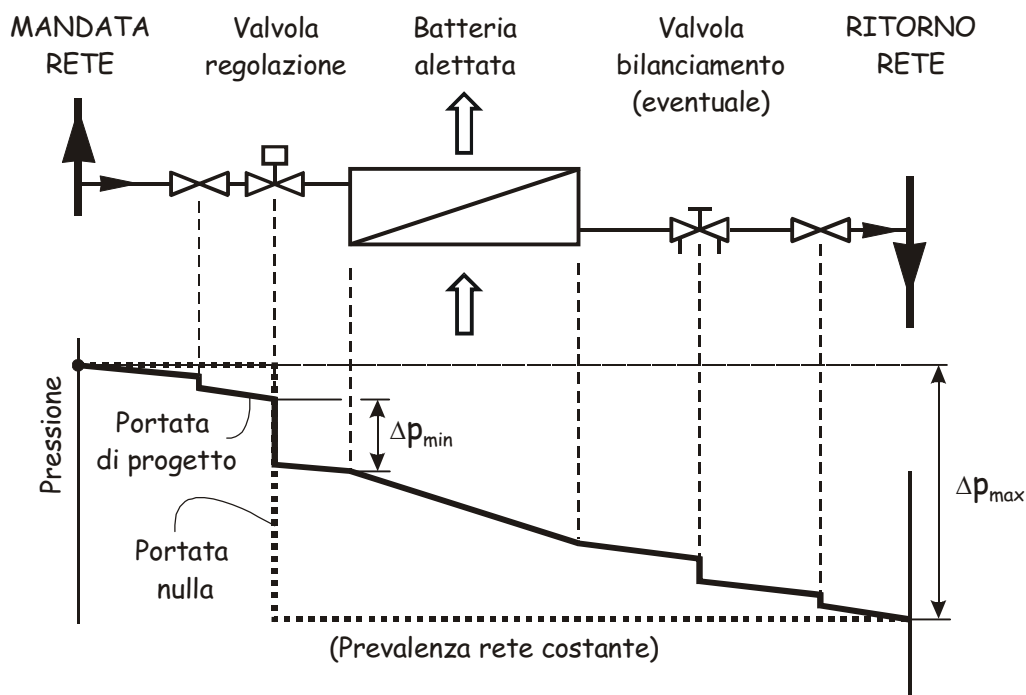


Figura 2 – Autorità della valvola di regolazione: $\Delta p_{min}/\Delta p_{max} > 0,25$.

Un progettista di un sistema idronico del tipo qui considerato non deve limitarsi a considerare l'*autorità* delle valvole di regolazione riferendosi solamente ai profili di pressione di progetto sui rami di mandata e ripresa della rete di distribuzione, come indicato nella Figura 2. Infatti, al variare della portata circolante nella rete, variano ovviamente anche le perdite di carico relative, e ciò può far variare in maniera non indifferente la prevalenza disponibile agli estremi di un circuito terziario utilizzatore dell'acqua refrigerata, anche in dipendenza del tipo di gestione del sistema di pompaggio secondario a portata variabile.

L'utilizzo di convertitori di frequenza (*inverter*) è ormai una scelta progettuale consolidata per il comando delle pompe secondarie dei circuiti a portata variabile, e la velocità di rotazione è di solito regolata in maniera da mantenere costante la pressione differenziale tra mandata e ritorno dell'acqua refrigerata in una posizione strategica delle rete.

Lo schema di Figura 3 illustra i profili di pressione che si instaurano nelle rete secondaria nelle situazioni di valori estremi (di progetto, o vicino a zero) della portata. Se la regolazione delle pompe è funzionale al mantenimento di una prevalenza costante agli estremi del circuito terziario più sfavorito (qui considerato quello più distante dalle pompe), la prevalenza disponibile al circuito più favorito (più vicino alle pompe) può diminuire drasticamente al ridursi della portata di rete (dal valore A-B di progetto al valore A'-B'); bisognerà accertarsi che tale prevalenza ridotta sia ancora atta ad assicurare una portata d'acqua sufficiente al circuito in tali condizioni operative. Si osservi come questa scelta per la regolazione delle pompe sia molto favorevole ai fini di economizzare energia di pompaggio.

Viceversa se, all'opposto, la regolazione delle pompe è finalizzata a mantenere costante la prevalenza sulla rete in corrispondenza al circuito più favorito (più prossimo alle pompe), come mostrato nella Figura 3 la prevalenza disponibile al circuito più sfavorito può aumentare considerevolmente al ridursi della portata nella rete (dal valore V-Z di progetto al valore V''-Z''), con perdita di autorità della valvola di regolazione. Si

intuisce pure come questa situazione non sia la più favorevole al risparmio di energia di pompaggio.

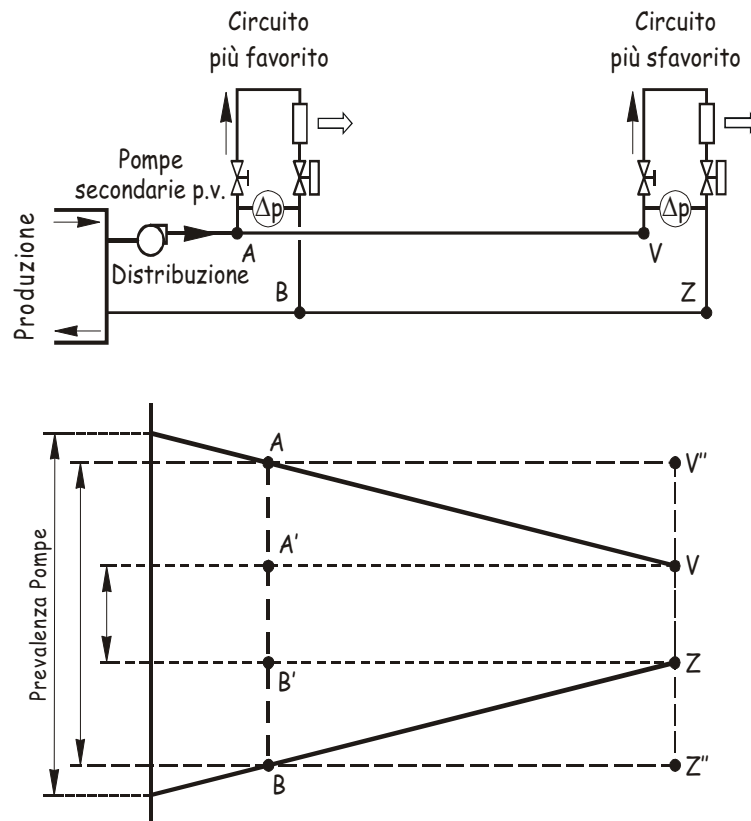


Figura 3 – Profilo di pressione in un circuito secondario a portata variabile e alimentato con pompa a velocità variabile.

Mantenere costante la differenza di pressione in un opportuno punto intermedio della rete secondaria di distribuzione costituisce quasi sempre una soluzione di compromesso ottimale tra risparmio di energia di pompaggio e funzionalità dei terminali nelle diverse condizioni di carico.

Si osservi – Figura 4 – come la strutturazione della rete secondaria a ritorno inverso potrebbe attenuare i problemi di variazione della prevalenza disponibile in corrispondenza ai terminali di rete, specie se questi presentano esigenze di carico variabili in maniera abbastanza simultanea. Ragioni di costo impediscono di solito la strutturazione a ritorno inverso delle reti secondarie di distribuzione dell'acqua refrigerata ad esteso sviluppo longitudinale. La possibilità di realizzare una rete ad anello permette di conseguire risultati simili.

Solo un'adeguata progettazione che tenga conto di tutti gli elementi discussi più sopra può permettere di realizzare reti funzionali di distribuzione acqua refrigerata a portata variabile consentendo di sfruttare appieno i vantaggi intrinseci di questa opzione idronica. Questi vantaggi, rispetto alle reti distributive a portata costante con valvole di regolazione a tre vie, si possono così riassumere:

- Consistente risparmio nell'energia di pompaggio;
- Rispetto del vincolo di mantenere costante la portata attraverso ogni evaporatore dei refrigeratori in funzione in qualsiasi condizione di carico, con possibilità di arrestare refrigeratori e relative pompe in condizioni di carico parziale;

- Dimensionamento del circuito secondario per il massimo valore di portata contemporanea, e non per la somma dei valori massimi (anche non contemporanei) delle portate dei vari circuiti utilizzatori;
- Semplicità di gestione della parzializzazione dei gruppi refrigeratori.

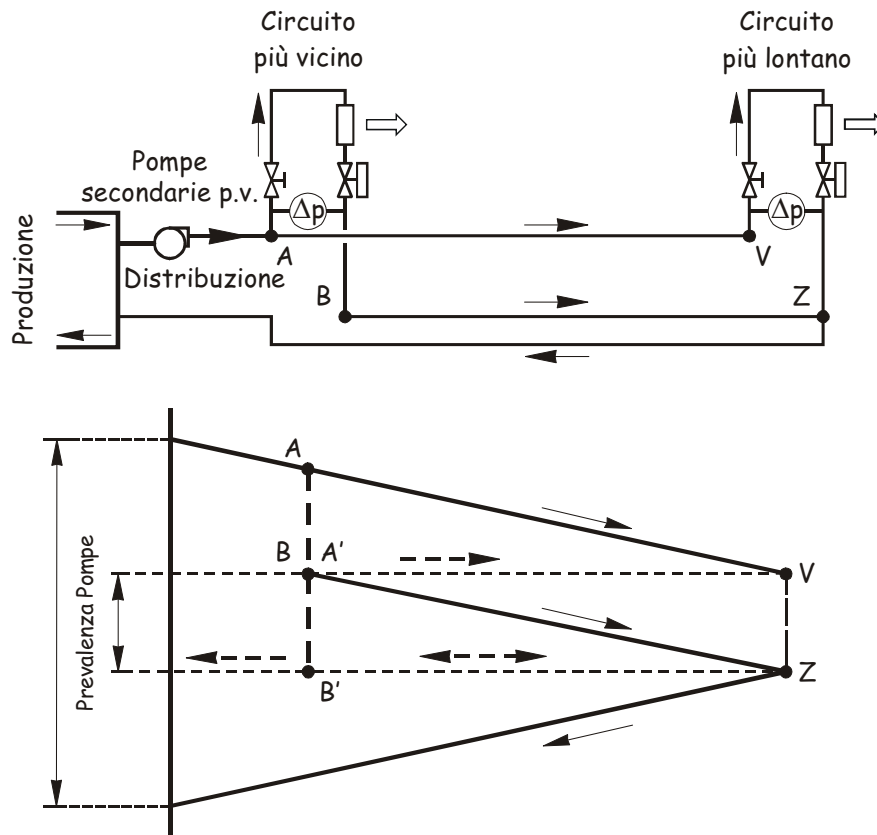


Figura 4 – Profilo di pressione in un circuito secondario a portata variabile e ritorno inverso, alimentato con pompa a velocità variabile. La prevalenza disponibile ai terminali rimane approssimativamente costante se i terminali parzializzano simultaneamente.

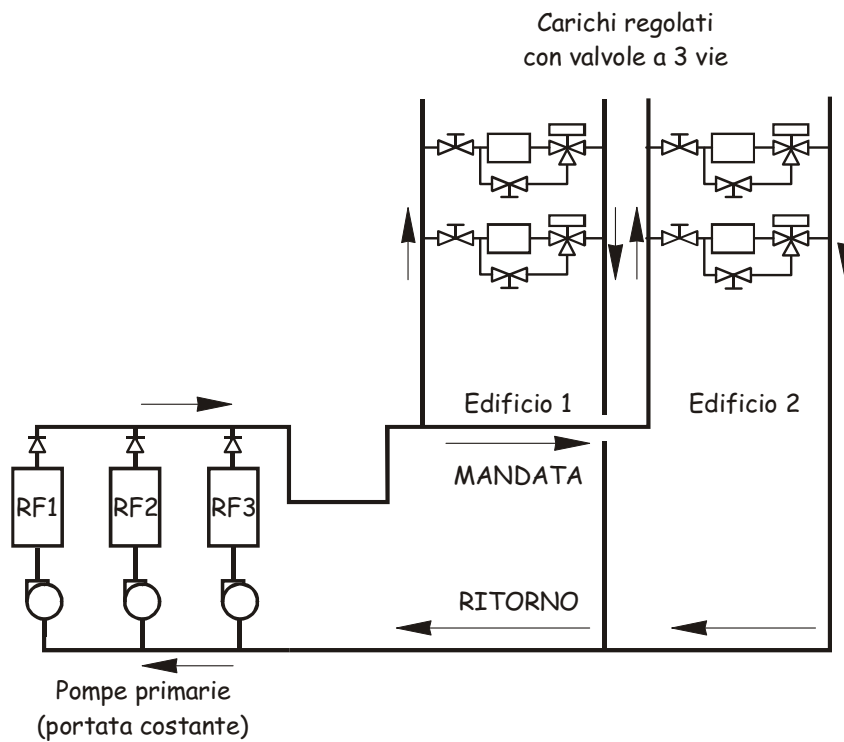
L'Appendice che segue riporta, con commenti essenziali, una varietà di schemi idronici relativi a centrali ed associate reti di distribuzione di acqua refrigerata. I due schemi iniziali sono relativi a rete secondaria a portata costante (organi terminali di regolazione essenzialmente costituiti da valvole a tre vie), mentre gli schemi successivi si riferiscono a rete secondaria a portata variabile (organi terminali di regolazione essenzialmente costituiti da valvole a due vie).

APPENDICE

SCHEMI IDRONICI DI CENTRALI DI PRODUZIONE E RETI DI DISTRIBUZIONE DI ACQUA REFRIGERATA

Schema 1

1- Distribuzione a portata costante sui circuiti primario e secondario accoppiati – pompe dedicate

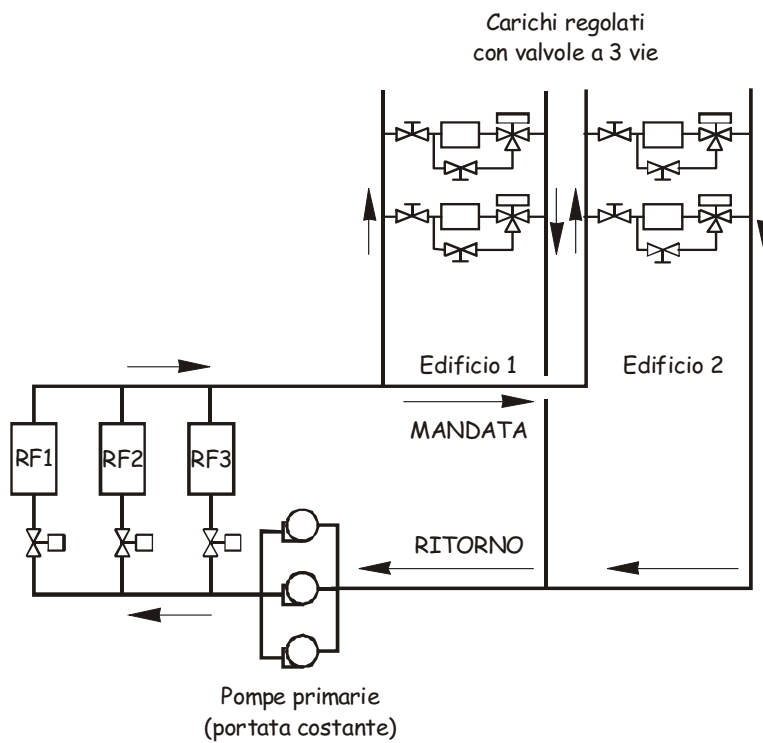


- La portata rimane costante in qualsiasi condizione di carico
- Le pompe operano quindi sempre a portata costante; nessun risparmio di energia di pompaggio ai carichi ridotti
- I refrigeratori devono funzionare tutti sempre, e parzializzare in parallelo
- L'arresto di un refrigeratore porterebbe a perdere il controllo della temperatura di mandata dell'acqua refrigerata; arrestando anche la relativa pompa, i carichi risulterebbero insufficientemente alimentati

Da osservare che in questo caso la rete secondaria deve essere dimensionata rispetto alla somma delle portate di progetto di tutti i singoli terminali che gravitano sul tratto di rete considerato, anche se tali portate non sono contemporanee.

Schema 2

2- Distribuzione a portata costante sui circuiti primario e secondario accoppiati – pompe comuni

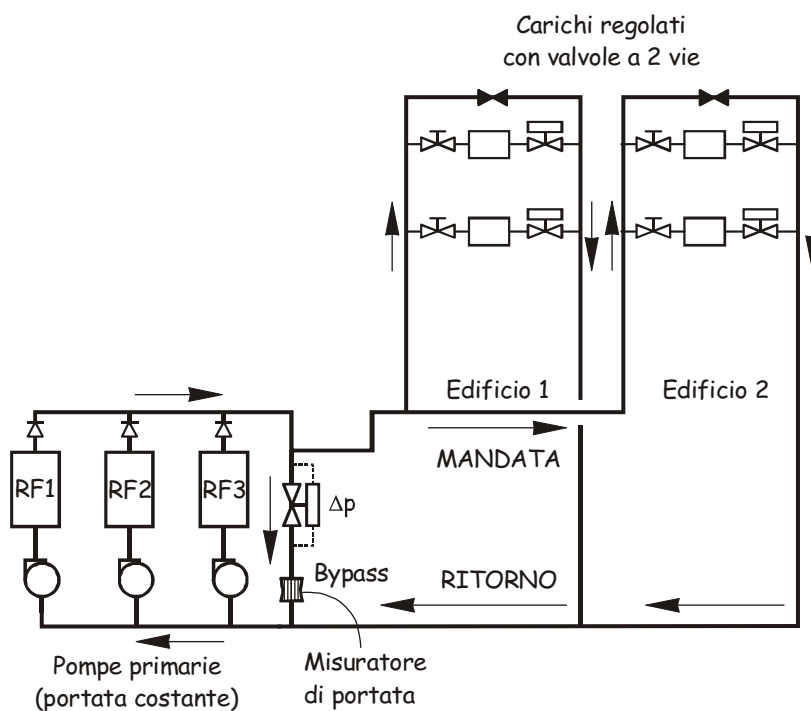


- La portata rimane costante in qualsiasi condizione di carico
- Le pompe operano quindi sempre a portata costante; nessun risparmio di energia di pompaggio ai carichi ridotti
- I refrigeratori devono funzionare tutti sempre, e parzializzare in parallelo
- L'arresto di un refrigeratore porterebbe a perdere il controllo della temperatura di mandata dell'acqua refrigerata; arrestando anche una pompa, i carichi risulterebbero insufficientemente alimentati
- Possibilità d'inserimento di una sola pompa di riserva a servizio di tutti i refrigeratori

Da osservare che in questo caso la rete secondaria deve essere dimensionata rispetto alla somma delle portate di progetto di tutti i singoli terminali che gravitano sul tratto di rete considerato, anche se tali portate non sono contemporanee.

Schema 3

3- Distribuzione a portata variabile sul circuito secondario disaccoppiato – pompe comuni inserite sul circuito primario a portata costante

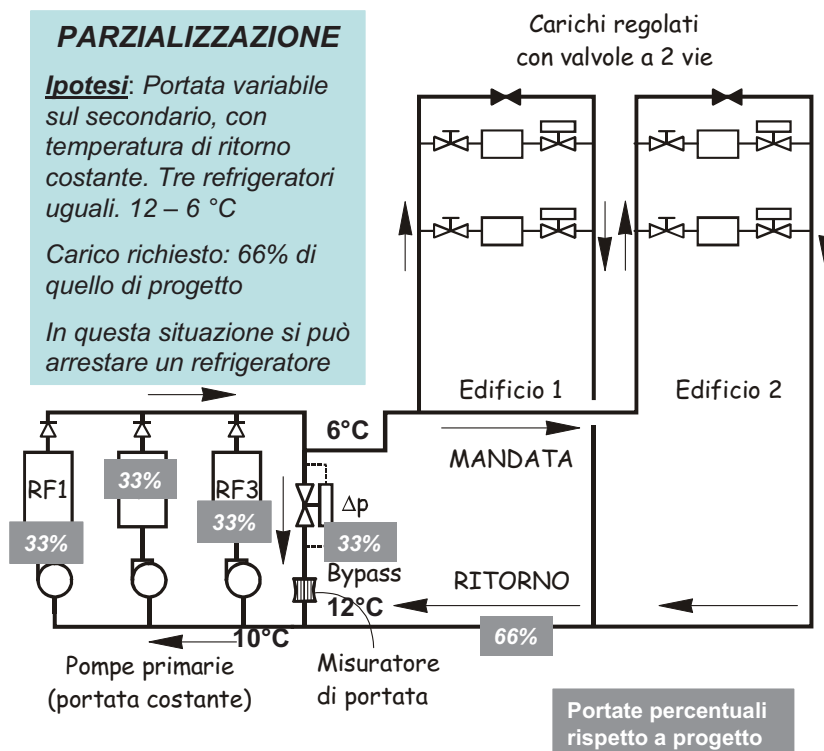


- Le pompe operano quindi sempre a portata costante; è però possibile arrestare refrigeratori e relative pompe in condizioni di carico parziale
- Il circuito secondario opera a portata variabile, con carichi regolati mediante valvole a due vie; dimensionato per il massimo di portata contemporanea
- I refrigeratori in funzione parzializzano in parallelo (schemi successivi)
- La portata rimane costante attraverso ogni evaporatore dei refrigeratori in funzione in qualsiasi condizione di carico

Da osservare che in questo caso la rete secondaria deve essere dimensionata rispetto al massimo contemporaneo delle portate richieste dai singoli terminali che gravitano sul tratto di rete considerato, e non sulla somma delle portate, anche se non contemporanee.

Schema 3.1

3.1- Distribuzione a portata variabile sul circuito secondario disaccoppiato – pompe comuni inserite sul circuito primario a portata costante

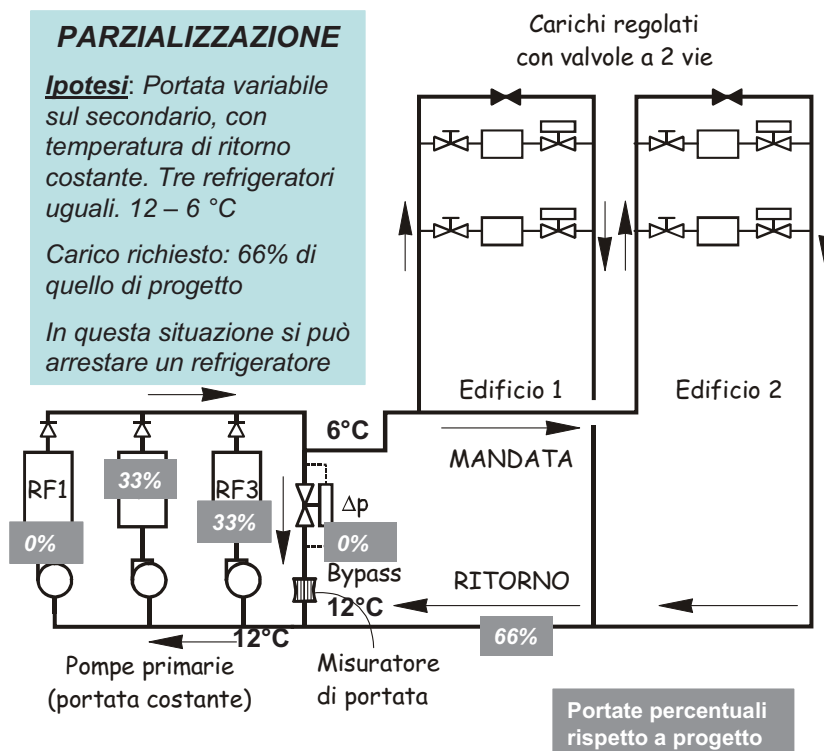


- Le pompe operano quindi sempre a portata costante; è però possibile arrestare refrigeratori e relative pompe in condizioni di carico parziale
- Il circuito secondario opera a portata variabile, con carichi regolati mediante valvole a due vie; dimensionato per il massimo di portata contemporanea
- I refrigeratori in funzione parzializzano in parallelo
- La portata rimane costante attraverso ogni evaporatore dei refrigeratori in funzione in qualsiasi condizione di carico

Questo schema, assieme al successivo schema 3.2, illustra il modo di parzializzazione dei refrigeratori d'acqua disposti come nello schema 3 ai carichi ridotti, e come i refrigeratori non più necessari possano essere disinseriti.

Schema 3.2

3.2- Distribuzione a portata variabile sul circuito secondario disaccoppiato – pompe comuni inserite sul circuito primario a portata costante

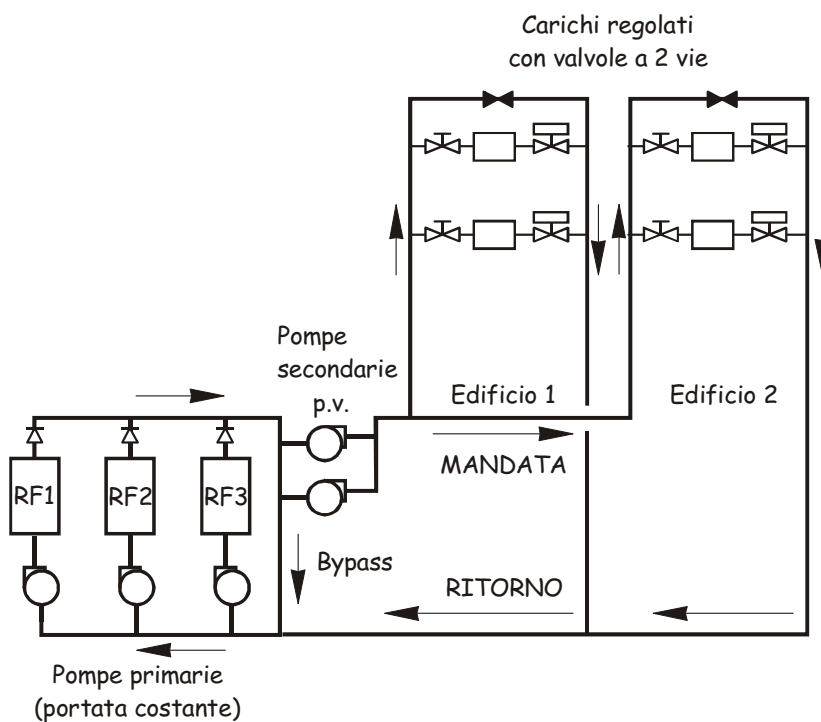


- Le pompe operano quindi sempre a portata costante; è però possibile arrestare refrigeratori e relative pompe in condizioni di carico parziale
- Il circuito secondario opera a portata variabile, con carichi regolati mediante valvole a due vie; dimensionato per il massimo di portata contemporanea
- I refrigeratori in funzione parzializzano in parallelo
- La portata rimane costante attraverso ogni evaporatore dei refrigeratori in funzione in qualsiasi condizione di carico

Questo schema, assieme al precedente schema 3.1, illustra il modo di parzializzazione dei refrigeratori d'acqua disposti come nello schema 3 ai carichi ridotti, e come i refrigeratori non più necessari possano essere disinseriti.

Schema 4

4- Distribuzione a portata variabile sul circuito secondario disaccoppiato – pompe primarie a portata costante / secondarie a portata variabile

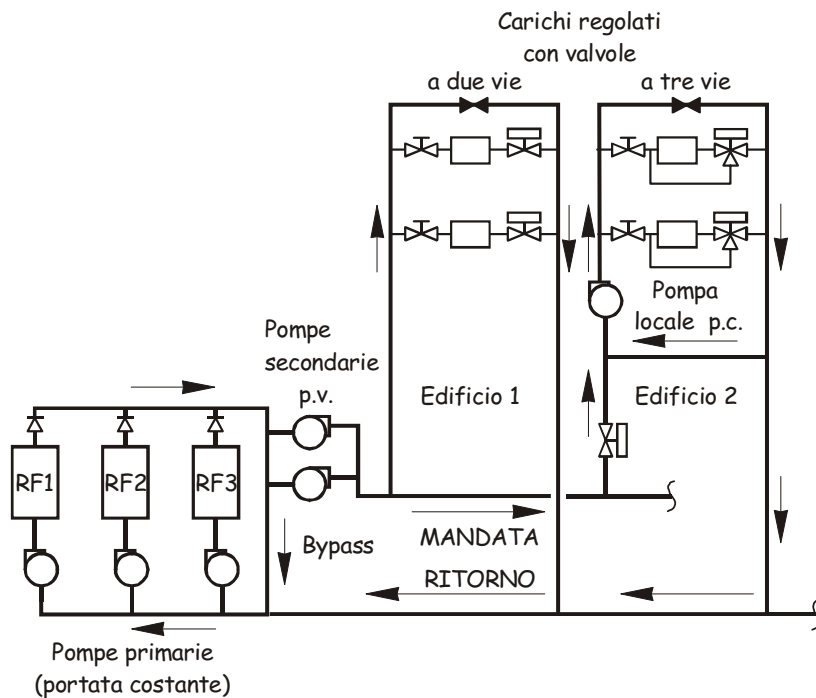


- La portata rimane costante attraverso ogni evaporatore dei refrigeratori in funzione in qualsiasi condizione di carico
- Le pompe primarie operano quindi sempre a portata costante; è però possibile arrestare refrigeratori e relative pompe in condizioni di carico parziale
- Il circuito secondario opera con pompe a portata variabile, con carichi regolati mediante valvole a due vie; deve essere dimensionato per il massimo di portata contemporanea
- I refrigeratori in funzione parzializzano in parallelo (come schema precedente)
- La portata totale primaria deve sempre eccedere la portata sul secondario

Da osservare che in questo caso la rete secondaria deve essere dimensionata rispetto al massimo contemporaneo delle portate richieste dai singoli terminali che gravitano sul tratto di rete considerato, e non sulla somma delle portate, anche se non contemporanee.

Schema 4.1

4.1- Distribuzione a portata variabile sul circuito secondario disaccoppiato – pompe primarie a portata c./ secondarie a portata v./ locali a portata c.

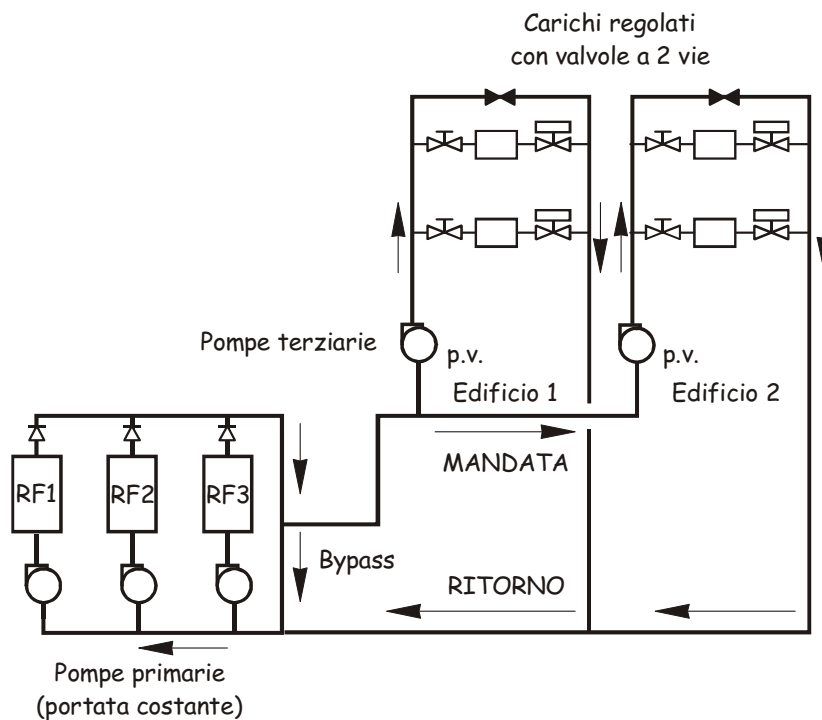


- La portata rimane costante attraverso ogni evaporatore dei refrigeratori in funzione in qualsiasi condizione di carico
- Le pompe primarie operano quindi sempre a portata costante; è però possibile arrestare refrigeratori e relative pompe in condizioni di carico parziale
- Il circuito secondario e quello locale dell'Edificio 1 operano sotto pompe a portata variabile, con carichi regolati mediante valvole a due vie; l'Edificio 2 è servito da circuito a portata costante (regolato con valvole a tre vie) con pompa locale
- I refrigeratori in funzione parzializzano in parallelo
- La portata totale primaria deve sempre eccedere la portata sul secondario

Questo schema, analogo al precedente (schema 4), illustra come possano essere alimentati da rete a portata variabile circuiti terziari a portata costante (Edificio 2 – regolazione ad iniezione).

Schema 5

5- Distribuzione a portata variabile sul circuito secondario disaccoppiato – pompe primarie a portata costante / terziarie a portata variabile



- La portata rimane costante attraverso ogni evaporatore dei refrigeratori in funzione in qualsiasi condizione di carico
- Le pompe primarie operano quindi sempre a portata costante; è però possibile arrestare refrigeratori e relative pompe in condizioni di carico parziale
- Il circuito secondario opera con pompe a portata variabile, con carichi regolati mediante valvole a due vie; deve essere dimensionato per il massimo di portata contemporanea
- I refrigeratori in funzione parzializzano in parallelo
- La portata totale primaria deve sempre eccedere la portata sul secondario

Questo schema si differenzia dal precedente schema 4 in quanto utilizza pompe terziarie in ogni singola sottocentrale, piuttosto che pompe secondarie generali di rete.

Schema 6.1

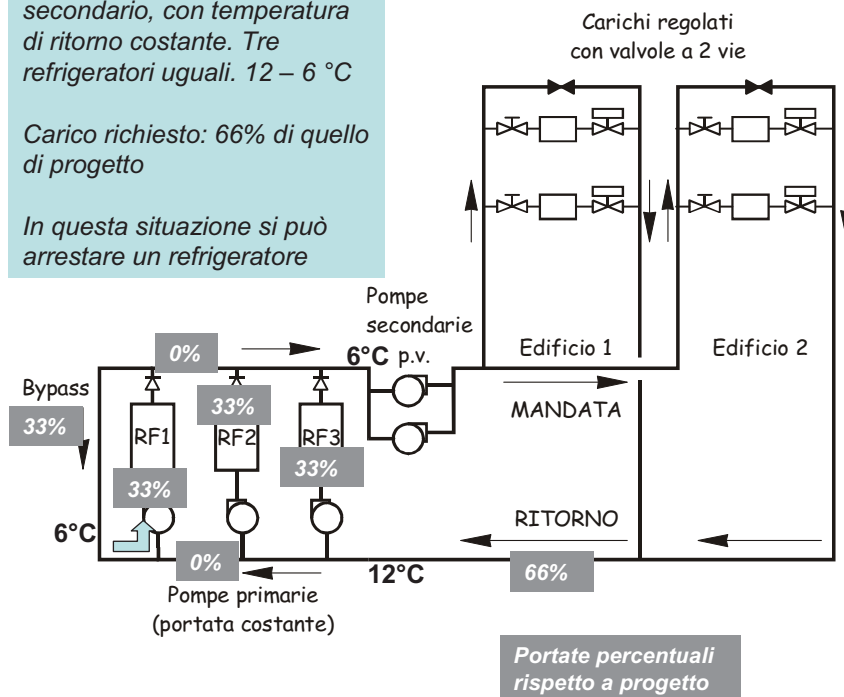
6.1- Distribuzione a portata variabile sul circuito secondario disaccoppiato – pompe primarie a portata costante / secondarie a portata variabile

PARZIALIZZAZIONE

Ipotesi: Portata variabile sul secondario, con temperatura di ritorno costante. Tre refrigeratori uguali. 12 – 6 °C

Carico richiesto: 66% di quello di progetto

In questa situazione si può arrestare un refrigeratore



- La portata rimane costante attraverso ogni evaporatore dei refrigeratori in funzione in qualsiasi condizione di carico
- Le pompe primarie operano quindi sempre a portata costante; è però possibile arrestare refrigeratori e relative pompe in condizioni di carico parziale
- Il circuito secondario opera con pompe a portata variabile, con carichi regolati mediante valvole a due vie; deve essere dimensionato per il massimo di portata contemporanea
- I refrigeratori in funzione parzializzano in sequenza; prima RF1 poi RF2 ed infine RF3
- La portata totale primaria deve sempre eccedere la portata sul secondario

Questo schema, assieme al seguente schema 6.2, illustra il modo di parzializzazione dei refrigeratori d'acqua disposti come nello schema 6 ai carichi ridotti, e come i refrigeratori non più necessari possano essere disinseriti.

Schema 6.2

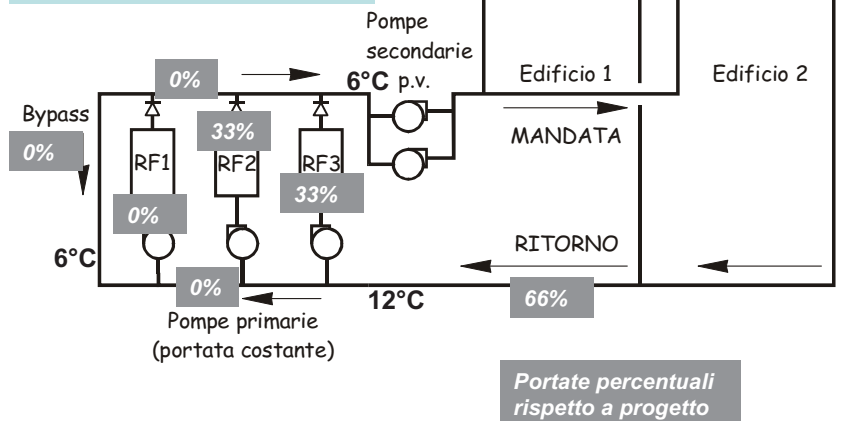
6.2- Distribuzione a portata variabile sul circuito secondario disaccoppiato – pompe primarie a portata costante / secondarie a portata variabile

PARZIALIZZAZIONE

Ipotesi: Portata variabile sul secondario, con temperatura di ritorno costante. Tre refrigeratori uguali. $12 - 6\text{ }^{\circ}\text{C}$

Carico richiesto: 66% di quello di progetto

In questa situazione si può arrestare un refrigeratore



- La portata rimane costante attraverso ogni evaporatore dei refrigeratori in funzione in qualsiasi condizione di carico
- Le pompe primarie operano quindi sempre a portata costante; è però possibile arrestare refrigeratori e relative pompe in condizioni di carico parziale
- Il circuito secondario opera con pompe a portata variabile, con carichi regolati mediante valvole a due vie; deve essere dimensionato per il massimo di portata contemporanea
- I refrigeratori in funzione parzializzano in sequenza; prima RF1 poi RF2 ed infine RF3
- La portata totale primaria deve sempre eccedere la portata sul secondario

Questo schema, assieme al precedente schema 6.1, illustra il modo di parzializzazione dei refrigeratori d'acqua disposti come nello schema 6 ai carichi ridotti, e come i refrigeratori non più necessari possano essere disinseriti.

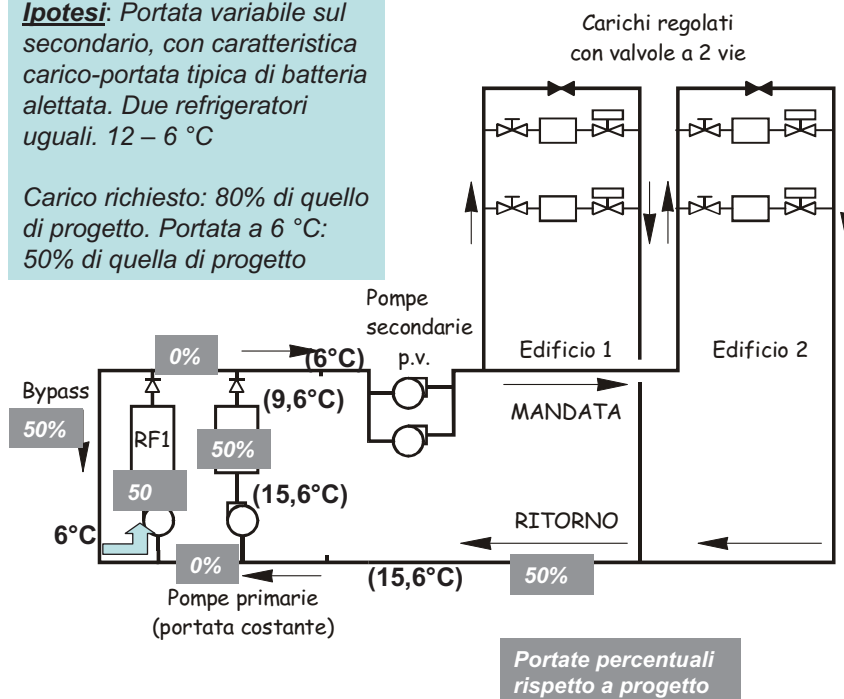
Schema 6.3

6.3- Distribuzione a portata variabile sul circuito secondario disaccoppiato – pompe primarie a portata costante / secondarie a portata variabile

PARZIALIZZAZIONE

Ipotesi: Portata variabile sul secondario, con caratteristica carico-portata tipica di batteria alettata. Due refrigeratori uguali. 12 – 6 °C

Carico richiesto: 80% di quello di progetto. Portata a 6 °C: 50% di quella di progetto



- La portata rimane costante attraverso ogni evaporatore dei refrigeratori in funzione in qualsiasi condizione di carico
- Le pompe primarie operano quindi sempre a portata costante; è però possibile arrestare refrigeratori e relative pompe in condizioni di carico parziale
- Il circuito secondario opera con pompe a portata variabile, con carichi regolati mediante valvole a due vie; deve essere dimensionato per il massimo di portata contemporanea
- I refrigeratori in funzione parzializzano in sequenza; prima RF1 poi RF2
- La portata totale primaria deve sempre eccedere la portata sul secondario

Questo schema, assieme al successivo schema 6.4, illustra come lo schema 6, col bypass in posizione opposta alle pompe secondarie, possa far perdere il controllo della temperatura di mandata in rete quando la temperatura di ritorno rete sia superiore al valore di progetto (qui preso 12 °C). Viene assunta, per la rete, una caratteristica carico-portata indicativa del comportamento di batterie di raffreddamento a temperatura di ingresso dell'acqua refrigerata costante (carico 80% → portata 50%; carico 50% → portata 20%). Le temperature indicate sono quelle risultanti dopo la prima iterazione di calcolo, e cioè non stabilizzate.

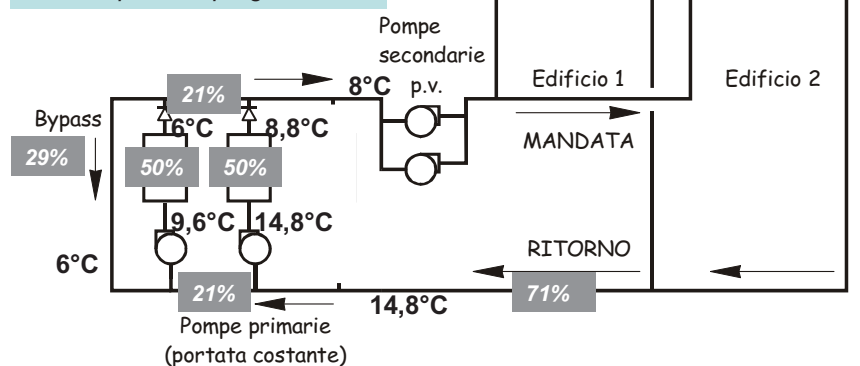
Schema 6.4

6.4- Distribuzione a portata variabile sul circuito secondario disaccoppiato – pompe primarie a portata costante / secondarie a portata variabile

PARZIALIZZAZIONE

Ipotesi: Portata variabile sul secondario, con caratteristica carico-portata tipica di batteria alettata. Due refrigeratori uguali. 12 – 6 °C

Carico richiesto: 80% di quello di progetto. Portata a 6 °C: 50% di quella di progetto



RF1: 60% del carico
RF2: 100% del carico

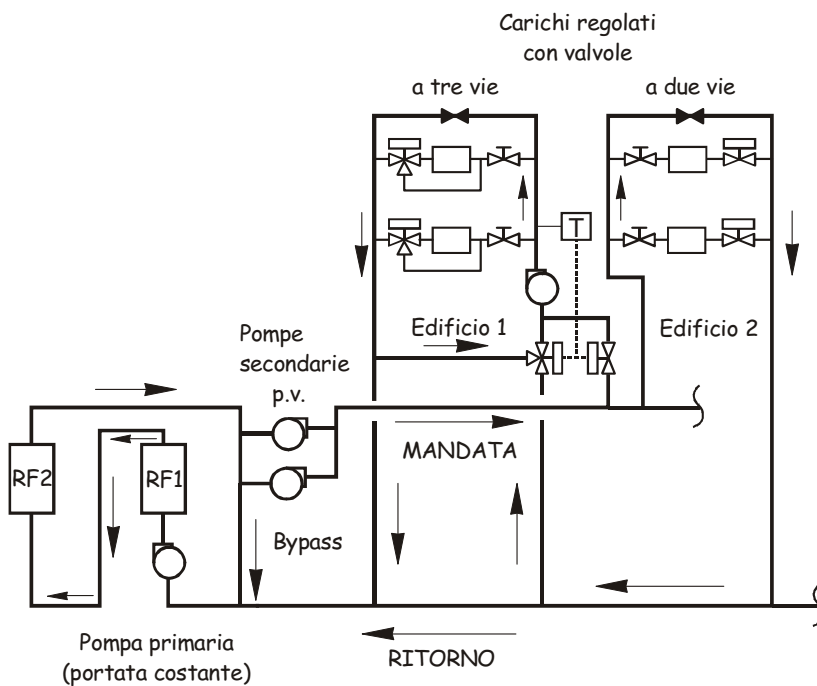
Portate percentuali rispetto a progetto

- La portata rimane costante attraverso ogni evaporatore dei refrigeratori in funzione in qualsiasi condizione di carico
- Le pompe primarie operano quindi sempre a portata costante; è però possibile arrestare refrigeratori e relative pompe in condizioni di carico parziale
- Il circuito secondario opera con pompe a portata variabile, con carichi regolati mediante valvole a due vie; deve essere dimensionato per il massimo di portata contemporanea
- I refrigeratori in funzione parzializzano in sequenza; prima RF1 poi RF2
- La portata totale primaria deve sempre eccedere la portata sul secondario

Questo schema, assieme al precedente schema 6.3, illustra come lo schema 6, col bypass in posizione opposta alle pompe secondarie, possa far perdere il controllo della temperatura di mandata in rete quando la temperatura di ritorno rete sia superiore al valore di progetto (qui preso 12 °C). Viene assunta, per la rete, una caratteristica carico-portata indicativa del comportamento di batterie di raffreddamento a temperatura di ingresso dell'acqua refrigerata costante (carico 80% → portata 50%; carico 50% → portata 20%). Le temperature e le portate indicate sono quelle risultanti a situazione stabilizzata.

Schema 7

7- Distribuzione a portata variabile sul circuito secondario disaccoppiato – Refrigeratori in serie - Pompa primaria a portata costante / secondarie a portata variabile

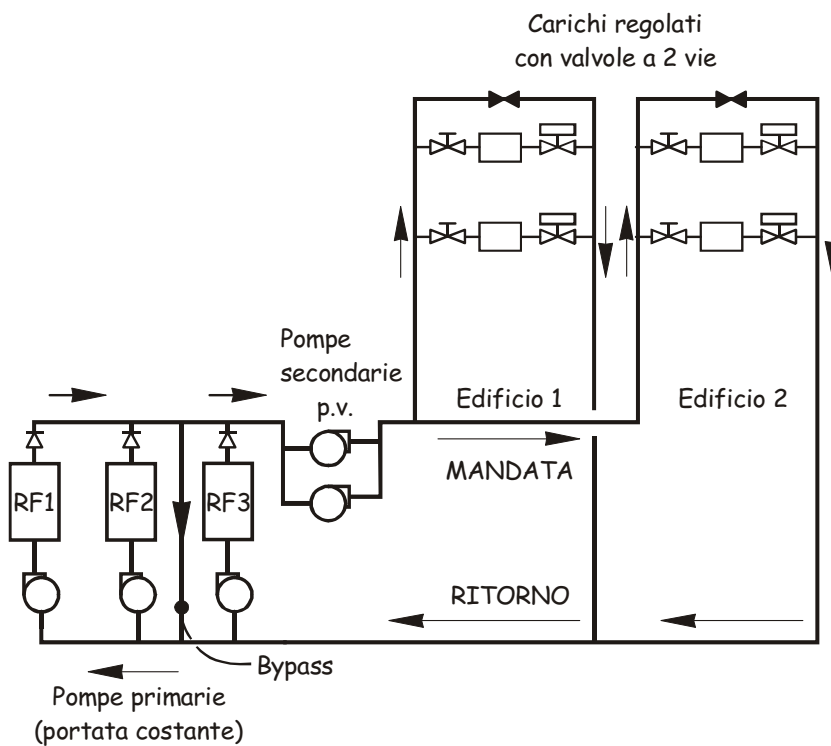


- La portata rimane costante attraverso ogni evaporatore dei refrigeratori in funzione in qualsiasi condizione di carico
- La pompa primaria opera quindi sempre a portata costante. Il circuito secondario opera con pompe a portata variabile, associato a circuiti terziari che prelevano portata variabile dal secondario
- I refrigeratori RF1 ed RF2 parzializzano in sequenza, con temperature di mandata differenti
- La portata totale primaria deve sempre eccedere la portata sul secondario
- Lo schema si presta con rete secondaria operante ad elevato ΔT (attorno a 9 °C); si esalta il risparmio energetico. Edificio 1 esemplifica la modalità di collegamento di un circuito terziario con temperatura di mandata superiore alla temperatura di ritorno locale della rete secondaria (ad esempio, circuito ventilconvettori funzionanti in presenza di aria primaria). Questo tipo di collegamento eleva il ΔT della rete secondaria

La tendenza attuale è quella di operare con ΔT di rete maggiori di quelli tradizionali (ad esempio, 9 °C anziché i tradizionali 6 °C). In questa circostanza può essere vantaggiosa la disposizione di refrigeratori in serie anziché in parallelo.

Schema 8

8- Distribuzione a portata variabile sul circuito secondario disaccoppiato – pompe primarie a portata costante / secondarie a portata variabile

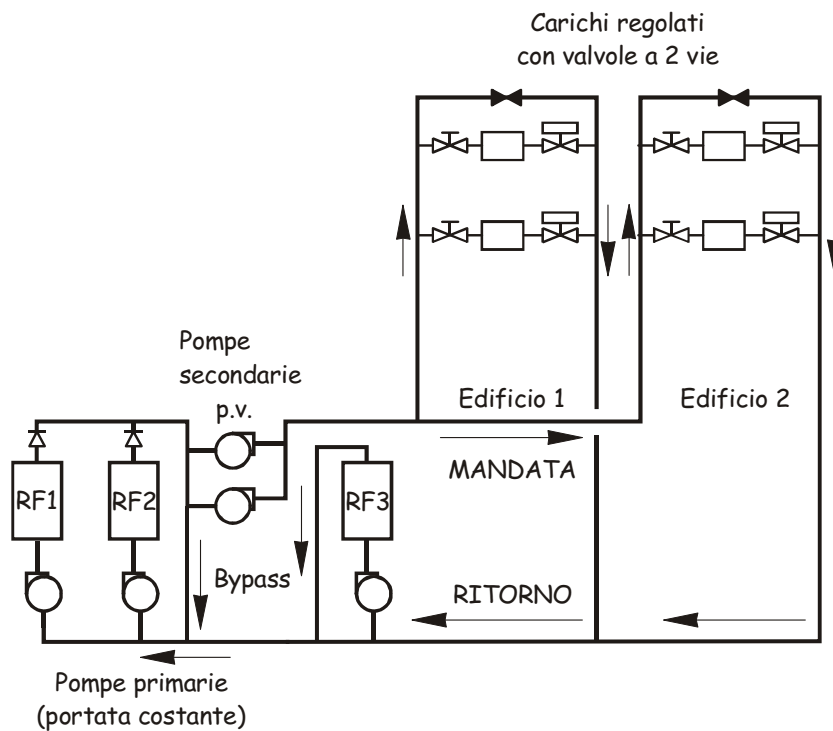


- La portata rimane costante attraverso ogni evaporatore dei refrigeratori in funzione in qualsiasi condizione di carico
- Le pompe primarie operano quindi sempre a portata costante; è però possibile arrestare refrigeratori e relative pompe in condizioni di carico parziale
- Il circuito secondario opera con pompe a portata variabile, con carichi regolati mediante valvole a due vie; deve essere dimensionato per il massimo di portata contemporanea
- I refrigeratori RF1 ed RF2 parzializzano in parallelo per primi; RF3 parzializza per ultimo, alimentato (prima di parzializzare) dall'acqua a temperatura massima; posizione adatta per un refrigeratore con free-cooling parziale
- La portata totale primaria deve sempre eccedere la portata sul secondario

Lo schema illustra come può essere convenientemente posizionato un refrigeratore (RF3) con circuito di free-cooling, o che si voglia far funzionare con priorità rispetto agli altri perché, ad esempio, più energeticamente efficiente.

Schema 9

9- Distribuzione a portata variabile sul circuito secondario disaccoppiato – pompe primarie a portata costante / secondarie a portata variabile

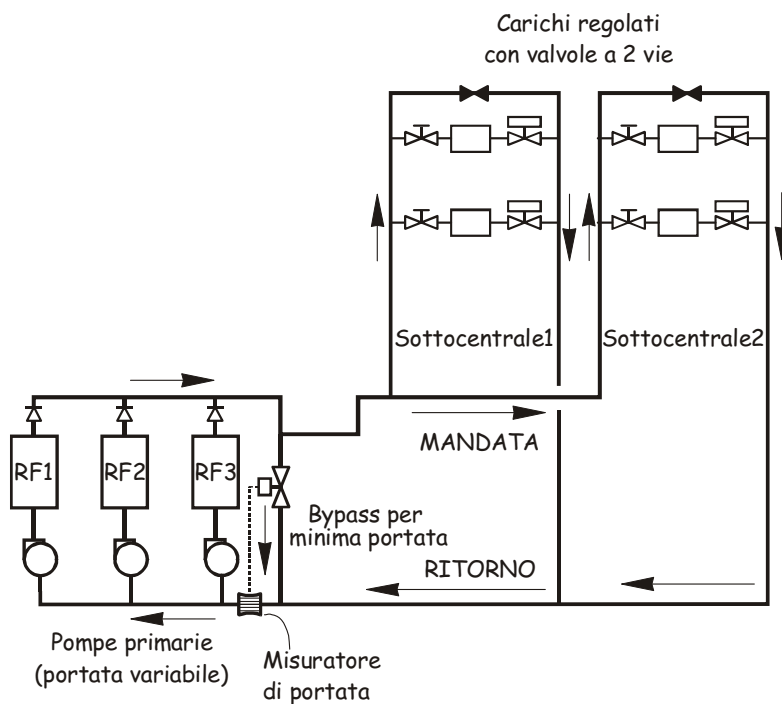


- La portata rimane costante attraverso ogni evaporatore dei refrigeratori in funzione in qualsiasi condizione di carico
- Le pompe primarie operano quindi sempre a portata costante; è però possibile arrestare refrigeratori e relative pompe in condizioni di carico parziale
- Il circuito secondario opera con pompe a portata variabile, con carichi regolati mediante valvole a due vie; deve essere dimensionato per il massimo di portata contemporanea
- I refrigeratori RF1 ed RF2 parzializzano in parallelo; RF3 non deve necessariamente produrre acqua refrigerata alla temperatura di progetto; può essere ad esempio un refrigeratore con recupero termico, parzializzato sul fabbisogno termico; oppure uno scambiatore di free-cooling
- La portata totale primaria deve sempre eccedere la portata sul secondario

Lo schema illustra come può essere convenientemente posizionato un refrigeratore (RF3) con recupero di calore, che viene fatto operare in funzione del fabbisogno di potenza termica, e di conseguenza non controlla direttamente la temperatura dell'acqua refrigerata prodotta.

Schema 10

10- Distribuzione a portata variabile sul circuito primario e secondario (VPF) Pompe primarie - secondarie (con doppia funzione) a portata variabile



- La portata è variabile attraverso ogni evaporatore dei refrigeratori in funzione in condizione di parzializzazione del carico
- Le pompe primarie e secondarie coincidono e operano a portata variabile; è possibile arrestare refrigeratori e relative pompe in condizioni di carico parziale
- Il by-pass deve solo assicurare la portata minima richiesta dal refrigeratore in funzione ai carichi molto ridotti

Vantaggi:

- **Costi iniziali (d'impianto) ridotti**
- **Minore superficie di sala macchine**
- **Potenza di picco delle pompe inferiore**
- **Ridotti costi annuali per l'energia di pompaggio**

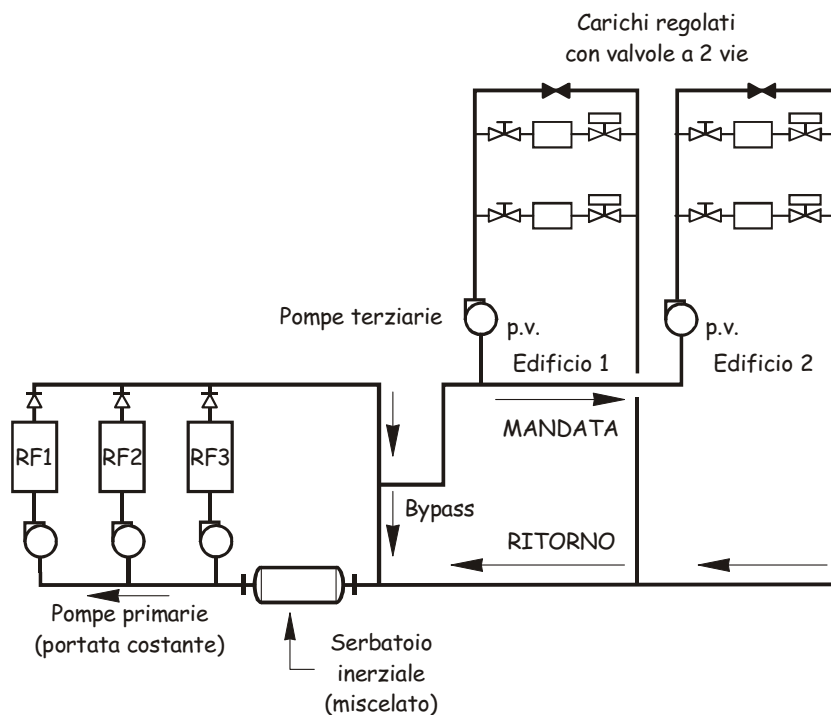
Svantaggi:

- **Realizzabile esclusivamente con refrigeratori d'acqua adatti**
- **Controllo complicato del by-pass**
- **Controllo complicato delle modalità di inserimento/disinserimento /parzializzazione dei diversi refrigeratori**

La realizzazione di questo schema, a portata variabile anche attraverso i refrigeratori d'acqua, richiede macchine adatte. È uno schema che comincia ad avere qualche applicazione.

Schema 11

11- Distribuzione a portata variabile sul circuito secondario disaccoppiato – pompe primarie a portata costante / terziarie a portata variabile

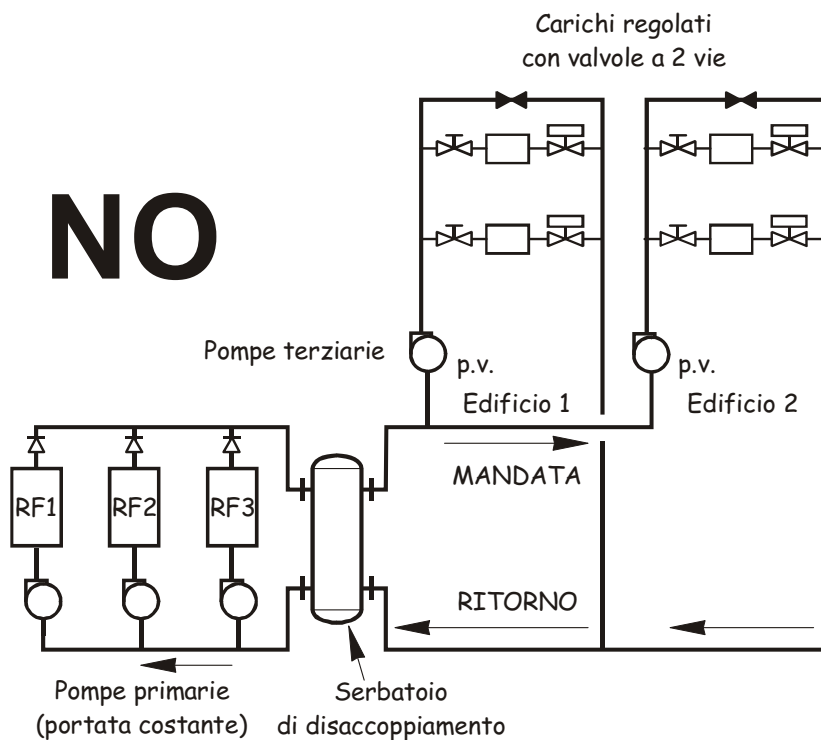


- Lo schema mostra la posizione ottimale del serbatoio inerziale: nel circuito primario sul ritorno dell'acqua refrigerata; serbatoio di tipo miscelato.
- La stessa disposizione vale anche per gli altri schemi di distribuzione acqua refrigerata trattati in precedenza

Quando necessario (raramente negli impianti con rete secondaria estesa), il serbatoio inerziale deve essere miscelato e possibilmente inserito nel circuito primario, sul ritorno comune dei refrigeratori. In tal modo svolge infatti anche la funzione di attenuare la velocità di variazione della temperatura dell'acqua refrigerata in ingresso ai refrigeratori in funzione, quando si inserisce o disinserisce una macchina.

Schema 11.1

11.1- Distribuzione a portata variabile sul circuito secondario disaccoppiato – pompe primarie a portata costante / terziarie a portata variabile

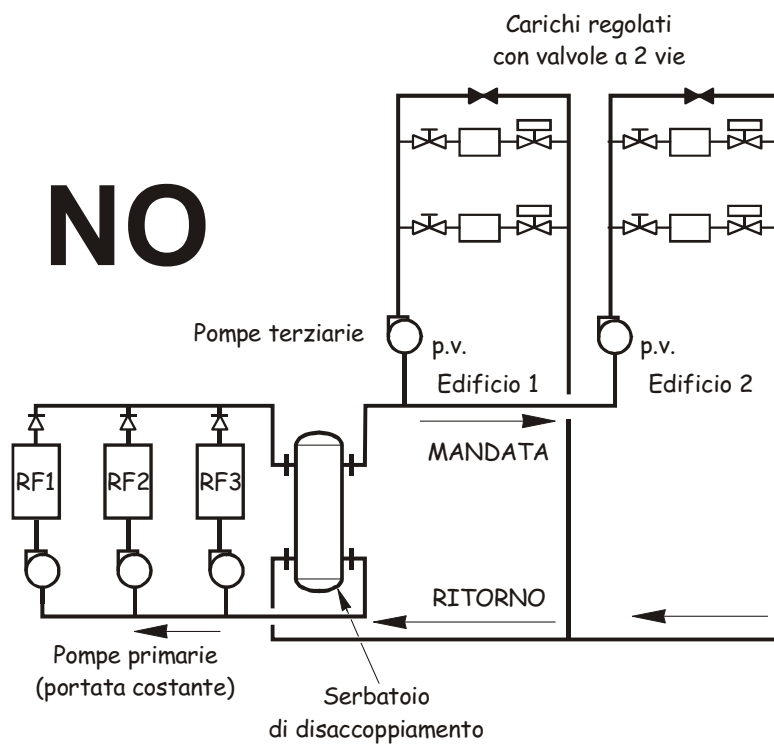


- Uso di un serbatoio per disaccoppiare il circuito primario da quello secondario: prassi **assolutamente da evitare** in quanto l'inevitabile miscelamento dell'acqua nel serbatoio fa perdere il controllo della temperatura dell'acqua di mandata ai carichi, senza produrre alcun beneficio

Esempio di impiego assolutamente errato di un serbatoio (miscelato) inerziale di disaccoppiamento.

Schema 11.2

11.2- Distribuzione a portata variabile sul circuito secondario disaccoppiato – pompe primarie a portata costante / terziarie a portata variabile

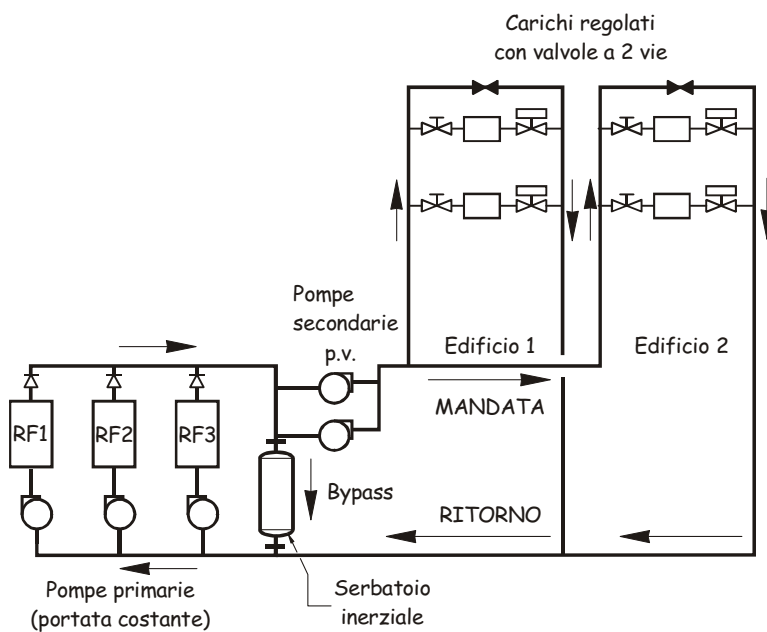


- L'inversione di una coppia di stacchi sul serbatoio può attenuare il miscelamento dell'acqua, ma non certo eliminarlo.
- Quindi prassi da evitare in quanto non produce vantaggi di nessun genere
- Si potrebbe risolvere il problema inserendo setti nel serbatoio; ma perché?

Questa disposizione non porta a sostanziali miglioramenti rispetto allo schema precedente 11.1.

Schema 11.3

11.3- Distribuzione a portata variabile sul circuito secondario disaccoppiato – pompe primarie a portata costante / secondarie a portata variabile

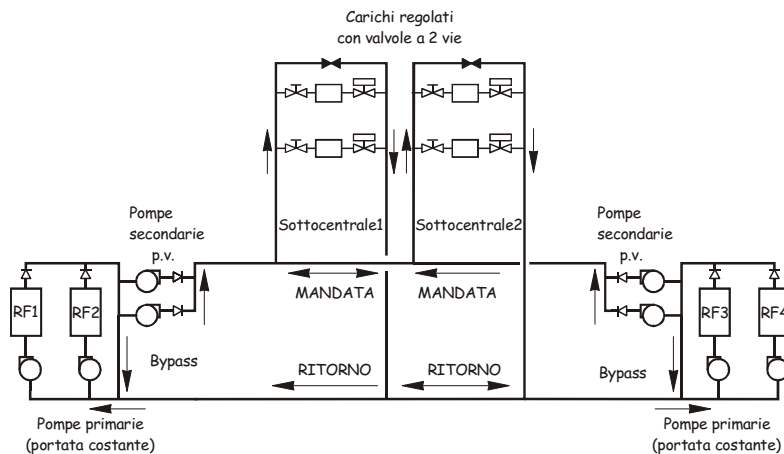


- Possibile inserimento di un serbatoio nel ramo di by-pass

Possibile modo di inserire un serbatoio inerziale nel ramo di disaccoppiamento tra circuito primario e rete secondaria. È peraltro più razionale lo schema 11.

Schema 12

12- Distribuzione a portata variabile sul circuito secondario disaccoppiato – pompe primarie a portata costante / secondarie a portata variabile



- Possibile agire sulla rete secondaria con più centrali primarie (eventualmente di successiva realizzazione)

Lo schema mostra come più centrali di produzione acqua refrigerata possano alimentare una rete secondaria comune a portata variabile.