



FEDERAZIONE NAZIONALE  
IMPRESSE ELETTROTECNICHE  
ED ELETTRONICHE



# CEI 64-8 PARTE 8-1: EFFICIENZA ENERGETICA DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

18 OTTOBRE 2022

Alberto Siani, Stefano Tomasina



# Cos'è l'Efficienza energetica?



Nell'industria, l'efficienza energetica è tipicamente definita dal rapporto tra gli output (prodotti) e gli input (energia utilizzata)

$$EE = \text{Energia} / \text{Prodotti}$$

**Inputs**

**Energia**

**Materiali**

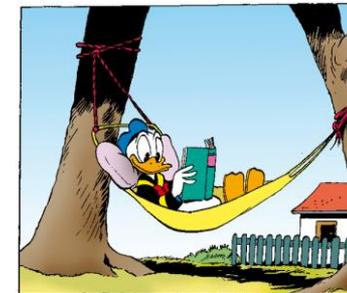


**Outputs**

**Prodotti**

**Rifiuti**

# Cos'è l'Efficienza energetica?



I servizi alle persone non sono misurabili o misurati  
La norma CEI 64-8/8-1 considera solo **l'energia elettrica**

## Energia fornita

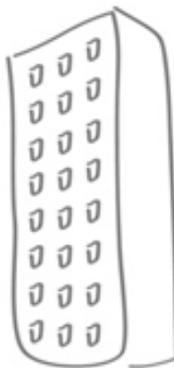
Electricità da rete

Gas

Combustibile

Electricità locale da fonte rinnovabile

## Presenza di persone



Indicatori di energia  
kWh di energia sul sito  
€ (Prezzo in "real time")

Indicatori di servizi  
° C, lux, dBA, CO<sub>2</sub>, CO, etc

## Servizi alle persone presenti

### Comfort fisico

- Temperatura/umidità (° C – RH%)
- Luce (lux)
- Rumore (dBA)
- Qualità dell'aria (CO<sub>2</sub>, CO, etc)
- Accessibilità

### Comfort psicologico

- Sicurezza delle persone
- Sicurezza dei locali
- Protezione
- Estetica
- Ergonomia

### Efficienza dell'attività

- Disponibilità
- Flessibilità
- Comunicazione
- Produttività
- Connettività

# Cos'è l'Efficienza energetica?

L'efficienza energetica a cui la CEI 64-8/8-1 fa riferimento, non può essere sintetizzata in un rapporto tra output (servizi forniti) e input (energia elettrica).

Il servizio fornito non è quantificabile.

Considerando che:

- gli edifici forniscono servizi che possono variare nel tempo e negli spazi
- la presenza delle persone può variare nel tempo e negli spazi
- la disponibilità dell'elettricità è limitata e il prezzo varia in funzione del tempo
- le misure di miglioramento dell'efficienza energetica dell'impianto elettrico sono basate su calcoli di «ritorno sull'investimento» (ROI)



**Approccio di sistema per ottimizzare  
l'efficienza dell'utilizzo dell'energia elettrica**



*Generale*

*Determinazione del profilo di carico (in kWh)*

*Minimizzare  
le perdite di energia  
nell'impianto elettrico*

*Ottimizzare la caduta di tensione  
all'interno dell'impianto*

*Usare l'energia:  
- al momento giusto  
- quando serve  
- al minor costo*

*Definire le maglie:  
circuiti ai fini dell'efficienza energetica*

*Ottimizzare l'uso di elettricità  
controllando l'impianto elettrico  
(sistema di gestione dell'EE e dei carichi)*

*Mantenere  
le prestazioni*

*Metodologia del ciclo di vita*

*Processo di valutazione*

Nuovi impianti

Impianti esistenti



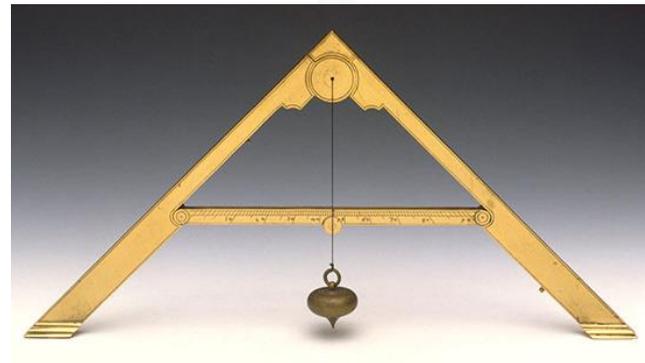
# Aspetti importanti del progetto

La progettazione di un impianto elettrico efficiente nella gestione dell'energia e dei relativi investimenti deve considerare:

- **profilo di carico** (energia attiva e passiva),
- disponibilità di **produzione locale e/o accumulo**,
- **riduzione di perdite di energia**
- **disposizione dei circuiti** riguardo all'efficienza energetica,
- **distribuzione nel tempo** dell'utilizzo della potenza da parte dell'utente,
- **struttura tariffaria** offerta dal fornitore di energia elettrica
- predisposizione di **misure per preservare la qualità del servizio e la prestazione dell'impianto elettrico**.
- Scelta e implementazione di sistemi di automazione per la gestione delle risorse energetiche

# Misure di efficienza passiva e attiva

- **Misure passive**
  - Posizionamento del trasformatore
  - Selezione del trasformatore
  - Qualità dell'alimentazione
  - Sezionamento dell'impianto: zone e maglie
- **Misure attive**
  - Controllo dei motori elettrici
  - Misurazione
  - Gestione dei carichi elettrici.





**Metodo del baricentro** = studio del layout finalizzato alla riduzione delle dissipazioni  
Significativo in presenza di **grossi carichi in posizione fissa**,  
tipicamente in ambiente industriale, commerciale, edifici residenziali di grandi dimensioni.

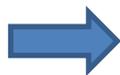
## Esempio

Consumi annui e posizionamento di:

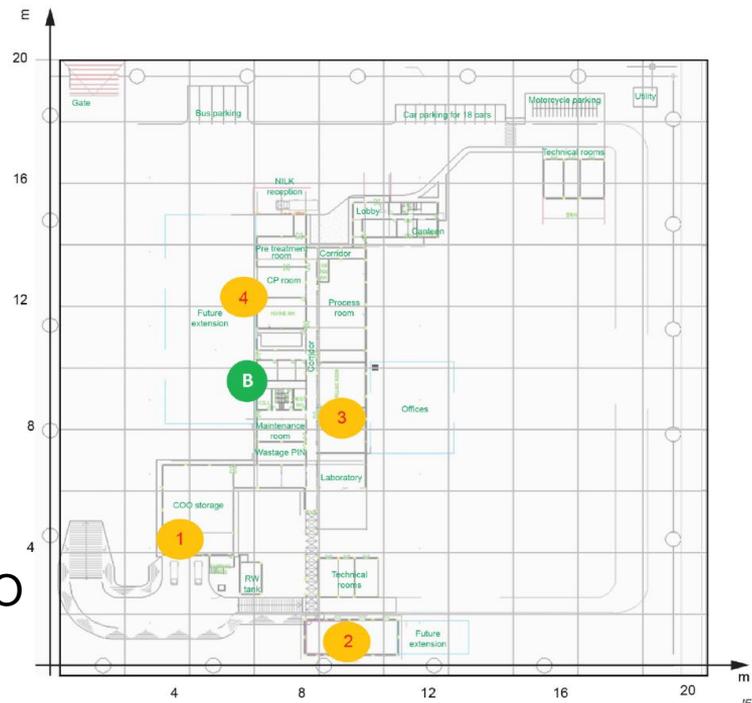
- (1) Magazzino: 120 kWh; pos (4,4)
- (2) Officina: 80 kWh; pos (9,1)
- (3) Uffici: 20 kWh; pos (9,8)
- (4) Produzione: 320 kWh; pos (6,12)



$$(x_b, y_b) = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (x_i, y_i) \cdot EAC_i}{\sum_{i=1}^{i=n} EAC_i}$$



(B) = Posizione TRAFO  
X<sub>b</sub>=6,11; Y<sub>b</sub>=8,44



# Posizionamento del trasformatore



$$l_{avg} = \frac{\sum_{i=0}^n l_i \times (EAC_i)^2}{\sum_{i=0}^n (EAC_i)^2}$$

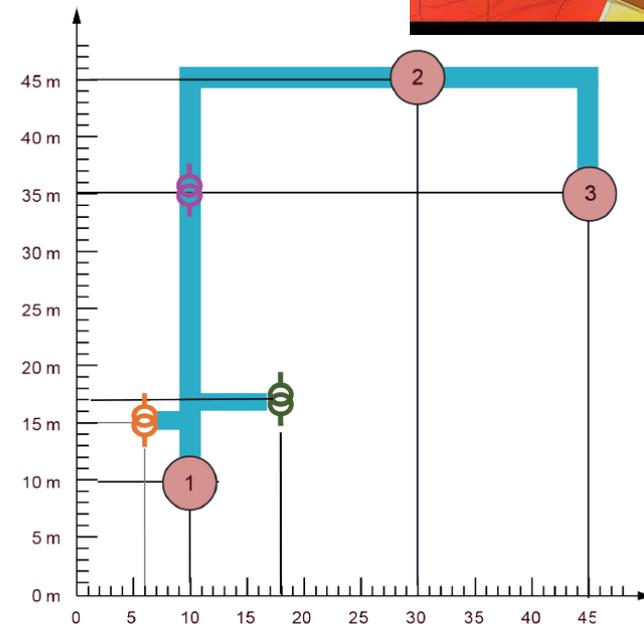
Minima lunghezza media percorso cavi

- V<sub>1</sub>: si alimentano tutti i quadri di distribuzione dalla posizione 1,
- V<sub>2</sub>: si alimentano tutti i quadri di distribuzione dalla posizione 2,
- V<sub>3</sub>: si alimentano tutti i quadri di distribuzione dalla posizione 3,
- V<sub>4</sub>: si alimenta DB 1 dalla posizione 1 e DB 2 e DB 3 dalla posizione 2.

Tabella A.1 – Lunghezza dei cavi per l'alimentazione di DB

	Lunghezza dei cavi per l'alimentazione di		
	DB 1	DB 2	DB 3
V <sub>1</sub>	9 m	79 m	54 m
V <sub>2</sub>	25 m	55 m	30 m
V <sub>3</sub>	15 m	79 m	54 m
V <sub>4</sub>	9 m	55 m	30 m

DB 1 (negozi): P = 120 kW; EAC = 485 000 kWh  
 DB 2 (spedizione): P = 80 kW; EAC = 116 000 kWh  
 DB 3 (ufficio): P = 20 kW; EAC = 45 000 kWh



Legenda



DB



Posizione 1



Posizione 2



Posizione 3

V1 → l<sub>avg</sub> = 13,12 m

V2 → l<sub>avg</sub> = 26,25 m

V3 → l<sub>avg</sub> = 18,75 m

V4 → l<sub>avg</sub> = 11,64 m



- Selezionare trasformatore in resina:
  - prestazioni ottimali a vuoto e a carico
  - Pay back in 3-4 anni in termini di risparmio energetico rapportato a trasformatori tradizionali
  - Temperatura di esercizio inferiore ai trasformatori tradizionali  $\leftrightarrow$  riduzione potenza ventilazione
- Punto di lavoro ottimale:
  - Perdite del ferro = Perdite del rame
  - Circa 70% della potenza nominale



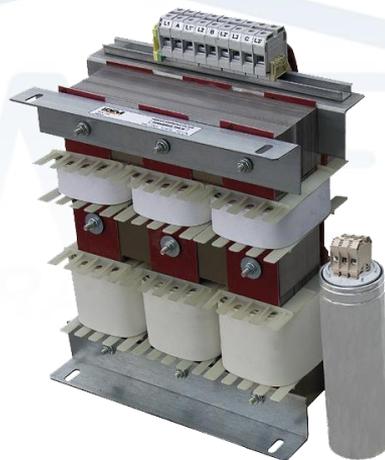


## Perdite nei cavi

- Dimensionamento ottimale delle sezioni in funzione della potenza distribuita
  - Massima caduta di tensione 64-8/5 parte 52
  - Scelta della sezione economica valutata in base al ciclo di vita dell'installazione.

## Qualità dell'alimentazione

- Armoniche\* → Filtro
- Fattore di potenza → Rifasamento



\*Effetti delle correnti armoniche:

- sovraccarico del conduttore
- misure errate in apparecchiature di misurazione
- surriscaldamento dei trasformatori e condensatori
- scatti irregolari di dispositivi di protezione
- guasti nelle apparecchiature



# Motori e comandi

L'efficienza energetica dipende da efficienza del motore e accoppiamento con un adeguato dispositivo di controllo velocità.

Rilevante per applicazioni a consumo intensivo: ventilatori, pompe, compressori

Norma IEC 60034-30-1 «Rotating electrical machines - Part 30-1: Efficiency classes of line operated AC motors (IE code)» definisce le classi di efficienza energetica dei motori elettrici.

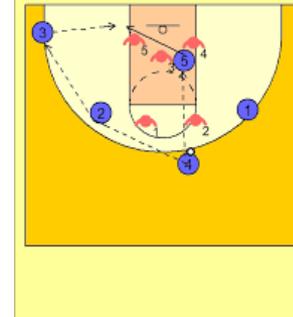
Aspetti da considerare:

- Riduzione del consumo di energia elettrica
- Ottimizzazione della potenza nominale
- Riduzione della corrente di spunto
- Riduzione rumore e vibrazioni
- Precisione nel controllo di velocità

Industria:

- 60% energia è consumata da motori
- 63% dell'energia consumata dai motori riguarda pompe e ventilatori

# Sezionamento: le zone



- Il sezionamento dell'impianto agevola la manutenzione ed è vantaggiosi ai fini dell'efficienza energetica.
- Si possono individuare delle **zone** che abbiano una specificità di utilizzazione
- Esempi di zone:
  - Un piano di un edificio
  - Una stanza in un appartamento
  - Una cucina in un hotel
- Si devono identificare gli utilizzi all'interno delle zone (es. HVAC, illuminazione, motori)

# Sezionamento: le maglie



- **Maglia: uno o più circuiti che possano avere un'omogeneità funzionale ai fini dell'efficienza energetica.** Tale aggregazione è in parte logica e in parte geometrica.
- Una maglia può appartenere ad una o più zone.
- Una maglia determina uno o più utilizzi in una o più zone.
- Le maglie premettono di gestire il distacco selettivo di carichi senza penalizzare il servizio richiesto.

## Esempio – Corpi illuminanti

maglia#1 :area finestre

maglia#2: area parete



Si possono spegnere o dimmerare le luci in maglia#1 per sfruttare la luce naturale

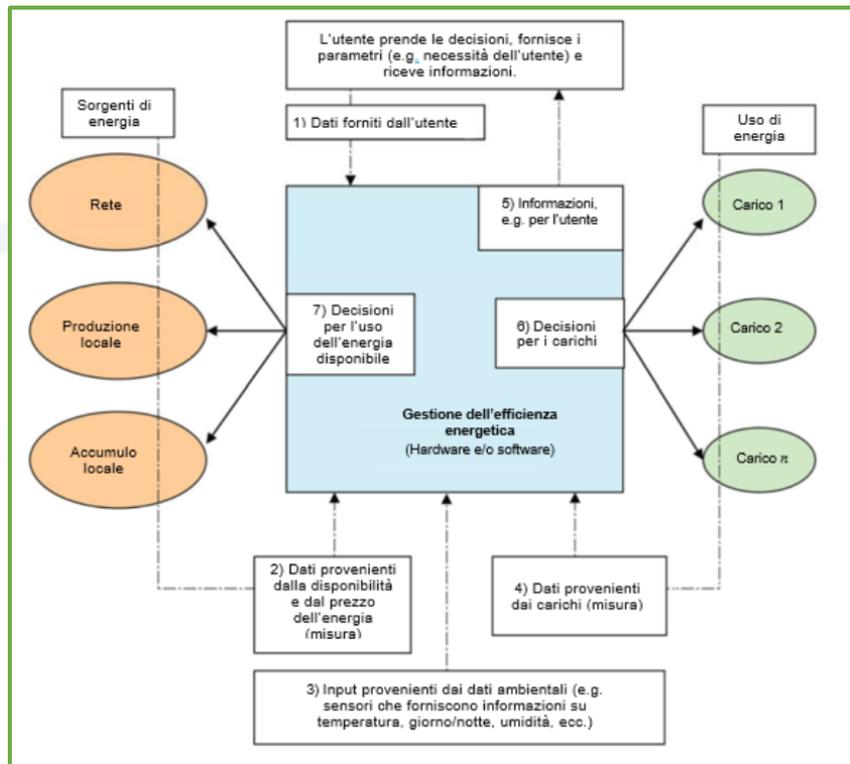
I quadri di distribuzione devono essere progettati in modo da separare i circuiti che alimentano ciascuna zona o ciascuna maglia.

# Sistema di gestione dell'energia elettrica e dei carichi



# Sistema di gestione dell'energia elettrica e dei carichi

Controlla l'utilizzo dell'energia consumata, tenendo conto dei carichi, di produzione e accumulo locali in funzione delle esigenze dell'utente



# Sistema di gestione dell'energia elettrica e dei carichi

Funzioni :

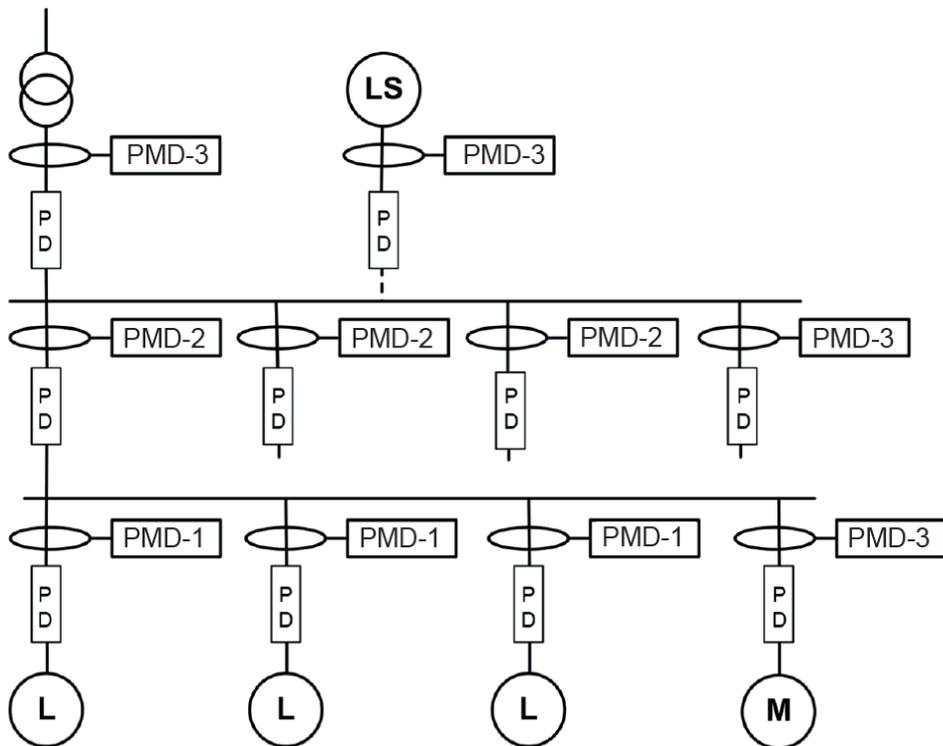
- Acquisizione dati di:
  - misurazione
  - Meteo
  - Presenza
  - Luminosità
- Gestione dei carichi:
  - Priorità
  - Potenza istantanea e fabbisogno di potenza
  - Veicolo elettrico

Controllabile:

- Localmente
- Da remoto



# Misura dei consumi



# Monitoraggio e miglioramento delle prestazioni

- La realizzazione delle misure di efficienza energetica elettrica, attive e passive, richiede un approccio integrato all'impianto elettrico poiché l'ottimizzazione del consumo di energia elettrica richiede la considerazione di **tutti i modi di funzionamento dell'impianto**.
- La **misura, l'ottimizzazione e il monitoraggio** svolgono un ruolo importante ai fini dell'efficienza dell'energia elettrica

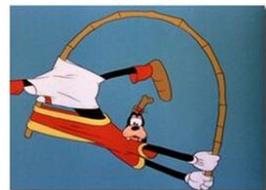


# Ciclo dell'efficienza energetica



**Misurare**

- Diagnosi energetiche
- Misurazione



**Monitorare ed analizzare**

- SGE
- Servizi di monitoraggio
- Servizi di consulenza

- ↓
- Risparmio 2 – 10 %



**Sistemare i fondamentali**

- Apparecchi efficienti
  - Affidabilità energia
  - Qualità energia
- ↓
- Risparmio: 10 – 15 %



**Automatizzare**

- Building management
  - Power management
  - Motor control
  - Lighting control
- • Risparmio: 5 – 15 %



# Efficienza energetica degli impianti elettrici

## Settori di attività

Per l'approccio all'efficienza energetica elettrica, si definiscono **quattro settori**, ciascuno con caratteristiche particolari che richiedono una metodologia specifica di realizzazione dell'efficienza energetica:

- impianti per uso residenziale;
- impianti per uso commerciale;
- impianti per uso industriale;
- impianti per le infrastrutture.

Questo tipo di classificazione in settori di attività consente, tra le altre cose, il **confronto tra impianti simili**.



# Determinazione della classe di efficienza energetica

La Parte 8-1 fornisce un metodo per valutare la Efficienza Energetica dell'impianto elettrico basato sul livello di realizzazione delle misure di efficienza energetica descritte dalla norma per:

- Impianto iniziale
- Gestione dell'energia
- Mantenimento delle prestazioni
- Misura dell'energia
- Bonus (rappresentati dalla presenza di fonti locali di energia rinnovabile e da sistemi di accumulo)

Per ciascun parametro, si contabilizzano punti che dipendono dal livello di recepimento e realizzazione delle misure previste



## Classi di efficienza dell'impianto elettrico

Classi di efficienza dell'impianto elettrico	Punteggio totale			
	Per ambienti residenziali	Per ambienti industriali	Per ambienti commerciali	Per ambienti per infrastrutture
Classe EE0	da 0 a 14	da 0 a 19	da 0 a 18	da 0 a 18
Classe EE1	da 15 a 30	da 20 a 38	da 19 a 36	da 19 a 36
Classe EE2	da 31 a 49	da 39 a 63	da 37 a 60	da 37 a 59
Classe EE3	da 50 a 69	da 64 a 88	da 61 a 84	da 60 a 83
Classe EE4	da 70 a 89	da 89 a 113	da 85 a 108	da 84 a 106
Classe EE5	90 o più	114 o più	109 o più	107 o più



### Determinazione della classe di efficienza di un impianto elettrico

Nell'Allegato B della Parte 8-1 della norma, la classe di efficienza di un impianto elettrico viene **determinata sommando insieme tutti i punti ottenuti dalle tabelle corrispondenti**, per ciascun parametro indicato:

- per gli impianti industriali commerciali e le infrastrutture, oppure
- per gli ambienti residenziali

Se un parametro non è valutato, ad esso vengono assegnati 0 punti.

Il punteggio totale ottenuto viene quindi confrontato con quello indicato nella **tabella a fianco**, per determinare la classe di efficienza dell'impianto elettrico



Tabella B.2 – Misure dell'efficienza energetica

Parametro	Titolo	Vedi
<b>Installazione iniziale</b>		
II01	Determinazione del consumo di energia	B.3.2.2.1
II02	Consumo e posizione della cabina principale	B.3.2.2.2
II03	Caduta di tensione	B.3.2.2.3
II04	Efficienza del o dei trasformatori	B.3.2.2.4
II05	Efficienza degli apparecchi utilizzatori	B.3.2.2.5
<b>Gestione dell'energia</b>		
EM01	Zone	B.3.2.3.1
EM02	Utilizzi	B.3.2.3.2
EM03	Risposta alla domanda	B.3.2.3.3
EM04	Maglie	B.3.2.3.4
EM05	Misure per utilizzo	B.3.2.3.5
EM06	Rilevazione di presenza di persone per zona/locale	A.1.1.1.1
EM07	Implementazione di un sistema di gestione dell'energia	B.3.2.3.7
EM08	Comando HVAC	B.3.2.3.8
EM09	Comando di illuminazione	B.3.2.3.9
<b>Mantenimento delle prestazioni</b>		
MA01	Implementazione di una metodologia basata sul ciclo di vita	B.3.2.4.1
MA02	Frequenza delle procedure di verifica delle prestazioni	B.3.2.4.2
MA03	Gestione dei dati	A.1.1.1.1
MA04	Prestazione del o degli eventuali trasformatori	B.3.2.4.4
MA05	Presenza del monitoraggio continuo nel caso di sistemi che utilizzano grandi quantità di energia	B.3.2.4.5
<b>Monitoraggio dell'energia</b>		
PM01	Fattore di potenza	B.3.2.5.1
PM02	Distorsione armonica totale	B.3.2.5.2
<b>Bonus</b>		
BS01	Sorgente di energia rinnovabile	B.3.2.6.2
BS02	Accumulo di energia elettrica	B.3.2.6.3



II 01

$$K_1 = \frac{a \times 100}{b}$$

dove

- $a$  è il consumo di energia dei carichi su base annuale, misurato all'origine della maglia di appartenenza o a valle di questa;
- $b$  è il consumo energetico annuo dell'impianto.

I punti assegnati al parametro II01 sono determinati sulla base del calcolo di  $K_1$  e della classificazione indicata nella Tabella B.3:



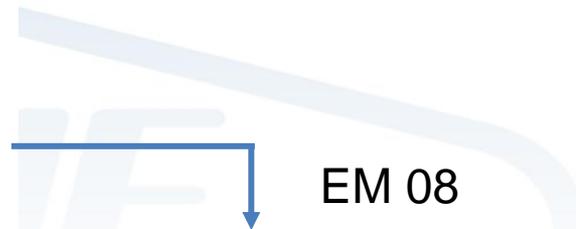
II 01

$K_1$	Punti per gli edifici ad uso industriale	Punti per gli edifici ad uso commerciale	Punti per gli edifici ad uso di infrastrutture
< 50 %	0	0	0
≥ 50 % e < 65 %	1	1	1
≥ 65 % e < 75 %	2	2	2
≥ 75 % e < 83 %	4	4	4
≥ 83 % e < 90 %	6	5	6
≥ 90 %	7	6	7



Tabella B.30 – Parametri di misurazione dell'efficienza energetica

Parametro	Titolo	Vedi
<b>Impianto iniziale</b>		
II01	Determinazione del consumo di energia	B.3.3.2
<b>Gestione dell'energia</b>		
EM01	Zone	
EM03	Risposta alla domanda	B.3.3.3
EM04	Maglie	B.3.3.4
EM08	Comando HVAC	B.3.3.5
EM09	Comando dell'illuminazione	B.3.3.6
EM05	Misura per utilizzo	B.3.3.7
<b>Bonus</b>		
BS01	Energia rinnovabile	B.3.3.8.2
BS02	Accumulo di energia elettrica	A.1.1.1.1



EM 08

Tipo di comando HVAC	Punti
Nessuna considerazione	0
Comando della temperatura	6
Comando della temperatura a livello di locale	12
Comando del tempo e della temperatura a livello di locale	18

EM 09

% del consumo dovuto all'illuminazione comandata automaticamente	Punti
< 10 %	0
≥ 10 % e < 50 %	2
≥ 50 %	6

# Correlazione tra classi energetiche



Automazione luci  
Rinnovabili  
Controllo carichi

APE – CLASSE ENERGETICA  
Involucro, fonti energetiche, impianti

EE Impianto elettrico  
CEI 64-8/8-1

EN ISO 52120-1\*  
(ex EN 15232-1)

\*EN ISO 52120-1  
Energy performance of buildings –  
Contribution of building automation,  
controls and building management –  
Part 1: General framework  
and procedures

CLASSI A,B  
52120-1

# Una villetta efficiente 1/4



## Una villetta efficiente 2/4



### Il progetto:

- Fornitura: 15 kW trifase
- Sistema di generazione termica: pompa di calore e sistema geotermico
- Sistema di emissione termica:
  - pannelli radianti a pavimento
  - Fancoil per deumidificazione ed eventuale integrazione termica ad aria
- Sistema domotico integrato e gestito via app che include:
  - Controllo luci con (gestione a 3 maglie indipendenti per la parte esterna)
  - Controllo carichi e misura
  - Controllo termoregolazione a zone
  - Controllo antifurto
  - Controllo accessi con videocitofonia e telecamere perimetrali
  - Sistema fotovoltaico 6 kWp
  - Sistema di accumulo 10 kW
  - Sistema di ricarica veicoli elettrici a potenza modulabile (max 22 kW)

# Una villetta efficiente 3/4

Inverter per  
fotovoltaico e  
accumulo

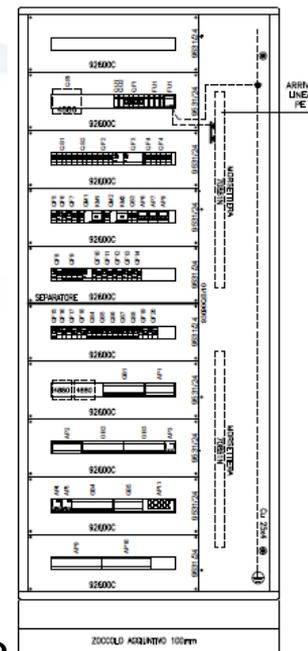
Quadro elettrico  
generale

Quadro elettrico  
secondario

Colonnina di  
ricarica

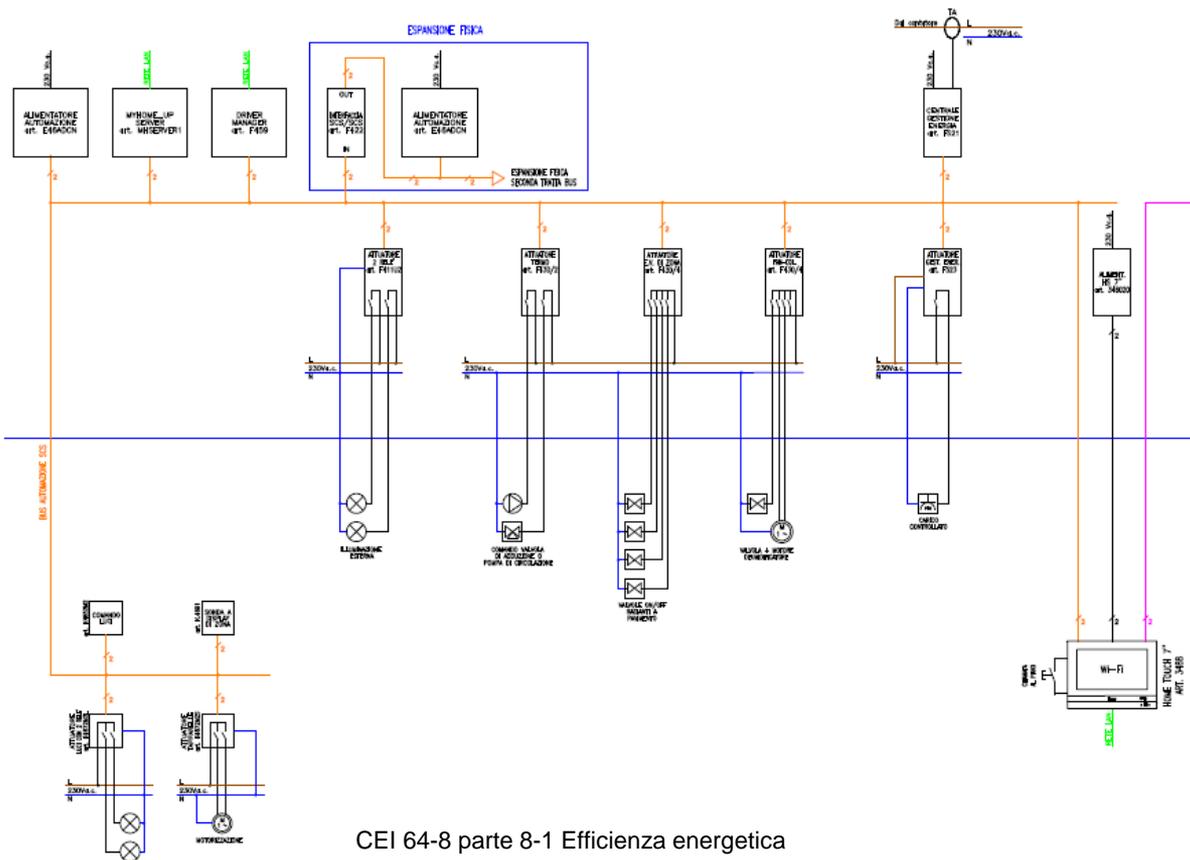


Il baricentro elettrico:  
ottimizzazione delle lunghezze  
delle linee ad alta corrente



3

# Una villetta efficiente 4/4



Lo schema a blocchi funzionale:

- Controllo luci
- Controllo termico a zone
- Misura e gestione carichi



Tutte le misure sono implementate: si valuti l'impatto di ciascuna

Parametro	Titolo	Vedi	
<b>Impianto iniziale</b>			
II01	Determinazione del consumo di energia	B.3.3.2	X
<b>Gestione dell'energia</b>			
EM01	Zone		X
EM03	Risposta alla domanda	B.3.3.3	X
EM04	Maglie	B.3.3.4	X
EM08	Comando HVAC	B.3.3.5	X
EM09	Comando dell'illuminazione	B.3.3.6	X
EM05	Misura per utilizzo	B.3.3.7	X
<b>Bonus</b>			
BS01	Energia rinnovabile	B.3.3.8.2	X
BS02	Accumulo di energia elettrica	A.1.1.1.1	X

# Valutazione 2/2



## Misura consumo energia

$K_1$	Punti
< 40 %	0
≥ 40 % e < 50 %	2
≥ 50 % e < 60 %	6
≥ 60 % e < 80 %	10
≥ 80 % e < 90 %	16
≥ 90 %	20

## Zone

$K_z$	Punti
< 40 %	0
≥ 40 % e < 60 %	1
≥ 60 % e < 80 %	2
≥ 80 %	3

## Controllo della domanda

$R_D$	Punti
< 10 %	0
≥ 10 % e < 50 %	4
≥ 50 % e < 80 %	10
≥ 80 %	16

## Misura per utilizzo

Numero di utilizzi misurati	Punti
0	0
≥ 1 e < 2	4
≥ 2 e < 3	10
≥ 3 e < 4	16
≥ 4	20

Numero di criteri considerati per determinare le maglie	Punti
0 o se si considera un numero inferiore all'80 % dei circuiti <sup>a</sup>	0
1	2
2	5
3	10
4	15
Oltre i 4	20

Tipo di comando HVAC	Punti
Nessuna considerazione	0
Comando della temperatura	6
Comando della temperatura a livello di locale	12
Comando del tempo e della temperatura a livello di locale	18

% del consumo dovuto all'illuminazione comandata automaticamente	Punti
< 10 %	0
≥ 10 % e < 50 %	2
≥ 50 %	6

## Rinnovabili

$R_{PRE}$	Punti
< 5 %	0
≥ 5 % e < 30 %	2
≥ 30 % e < 60 %	3
≥ 60 % e < 80 %	4
≥ 80 %	6

## Accumulo

$R_{PES}$	Punti
< 5 %	0
≥ 5 % e < 15 %	1
≥ 15 % e < 30 %	2
≥ 30 %	3

**Punti: 56 → Classe:EE3**

# Conclusioni

- L'impianto elettrico contribuisce all'efficienza energetica dell'edificio:
- Misure attive e passive possono essere implementate
- Misure passive: progetto distribuzione, sezionamento, selezione componenti efficienti
- Misure attive: misura e controllo
- La norma CEI 64-8/8-1 definisce una classificazione degli impianti basata sulle prestazioni energetiche stimate
- La scheda ANIE iz 81 è un utile strumento per l'applicazione pratica della norma, ed è disponibile online: [Schede Capitolato - Federazione ANIE](#);
- Esaminato un esempio di villetta in classe EE3

