



Agenzia Nazionale per le Nuove tecnologie,
l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile



Ministero dello Sviluppo Economico

RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

Linee guida per la progettazione di datacenter ad alta efficienza

*M. Bramucci
D. Di Santo
D. Forni*



Report RdS/2010/223

LINEE GUIDA PER LA PROGETTAZIONE DI DATACENTER AD ALTA EFFICIENZA

M. Bramucci (Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia – FIRE)

D. Di Santo (Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia – FIRE)

D. Forni (Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia – FIRE)

Settembre 2010

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico – ENEA

Area: Usi Finali

Tema: Elettrotecnologie innovative per i settori produttivi: applicazioni su scala reale

Responsabile Tema: Ennio Ferrero ENEA

Brevi note sull'autore sono riportate a fine rapporto

Indice generale

Introduzione	5
Analisi dei consumi	5
Introduzione alla LCCA	6
Indici di prestazione energetica	7
It equipment	7
Buone Pratiche IT Equipment	8
Blade server.....	8
Storage	9
Virtualizzazione.....	9
Consolidamento.....	10
Software.....	10
Alimentazione elettrica.....	11
Gruppi di continuità o UPS (Uninterruptible Power Supply)	11
Unità di distribuzione dell'alimentazione o PDU	13
Alimentatori o PSU	13
Illuminazione.....	13
Sistema di raffreddamento.....	13
Buone pratiche di raffreddamento	14
Sale a bassa densità	14
Sale ad alta densità	15
Free Cooling	16
Temperatura e umidità della sala	17
Gestione del sistema datacenter	17
Coordinamento delle funzioni IT, energy management e building e facility management.....	18
Ridondanza.....	18
Cogenerazione	19

Linee guida per la progettazione di datacenter ad alta efficienza

Edificio datacenter	20
BIBLIOGRAFIA	21

INTRODUZIONE

La progettazione di un datacenter energeticamente efficiente richiede attenzione, capacità e investimenti, ma se fatta in maniera corretta apporta notevoli vantaggi di gestione. Le apparecchiature che compongono un centro di calcolo sono molte, ognuna delle quali non deve essere scelta in maniera autonoma, ma in funzione dell'intera struttura. Si possono progettare centri di calcolo all'interno di altre strutture (è la situazione più comune) o datacenter dedicati. In entrambi i casi è importante valutare correttamente i flussi di energia interni, elettrici e termici.

I tre fattori principali da tenere in considerazione nella progettazione di un datacenter sono:

- l'affidabilità, caratteristica che viene garantita dalla ridondanza delle apparecchiature;
- la scalabilità, aspetto assicurato dall'uso di componenti modulari, in grado di permettere l'adattamento a situazioni che possono mutare nel tempo e di evitare inutili sovradimensionamenti;
- la scelta di macchine e strumentazioni ad alta efficienza.

Tali caratteristiche devono essere prese in considerazione nella selezione di tutti i componenti, che si tratti di IT Equipment, di componenti della catena di alimentazione, o di parti dell'impianto di condizionamento.

Le presenti linee guida sono una sintesi del documento "Uso razionale dell'energia nei centri di calcolo", al quale si rimanda per approfondimenti.

ANALISI DEI CONSUMI

Una delle operazioni fondamentali per ottenere un'elevata efficienza energetica del centro di calcolo è la misurazione o la stima dei consumi delle apparecchiature che lo compongono. Nel caso di un datacenter nuovo è bene stimare tutti i suoi consumi in fase di progettazione, così che la scelta delle apparecchiature sia la più corretta possibile. Molto spesso il datacenter è ubicato all'interno di una struttura che ospita altre funzioni, per cui i consumi del solo centro di calcolo non sono semplici da rilevare se non sono stati installati contatori ad hoc.

Oltre al consumo totale è importante anche controllare come si distribuisce l'energia nelle apparecchiature al suo interno, andando ad analizzare ogni macchina e mettendo in relazione il consumo con il lavoro svolto. In questo modo, oltre ad individuare le apparecchiature che consumano di più, è anche possibile identificare macchine le cui funzioni sono inutili e che possono essere spente o messe in stand-by. Questa è un'operazione che può richiedere molto tempo dato l'elevato numero di misurazioni necessarie, ma fondamentale e tipicamente quella da cui iniziare.

I consumi del datacenter si possono dividere in tre parti principali (Figura 1); in ordine crescente alimentazione, raffreddamento ed IT equipment. Il lavoro utile è rappresentato dall'elaborazione dati nei dispositivi IT, il cui consumo però è circa la metà della totale energia richiesta, che deve coprire anche le esigenze di raffreddamento e accessorie (e.g. antincendio, antintrusione, etc). L'energia consumata dalle macchine elettriche e dalle apparecchiature elettroniche si trasforma in buona parte in calore che deve essere dissipato; aumentando l'efficienza di tali dispositivi oltre a diminuirne i consumi diretti si ridurrà anche la richiesta degli impianti di raffreddamento (circa un terzo del totale).

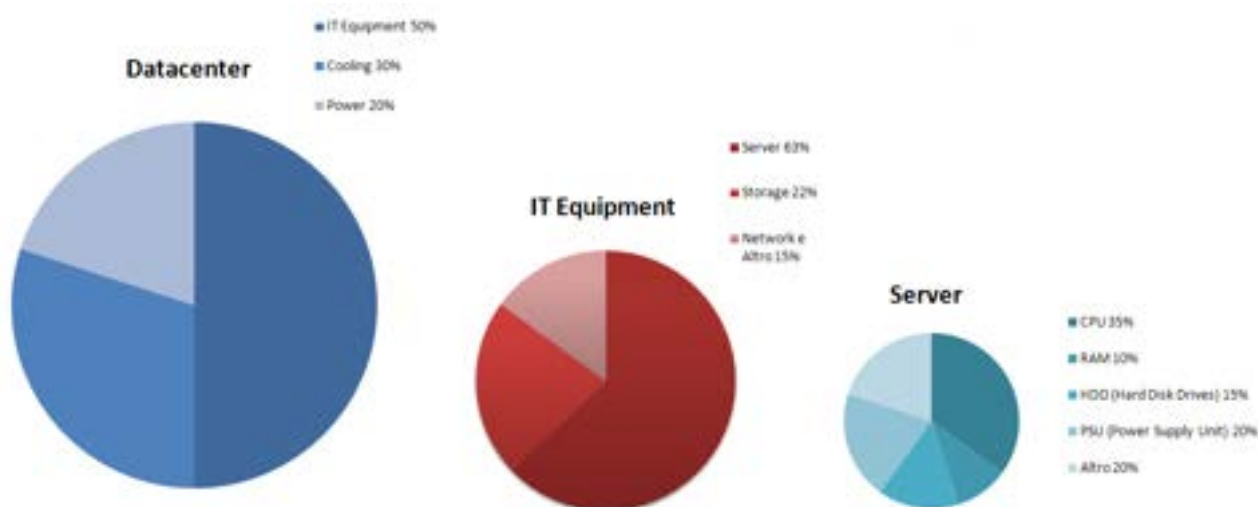


Figura 1: percentuali tipiche di consumo in un data center dei vari componenti

Introduzione alla LCCA

Se all'atto dell'acquisto di nuovi dispositivi si tenessero in debito conto le spese di utilizzo e manutenzione delle apparecchiature le applicazioni ad alta efficienza avrebbero una diffusione decisamente maggiore, in quanto l'extracosto che esse presentano sarebbe bilanciato dai risparmi nell'utilizzo. Un'analisi che mette in evidenza i consumi delle apparecchiature (costi di gestione) insieme ai costi di acquisto è la LCCA (Life Cycle Cost Analysis), che sarebbe opportuno utilizzare all'atto dell'acquisto poiché rende più semplice la valutazione dei possibili vantaggi di scelte più efficienti, che presentano costi di gestione minori, ma costi di investimento maggiori.

La Life Cycle Cost Analysis (LCCA) o Total Cost of Ownership (TCO) è uno strumento economico che si rivela molto utile quando il costo di gestione di un bene è dell'ordine di grandezza dell'investimento iniziale e i vari costi vengono sostenuti da soggetti diversi, che quindi tendono a minimizzare il costo di loro competenza e non il costo complessivo. La LCCA permette di valutare un investimento tenendo conto di tutti i costi iniziali (studio di fattibilità, progettazione, acquisto, realizzazione, montaggio, etc) e futuri (spese energetiche, manutenzione, oneri finanziari,

dismissione, etc) da sostenere durante la vita di un bene. Tipicamente in un datacenter e per molte sue componenti il costo dell'energia consumata nella vita utile supera quello dell'investimento iniziale, ma non è detto che al momento delle scelte progettuali si tenga in debita considerazione il costo di gestione futura che potrebbe anche non ricadere sullo stesso soggetto/ufficio.

Nel caso di un datacenter composto da numerosi componenti divisi fra i diversi sistemi (alimentazione, raffreddamento ed elaborazione dati), la LCCA si può applicare: ai singoli componenti (es. motori elettrici), ai sistemi (es. alimentazione), all'intero datacenter o addirittura all'intero edificio all'interno del quale il datacenter è situato. Un esempio di applicazione della LCCA a un singolo componente può essere la scelta degli UPS, confrontando un sistema statico con uno dinamico, che tipicamente presenta costi iniziali maggiori, ma minori costi di gestione.

Si sottolinea che, al di là dell'utilità dell'utilizzo della LCCA, è comunque consigliabile predisporre delle richieste di offerta in cui per lo meno si richieda ai potenziali fornitori di sommare i costi di gestione delle apparecchiature nei primi due-tre anni, nell'ipotesi di un uso medio – o, meglio ancora, di quello effettivamente previsto – delle stesse, al costo di acquisto. In questo modo, purché il contratto preveda dei controlli a campione con penali nel caso di mancato rispetto dei rendimenti garantiti, si ottiene una sorta di analisi LCCA semplificata.

Indici di prestazione energetica

Valutare l'efficienza energetica di un centro di calcolo è un'operazione complessa. In teoria il rendimento dovrebbe essere calcolato in base al lavoro utile svolto, ma è difficile individuare un lavoro utile comune per tutti i datacenter. A livello internazionale si è scelta la valutazione dell'indice PUE (Power Usage Effectiveness) e del suo inverso DCIE (Data Center Infrastructure Efficiency). Questi indici inizialmente erano basati sulla misurazione della potenza elettrica (kW), ma si sta cercando di passare alla loro valutazione con la misurazione dell'energia (kWh). A inizio 2010 sono state definite quattro categorie di PUE: zero, uno, due e tre a seconda che si faccia riferimento a potenza o energia e in base a dove viene effettuata la misurazione.

Il PUE zero, il primo a essere definito, è il rapporto tra la potenza elettrica totale assorbita dal datacenter e la potenza assorbita dalle apparecchiature IT; il valore teorico ideale sarebbe 1, ma valori che arrivano fino ad 1,5 vengono considerati buoni. Gli attuali datacenter hanno valori medi intorno a 2,5, dato che indica un notevole margine di miglioramento e suggerisce di verificare l'opportunità di investimenti in questo senso [1].

IT EQUIPMENT

I dispositivi IT si possono considerare come l'utilizzatore finale che svolge il lavoro del datacenter. La loro funzione però può essere garantita solo dalla presenza di un adeguato sistema di alimentazione e condizionamento. Il primo deve garantire continuità e qualità elettriche, mentre il

secondo deve smaltire il calore prodotto dagli altri componenti, evitando surriscaldamenti che porterebbero al fermo dei sistemi, con i relativi danni per il blocco delle attività, o anche a guasti permanenti delle apparecchiature.

La scelta delle apparecchiature informatiche – i server con tutti i loro componenti – non deve essere vista solo dal punto di vista delle prestazioni, in termini di velocità di calcolo; è bene considerare il parametro operazioni al secondo in rapporto ai Watt assorbiti (Operations per Second/W). Si tratta di un dato misurato per molti server dall'ente SPEC (Standard Performance Evaluation Corporation), che individua i benchmark del mercato dell'informatica e li rende disponibili on-line.

La scelta di un server efficiente porta con sé dei vantaggi indiretti: una minore produzione di calore che dovrà essere smaltito e una minore necessità di potenza elettrica di cui garantire qualità e continuità.

Nella selezione delle apparecchiature possono essere di aiuto alcuni programmi volontari che classificano ed etichettano le più efficienti. Energy Star è il marchio più diffuso per server, PC, desktop, monitor e stampanti, mentre nel caso degli alimentatori è disponibile il programma 80 PLUS.

Buone Pratiche IT Equipment

Di seguito sono indicate alcune tecnologie informatiche efficienti, che devono essere prese in considerazione nella progettazione di un nuovo datacenter o nella ristrutturazione di uno esistente.

Blade server

È una particolare tipologia di server che include un'elevata concentrazione di componenti informatici (CPU, RAM, storage, etc.) condividendo gli organi ausiliari (alimentatori e ventilatori).

Questa tipologia di server può essere introdotta sia su rack nuovi, sia in sostituzione della configurazione classica. Per fare un esempio 14 blade o "lame" occupano lo spazio di 7 server classici. Tale soluzione consente dunque l'eliminazione di alcune unità di tipologia classica sostituendole con altre di tipo blade, che possono considerarsi ad alta densità di componenti ed elevata potenzialità di calcolo. Aumentando le potenzialità di calcolo in un minore spazio si avrà però un notevole incremento di calore per unità di area, fino a 28 kW per rack, per cui si dovranno prevedere appositi sistemi di raffreddamento.

Questa tipologia di server garantisce un risparmio complessivo rispetto alla configurazione classica di circa il 10%, a parità di potenza di calcolo.

Storage

La scelta della tecnologia di sistemi storage allo stato solido SSD (Solid State Drives) rispetto alla tecnologia classica HDD (Hard Disk Drives) può dare vantaggi sia dal punto di vista dei consumi che della velocità di selezione dati.

Gli SSD, infatti, presentano consumi inferiori e producono meno calore. La velocità di selezione dati in un sistema di storage viene misurata in operazioni di input ed output per secondo (IOPS, Input/Output Operations per Second). Nel caso di HDD, con velocità di rotazione di 15.000 rpm, sono possibili 300 IOPS, mentre nel caso degli SSD si può arrivare a 30.000 IOPS per unità. Così per avere la stessa velocità di Input/Output dei dati di una unità SSD sono necessarie 100 unità HDD. Secondo stime Sun/Oracle il rapporto IOPS/Watt per gli SSD è di circa 10.000, mentre nel caso dei HDD è circa 20. (Figura 2) A parità di IOPS il consumo degli HDD è circa 500 volte superiore. (10.000/20)

La diffusione degli SSD è frenata dai costi ancora molto elevati rispetto ai tradizionali HDD,



Figura 2: confronto IOP/Watt SSD e HDD a 15.000 rpm e 7.200 rpm [5]

differenza che dovrebbe assottigliandosi in futuro.

Virtualizzazione

La virtualizzazione è uno degli strumenti che fornisce i maggiori risparmi energetici, permettendo di sfruttare al massimo le potenzialità delle macchine a disposizione. Questa tecnica consente di avere all'interno di una macchina fisica diversi "server virtuali", ognuno dei quali ha sistemi operativi specifici per le funzioni che dovrà svolgere. Si ottimizzano così le prestazioni hardware rispetto ai software impiegati.

Questo intervento riduce in maniera rilevante i consumi energetici, in quanto permette il consolidamento di alcune macchine, con tempi di ritorno dell'investimento brevi, sebbene difficili da quantificare in quanto legati alla configurazione del sistema da virtualizzare.

La virtualizzazione, sfruttando al massimo le potenzialità dei server, porta alla formazione di punti caldi all'interno della sala. A volte può dunque essere necessario prevedere opportuni sistemi di raffreddamento puntuale sui server che contengono le macchine virtuali.

Tra i principali vantaggi derivanti dall'adozione della virtualizzazione troviamo:

- maggiore flessibilità;
- migliore gestione dei processi;
- riduzione del numero delle macchine;
- riduzione dei costi di gestione (alimentazione e raffreddamento);
- maggiore spazio a disposizione del datacenter.

Consolidamento

Nel caso in cui la progettazione di un nuovo datacenter includa anche una parte già costruita, è bene considerare la possibilità di sostituire le macchine vecchie con altre nuove. Le potenzialità di calcolo di processori e memorie sono caratterizzate da un'evoluzione talmente rapida che – secondo stime Intel – ogni quattro anni è possibile effettuare la completa sostituzione di tutte le macchine con quelle di ultima generazione ed avere dei benefici.

Nella Figura 3 è possibile vedere un esempio di consolidamento di nove armadi rack del 2005 con un solo rack del 2009. Questo permette una riduzione della potenza richiesta di circa 10 volte.



Figura 3: esempio di consolidamento di server del 2005 con server 2009 [4]

Software

La scelta del software di elaborazione dati può avere anche essa effetti sull'efficienza energetica. In alcuni casi software che svolgono le stesse operazioni richiedono una percentuale di utilizzazione della CPU differente. Spesso le operazioni svolte all'interno del centro di calcolo sono ripetitive e un software che richiede minori calcoli alla CPU, e perciò minore energia per svolgere le stesse funzioni, può dare risultati interessanti.

Si suggerisce dunque di verificare il carico dei processori, della memoria e delle altre risorse del server da parte dei diversi applicativi in valutazione, prima di effettuare la scelta, e di tenerne conto soprattutto quando non si hanno grandi differenze sul piano dei risultati computazionali.

ALIMENTAZIONE ELETTRICA

L'alimentazione in ingresso alle apparecchiature IT deve essere continua e di alta qualità. Molto spesso invece l'energia elettrica presenta elementi di disturbo che possono danneggiare le macchine o interferire con il loro funzionamento. Le principali apparecchiature della catena di alimentazione elettrica sono:

- gruppi di continuità o UPS;
- unità di distribuzione dell'alimentazione o PDU;
- alimentatori o PSU;
- cavi.

Gruppi di continuità o UPS (Uninterruptible Power Supply)

La scelta dei gruppi di continuità deve essere fatta in modo da garantire non solo la massima protezione del carico da disturbi e discontinuità di alimentazione, ma anche un'elevata efficienza.

Gli UPS oggi disponibili sul mercato si dividono in statici e dinamici o rotanti.

Gli UPS statici sono costituiti da raddrizzatore, inverter e gruppo batterie. Il raddrizzatore trasforma la corrente da AC in DC per la ricarica delle batterie, mentre l'inverter la trasforma da DC in AC alimentando l'utenza finale. Nella doppia trasformazione l'energia proveniente dalla rete viene opportunamente filtrata eliminando eventuali disturbi.

Gli UPS statici di ultima generazione possono avere tre diverse modalità di funzionamento:

- doppia conversione, quando si ha il passaggio sia nel raddrizzatore che nell'inverter; è la modalità di funzionamento con minore efficienza energetica, ma con massima protezione del carico;
- funzionamento interattivo, quando si ha il passaggio solo nell'inverter, utilizzato come filtro attivo, che provvede alla pulizia dell'alimentazione; è una modalità di funzionamento con minori perdite rispetto alla precedente, per il mancato passaggio nel raddrizzatore;
- funzionamento interattivo con by-pass, quando, a seguito di una valutazione della purezza del segnale in ingresso, si ha l'esclusione del passaggio sia nel raddrizzatore che nell'inverter; è una modalità di funzionamento con bassissime perdite, attivabile nei momenti in cui la linea di alimentazione non è disturbata.

La modalità di funzionamento più indicata per valutare l'efficienza energetica di un UPS statico è quella in doppia conversione (detta anche on-line) che garantisce la completa protezione dai

disturbi dell'utenza finale. Ogni UPS viene dimensionato per il carico che deve alimentare, indicato in kVA, e la sua efficienza (rapporto tra la potenza elettrica in uscita rispetto a quella in entrata, misurate in kVA) è massima per valori di carico prossimi a quello massimo. Negli UPS di ultima generazione, benché l'efficienza sia più costante al diminuire del carico, la tendenza è quella di ricorrere a gruppi modulari che possano adeguarsi alle condizioni di carico richieste e lavorare nella parte di curva a più alta efficienza.

L'energia persa nella conversione si trasforma in calore, che deve essere estratto da appositi sistemi; di conseguenza maggiore sarà l'efficienza, minore il raffreddamento richiesto e minori i costi di gestione della struttura protetta.

Gli UPS dinamici o flywheel (FW) svolgono la stessa funzione di quelli statici, ma possono essere installati anche senza la presenza delle batterie, nel qual caso, però, garantiscono continuità di alimentazione per circa 10-15 secondi e dunque o vengono accoppiati a gruppi elettrogeni, o la copertura offerta riguarderà solo i disturbi transitori e di breve durata della corrente. I FW sono formati da un volano, che viene messo in rotazione ad alta velocità accumulando energia cinetica, convertita in energia elettrica in caso di interruzione dell'alimentazione. Per garantire l'erogazione dell'energia per un periodo prolungato è necessaria la presenza delle batterie e/o di un gruppo elettrogeno, che può essere avviato dalla flywheel. Nel caso di integrazione con le batterie la presenza del FW ne aumenterà la vita utile, diminuendo il numero di cicli carica/scarica a cui sono sottoposte.

Gli UPS dinamici sono caratterizzati da rendimenti elevati, intorno al 96-97%. Essi presentano inoltre il vantaggio di poter operare in condizioni ambientali meno restrittive di quelle richieste dagli UPS statici, con possibili vantaggi di riduzione dei consumi per il condizionamento.

Nella scelta della tipologia del gruppo di continuità, si devono tenere in considerazione le caratteristiche della rete del luogo di costruzione: pochi disturbi permettono agli UPS statici di ultima generazione di lavorare in by-pass con altissimi rendimenti, se i carichi lo permettono, mentre la forte presenza di disturbi di durata al massimo di qualche secondo consiglia di valutare il ricorso a UPS rotanti.

La valutazione dovrebbe sempre essere effettuata, considerando le caratteristiche specifiche di ogni installazione, con un'analisi del costo del ciclo di vita (cfr 0Introduzione alla LCCA), che tenga in conto anche i costi di condizionamento, manutenzione, etc.

Si riporta a titolo di esempio il calcolo del risparmio unitario per ogni incremento di efficienza di un punto percentuale per ogni kVA di potenza installata:

$$\text{Risparmio Annuo} = P \cdot 0,8 \cdot \Delta\eta \cdot 8.760 \cdot c = 1 \cdot 0,8 \cdot 0,01 \cdot 8.760 \cdot 0,15 = 10,5 \text{ €}$$

$$P = 1 \text{ [kVA];}$$

$$\cos\varphi = 0,8 \text{ (valore fisso normalmente utilizzato per la conversione di kVA in kW);}$$

$$\Delta\eta = 0,01;$$

Ore annue di funzionamento=8.760 [ore / anno];

Costo energia elettrica $c=0,15$ €/kWh;

Se si considera anche la riduzione delle necessità di climatizzazione, ipotizzando un EER=2,5 si dovrebbe moltiplicare per $1+1/2,5=1,4$, arrivando così a un valore di circa 14 € di minore spesa annua per ogni kVA di potenza installata e per ogni punto percentuale di maggior rendimento.

Unità di distribuzione dell'alimentazione o PDU

Le PDU (Power Distribution Unit) hanno la funzione di distribuire l'alimentazione nelle varie unità presenti nell'armadio rack e nella sala. Le perdite introdotte sono minime, ma è bene non trascurarle.

In fase di progettazione è molto importante la scelta della loro posizione; infatti da questa dipenderà il passaggio dei cavi di alimentazione, cavi che dovranno essere posti possibilmente in maniera ordinata per favorire interventi di manutenzione ed evitare che vadano ad ostruire il passaggio dell'aria di raffreddamento. Generalmente sono montati nella parte posteriore dell'armadio, fissati sul pavimento o soffitto.

È consigliabile scegliere PDU nelle quali sia presente anche un monitor che mostra i consumi istantanei delle apparecchiature collegate, meglio se dotati anche di interfacciamento con la rete, funzione utile per monitorare l'efficienza energetica del centro di calcolo (cfr. 0Indici di prestazione energetica).

Alimentatori o PSU

Gli alimentatori presenti nei vari server contribuiscono a diminuire l'efficienza energetica della catena elettrica e ad aumentare il carico termico da dissipare. Il programma di adesione volontaria 80PLUS, che etichetta gli alimentatori con livelli di efficienza elevati, può essere uno strumento utile alla scelta.

Illuminazione

Nella progettazione dell'impianto elettrico del datacenter si dovrà considerare anche la parte relativa all'illuminazione. Le lampade, infatti, contribuiranno ad aumentare il carico termico da dissipare nella sala. In questo caso è consigliato l'uso di tecnologie di illuminazione efficienti, come per esempio i led, abbinati ad un sistema di controllo automatico che accenda l'impianto solo quando è necessario e consenta l'illuminazione di aree specifiche nei grandi centri.

SISTEMA DI RAFFREDDAMENTO

La progettazione del sistema di raffreddamento deve avvenire in base alla reale richiesta delle apparecchiature IT e di alimentazione, evitando inutili sovradimensionamenti e garantendo sempre

un'elevata sicurezza data dalla ridondanza delle macchine. I parametri principali da tenere in considerazione sono:

- la potenza termica totale da dissipare sviluppata da tutte le apparecchiature presenti;
- la distribuzione spaziale della potenza termica da dissipare con individuazione dei "punti caldi" o "hot spot";
- il sistema di raffreddamento da utilizzare;
- la temperatura di funzionamento delle macchine.

Il lavoro del progettista può essere supportato da opportuni software di simulazione dei carichi termici e degli impianti di condizionamento. Molto utili per lo studio della movimentazione dei flussi di aria possono essere i software CFD (Computational Fluid Dynamics).

Nel caso in cui all'interno della sala si presentassero carichi termici per unità di superficie (kW/m^2) o per unità di armadio rack (kW/rack) con differenze rilevanti, è possibile anche utilizzare sistemi di raffreddamento differenti in funzione delle esigenze delle singole aree.

Le caratteristiche tecniche di un impianto di condizionamento ad alta efficienza sono:

- il controllo continuo di temperatura e umidità;
- il sistema di regolazione ottimizzato in base alle effettive richieste dalle macchine;
- l'impianto di condizionamento con componenti ad alta efficienza, fra cui si citano:
 - motori di pompe e ventilatori ad alta efficienza e velocità variabile;
 - uso del sistema free-cooling;
 - chiller con elevati EER (Energy Efficiency Ratio).

Buone pratiche di raffreddamento

Sale a bassa densità

Il raffreddamento delle apparecchiature viene garantito da flussi di aria fredda proveniente dal pavimento flottante o dal controsoffitto. L'aria fredda viene fornita da unità di condizionamento aria CRAC (Computer Room Air Conditioning), poste ai lati della sala, o da sistemi centralizzati. In questo caso è di fondamentale importanza la separazione del flusso dell'aria calda di ritorno dalle macchine da quello dell'aria fredda immessa. Per dividere i flussi si creano corridoi di aria calda alternati a corridoi di aria fredda, nei quali sono presenti le bocchette di immissione dell'aria. Per evitare che ci sia miscelazione di aria calda e fredda è possibile chiudere totalmente il corridoio caldo/freddo o installare semplici pannelli per la deviazione opportuna dei flussi stessi. Oltre che separare completamente i corridoi, è possibile creare una serie di canalizzazioni con bocchette di ripresa dell'aria calda da riportare alle unità CRAC.

Questo sistema di raffreddamento non è più sufficiente quando le potenze termiche da dissipare per ogni armadio superano i 3-4 kW (Figura 4).



Figura 4: flusso di aria in funzione della capacità di raffreddamento per mattonella [2]

Sale ad alta densità

Nelle sale in cui la potenza installata per ogni armadio supera i 5-6 kW è bene valutare l'utilizzo di sistemi di raffreddamento puntuali, posti vicino alla sorgente di calore. Le principali soluzioni tecnologiche disponibili al crescere della densità di potenza sono i seguenti.

- Sistemi di raffreddamento per file: sono unità di condizionamento aria che vengono installate tra due armadi rack, integrandosi con la fila; possono essere installate in prossimità degli armadi ad alta densità per compensare il raffreddamento che non viene garantito dalla configurazione classica.
- Sistemi di raffreddamento per unità (o rack): il sistema di raffreddamento (compressore e scambiatori di calore) è contenuto nel rack stesso, che è chiuso ermeticamente, o posto in un contenitore sopra il rack. Il calore sottratto può essere liberato nell'ambiente esterno o ceduto all'impianto di raffreddamento.
- Sistemi di raffreddamento a liquido diretto sul componente all'interno del server. Un fluido, solitamente acqua refrigerata, passa attraverso appositi canali posti direttamente a contatto con CPU e componenti elettroniche, asportandone efficacemente il calore. Il principale vantaggio di questo sistema è l'elevata potenza termica che può dissipare; tra gli svantaggi vi sono il pericolo di perdite di fluido nei pressi delle apparecchiature IT ed il maggiore costo.

Questi sistemi possono integrarsi con un sistema di raffreddamento classico, a bassa densità, o sostituirlo completamente. I nuovi sistemi informatici, quasi sempre accoppiati alla virtualizzazione, portano alla formazione di "hot spot", problema che può essere superato con l'installazione in prossimità del carico di unità di condizionamento per fila dedicata al punto caldo. In questi casi non è richiesta la presenza di un pavimento flottante per il passaggio dell'aria, fattore che richiede un'altezza della sala maggiore rispetto allo standard degli edifici.

I vantaggi principali dei rack ad alta densità sono: minori costi di gestione, in ragione del raffreddamento puntuale in prossimità del carico, ed un aumento dello spazio a disposizione del datacenter.

Free Cooling

Il free cooling (FC) permette di sfruttare, in determinate situazioni, le condizioni ambientali esterne per raffreddare direttamente il datacenter, senza ricorso a macchine frigorifere, se non per l'eventuale deumidificazione. Esistono due tipologie di FC:

- diretto, in cui si immette aria esterna a bassa temperatura all'interno della sala; aria che dovrà essere opportunamente filtrata e umidificata o essiccata per renderla adeguata alle condizioni interne;
- indiretto, in cui il raffreddamento si ottiene grazie al solo passaggio del fluido di raffreddamento nella torre evaporativa, senza l'intervento del compressore frigorifero.

In entrambe le tipologie, anche se le condizioni ambientali esterne non sono tali da permettere il FC totale, vi è comunque un ulteriore intervallo di temperature in cui si può effettuare un preraffreddamento gratuito, riducendo il lavoro necessario ai compressori per mantenere la temperatura impostata. Le ore di funzionamento in FC e in preraffreddamento variano in base al clima del luogo di costruzione ed alla temperatura interna impostata. Prendendo la temperatura media nei vari mesi (Figura 5) del luogo di costruzione del datacenter, è possibile fare una stima delle ore di funzionamento in modalità free-cooling, dei costi di gestione e del tempo di ritorno dell'investimento.

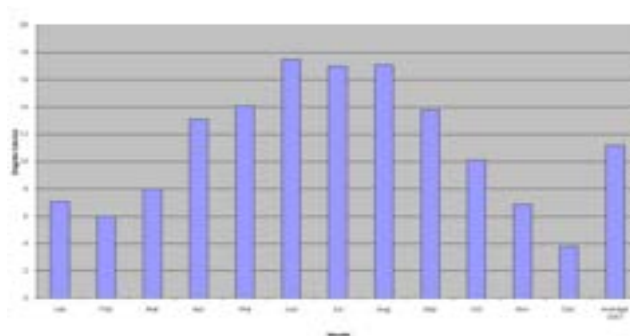


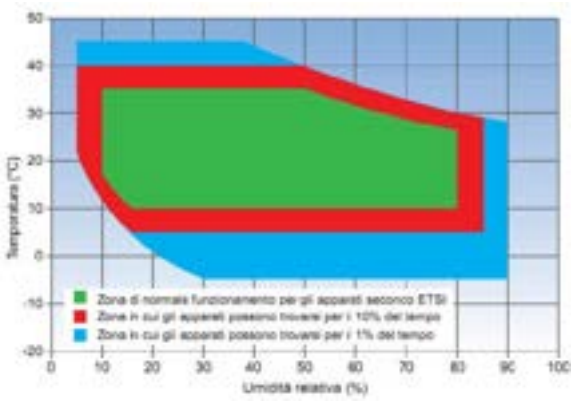
Figura 5: temperature medie rilevate negli ultimi 20 anni in una città del nord Italia [3]

Il FC, specialmente quello indiretto, può essere introdotto anche a posteriori su centri di calcolo esistenti, mediante l'aggiunta di alcune componenti nell'impianto, senza modificarne radicalmente la configurazione.

Temperatura e umidità della sala

La temperatura e l'umidità scelte all'interno della sala sono due fattori che possono influenzare in maniera rilevante l'efficienza energetica del centro di calcolo. Da questi valori dipendono, infatti, i consumi energetici degli impianti di climatizzazione, che generalmente rappresentano circa il 30% dei consumi totali. La scelta della temperatura della sala va decisa in fase di progettazione, insieme alle caratteristiche delle apparecchiature informatiche e del sistema di condizionamento. Un innalzamento della temperatura interna può consentire da una parte di diminuire il consumo del sistema di raffreddamento e aumentare le ore annue di funzionamento del sistema di free-cooling nel caso fosse presente, dall'altra però riduce il tempo a disposizione per l'intervento nel caso di blocco del sistema di raffreddamento e potrebbe aumentare il consumo delle apparecchiature informatiche per il maggior funzionamento delle ventole interne, che dipende dalla temperatura impostata all'interno del bios delle macchine stesse. La scelta della temperatura interna, che può anche essere ottimizzata a posteriori, è quindi un intervento interessante, che richiede accurate valutazioni.

I campi di temperatura e umidità relativa di riferimento sono quelli definiti nel 2008 dall'associazione ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning) e dall'ente europeo ETSI (European Telecommunications Standards Institute) con la norma ETSI EN 300 019-1-3, sintetizzati nella tabella seguente.

	ASHRAE 2008	ETSI EN 300 019-1-3 [7]
T min	18°C	 <p> ■ Zona di normale funzionamento per gli apparecchi secondo ETSI ■ Zona in cui gli apparecchi possono trovarsi per il 10% del tempo ■ Zona in cui gli apparecchi possono trovarsi per il 1% del tempo </p>
T max	27°C	
UR min	Temp. di condensazione 5,5 °C	
UR max	69 % e Temp. di condensazione 15 °C	

GESTIONE DEL SISTEMA DATACENTER

La gestione di tutte le apparecchiature presenti nella struttura del datacenter è un'operazione che può essere svolta tramite software gestionali (SW) che permettono il controllo ed il comando degli strumenti. Nella scelta dei dispositivi è bene assicurarsi che essi possano comunicare a vicenda ed essere controllati da un unico software gestionale. In questo modo sarà possibile vedere quali sono i maggiori consumatori di energia e tenere sotto controllo eventuali anomalie in tempo reale.

Questi SW devono essere in grado di ottimizzare la gestione degli impianti di alimentazione, condizionamento e server in modo automatico, per mantenere sempre un livello di efficienza energetica elevato. Tra le operazioni che possono svolgere troviamo:

- la distribuzione dei carichi di lavoro fra le apparecchiature IT, spegnendo quelle che non servono;
- l'ottimizzazione del funzionamento delle macchine di raffreddamento in base alla richiesta reale dei server;
- il calcolo istantaneo e medio dei consumi e dell'indice di efficienza energetica PUE.

Il SW gestionale dovrà avere inoltre una semplice interfaccia accessibile all'operatore addetto e la possibilità di controllo e comando da remoto.

Coordinamento delle funzioni IT, energy management e building e facility management

I data center sono realtà spesso considerate solo o prevalentemente di pura pertinenza della funzione IT aziendale. Si tratta di un errore, in quanto per ottenere i migliori risultati sia sul piano informatico sia su quello energetico e logistico occorre far lavorare insieme gli specialisti dell'IT con quelli che si occupano della gestione dell'edificio e degli impianti.

Si tratta di un compito non semplice, visto che non solo si confrontano linguaggi tecnici diversi e quindi di difficile comprensione reciproca, ma risultano molto diverse le impostazioni di base dei tre gruppi (due quando l'energy management risulta di pertinenza del building e facility management). Quello informatico tende a vedere il tutto come una grande presa, che dovrebbe essere sempre disponibile per nuovi allacci di dispositivi IT, quello impiantistico vorrebbe avere a che fare con una situazione stabile e più ridondante possibile, in modo da non dover intervenire continuamente a mettere delle pezze, il terzo gradirebbe meno ridondanza e minori consumi, con spazi ampi e ben gestiti.

Sebbene non banale, nominare un coordinatore capace e portato a saper ascoltare e vedere le problematiche dai vari punti di vista, con la funzione di far dialogare e ottenere il meglio dalle diverse funzioni aziendali, assicura i migliori risultati, in termine di progettazione, gestione e potenza di calcolo disponibile. Vale dunque la pena di cominciare da questo punto, prima di affrontare gli altri aspetti gestionali.

Ridondanza

La ridondanza è una delle caratteristiche fondamentali del centro di calcolo, dato il tipico funzionamento continuo 24 ore al giorno, sette giorni su sette. A livello internazionale si è scelto di seguire gli standard definiti dall'ente statunitense TIA (Telecommunication Industry Association), che ha definito quattro livelli di ridondanza, denominati TIER I, II, III e IV in base alla ridondanza

delle apparecchiature e della linea di alimentazione. La ridondanza deve essere comunque garantita anche per i sistemi informatici e di condizionamento.

TIER I	TIER II	TIER III	TIER IV
1 linea di alimentazione.	1 linea di alimentazione.	2 linee indipendenti di alimentazione.	2 linee indipendenti di alimentazione.
Nessuna ridondanza dei componenti.	Ridondanza gruppo elettrogeno n+1. Ridondanza UPS n+1.	Componenti ridondanti su una linea di alimentazione. Ridondanza gruppo elettrogeno n+1. Ridondanza UPS n+1.	Componenti ridondanti su entrambe le linee di alimentazione. Ridondanza gruppo elettrogeno n+1. Ridondanza UPS n+1.

In fase di progettazione devono essere previsti diversi elementi ridondanti, come pompe, ventilatori, chiller, etc. Nel caso dei chiller, per esempio, occorrerà prevederne due, ognuno dei quali deve essere in grado di sopperire alla massima potenza termica richiesta dalla sala, oppure si potrà optare per altri sistemi (e.g. accumuli termici) che garantiscano i fabbisogni di raffrescamento per un periodo adeguato. Nella scelta del livello di ridondanza del sistema si deve fare bene attenzione alle caratteristiche fisiche della struttura in esame e alle reali necessità dell'utenza, onde evitare che garantire un livello di sicurezza non richiesto porti ad un aumento ingiustificato dei consumi.

Le procedure gestionali dovranno garantire una manutenzione adeguata, e quindi la disponibilità effettiva degli elementi ridondanti, e il conseguimento della massima efficienza energetica, facendo lavorare gli elementi ridondanti o insieme a carichi parziali o singolarmente a carichi prossimi a quelli nominali, a seconda delle caratteristiche di efficienza in funzione del carico di ogni singolo componente.

Cogenerazione

La cogenerazione, definita come produzione simultanea di energia elettrica e calore, è una delle tecniche che possono diminuire i costi di gestione e i consumi ed aumentare l'affidabilità della struttura. Nelle applicazioni per i centri di calcolo vengono utilizzati motori a combustione interna, turbine a gas e in alcuni casi celle a combustibile.

La cogenerazione, se gestita in maniera corretta, con uno sfruttamento adeguato del calore attraverso macchine ad assorbimento per produrre freddo, porta a risparmi monetari ed energetici. La produzione di energia elettrica vicino alla struttura aumenta l'affidabilità del sistema e permette all'operatore di poterla controllare. La presenza di un cogeneratore non può però sostituire il gruppo elettrogeno in strutture con livello di ridondanza TIER I; può essere affiancato ad esso nel caso dei livelli TIER successivi, evitando l'istallazione di un doppio gruppo elettrogeno [6].

EDIFICIO DATACENTER

La posizione e la struttura dell'edificio che ospita il datacenter sono elementi importanti per aumentare l'affidabilità e l'efficienza e vanno quindi valutati attentamente nel caso di nuova costruzione. Nel caso di progettazione di data center dedicati, l'edificio deve essere progettato in funzione delle macchine elettriche che vengono inserite al suo interno.

Le principali caratteristiche da tenere in considerazione in fase di progettazione sono:

- la posizione della sala all'interno della struttura, scelta in modo da evitare il carico termico introdotto dagli apporti solari o da altri reparti produttivi vicini;
- l'altezza della sala, atta a permettere un agevole passaggio cavi e tubazioni o la presenza di un pavimento flottante o controsoffitto per i sistemi di raffreddamento ad aria;
- la possibilità di installazione di un sistema di free-cooling;
- la facilità di alimentazione della struttura; nel caso di un edificio dedicato, può essere vantaggioso costruirlo vicino a centrali elettriche e cabine di trasformazione;
- la vicinanza della struttura a corsi o bacini d'acqua per lo smaltimento del calore;
- la vicinanza a bande di rete con percorsi ridondanti per avere un'alta disponibilità IT;
- la facilità di accesso (viabilità, vicinanza a centri urbani, etc);
- la valutazione della possibilità di recupero del calore prodotto e della sua utilizzazione.

BIBLIOGRAFIA

- [1] www.thegreengrid.com
- [2] www.apc.com
- [3] Atti convegno Rittal Future Automation – 14 Aprile 2010, Roma
- [4] M. Beckert, D. Boyington – *Realizing Data Center Savings with an Accelerated Server Refresh Strategy* – www.intel.com
- [5] Atti convegno Sun, 2 Marzo 2010, Roma – Implementare e gestire i Data Center virtualizzati
- [6] K. Darrow, B. Hedman - *Opportunities for Combined Heat and Power in Data Centers* – ICF International
- [7] Mario Giovo, Mario Meli, Gianni Rossi – *Più fresco con meno energia nel condizionamento delle centrali di Telecomunicazione:dalla sperimentazione all'esercizio* – Notiziario Tecnico TELECOM ITALIA
- [8] AA.VV. – *Uso razionale dell'energia nei centri di calcolo* – www.enea.it

NOTE sugli AUTORI

Marco Bramucci è ingegnere termo meccanico e collabora con la Federazione Italiana per l'uso Razionale dell'Energia (FIRE) sui temi della cogenerazione e delle tecnologie efficienti.

Dario Di Santo è Direttore della Federazione Italiana per l'Uso Razionale dell'Energia (FIRE). E' ingegnere esperto di tematiche energetiche e fonti rinnovabili. Rappresenta la Federazione presso Istituzioni ed eventi e di diverse iniziative volte alla promozione dell'uso razionale dell'energia, al monitoraggio dell'andamento del mercato energetico ed all'individuazione delle problematiche incontrate dagli utenti finali relativamente all'utilizzo dell'energia.

Daniele Forni è Responsabile Tecnico della Federazione Italiana per l'Uso Razionale dell'Energia (FIRE). E' ingegnere esperto di tecnologie efficienti e di normativa tecnica in ambito energetico ed impiantistico.