

Dalle stime alle misure

Proposta per il settore Telecomunicazioni

L'elaborazione del presente documento è stata resa possibile grazie al contributo dei colleghi Giambattista ARNO', Carlo BEGHINI, Rocco CIRILLO, Luciano GAGGERO, Antonio UGLIETTA

Settore TLC da un punto di vista energetico

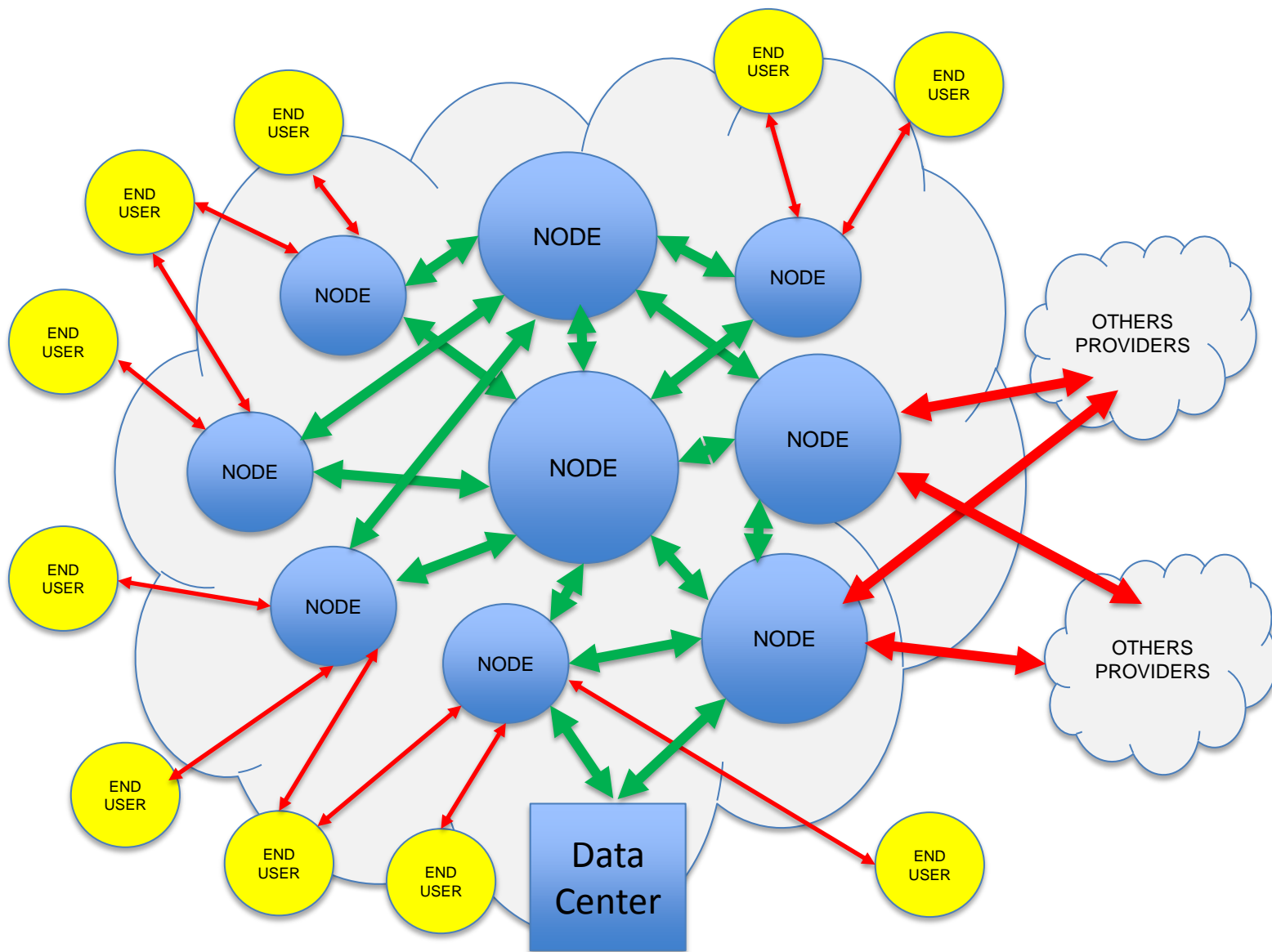
Ogni operatore TLC «infrastrutturato» è dotato di una rete capace di consentire ai propri clienti una capillare fruizione dei servizi forniti.

La rete è costituita da un insieme di NODI, interconnessi tra loro mediante collegamenti di vario tipo (fibra ottica , ponti radio, leased line). I Nodi a loro volta sono costituiti da:

- a) Centrali di rete fissa/mobile dove sono prevalenti gli apparati TLC (Router, Switch, DWDM, SDH, MSC, BSC, RNC, HLR, ecc.);
- b) Data Center dove sono prevalenti gli apparati IT (Server, Storage);
- c) Numerose Stazioni radio base per la diffusione del servizio di telefonia mobile su tutto il territorio nazionale ;

I Data Center, oltre a ospitare i server dell'operatore, possono anche ospitare apparati di altre società (housing).

Struttura di una rete TLC



Indicatori di prestazione energetica

La prestazione energetica misura la quantità di energia che un processo produttivo utilizza per realizzare un'unità di prodotto o servizio.



Tale concetto si applica con difficoltà al modo TLC in quanto non è disponibile un indicatore globale per quantificare il servizio. Attualmente l'indicatore usato è la quantità di dati che la rete scambia con i suoi clienti e si misura in petabyte (10^{15} byte) o l'**Erlang** per il traffico voce (telefonia).

Indicatori di prestazione energetica

La correlazione tra l'indicatore aggregato del servizio e il consumo energetico è debole in quanto l'indicatore dipende da:

- a) topologia della rete TLC;
- b) tasso di utilizzo della rete TLC;
- c) efficienza delle apparecchiature ICT;
- d) efficienza delle applicazioni SW;
- e) grado di efficienza degli impianti;

Inoltre, alcune funzioni sono svolte, per tutta la rete, in apparati concentrati in poche centrali/data centers e risulta quindi difficile suddividere il traffico smaltito dall'intera rete sui singoli siti in maniera consistente con il consumo ed in modo da rendere significativo un indice di prestazione del sito specifico.

Per ogni nodo della rete il metodo per individuare indicatori significativi consiste nel:

1. Considerare consumo utile di un sito il consumo degli apparati ICT, che può solitamente considerarsi non efficientabile;
2. Considerare efficientabile la differenza tra il consumo totale del sito e il consumo degli apparati ICT.

L'efficientabilità del consumo ICT è strettamente legata alla capacità dell'hardware a supportare specifiche applicazioni software coerenti con i servizi erogati. In altri termini è il software a guidare i processi di svecchiamento dell'hardware. Un'esempio di quanto detto è stata la virtualizzazione.

Indicatori di prestazione globale impiantistica

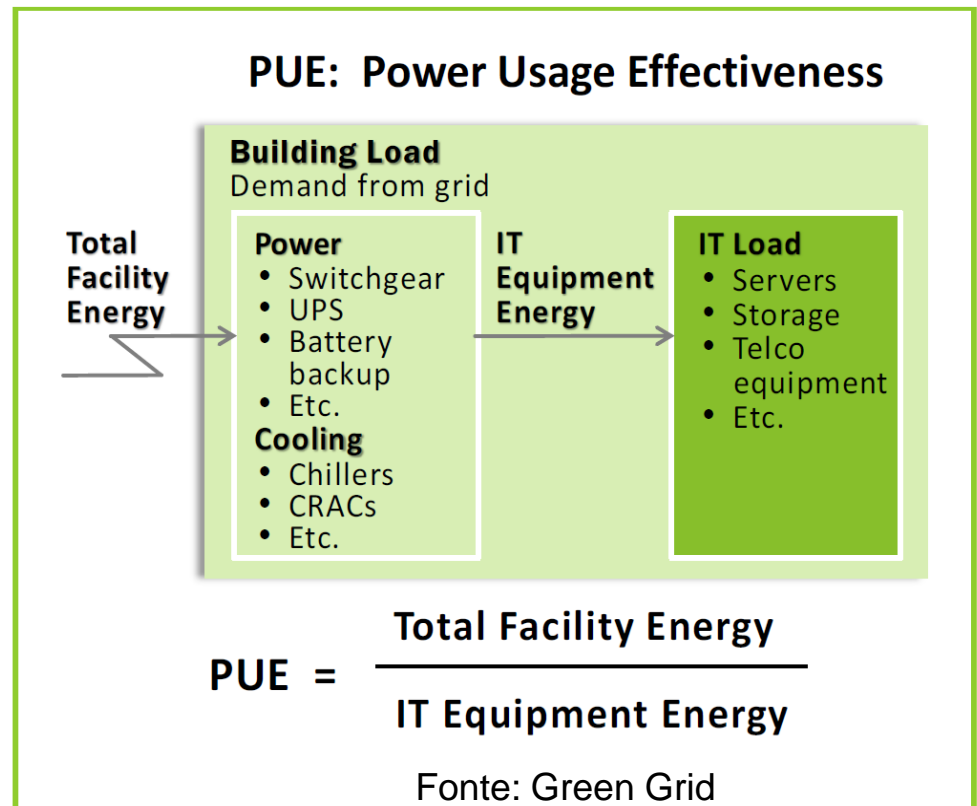
Il Green Grid (www.thegreengrid.org) ha individuato come indicatore prestazionale globale per un Data Center il **PUE (Power Usage Effectiveness)**

$$PUE = \frac{\text{Total Facility Energy}}{\text{IT Equipment Energy}}$$

Il PUE può essere utilizzato sia come indicatore istantaneo che di periodo (giornaliero, mensile, annuo). Altro indicatore è il **DCIE (Data Center Infrastructure Efficiency)** definito come

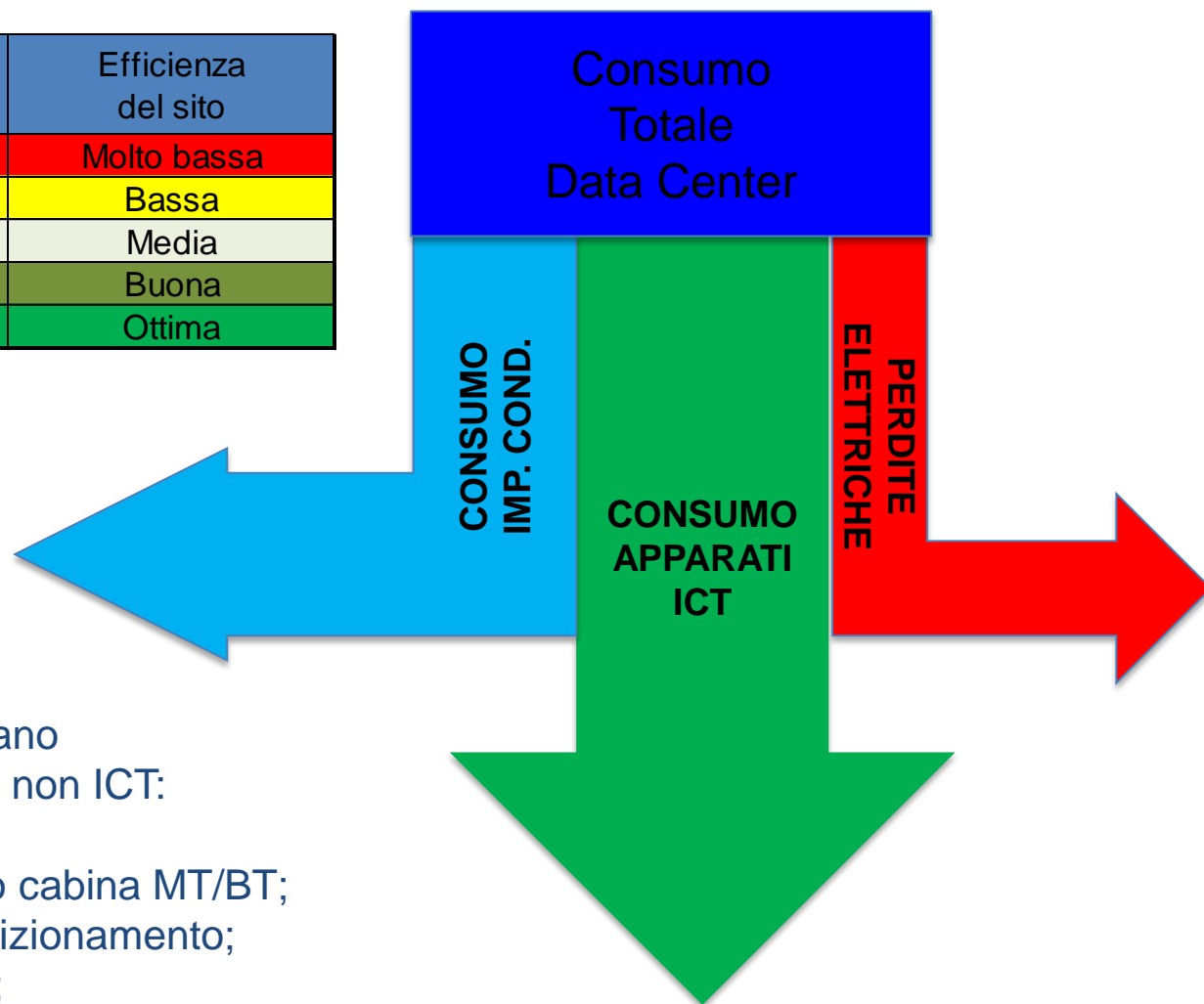
$$DCIE = \frac{\text{IT Equipment Energy}}{\text{Total Facility Energy}}$$

IL DCIE è l'inverso del PUE ed è un indicatore di efficienza in senso stretto (η), anche se poco usato.



Schematizzazione del PUE

PUE	DCIE	Perdite (*)	Efficienza del sito
3	33%	67%	Molto bassa
2,5	40%	60%	Bassa
2	50%	50%	Media
1,5	67%	33%	Buona
1,2	83%	17%	Ottima



In questo modello si considerano perdite(inefficienze) i consumi non ICT:

- 1) Perdite UPS, perdite Trafo cabina MT/BT;
- 2) Consumi impianto di condizionamento;
- 3) Consumi di illuminazione;
- 4) Ecc.

Efficientamento energetico dei siti TLC

Attualmente il PUE dei siti TLC esistenti si stima oscilli tra 1,7 e 2,5

Per il sistema di condizionamento il KPI di riferimento è l' $EER_{Sistema}$, che è anche stato recepito da Enea nelle guide settoriali per le diagnosi energetiche.

Cos'è l' $EER_{Sistema}$?

E' un parametro che, su base annua, esprime il rapporto tra la quantità di kWh termici smaltiti a fronte dei kWh assorbiti dal sistema di condizionamento.

Ipotizzando che l'involucro delle strutture sia adiabatico e che i consumi di illuminazione e dei sistemi ausiliari siano trascurabili, un modello approssimato è regolato dalle seguenti semplici equazioni

$$1) \text{Consumo}_{\text{sito}} = C_{\text{consumo ICT/TLC}} + \text{Perdite totali}_{\text{Elettriche}} + \text{Consumo totale}_{\text{CDZ}}$$

$$2) \text{Energia Termica}_{\text{sito}} = \text{Consumo totale}_{\text{ICT/TLC}} + \text{Perdite totali}_{\text{Elettriche}}$$

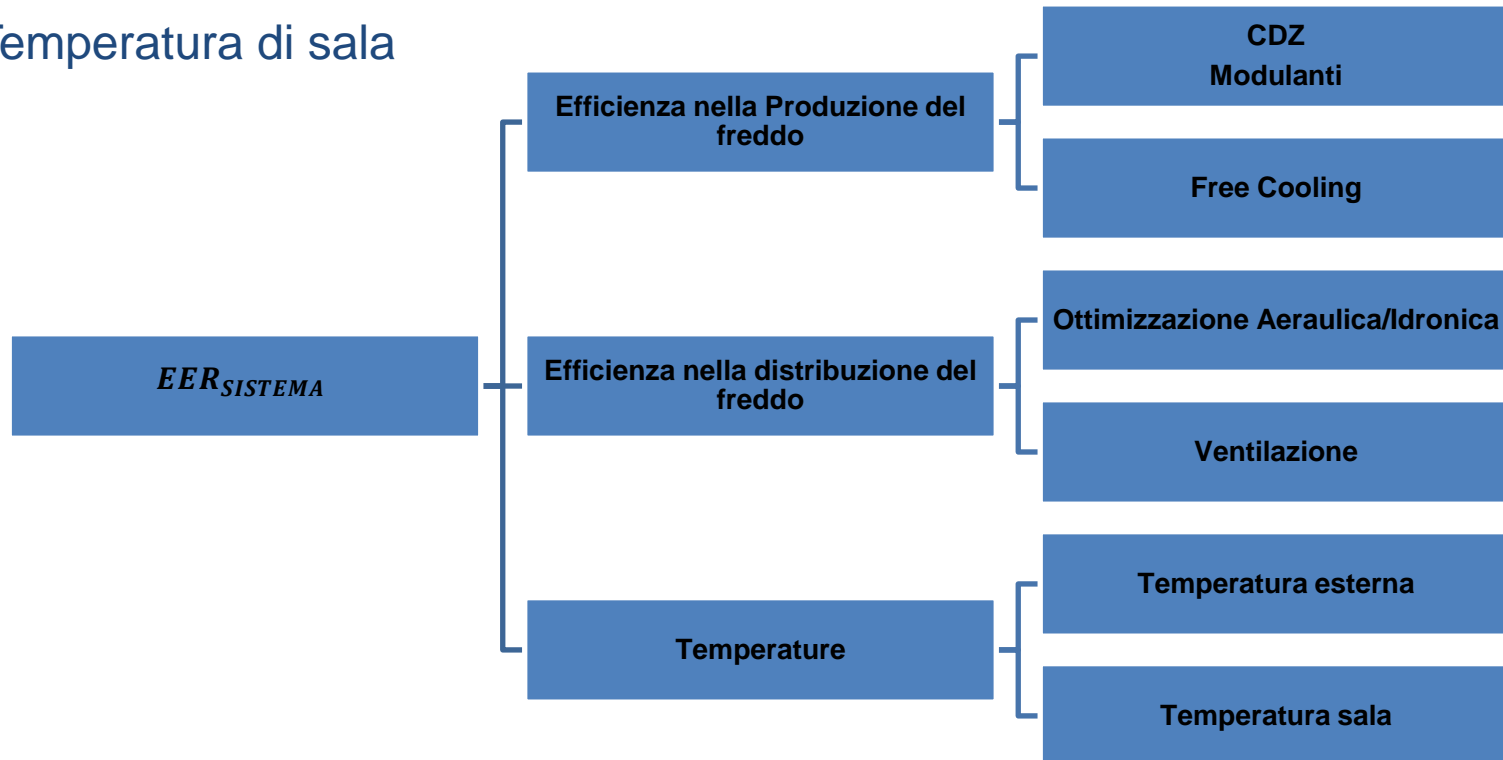
$$3) \text{Energia Termica}_{\text{sito}} = \text{Energia Frigorifera}_{\text{CDZ}}$$

$$4) EER_{\text{Sistema}} = \frac{\text{Energia Frigorifera}_{\text{CDZ}}}{\text{Consumo totale}_{\text{CDZ}}}$$

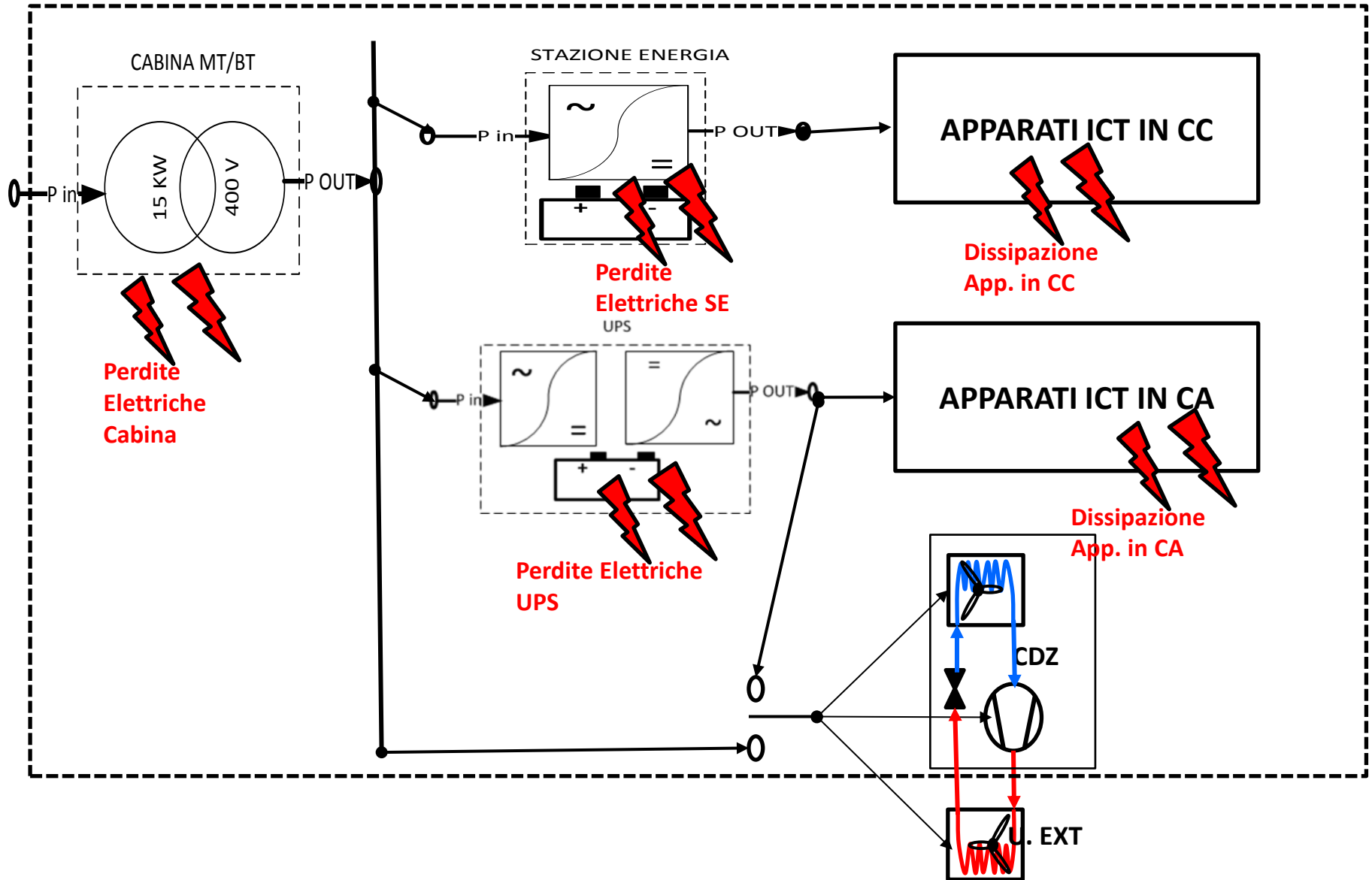
EER di Sistema

L'efficienza globale di un sistema di condizionamento dipende dal concorso di diversi fattori, quali:

1. Efficienza nella produzione del freddo;
2. Efficienza nella distribuzione del freddo;
3. Temperatura di sala

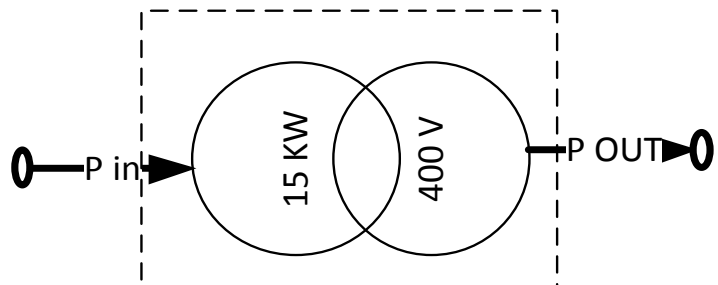


Modello energetico per Data Center - Centrali



Modello energetico per Data center/Centrali e KPI Impiantistici

CABINA MT/BT

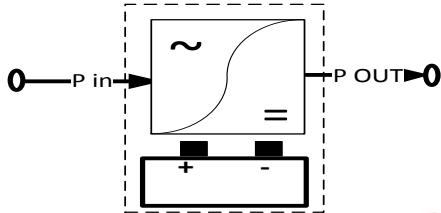


$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

range $\eta = 97\% - 98,5\%$

$$\eta = \frac{P_{in} - Perdite}{P_{in}}$$

STAZIONE ENERGIA

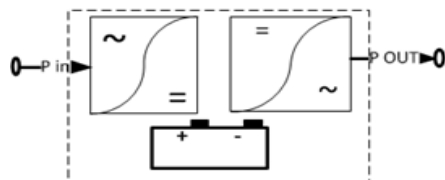


$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

range $\eta = 90\% - 96\%$

$$\eta = \frac{P_{in} - Perdite}{P_{in}}$$

UPS

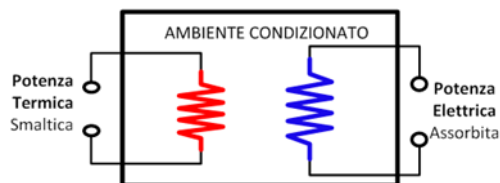


$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

range $\eta = 85\% - 97\%$

$$\eta = \frac{P_{in} - Perdite}{P_{in}}$$

CDZ



$$EER = \frac{P_{termica smaltita}}{P_{elettrica Assorbita}}$$

range $\eta = 1,5 - 3$

Energy Efficiency Ratio di sistema

Obiettivi della diagnosi

Obiettivo della diagnosi presso un sito TLC è:

1. Realizzare un quadro energetico complessivo;
2. Individuare eventuali azioni di miglioramento;

Passi della diagnosi

1. Survey;
2. Costruzione del modello energetico;
3. Individuazione dei KPI;
4. Misura delle variabili funzionali al calcolo dei KPI;
5. Confronto dei KPI del sito con i KPI tipici di settore;
6. Individuazione di eventuali azioni di miglioramento;

Criteri per la scelta dei siti oggetto di diagnosi

L'operatore TLC è un classico esempio di impresa multisito caratterizzata da:

1. numero ridotto di siti con consumo superiore a 1000 tep;
2. numero significativo di siti con consumi compresi tra 100 e 1000 tep;
3. numero estremamente elevato di siti con consumi molto inferiori a 100 tep;

L'individuazione dei siti oggetto di diagnosi avviene seguendo l'algoritmo proposto nel chiarimento del MISE di maggio 2015 che, applicato ad un'impresa multisito come quelle di TLC, fa sì che una quota importante del consumo dell'azienda sia soggetta a diagnosi.

Criteri per la scelta dei siti da misurare

Dalle indicazioni fornite da Enea, risulta chiara la possibilità di circoscrivere ad un campione rappresentativo i siti che dovranno avere le misure a corredo della diagnosi energetica rispetto al numero totale dei siti oggetto di diagnosi energetica.

Criteri:

- 1. Significatività:** il consumo totale dei siti con misure non deve essere inferiore a un terzo del consumo totale dei siti soggetti a diagnosi;
- 2. Pertinenza:** Il sito produttivo, inteso come attività core in ambito TLC, è rappresentato da siti che ospitano gli apparati ITC/TLC attraverso i quali l'operatore eroga i propri servizi. I siti destinati ad uso ufficio, invece, presentano un'incidenza sui consumi totali dell'azienda inferiore al 10%, e per tale ragione potranno essere esclusi dal novero dei siti le cui diagnosi dovranno essere corredate da misure; nei siti misti, la diagnosi energetica potrà essere unica, ma le misure riguarderanno solo i consumi imputabili agli apparati ICT/TLC (aree tecniche);
- 3. Coerenza:** Vi deve essere una coerenza tra costi da sostenere per effettuare le misure ed i benefici attesi;
Vi deve essere coerenza tra precisione della misura e l'obiettivo della misura;
- 4. Utilità:** E' utile realizzare le diagnosi con misure su siti che potrebbero essere destinatari di interventi energetici.

I siti con un consumo al di sotto di 100 TEP appartengono alla rete di accesso e, per le caratteristiche descritte nelle linee guida settoriali, non saranno soggetti a misure anche se oggetto di diagnosi.

Perché le misure nella diagnosi

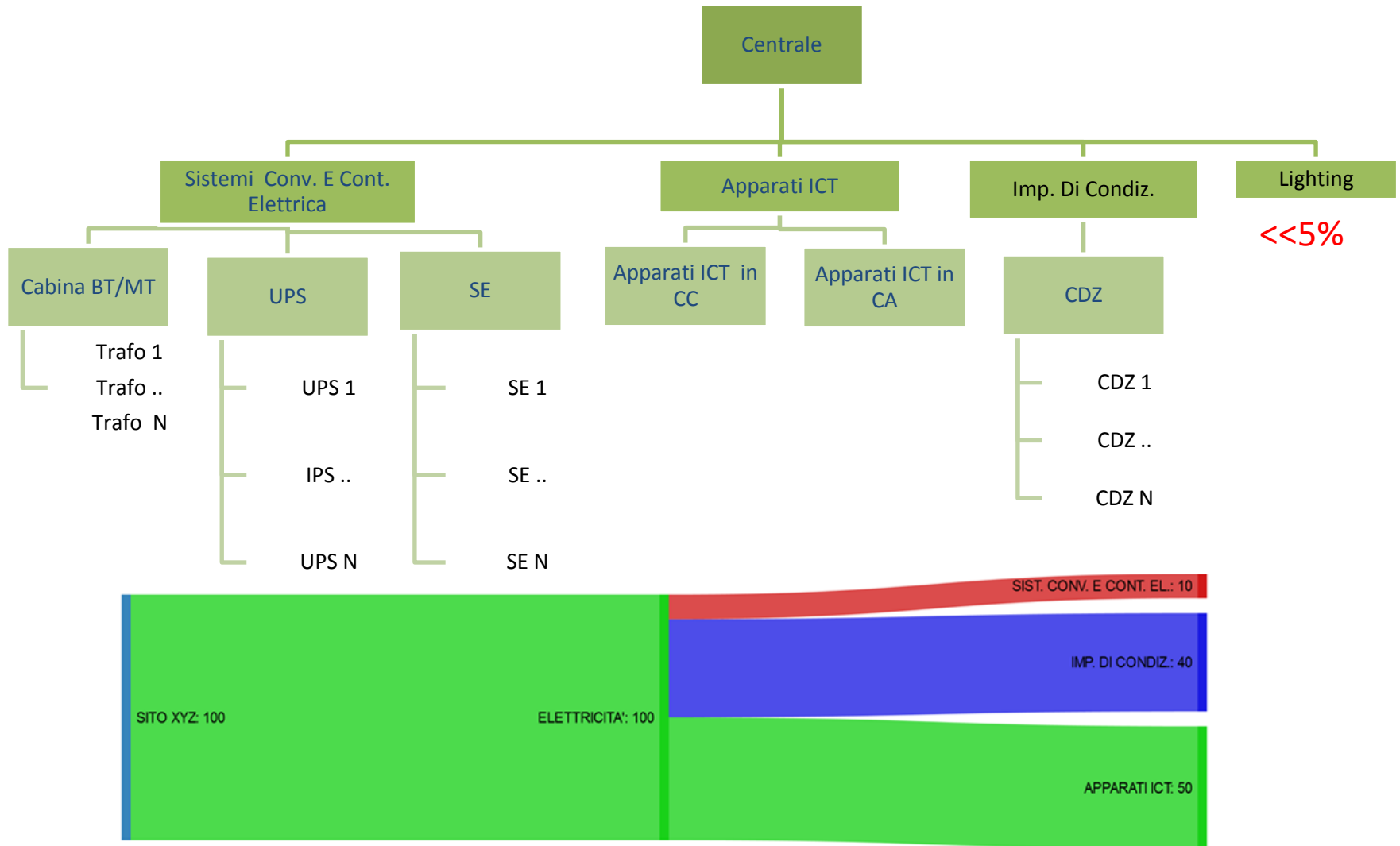
Le misure nella diagnosi sono prettamente funzionali per:

1. La corretta costruzione del modello energetico;
2. Il calcolo degli indicatori prestazionali;
3. Il calcolo della baseline per stima dei possibili risparmi.

Bisogna distinguere:

1. Misure finalizzate alle diagnosi energetiche;
2. Misure finalizzate all'ottenimenti di TEE;
3. Misure finalizzate a gestire un EPC o contratti di servizi energia.

Struttura Energetica di una centrale



Sankey Diagram di vettori energetici\usi energetici per sito tipo

Cosa misurare in un sito TLC – PUE (KPI)

Il sito TLC utilizza quasi esclusivamente il solo vettore elettrico e per valorizzare il PUE bisogna misurare annualmente:

- a) Il consumo complessivo del sito;
- b) Il consumo degli apparati ICT

Per il consumo complessivo del sito si possono utilizzare i dati forniti dal distributore di energia elettrica, mentre il consumo degli apparati TLC dipende dal parco installato (apparati TLC attivi), che è solitamente costante nel corso della giornata e indipendente dalle condizioni ambientali. La variabilità dipende esclusivamente da eventuali attività di installazione o disinstallazione degli apparati che, però, seguono logiche di pianificazione.

Sulla base della variabilità tipica riscontrata, con cadenza minima trimestrale, il consumo degli apparati TLC può essere prelevato dalle misure puntuali in uscita alle Stazioni di Energia mentre quello degli apparati ICT in uscita agli UPS

Cosa misurare in un sito TLC - Perdite Elettriche

Le perdite elettriche dei sistemi UPS/SE/Trasformatore MT-BT sono calcolabili sulla differenza tra potenza in ingresso e potenza in uscita. Il valore delle perdite è per definizione inversamente proporzionale al rendimento dei sistemi di conversione/continuità elettrica.

Poiché il valore di rendimento è indicato nella scheda tecnica dell'apparato, è possibile misurare indirettamente il valore delle perdite attraverso le misure della sola potenza in un uscita o della sola potenza in ingresso.

Nel caso della cabina MT/BT si può usare la potenza in ingresso utilizzando le misure al POD fornite dal distributore.

Nel caso di apparati UPS o SE si possono utilizzare i valori di potenza in uscita che sono disponibili sulla strumentazione a bordo dell'apparato e le tabelle di efficienza del fornitore.

Le perdite elettriche relative alla distribuzione(cavi, connessioni, interruttori, ecc.) solitamente si attestano tra 1% e 3% della potenza totale, per cui si può adottare il valore medio del 2%.

Cosa misurare in un sito TLC - Illuminazione

Nelle centrali e nei data center la presenza di personale è limitata e, di conseguenza, le ore di accensione delle luci dipendono dalla presenza di personale tecnico in sala per lo svolgimento di attività di manutenzione e/o di installazione. Per tale motivo l'incidenza dell'illuminazione nei consumi totali è inferiore al 5%.

Poiché i corpi illuminanti sono distribuiti in tutte le sale è molto difficile che siano alimentati da pochi punti di prelievo, ed inoltre, data la poca significatività dell'illuminazione sui consumi del sito, è economicamente svantaggioso installare sistemi di misura dedicati.

Di conseguenza è possibile stimarne il consumo attraverso la seguente formula:

$$\text{Consumo Illuminazione} = \sum_{1}^{n} \text{Potenza installata}_i * \text{ore accensione}_i$$

Dove per ogni sito oggetto di misura, si valuta la potenza di targa complessiva dei corpi illuminanti in kW e si moltiplica per le ore di accensione stimate, che solitamente si attestano tra 1000 e 3000 hh/anno.

Cosa misurare in un sito TLC - Condizionamento

Nelle centrali e nei data center il condizionamento è costituito da diverse apparecchiature posizionate in diversi punti delle sale.

Nel caso di centrali di medie dimensioni, il condizionamento utilizza macchine ad espansione diretta, mentre in centrali di grosse dimensioni o nei data center è di tipo idronico, cioè costituito da Chiller + CRAC.

La difficoltà di misurare il consumo del condizionamento è dovuta a:

1. Carichi variabili nel tempo (giorno/ notte, stagione, tipo di regolazione);
2. Numerosità dei punti di misura che afferiscono a più quadri.

Per misurare il consumo del condizionamento si possono usare le equazioni di bilancio energetico:

$$\text{Consumo}_{\text{totale sito}} = \text{Consumo}_{\text{Apparati}} + \text{Perdite}_{\text{Elettriche}} + \text{Consumo}_{\text{CDZ}} + \text{Consumo}_{\text{Lighting}}$$

$$\text{Consumo}_{\text{CDZ}} = \text{Consumo}_{\text{totale sito}} - \text{Consumo}_{\text{Apparati}} - \text{Perdite}_{\text{Elettriche}} - \text{Consumo}_{\text{Lighting}}$$

I termini a destra sono disponibili seguendo la prassi descritta nel presente documento e utilizzando questa equazione abbiamo la quantificazione del consumo del condizionamento.

Cosa misurare in un sito TLC - Conclusioni

Disponendo delle seguenti misure:

1. $Consumo_{totale\ sito}$
2. $Consumo_{Apparati}$
3. $Perdite_{Elettriche}$
4. $Consumo_{CDZ}$
5. $Consumo_{Lighting}$

è possibile calcolare i KPI del modello energetico:

$$PUE_{sito} = \frac{Consumo_{totale\ sito}}{Consumo_{Apparati}} \quad EER_{Sistema} = \frac{Carico\ termico_{totale\ sito}}{Consumo_{CDZ}}$$

Dove il carico termico, ipotizzando trascurabili le rientranze, è dato dalla formula:

$$Carico\ termico_{totale\ sito} = Consumo_{Apparati} + Perdite_{Elettriche} + Consumo_{Lighting}$$

Per quanto tempo misurare in un sito TLC

L'estensione temporale della misurazione deve essere commisurata alla rilevanza della grandezza misurata ed alla sua variabilità nel tempo. In sede di audit saranno motivate le scelte effettuate.

In particolare, potranno essere utilizzate misure istantanee, in una o più campagne di misura, laddove i costi di un sistema stabile di monitoraggio risultassero eccessivi rispetto alla significatività delle misure stesse da rilevare; la rappresentatività delle misure effettuate sarà, in ogni caso, giustificata in sede di audit.

Dove realizzare le misure

L'obiettivo delle misura è rappresentare

A tal fine, nell'individuazione dei siti da misurare, si utilizzerà il sistema della piramide rovesciata proposto da ENEA con 2 semplici accorgimenti:

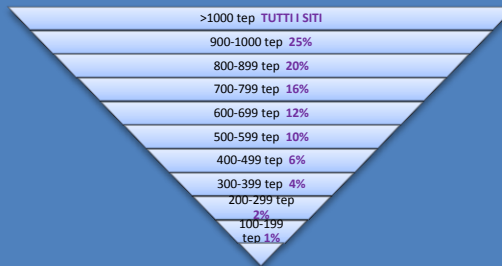
1. saranno oggetto di misura TUTTI i siti con consumo superiore ai 1000TEP;
2. Nelle fasce inferiori saranno preferiti i siti con il consumo maggiore.

In tal modo si avrà che, a fronte di un minor numero di siti misurati rispetto all'applicazione integrale del sistema di clusterizzazione indicato da ENEA, il consumo dei siti con misure è rappresentativo del consumo dell'azienda, e comunque superiore a quello che si sarebbe ottenuta con la clusterizzazione proposta da Enea

Criterio alternativo per la individuazione dei siti da misurare

Elenco siti da sottoporre a diagnosi

Applicazione ai siti sottoposti a diagnosi del metodo di clusterizzazione di ENEA



Scelta dei siti da sottoporre a misura secondo i seguenti criteri:

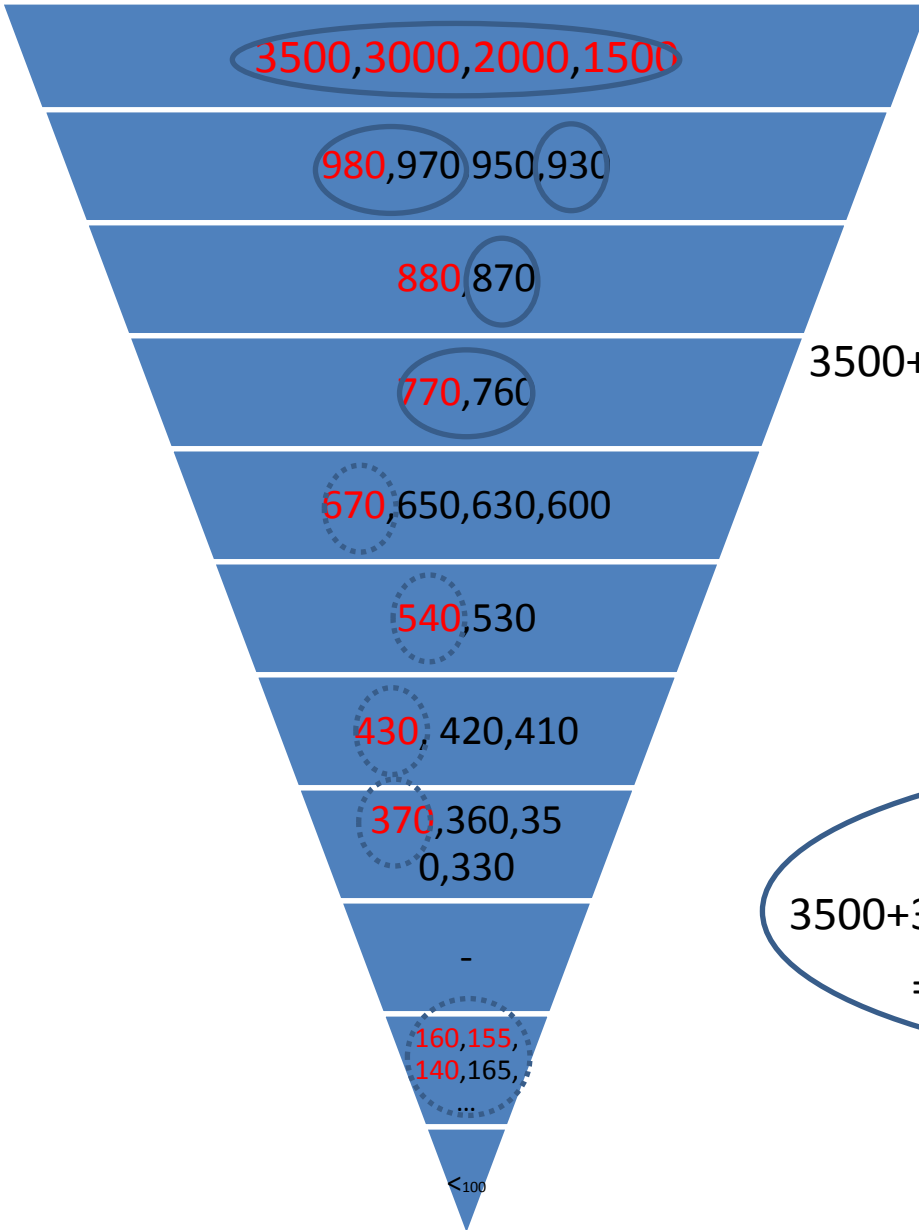
- tutti i siti con consumi > 1.000 TEP;
- per ogni fascia si identificano i siti con i consumi maggiori;

La somma dei consumi sottoposti a misura (TOT_TEP_TLC) è maggiore o uguale alla somma dei consumi risultanti dall'applicazione dell'algoritmo di ENEA: $TOT_TEP_TLC \geq TOT_TEP_ENEA$.

La flessibilità nella scelta dei siti da sottoporre a misura permette di concentrare le attività di misura sui siti con maggior consumo e, di conseguenza, con maggiore possibilità di risparmio energetico.

La proposta garantisce una rappresentatività dei consumi aziendali maggiore o uguale a quella richiesta dall'algoritmo di ENEA.

Quali siti misurare: Esempio



Algoritmo ENEA

$$\begin{aligned} &3500+3000+2000+1500+980+880+770+670+540+430 \\ &+370+160+155+140 \\ &= \mathbf{15095 \text{ TEP (14 sedi misurate)}} \end{aligned}$$



Criterio alternativo TLC:

$$\begin{aligned} &3500+3000+2000+1500+980+970+930+870+770+760 \\ &= \mathbf{15280 \text{ TEP (10 sedi misurate)}} \end{aligned}$$