



Sfide nella scelta della soluzione impiantistica per applicazioni Data Center

I sistemi di condizionamento nei Data Center

Ing. Pier Franco Batzella

Membro della Commissione Data Center & Cloud

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

Roma, 6 giugno 2024



AGENDA

CONTESTO

SCENARI IMPLEMENTATIVI

- Condizionamento di sala
- Condizionamento di fila
- Condizionamento a isole

TECNOLOGIE

- Apparati ad espansione diretta
- Apparati ad acqua refrigerata
- Free cooling

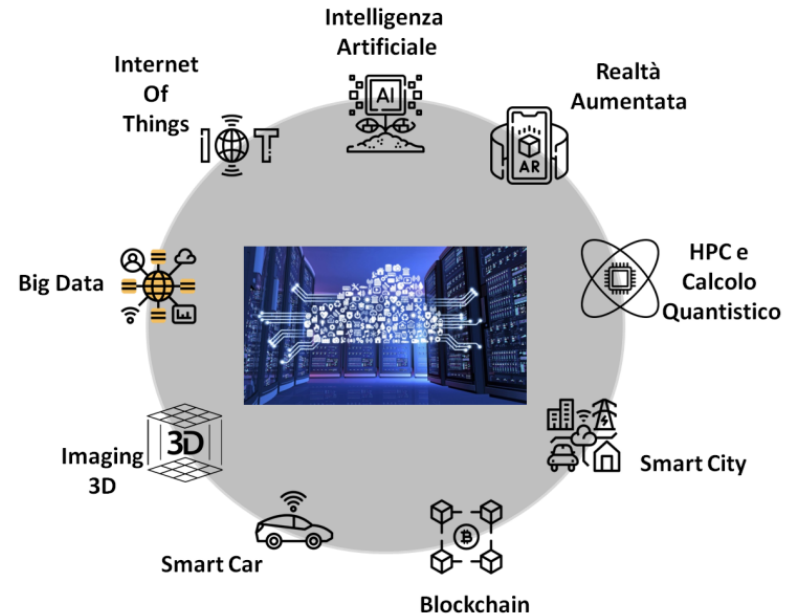
INTERVENTI D'EFFICIENTAMENTO

- Riduzione della temperatura di esercizio
- Compartimentazione dei flussi di aria
- Monitoraggio e Controllo dei parametri climatici

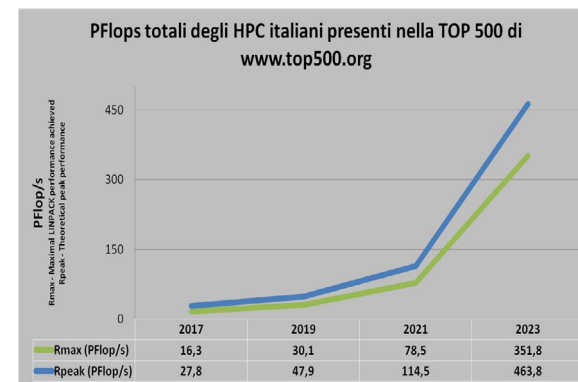
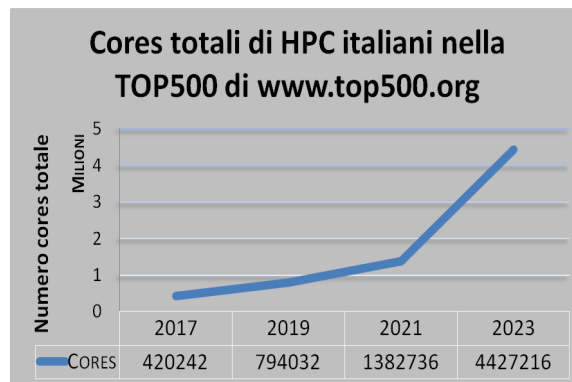
BUSINESS CONTINUITY

LE NUOVE SFIDE E I DC

- Sempre maggiore connessione
- Riduzione della latenza
- Maggiori capacità elaborative
- Infrastrutture sempre più numerose ed energivore



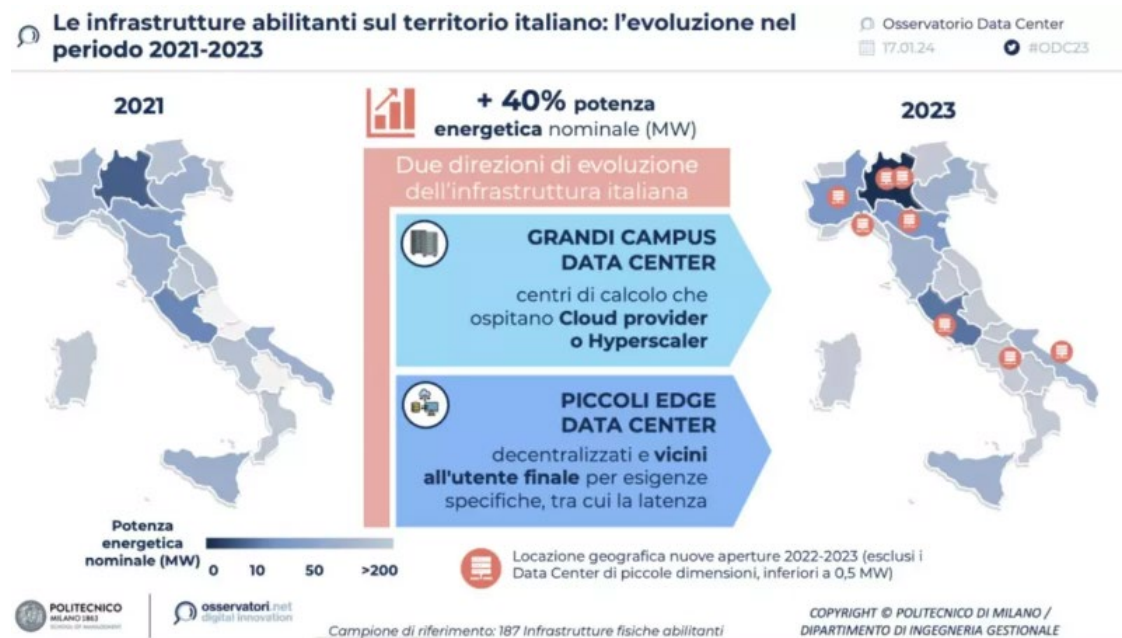
In Italia HPC in crescita esponenziale in termini di numero di core e di Pflops/s tra il 2017 e 2023





OSSERVATORIO DATA CENTER DEL POLITECNICO DI MILANO

- crescita della potenza energetica nominale per i DC italiani del 40% (periodo 2021/2023)
- valore investito nei data center per il 2023 è stato pari a 654 milioni di euro
- investimenti economici nei data center per il 2023 in crescita del +10%
- potenza totale installata in Italia di 324 MW.



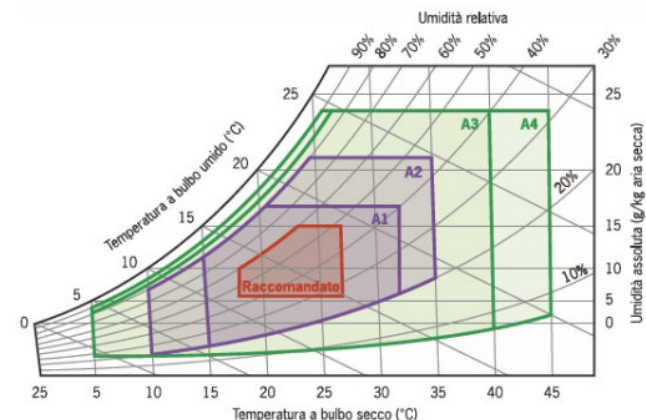
L'Italia ospita circa il 13% dei 1.300 data center europei, con una crescita superiore a quella dei paesi FLAPD che è compresa tra il 4% e l'8%

IMPATTI AMBIENTALI

- dispersione di calore per effetto Joule
- circa 50% dell'energia utilizzata in un data center va nel raffreddamento
- nel 2040 il 14% delle emissioni di carbonio sul pianeta saranno di responsabilità dei data center
- già oggi l'impatto dei DC è maggiore del **trasporto aereo civile**.

Al crescere delle esigenze di calcolo dovranno anche crescere le capacità degli impianti di condizionamento per rimuovere il calore prodotto dalle apparecchiature informatiche e garantire le condizioni di funzionamento ideali che sono richieste dai produttori

Equipment Environmental Specifications								
Classes (a)	Product Operations (b)(c)					Product Power Off (c) (d)		
	Dry-Bulb Temperature (°C) (e) (g)	Humidity Range, non-Condensing (h) (i)	Maximum Dew Point (°C)	Maximum Elevation (m)	Maximum Rate of Change (°C/hr)	Dry-Bulb Temperature (°C)	Relative Humidity (%)	Maximum Dew Point (°C)
Recommended limits to all A classes; individual data centers can choose to expand this range based upon the analysis described in this document								
A1 to A4	18 to 27	5.5°C DP to 60% RH and 15°C DP						
Allowable								
A1	15 to 32	20% to 80% RH	17	3050	5/20	5 to 45	8 to 80	27
A2	10 to 35	20% to 80% RH	21	3050	5/20	5 to 45	8 to 80	27
A3	5 to 40	-12°C DP & 8% RH to 85% RH	24	3050	5/20	5 to 45	8 to 85	27
A4	5 to 45	-12°C DP & 8% RH to 90% RH	24	3050	5/20	5 to 45	8 to 90	27
B	5 to 35	8% RH to 80% RH	28	3050	NA	5 to 45	8 to 80	29
C	5 to 40	8% RH to 80% RH	28	3050	NA	5 to 45	8 to 80	29



ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration, and Air Conditioning Engineers), individua, per il funzionamento delle sale DC, le temperature raccomandate e quelle ammissibili che forniscono insieme alla temperatura massima di funzionamento le temperature consigliate come condizioni ottimali per gli apparati.

Nella revisione del 2011 le temperature raccomandate per gli ambienti di classe A1 sono comprese tra i 18 e 27 °C



MISURA DELL'EFFICIENZA

Per soddisfare l'esigenza di misurare l'efficienza che caratterizza un DC sono stati definiti due indicatori

- PUE (Power Usage Effectiviness)
- DCIE (Data Center Infrastrutture Efficiency)

$$\text{PUE} = \frac{\text{potenza elettrica totale assorbita dal DC}}{\text{potenza elettrica assorbita dalle apparecchiature IT}}$$

$$\text{DCIE} = \frac{1}{\text{PUE}}$$

L'obiettivo teorico da raggiungere è mantenere il PUE il più possibile pari a 1. Per far ciò i sistemi di condizionamento dei DC dovranno, allo stesso tempo, massimizzare le loro performance e minimizzare i loro consumi energetici

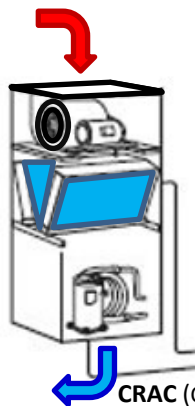
SCENARI IMPLEMENTATIVI - Condizionamento di sala

In questa configurazione vengono disposti in ambiente una serie di unità di refrigerazione o trattamento

- CRAC**, Computer Room Air Conditioner (contengono al loro interno il compressore)

- CRAH**, Computer Room Air Handler (contengono solo apparati di ventilazione)

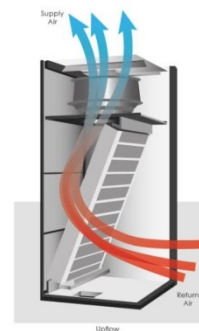
generalmente poste nel perimetro della sala attraverso le quali viene spinta l'aria fredda in ambiente, verso il basso (apparati UNDER) oppure verso l'alto (apparati OVER).



CRAC (Computer Room Air Conditioner)

Se esiste il sottopavimento l'aria viene immessa attraverso griglie sul pavimento e recuperata dalle unità dall'alto.

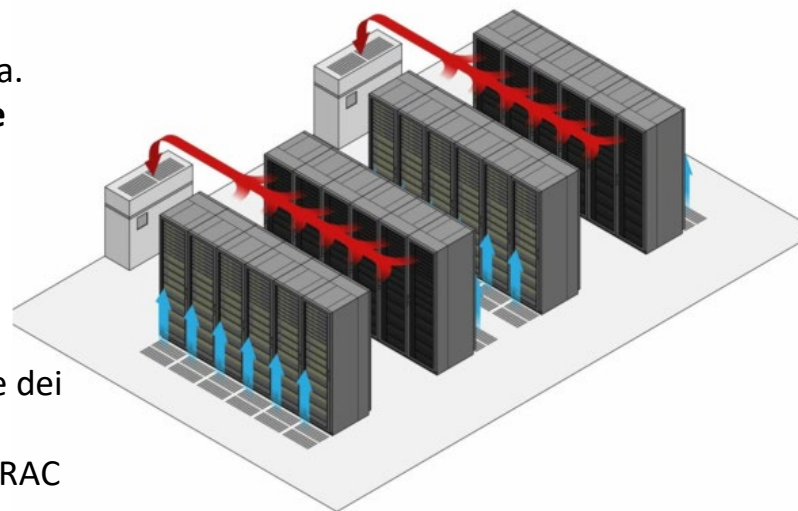
Soluzione impiantistica molto semplice è utilizzata soltanto in sale di ridotte dimensioni



CRAH (Computer Room Air Handler)

SCENARI IMPLEMENTATIVI - Condizionamento di fila

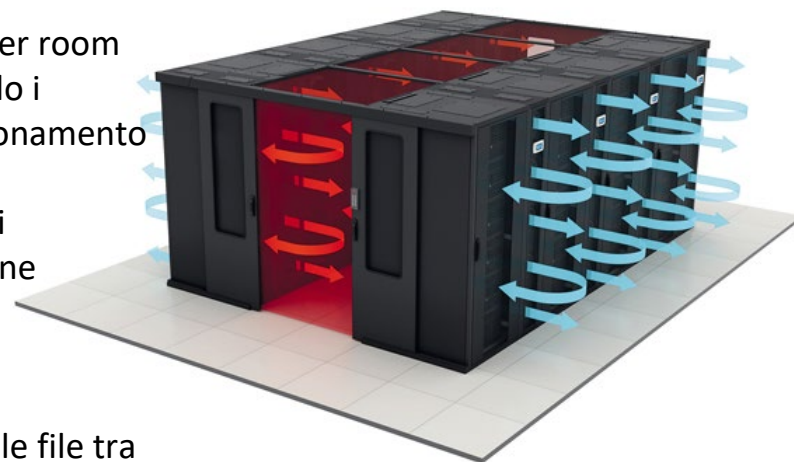
- costituisce una evoluzione del condizionamento di sala.
- i rack posizionati in file organizzate in **corridoi freddi e caldi**.
- aspirano aria fredda dal fronte
- espellono l'aria calda dal retro,
- le unità di condizionamento, posizionate di fronte ai corridoi caldi, inviano l'aria nel sottopavimento che, attraverso delle griglie raggiunge il fronte di aspirazione dei rack.
- l'aria calda viene espulsa verso l'alto e riaspirata dai CRAC o CRAH per il successivo trattamento.



Questa configurazione con corridoi caldo/freddo **minimizza la presenza di “corto circuiti” tra l'aria calda e quella fredda** migliorando sensibilmente **l'efficienza degli impianti di condizionamento** in quanto i sistemi di ventilazione trasportano sempre aria fredda (prima dell'ingresso negli apparati) o aria calda (dopo la loro espulsione dagli apparati raffreddati) in maniera separata

SCENARI IMPLEMENTATIVI - Condizionamento a isole

- soluzione nella quale le tecniche precedenti sono combinate in piccoli spazi rigidamente compartimentati
- all'interno della sala vengono realizzate piccole computer room compartimentate dove i rack vengono posizionati secondo i principi del condizionamento a file con sistemi di condizionamento dedicati.
- all'interno dell'isola i rack possono utilizzare soluzioni di raffreddamento che garantiscono potenze di refrigerazione concentrate (apparati ad alta densità)
- in queste situazioni sono possibili diverse soluzioni
 - ✓ raffreddamento indipendente di tutto il rack
 - ✓ apparati di climatizzazione disposti all'interno delle file tra un rack e l'altro (**condizionamento in-row**)
 - ✓ raffreddamento diretto del dispositivo ad alta densità energetica.



La scelta della soluzione più performante è influenzata da fattori che vanno dalle dimensioni della sala, alla potenza delle singole macchine, alla densità di potenza imposta dalle caratteristiche degli apparati nonché dalle esigenze di realizzazione del sito.



condizionatore in-row ad acqua refrigerata



condizionatore in-row ad espansione diretta



rack condizionato ad acqua refrigerata o ad espansione diretta

Le ridotte dimensioni delle cage rispetto all'intera sala e l'utilizzo di CRAC dedicati consentono di efficientare ulteriormente la distribuzione del freddo e la rimozione del calore **consentendo di dissipare potenze anche di 25 kW per rack.**



TECNOLOGIE

Una ulteriore classificazione dei sistemi di condizionamento può essere fatta in base alla tecnica utilizzata per la rimozione del calore dai flussi d'aria estratti dalle sale. Le tecnologie più diffuse, le cui scelte di impiego sono guidate da driver quali disponibilità di spazi, semplicità realizzativa e condizioni di manutenzione, sono:

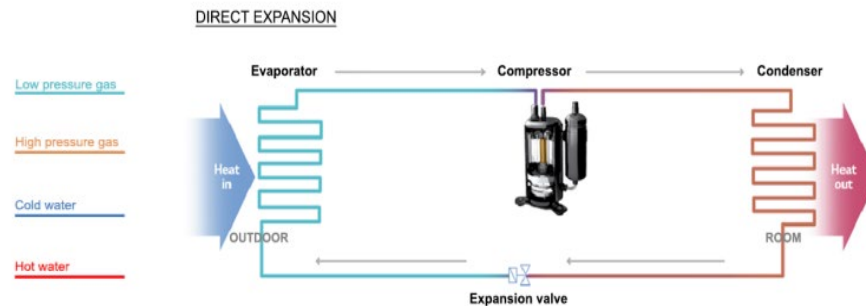
- **espansione diretta**
- **acqua refrigerata**
- **free cooling**



TECNOLOGIE – Impianti ad espansione diretta

Gli impianti ad espansione diretta sono impianti di climatizzazione, in grado di produrre sia caldo che freddo, e **funzionano utilizzando come fluido termovettore un gas (HFC, idrofluorocarburi).**

- utilizzati in contesti medio/piccoli (DC fino a 500kW)
- scarsa disponibilità di spazi (non richiedono installazione di gruppi frigo GF)
- solai con portate limitate
- ridotta disponibilità d'acqua
- maggiore semplicità d'installazione
- discreta modularità
- configurazione resiliente ai guasti con semplicità

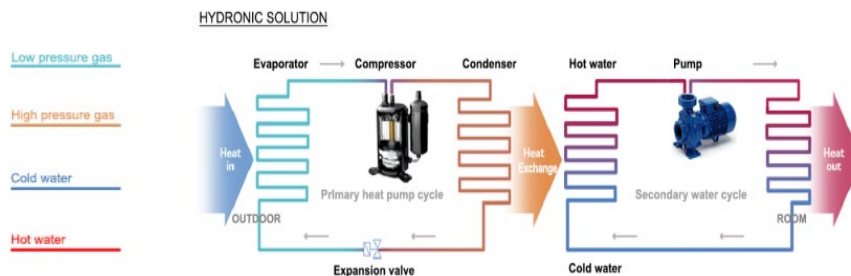


Presentano problematiche ambientali, in quanto i gas HFC utilizzati, sono classificati climalteranti e pertanto devono essere gestiti nell'ambito della norme UE del **Regolamento F-Gas**.

TECNOLOGIE – Impianti ad acqua refrigerata

Gli apparati ad acqua refrigerata costituiscono una tipologia d'impianto di climatizzazione, in grado di produrre sia caldo che freddo, e **funzionano distribuendo energia termica o frigorifera attraverso tubazioni nelle quali circola acqua oppure una miscela di acqua e glicole.**

- impianti ad acqua refrigerata preferibili per DC medio/grandi
- realizzazioni distribuite su ampie superfici possibili con adeguati dimensionamenti delle pompe.
- prestazioni non sono influenzate dalle condizioni ambiente, ma solo dalle condizioni dell'aria esterna
- necessita di grandi disponibilità di acqua
- richiede l'utilizzo di particolari accorgimenti di sicurezza in caso di guasti dell'impianto di distribuzione dell'acqua.



L'iniziale progettazione e posizionamento delle tubazioni può limitare l'espansione successiva dell'impianto.



TECNOLOGIE - acqua refrigerata vs espansione diretta

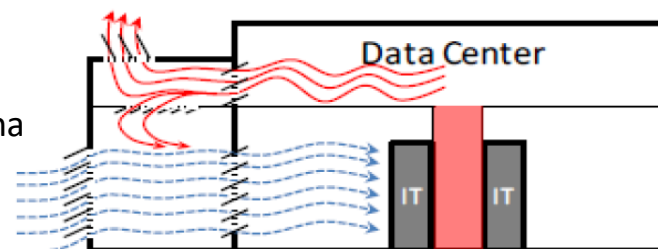
Principali elementi di analisi per la scelta della tecnologia da utilizzare

- Investimento iniziale
- Caratteristiche del circuito frigorifero (efficienza energetica, carichi termici, variabilità esigenze)
- Costi di gestione (manutenzione, riparabilità dei guasti)
- Normativa sulla gestione dei gas refrigeranti
- Caratteristiche dell'edificio (architettoniche, strutturali, spazi)
- Future esigenze di modifica dell'impianto

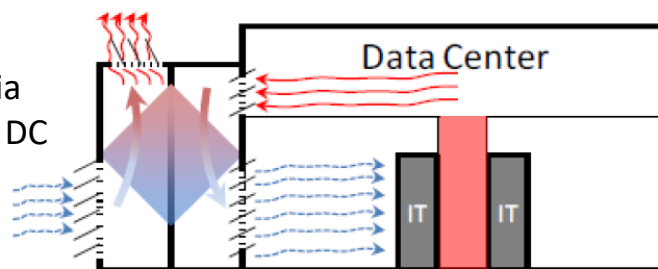
TECNOLOGIE – Free cooling

Gli impianti basati sulla tecnologia del free cooling sono generalmente utilizzati a supporto degli altri sistemi in quanto **intervengono solo quando le temperature esterne sono più basse di quelle prodotte all'interno dei DC**

- free cooling **diretto** immette in ambiente volumi di aria esterna che vengono filtrati e opportunamente modulati da serrande automatiche



- free cooling **indiretto**, invece, utilizza le caratteristiche dell'aria esterna per trattare termicamente l'aria calda proveniente dal DC mediante scambiatori di calore aria/aria o impianti ad acqua refrigerata impedendo l'ingresso in ambiente di aria "sporca".



Possono essere efficacemente sfruttati **solo in contesti geografici e/o periodi climatici favorevoli** (temperatura esterna sotto i 15 °C per buona parte dell'anno).



INTERVENTI D'EFFICIENTAMENTO

L'efficienza ideale di una Data Center corrisponde al valore teorico del PUE pari ad 1. Oggi **il valore medio del PUE di un DC si colloca intorno a 1,7 /1,8 mentre soluzioni di realizzazioni ad alta efficienza presentano valori inferiori ad 1,2**. La strada per la riduzione di tale valore passa per il controllo dei consumi dei sistemi di condizionamento che può essere ridotto attraverso diverse tipologie d'intervento.

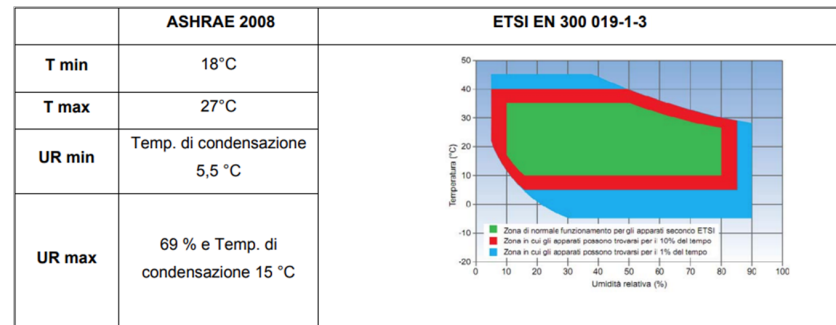
- **Aumento della temperatura di esercizio**
- **Compartimentazione dei flussi di aria**
- **Monitoraggio e controllo dei parametri climatici**



INTERVENTI D'EFFICIENTAMENTO - Temperatura di esercizio

Il valori di riferimento per la temperatura e l'umidità all'interno delle sale di un DC sono stati definiti dall'associazione **ASHRAE** (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning) e successivamente normati dall'ente europeo ETSI (European Telecommunications Standards Institute) con la norma **ETSI EN300 019-1-3**.

- utilizzo server più recenti (High Efficiency, Low Power server),
- CPU certificate Energy Star possono ridurre dal 30 al 54% la potenza richiesta a parità di capacità elaborative rispetto ai sistemi più obsoleti
- CPU con range di temperatura per il normale funzionamento tra i **10°C e 35°C** (ammettono anche picchi superiori per periodi limitati di tempo)



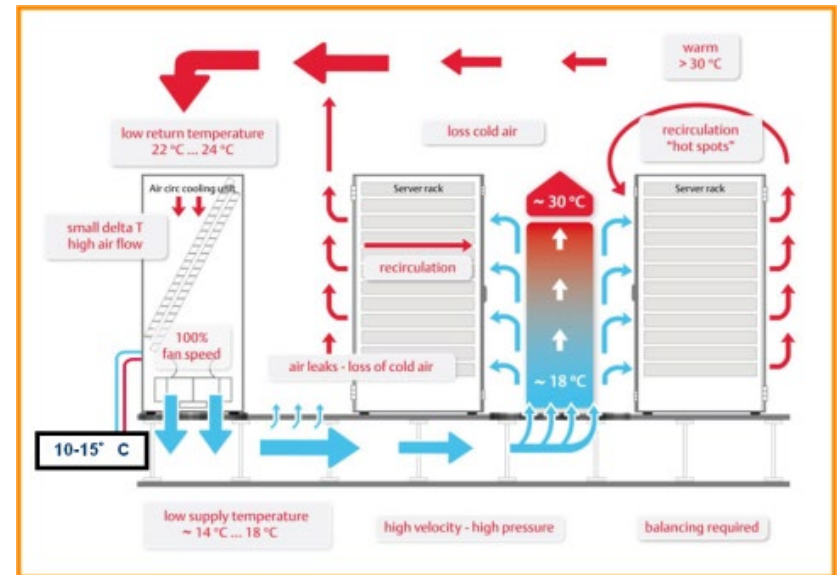
Esistono alcuni case study di società americane che mostrano che **l'aumento di 1°C della temperatura di funzionamento è accompagnata da una riduzione di circa il 4% dei consumi di energia elettrica**. La scelta progettuale di temperatura di funzionamento quanto più possibile elevata costituisce quindi la prima azione di efficientamento



INTERVENTI D'EFFICIENTAMENTO – Compartimentazione (1)

Anche in un contesto organizzato con **corridoi caldo/freddo** continuano a persistere problematiche che possono essere oggetto di ottimizzazioni.

- l'aria fredda immessa dal basso si “perde” nella parte alta dei rack
- fenomeno di ricircolazione dell'aria calda espulsa dai lati caldi
- ricircolo di aria calda anche internamente ai rack
- pressione dell'aria fredda si riduce allontanandosi dai CRAC o CRAH
- flusso dell'aria può essere ostacolato da cablaggi, passerelle e tubature nel sottopavimento

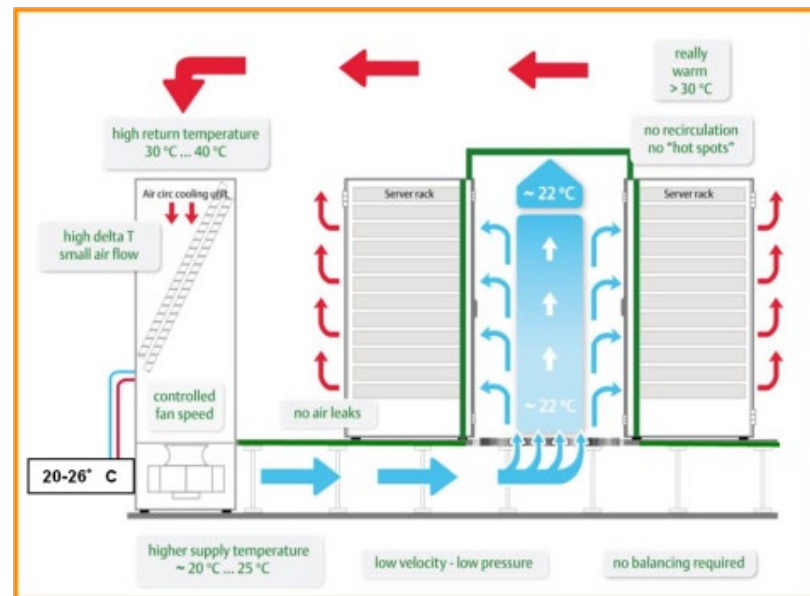


INTERVENTI D'EFFICIENTAMENTO – Compartimentazione (2)

Compartimentazione fisica del corridoio freddo con la quale si ottiene il beneficio che tutta l'aria fredda raggiunge più efficacemente il fronte dei server da raffreddare consentendo migliori temperature davanti ai rack.

“Buone pratiche” di esercizio:

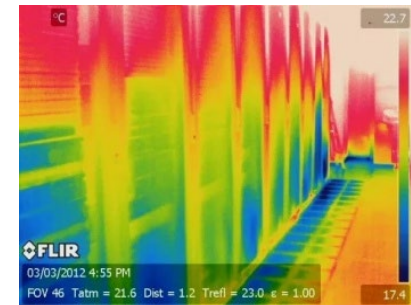
- **utilizzo di pannelli ciechi** all'interno dei rack
- **rimozione dei cablaggi obsoleti** ed il loro corretto posizionamento in maniera da ridurre il più possibile l'ostacolo al passaggio dei flussi di aria fredda nel sottopavimento
- **utilizzo di “spazzole” per il passaggio dei cavi** per eliminare le perdite di aria
- **rimozione delle griglie inutilizzate**
- **posizionamento delle prime griglie** ad almeno 2 metri di distanza dagli apparati di condizionamento per evitare risucchi d'aria



Si evitano perdite e ricircoli d'aria che, in queste condizioni, ritorna agli apparati di raffreddamento a temperatura più alta, **migliorando il ΔT di funzionamento delle macchine**, e quindi la loro efficienza, consentendo un utilizzo di valori di temperature dell'acqua più alti.

INTERVENTI D'EFFICIENTAMENTO – Monitoraggio

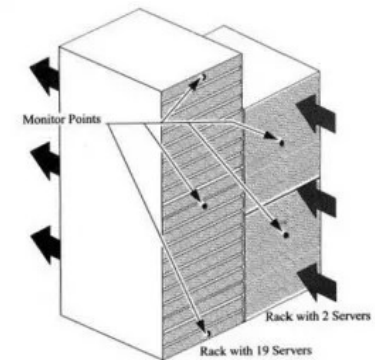
Elemento chiave nel percorso di efficientamento e risparmio energetico è la possibilità di **disporre di un sistema di monitoraggio dei parametri climatici di sala** che sia efficiente e puntuale. Sistemi DCIM (Data Center Infrastructure Management) consentono di controllare i parametri climatici delle sale ed intervenire conseguentemente



ASHRAE raccomanda la misurazione della temperatura dei rack in tre punti

- superiore
- centrale
- inferiore

per avere il maggior controllo possibile della presenza di eventuali zone di temperature anomala o sacche di calore e tenere sotto controllo il gradiente climatico della sala.

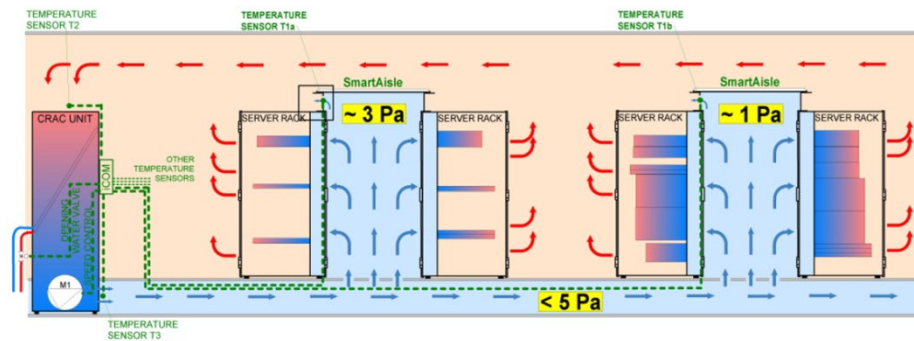


L'importanza della precisione della misurazione e della velocità della risposta è facilmente intuibile dal fatto che in un Data Center di dimensioni medio/piccole (80 kW di Potenza utilizzata) **un fermo dei sistemi di condizionamento di circa 30 minuti può portare gli ambienti a raggiungere temperature superiori ai 40° C.**

INTERVENTI D'EFFICIENTAMENTO – Controllo

Il software di controllo può colloquiare automaticamente con i sistemi di condizionamento intelligenti per distribuire ed ottimizzare il funzionamento dei dispositivi di raffreddamento sulla base delle situazione reale della temperature di sala

- aumentare o diminuire la velocità delle ventole
- spegnere ed accendere apparati

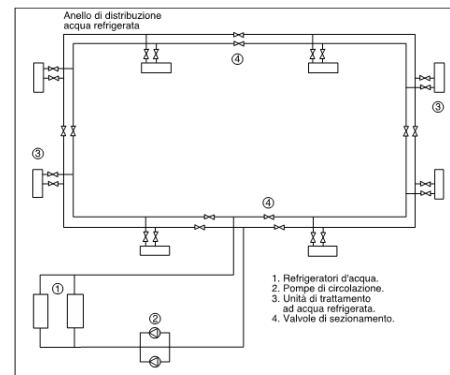


Efficienti soluzioni di controllo possono intervenire sulle pressioni dei flussi d'aria fredda prodotti dai sistemi di generazione garantendo che l'aria fredda sia correttamente distribuita a tutti gli apparati modulando la velocità di funzionamento dei ventilatori delle unità di condizionamento a facendo intervenire soltanto quelle effettivamente necessarie.

BUSINESS CONTINUITY

Un Data Center di classe Enterprise deve funzionare H24/365 gg/a e quindi affinché si mantenga questo livello di servizio atteso è fondamentale disporre della **adeguata ridondanza anche per tutti gli elementi che compongono gli apparati di condizionamento:**

- pompe
- chiller
- ventilatori
- valvole
- collegamenti delle tubature in doppio anello



La configurazione d'impianto sarà realizzata conformemente al livello di servizio da garantire: N+1, 2N, 2N+1, ecc..

Tutto dovrà essere disponibile in maniera da **consentire l'adeguata fault tolerance e le attività di manutenzione** necessarie nel rispetto dei tempi di down time previsti dalla classe di certificazione del DC.

Anche l'impianto elettrico a servizio dei sistemi di condizionamento dovrà essere provvisto di gruppo elettrogeno di emergenza e, se necessario, le linee dovranno essere protette anche da UPS.

Gli impianti idrici dovranno essere progettati tenendo in considerazione la possibilità di effettuare sezionamenti temporanei per la gestione dei guasti e delle attività di manutenzione



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Ing. Pier Franco Batzella
p.batzella@alice.it