

ALLEGATO

**Allegato Decreto “Certificati Bianchi 2013-2016”****Indice**

<b>Scheda tecnica n. 30E – Installazione di motori elettrici a più alta efficienza. ....</b>	.....
Allegato alla scheda tecnica n. 30E: procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria.....	.....
<b>Scheda tecnica n. 31E – Installazione di sistemi elettronici di regolazione della frequenza (inverter) in motori elettrici operanti su sistemi per la produzione di aria compressa con potenza superiore o uguale a 11 kW. ....</b>	.....
Allegato alla scheda tecnica n. 31E: procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria.....	.....
<b>Scheda tecnica n. 32E – Installazione di sistemi elettronici di regolazione di frequenza (inverter) in motori elettrici operanti sui sistemi di ventilazione. ....</b>	.....
Allegato alla scheda tecnica n. 32E: procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria.....	.....
<b>Scheda tecnica n. 33E - Rifasamento di motori elettrici di tipo distribuito presso la localizzazione delle utenze.</b>	.....
Allegato alla scheda tecnica n. 33E: procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria.....	.....
<b>Scheda tecnica n. 34E – Riqualficazione termodinamica del vapore acqueo attraverso la ricompressione meccanica (RMV) nella concentrazione di soluzioni. ....</b>	.....
Allegato alla scheda tecnica n. 34E: procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria.....	.....
<b>Scheda tecnica n. 35E - Installazione di refrigeratori condensati ad aria e ad acqua per applicazioni in ambito industriale. ....</b>	.....
Allegato alla scheda tecnica n. 35E: procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria.....	.....
<b>Scheda tecnica n. 36E - Installazione di gruppi di continuità statici ad alta efficienza (UPS).....</b>	.....
Allegato alla scheda tecnica n. 36E: procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria.....	.....
<b>Scheda tecnica n. 37E - Nuova installazione di impianto di riscaldamento unifamiliare alimentato a biomassa legnosa di potenza <math>\leq 35</math> kW termici.....</b>	.....
Allegato alla scheda tecnica n. 37E: procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria.....	.....
<b>Scheda tecnica n. 38E - Installazione di sistema di automazione e controllo del riscaldamento negli edifici residenziali (Building Automation and Control System, BACS) secondo la norma UNI EN 15232 .....</b>	.....
Allegato alla scheda tecnica n. 38E: procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria.....	.....
<b>Scheda tecnica n. 39E - Installazione di schermi termici interni per l’isolamento termico del sistema serra.....</b>	.....
Allegato alla scheda tecnica n. 39E: procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria.....	.....
<b>Scheda tecnica n. 40E - Installazione di impianto di riscaldamento alimentato a biomassa legnosa nel settore della serraicoltura .....</b>	.....
Allegato alla scheda tecnica n. 40E: procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria.....	.....
<b>Scheda tecnica n. 41E - Utilizzo di biometano (BM) nei trasporti pubblici in sostituzione del metano (GN).....</b>	.....
Allegato alla scheda tecnica n. 41E: procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria.....	.....
<b>Scheda tecnica n. 42E – Diffusione di autovetture a trazione elettrica per il trasporto privato di passeggeri.....</b>	.....
Allegato alla scheda tecnica n. 42E: procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria.....	.....
<b>Scheda tecnica n. 43E – Diffusione di autovetture a trazione ibrida termo-elettrica per il trasporto privato di passeggeri.....</b>	.....
Allegato alla scheda tecnica n. 43E: procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria.....	.....
<b>Scheda tecnica n. 44E – Diffusione di autovetture alimentate a metano, per il trasporto di passeggeri.....</b>	.....
Allegato alla scheda tecnica n. 44E: procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria.....	.....



**Scheda tecnica n. 46E – Pubblica illuminazione a led in zone pedonali: sistemi basati su tecnologia a led in luogo di sistemi preesistenti con lampade a vapori di mercurio.....**

Allegato alla scheda tecnica n. 46E: procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria .....

**Scheda tecnica n. 47E - Sostituzione di frigoriferi, frigocongelatori, congelatori, lavabiancheria, lavastoviglie con prodotti analoghi a più alta efficienza.....**



## Scheda tecnica n. 30E – Installazione di motori elettrici a più alta efficienza.

### 1. ELEMENTI PRINCIPALI

#### 1.1 Descrizione dell'intervento

Categoria di intervento <sup>1</sup> :	IND-E) Processi industriali: sistemi di azionamento efficienti (motori, inverter, ecc.), automazione e interventi di rifasamento
Vita Utile <sup>2</sup> :	U = 5 anni
Vita Tecnica <sup>2</sup> :	T = 15 anni
Settore di intervento:	Industria
Tipo di utilizzo:	Riduzione dei consumi elettrici in applicazioni industriali della forza elettromotrice
<b>Condizioni di applicabilità della procedura</b>	
La presente procedura si applica all'installazione di motori elettrici di classe di efficienza IE3, a 2, 4 o 6 poli, in conformità con la norma CEI EN 60034-30.	
Con riferimento al Regolamento della Commissione N. 640/2009 la presente procedura perderà di validità alla data del 1-1-2015 per motori di potenze comprese fra 7,5 kW e 375 kW e dalla data del 1-1-2017 per i motori di potenza inferiore a 7,5 kW.	
La presente scheda annulla e sostituisce la scheda tecnica n. 11 T	

#### 1.2 Calcolo del risparmio di energia primaria

Metodo di valutazione <sup>3</sup> :	Valutazione standardizzata
Unità fisica di riferimento (UFR) <sup>2</sup>	1 kW di potenza di targa del motore installato
<b>Risparmio Specifico Lordo (RSL) di energia primaria (tep/anno/kW)</b> conseguibile per singola unità fisica di riferimento; si ricava dalla tabella sottostante in funzione della potenza di targa P del motore (espressa in kW)	
<b>Risparmio lordo (RL) di energia primaria</b> conseguibile per ogni motore sostituito	
$RL = RSL \cdot N_{UFR}$ (tep/anno/motore)	

Potenza motore sostituito (kW)	RSL (tep/anno/kW)			
	Tipologia attività			
	1 turno di lavoro	2 turni di lavoro	3 turni di lavoro	stagionale
0,75 <= P <= 1,1	0.0111	0.0221	0.0425	0.0119
1,1 < P <= 2,2	0.0092	0.0184	0.0354	0.0099
2,2 < P <= 4	0.0073	0.0146	0.0281	0.0079
4 < P <= 7,5	0.0059	0.0119	0.0228	0.0064
7,5 < P <= 15	0.0050	0.0101	0.0194	0.0054
15 < P <= 30	0.0042	0.0084	0.0162	0.0046
30 < P <= 55	0.0035	0.0070	0.0134	0.0038
55 < P <= 375	0.0028	0.0055	0.0106	0.0030

Dove la tipologia di attività viene così definita:

*1 turno.* attività che si svolgono otto ore al giorno per cinque o sei giorni la settimana corrispondenti, considerate le fermate programmate, ad un numero di ore anno compreso tra 1760 e 2200.

*2 turni.* attività che si svolgono in due turni giornalieri di otto ore ciascuno per cinque o sei



<i>3 turni.</i>	giorni la settimana, corrispondenti ad un numero di ore anno compreso tra 3520 e 4400. attività che si svolgono in tre turni giornalieri di otto ore ciascuno per sette giorni la settimana (non essendoci normalmente l'interruzione della domenica) corrispondenti ad un numero di ore anno pari a 7680.
<i>Stagionale.</i>	attività che si svolgono per un periodo di tre mesi di lavoro continuato, per un numero di ore di lavoro giornaliero pari a 24, corrispondenti ad un numero di ore anno pari a 2160
Coefficiente di addizionalità <sup>2</sup> :	$a = 100\%$
Coefficiente di durabilità <sup>2</sup> :	$\tau = 2,65$
Quote dei risparmi di energia primaria [tep/a] <sup>2</sup> :	
<b>Risparmio netto contestuale (RNc)</b>	$RNc = a \cdot RSL \cdot N_{UFR}$
<b>Risparmio netto anticipato (RNa)</b>	$RNa = (\tau - 1) \cdot RNc$
<b>Risparmio netto integrale (RNI)</b>	$RNI = RNc + RNa = \tau \cdot RNc$
Titoli di Efficienza Energetica riconosciuti all'intervento <sup>4</sup> : Tipo I	

## 2. NORME TECNICHE DA RISPETTARE

- [1] Articolo 6 decreti ministeriali 20 luglio 2004.  
 [2] Ogni nuovo motore deve avere la marcatura indicante l'appartenenza alla classe di efficienza IE3, secondo la norma tecnica CEI EN 60034-30 dell'ottobre 2009.  
 [3] Il livello di efficienza minima richiesta ai motori elettrici immessi sul mercato deve essere conforme al Regolamento della Commissione N. 640/2009.

## 3. DOCUMENTAZIONE DA CONSERVARE<sup>5</sup>

Nome, indirizzo e recapito telefonico di ogni cliente partecipante.

Note:

- 1 Tra quelle elencate nella Tabella 2 dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
- 2 Di cui all'articolo 1, comma 1, dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
- 3 Di cui all'articolo 3 della deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
- 4 Di cui all'articolo 17 della deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
- 5 Eventualmente in aggiunta a quella specificata all'articolo 14, comma 3, dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.



## Allegato alla scheda tecnica n. 30E: procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria

### Introduzione

La scheda tecnica standard n. 11 “Installazione di motori a più alta efficienza” [1], è uno strumento impiegato dall’Autorità per l’Energia Elettrica ed il Gas per calcolare il risparmio di energia dovuto all’installazione di motori elettrici ad alta efficienza in luogo di motori a minor efficienza.

L’emissione del Regolamento della Commissione N. 640/2009 del luglio 2009 e della norma tecnica CEI EN 60034-30 dell’ottobre 2009, hanno modificato sensibilmente i valori di riferimento (*baseline*) per i motori elettrici, elevando i livelli di efficienza minimi dei nuovi motori immessi sul mercato dell’Unione, ed ampliando il parco dei motori interessati dalle norme. Di conseguenza, risulta necessario adeguare alla nuova normativa la scheda tecnica standard attualmente impiegata per l’erogazione dei Titoli di Efficienza Energetica.

Per la stesura della presente proposta di nuova scheda tecnica standard sono state conservate tutte le considerazioni di natura elettrotecnica e le ipotesi di calcolo alla base della scheda tecnica n. 11, aggiornando le classi di rendimento secondo la CEI EN 60034-30, e i limiti minimi di efficienza secondo il Regolamento 640/2009. La tabella proposta è stata infine semplificata per quanto riguarda il numero di poli e le classi di potenza secondo lo stesso principio seguito nella vecchia scheda.

### Il nuovo quadro normativo di riferimento

Il Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) ha emesso, nell’ottobre 2009, la norma tecnica CEI EN 60034-30 “Classi di rendimento dei motori asincroni trifase con rotore a gabbia ad una sola velocità (Codice IE)” [2]. Tale norma, recependo l’omologa norma europea EN 60034-30, definisce delle nuove classi di efficienza per i motori elettrici (IE1, IE2 ed IE3), stabilendone il rendimento minimo al variare della potenza e del numero di poli. Si noti che tale norma estende<sup>1</sup> notevolmente la portata della standardizzazione rispetto alla precedente classificazione CEMEP, interessando ora motori di potenze variabili fra 0,75 kW a 375 kW, e con configurazioni polari di 2, 4 o 6 poli.

L’Unione Europea ha approvato, il 22 luglio 2009, il Regolamento<sup>2</sup> della Commissione N. 640/2009 “recante modalità di applicazione della direttiva 2005/32/CE del Parlamento europeo e del Consiglio in merito alle specifiche per la progettazione ecocompatibile dei motori elettrici” [3]. Il Regolamento fa riferimento alle classi di efficienza IE definite dalla EN 60034-30, e riguarda i motori asincroni trifase a gabbia di scoiattolo con le seguenti caratteristiche tecniche<sup>3</sup>:

- senza variatori di velocità;
- frequenza di lavoro pari a 50 o 60 Hz;
- tensione nominale massima di 1000 V;
- 2, 4 o 6 poli;
- Potenza nominale compresa tra 0,75 kW e 375 kW.

Tale vincolo riguarda tutti i motori elettrici immessi in commercio, anche se integrati in altri prodotti, a meno che l’integrazione non sia tale da impedire di testarne le prestazioni energetiche in modo autonomo. Motori progettati espressamente per funzionamenti particolari (es. completamente immersi in un liquido, per temperature dell’aria superiori a 40 °C etc., sono esclusi (cfr. Art. 1 del Regolamento).

<sup>1</sup> La superata classificazione CEMEP del 1999 (eff1, eff2 ed eff3) interessava macchine di potenze tra 1,1 kW e 90 kW, con 2 e 4 poli.

<sup>2</sup> Il Regolamento è un atto normativo europeo direttamente applicabile e valido in tutti gli Stati Membri, senza necessità di recepimento dalla legge nazionale.

<sup>3</sup> Le caratteristiche sono considerate per un funzionamento continuo.



Tale Regolamento impone dei requisiti minimi di efficienza per i motori immessi in commercio su tutto il territorio dell'Unione: a partire dal 16 giugno 2011 il livello minimo di efficienza deve essere almeno pari a quello della classe IE2. Inoltre, il Regolamento definisce la classe IE3 come "la migliore tecnologia disponibile sul mercato".

Tali imposizioni di legge innalzano la *baseline* cui fanno attualmente riferimento i calcoli della Scheda tecnica standard n. 11, che deve di conseguenza essere aggiornata.

Si noti infine che il Regolamento 640/2009 richiede un'efficienza minima crescente nel tempo; questo pone implicitamente anche dei limiti di validità alla scheda tecnica proposta nel presente documento. Infatti, a partire dal 1-1-2015, il Regolamento impone ai motori di potenza compresa tra 7,5 kW e 375 kW, un livello minimo di efficienza che da IE2 passi a IE3 (la massima oggi possibile), oppure classe IE2 con variatori di velocità. Questo farebbe quindi decadere la validità della presente scheda per i motori compresi in tale intervallo di potenza, alla data del 1-1-2015.

La presente scheda tecnica rimarrebbe invece valida per i motori di potenza inferiore ai 7,5 kW fino alla data del 31-12-2016. A partire dal 1-1-2017, infatti, il Regolamento impone come minimo la classe di efficienza IE3 (oppure IE2 con inverter) per tutti i motori, quindi la scheda perderebbe di significato anche per questi ultimi.

### Calcolo del Risparmio energetico

Come illustrato nel paragrafo precedente, dalla data del 16 giugno 2011 vi sono solo due classi di rendimento possibili per i motori elettrici trifase a bassa tensione: la classe di rendimento minimo IE2 e la classe di rendimento massimo IE3.

Il risparmio energetico annuale R, conseguibile dall'installazione di un motore ad alta efficienza IE3 al posto di un motore con efficienza minima IE2, può quindi essere determinato attraverso la seguente formula:

$$R = P \cdot C_c \cdot h \cdot C_u \cdot (1/\eta_{IE2} - 1/\eta_{IE3}) \quad (1)$$

Dove:

R: risparmio annuo di energia elettrica (kWh);

P: potenza di targa del motore (kW);

$C_c$ : coefficiente di carico del motore, cioè la percentuale rispetto al pieno carico alla quale lavora il motore;

h: numero di ore annuo dell'attività produttiva a cui si fa riferimento (h/a);

$C_u$ : coefficiente di utilizzo del motore, cioè la percentuale di ore di lavoro dello stabilimento per cui il motore viene impiegato;

$\eta_{IE2}$ : rendimento di un motore con livello di efficienza (minima) IE2;

$\eta_{IE3}$ : rendimento di un motore con livello di efficienza (massima) IE3.

Per semplificare la notazione grafica, è possibile rappresentare la differenza  $(1/\eta_{IE2} - 1/\eta_{IE3})$  con un parametro CR, il Coefficiente di Risparmio derivante dalla sostituzione di un motore IE2 (normale) con un motore IE3, a maggior efficienza. Con tale notazione la formula (1) diventa:

$$R = P \cdot C_c \cdot h \cdot C_u \cdot C \quad (2)$$

Allo scopo di proporre una scheda standard semplificata per il calcolo del risparmio energetico R, è possibile quantizzare i parametri delle formule (1) e (2) sopra indicate. Il risultato sarà una scheda standard che fornisce dei valori approssimati, ma calcolabili in modo omogeneo da tutti gli utenti. Nei paragrafi successivi verranno quindi proposte delle semplificazioni nel calcolo del numero di ore di funzionamento h, nel Coefficiente di Risparmio CR dovuto alla scelta di un motore di maggior rendimento, nei fattori di carico  $C_c$  e di utilizzazione  $C_u$ .



### Numero di ore di funzionamento

Il numero di ore di funzionamento annuo “h” del motore di cui si vuole calcolare il risparmio energetico dipende dal numero dei turni lavorativi adottati dall’industria ove il motore è installato, quindi dal tipo di attività produttiva. Volendo adottare la stessa terminologia già impiegata nella precedente Scheda tecnica n. 11 (Cfr. [1]) si definisce:

*Attività industriale con 1 turno di lavoro:*

attività che si svolgono otto ore al giorno per cinque o sei giorni la settimana. Considerate le fermate programmate questo corrisponde ad un numero di ore anno compreso tra 1760 e 2200. Nei calcoli verrà impiegato il valore di 2000 ore.

*Attività industriale con 2 turni di lavoro:*

attività che si svolgono in due turni giornalieri di otto ore ciascuno per cinque o sei giorni la settimana, corrispondenti ad un numero di ore anno compreso tra 3520 e 4400. Nei calcoli verrà impiegato il valore di 4000 ore.

*Attività industriale con 3 turni di lavoro:*

attività che si svolgono in tre turni giornalieri di otto ore ciascuno per sette giorni la settimana (non essendoci normalmente l’interruzione della domenica), corrispondenti ad un numero di ore anno pari a 7680.

*Attività industriale stagionale:*

attività che si svolgono per un periodo di tre mesi di lavoro continuato, per un numero di ore di lavoro giornaliera pari a 24, corrispondenti ad un numero di ore anno pari a 2160.

### Rendimento dei motori e Coefficiente di Risparmio

Nelle formule precedentemente esposte, è possibile vedere come il Risparmio energetico dovuto all’impiego di un motore elettrico di classe IE3 rispetto ad un motore di classe IE2, sia proporzionale al Coefficiente di Risparmio  $CR = (1/\eta_{IE2} - 1/\eta_{IE3})$ .

Per praticità di consultazione, riportiamo nelle sottostanti Tabelle 1, 2 e 3 i valori dei rendimenti standard definiti dalla norma CEI EN 60034–30 per le classi di efficienza IE2 ed IE3, insieme al relativo valore di CR, per i casi di motori a 2, 4 e 6 poli.



Potenza nominale [kW]	Rendimento IE2 [%]	Rendimento IE3 [%]	Differenza rendimenti [%]	Coefficiente CR: ( $1/\eta_{IE2} - 1/\eta_{IE3}$ )
0,75	77,4	80,7	3,3	0,0528
1,1	79,6	82,7	3,1	0,0471
1,5	81,3	84,2	2,9	0,0424
2,2	83,2	85,9	2,7	0,0378
3	84,6	87,1	2,5	0,0339
4	85,8	88,1	2,3	0,0304
5,5	87,0	89,2	2,2	0,0283
7,5	88,1	90,1	2,0	0,0252
11	89,4	91,2	1,8	0,0221
15	90,3	91,9	1,6	0,0193
18,5	90,9	92,4	1,5	0,0179
22	91,3	92,7	1,4	0,0165
30	92,0	93,3	1,3	0,0151
37	92,5	93,7	1,2	0,0138
45	92,9	94,0	1,1	0,0126
55	93,2	94,3	1,1	0,0125
75	93,8	94,7	0,9	0,0101
90	94,1	95,0	0,9	0,0101
110	94,3	95,2	0,9	0,0100
132	94,6	95,4	0,8	0,0089
160	94,8	95,6	0,8	0,0088
da 200 a 375	95,0	95,8	0,8	0,0088

Tabella 1 – Confronto fra i rendimenti di motori in classe IE2 ed in classe IE3: 2 poli.



Potenza nominale [kW]	Rendimento IE2 [%]	Rendimento IE3 [%]	Differenza rendimenti [%]	Coefficiente CR: ( $1/\eta_{IE2} - 1/\eta_{IE3}$ )
0,75	79,6	82,5	2,9	0,0442
1,1	81,4	84,1	2,7	0,0394
1,5	82,8	85,3	2,5	0,0354
2,2	84,3	86,7	2,4	0,0328
3	85,5	87,7	2,2	0,0293
4	86,6	88,6	2,0	0,0261
5,5	87,7	89,6	1,9	0,0242
7,5	88,7	90,4	1,7	0,0212
11	89,8	91,4	1,6	0,0195
15	90,6	92,1	1,5	0,0180
18,5	91,2	92,6	1,4	0,0166
22	91,6	93,0	1,4	0,0164
30	92,3	93,6	1,3	0,0150
37	92,7	93,9	1,2	0,0138
45	93,1	94,2	1,1	0,0125
55	93,5	94,6	1,1	0,0124
75	94,0	95,0	1,0	0,0112
90	94,2	95,2	1,0	0,0112
110	94,5	95,4	0,9	0,0100
132	94,7	95,6	0,9	0,0099
160	94,9	95,8	0,9	0,0099
da 200 a 375	95,1	96,0	0,9	0,0099

Tabella 2 – Confronto fra i rendimenti di motori in classe IE2 ed in classe IE3: 4 poli.



Potenza nominale [kW]	Rendimento IE2 [%]	Rendimento IE3 [%]	Differenza rendimenti [%]	Coefficiente CR: ( $1/\eta_{IE2} - 1/\eta_{IE3}$ )
0,75	75,9	78,9	3,0	0,0501
1,1	78,1	81,0	2,9	0,0458
1,5	79,8	82,5	2,7	0,0410
2,2	81,8	84,3	2,5	0,0363
3	83,3	85,6	2,3	0,0323
4	84,6	86,8	2,2	0,0300
5,5	86,0	88,0	2,0	0,0264
7,5	87,2	89,1	1,9	0,0245
11	88,7	90,3	1,6	0,0200
15	89,7	91,2	1,5	0,0183
18,5	90,4	91,7	1,3	0,0157
22	90,9	92,2	1,3	0,0155
30	91,7	92,9	1,2	0,0141
37	92,2	93,3	1,1	0,0128
45	92,7	93,7	1,0	0,0115
55	93,1	94,1	1,0	0,0114
75	93,7	94,6	0,9	0,0102
90	94,0	94,9	0,9	0,0101
110	94,3	95,1	0,8	0,0089
132	94,6	95,4	0,8	0,0089
160	94,8	95,6	0,8	0,0088
da 200 a 375	95,0	95,8	0,8	0,0088

Tabella 3 – Confronto fra i rendimenti di motori in classe IE2 ed in classe IE3: 6 poli.



### Ipotesi semplificativa sul numero di poli

Se si intende realizzare una scheda standard basata su dati tabellari che conservi lo stesso dettaglio fornito dalla norma, è necessario adottare tre differenti tabelle con i valori di CR sopra riportati per i tre casi di motori a 2, 4 e 6 poli.

Considerando che la gran parte dei motori installati è a 4 poli (cfr. [4]), si può invece pensare di semplificare il problema adottando una unica tabella standard per tutti i tipi di motori, facendo sempre riferimento ai valori di CR del caso a 4 poli, anche per motori a 2 e 6 poli. Questa soluzione semplificativa, coerente con quella impiegata nella precedente versione della scheda standard n.11, potrebbe essere adottata al costo di un certo errore. Nella sottostante Tabella 4 si riporta l'errore relativo percentuale (E%) introdotto nel calcolo di CR nell'ipotesi di adottare, come riferimento, i valori di CR relativi ai 4 poli per tutti i tipi di motori. I valori di E% negativi indicano una sottostima del CR mentre i valori di E% positivi una sovrastima del CR.

Potenza [kW]	Coefficienti di Risparmio CR			Errore relativo [%]		
	2 poli	4 poli	6 poli	2 poli	4 poli	6 poli
0.75	0,0528	0,0442	0,0501	-20	0	-13
1.1	0,0471	0,0394	0,0458	-19	0	-16
1.5	0,0424	0,0354	0,0410	-20	0	-16
2.2	0,0378	0,0328	0,0363	-15	0	-10
3.0	0,0339	0,0293	0,0323	-16	0	-10
4.0	0,0304	0,0261	0,0300	-17	0	-15
5.5	0,0283	0,0242	0,0264	-17	0	-9
7.5	0,0252	0,0212	0,0245	-19	0	-15
11	0,0221	0,0195	0,0200	-13	0	-2
15	0,0193	0,0180	0,0183	-7	0	-2
18	0,0179	0,0166	0,0157	-8	0	5
22	0,0165	0,0164	0,0155	-1	0	6
30	0,0151	0,0150	0,0141	-1	0	6
37	0,0138	0,0138	0,0128	0	0	7
45	0,0126	0,0125	0,0115	0	0	8
55	0,0125	0,0124	0,0114	-1	0	8
75	0,0101	0,0112	0,0102	10	0	9
90	0,0101	0,0112	0,0101	10	0	10
110	0,0100	0,0100	0,0089	0	0	11
132	0,0089	0,0099	0,0089	11	0	11
160	0,0088	0,0099	0,0088	11	0	11
Da 200 a 375	0,0088	0,0099	0,0088	11	0	11

Tabella 4 – Errore introdotto dal considerare il CR del caso “4 poli” per tutti i tipi di motori.

### Ipotesi semplificativa sulle classi di potenza

Tutte le tabelle sopra riportate sono caratterizzate dalla classificazione dei motori basata sulle 22 classi di potenza impiegate nella norma CEI 60034–30. Allo scopo di semplificare ulteriormente la scheda standard, si può pensare di raggruppare queste 22 classi di potenza in un numero minore di classi, seguendo lo stesso principio dell'errore accettabile adottato nella Scheda Tecnica n.11 (ove le classi di potenza erano 7). In questo modo si avrebbero soltanto 8 classi di potenza. Gli errori percentuali introdotti da tale assunzione sono riportati nella sottostante Tabella 5. I valori negativi



indicano una sottostima del CR e quindi dei benefici accreditati con la scheda standard, mentre i valori positivi indicano una sovrastima. Per coerenza con l'ipotesi semplificativa precedente, si è impiegato come riferimento il valore di CR del caso a 4 poli. Il CR utilizzato come riferimento corrisponde a quello più basso, per il 4 poli, nell'intervallo di potenza considerato (ipotesi conservativa). I valori di CR rappresentativi delle classi di potenza, che verranno impiegati nella scheda standard, sono evidenziati in grassetto nella Tabella 5.

Potenza [kW]	classe di P [kW]	Coefficienti di Risparmio CR			Errore relativo [%]		
		2 poli	4 poli	6 poli	2 poli	4 poli	6 poli
0.75	P<=1,1	0,0528	0,0442	0,0501	- 25	- 11	- 21
1.1	P<=1,1	0,0471	<b>0,0394</b>	0,0458	- 16	0	- 14
1.5	1,1<P<=2,2	0,0424	0,0354	0,0410	- 22	- 7	- 20
2.2	1,1<P<=2,2	0,0378	<b>0,0328</b>	0,0363	- 13	0	- 9
3.0	2,2<P<=4	0,0339	0,0293	0,0323	- 23	- 11	- 19
4.0	2,2<P<=4	0,0304	<b>0,0261</b>	0,0300	- 14	0	- 13
5.5	4<P<=7,5	0,0283	0,0242	0,0264	- 25	- 12	- 20
7.5	4<P<=7,5	0,0252	<b>0,0212</b>	0,0245	- 16	0	- 13
11	7,5<P<=15	0,0221	0,0195	0,0200	- 19	- 8	- 10
15	7,5<P<=15	0,0193	<b>0,0180</b>	0,0183	- 7	0	- 2
18	15<P<=30	0,0179	0,0166	0,0157	- 16	- 9	- 4
22	15<P<=30	0,0165	0,0164	0,0155	- 9	- 8	- 3
30	15<P<=30	0,0151	<b>0,0150</b>	0,0141	- 1	0	7
37	30<P<=55	0,0138	0,0138	0,0128	- 10	- 10	- 3
45	30<P<=55	0,0126	0,0125	0,0115	- 1	- 1	8
55	30<P<=55	0,0125	<b>0,0124</b>	0,0114	- 1	0	9
75	55<P<=375	0,0101	0,0112	0,0102	- 3	- 12	- 3
90	55<P<=375	0,0101	0,0112	0,0101	- 3	- 12	- 3
110	55<P<=375	0,0100	0,0100	0,0089	- 2	- 2	11
132	55<P<=375	0,0089	0,0099	0,0089	11	0	11
160	55<P<=375	0,0088	0,0099	0,0088	12	0	12
Da 200 a 375	55<P<=375	0,0088	<b>0,0099</b>	0,0088	12	0	12

Tabella 5 – Errore introdotto dall'accorpamento delle classi di potenza.

### Coefficienti di carico e di utilizzazione

#### *Coefficiente di carico del motore*

Per vari motivi, i motori elettrici vengono spesso dimensionati per potenze più grandi di quelle strettamente necessarie allo svolgimento dei loro compiti. In generale, un motore lavora quindi ad una frazione della sua potenza di targa secondo un certo coefficiente di carico Cc. Questo valore varia notevolmente da caso a caso; per semplificare le valutazioni di risparmio energetico si propone di adottare un valore costante di Cc = 0,75.

#### *Coefficiente di utilizzazione del motore*

All'interno di uno stabilimento industriale, motori preposti ad usi diversi possono venire utilizzati per un numero di ore diverse, di norma inferiore al numero di ore di funzionamento dello stabilimento stesso, secondo un certo fattore di utilizzazione Cu. Il tempo di utilizzazione effettivo



può variare notevolmente; nei calcoli di risparmio energetico adotteremo l'ipotesi semplificativa di considerare sempre un valore di  $C_u = 1$ .

### **Tabella del Risparmio Specifico Lordo RSL da porre nella scheda tecnica standard**

Attraverso le formule (1) e (2) in precedenza esposte è possibile calcolare il risparmio annuo  $R$  di energia elettrica (in kWh), ottenibile dall'installazione di un motore in classe di efficienza IE3, anziché un motore in classe IE2, per motori a 2, 4 o 6 poli<sup>4</sup>.

Per convertire questo risparmio in termini di energia primaria il valore di  $R$  va moltiplicato per il fattore  $\text{tep/kWh} = 0,187 \cdot 10^{-3}$ , come richiesto dall'Agenzia per l'Energia Elettrica ed il Gas [5].

Il risultato è un Risparmio Lordo di energia primaria  $RL$  (espresso in tep) pari a:

$$RL = P \cdot C_c \cdot h \cdot C_u \cdot CR \cdot 0,187 \cdot 10^{-3} \quad (3)$$

Volendo esprimere il Risparmio Lordo  $RL$  in funzione della potenza  $P$  del motore installato e volendo raccogliere tutte le altre variabili in un unico fattore  $RSL$  la formula (3) diventa la seguente:

$$RL = P \cdot RSL \quad (4)$$

Nell'ipotesi di adottare le ipotesi semplificative suggerite ai paragrafi precedenti i fattori  $C_c$ ,  $h$ ,  $C_u$  e  $CR$  possono essere quantizzati e i valori possibili di  $RSL$  possono essere posti in una apposita tabella (Tabella 6), parametrizzata in funzione di  $h$ , come nella precedente scheda standard N. 11.

<sup>4</sup> Per motori con un numero di poli maggiore di 6 la normativa non definisce le classi di efficienza IE.

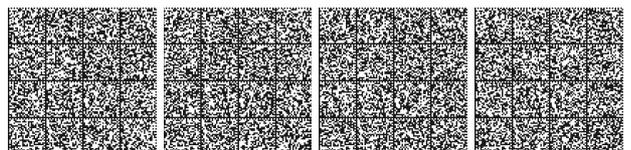


Tabella 6 – Tabella RSL aggiornata

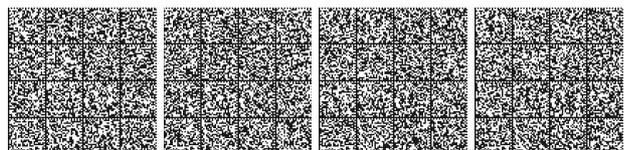
Tipologia attività → Classi di P[kW] ↓	RSL (tep/anno/kW)			
	Industriale 1 turno di lavoro (h=2000)	Industriale 2 turni di lavoro (h=4000)	Industriale 3 turni di lavoro (h = 7680)	Industriale stagionale (h=2160)
P ≤ 1,1	0.0111	0.0221	0.0425	0.0119
1,1 <P≤ 2,2	0.0092	0.0184	0.0354	0.0099
2,2 <P≤ 4	0.0073	0.0146	0.0281	0.0079
4 <P≤ 7,5	0.0059	0.0119	0.0228	0.0064
7,5 <P≤ 15	0.0050	0.0101	0.0194	0.0054
15 <P≤ 30	0.0042	0.0084	0.0162	0.0046
30 <P≤ 55	0.0035	0.0070	0.0134	0.0038
55 <P≤ 375	0.0028	0.0055	0.0106	0.0030

Si rammenta che per il calcolo dei valori di RSL sono stati considerati:

- un numero di ore di funzionamento annuo h;
- dei valori di  $CR = (1/\eta_{IE2} - 1/\eta_{IE3})$  calcolati secondo la nuova normativa, semplificati per un caso di riferimento dei 4 poli e per sole 8 classi di potenza;
- i valori di  $Cr = 0,75$  e di  $Cu = 1$ ;
- un coefficiente tep/kWh pari a  $0.187 \cdot 10^{-3}$

La Tabella 6 presenta quindi i nuovi valori di RLS, che possono essere impiegati per il calcolo standardizzato del risparmio di energia primaria, in una nuova scheda tecnica standard relativa ai motori elettrici ad alta efficienza. I valori proposti considerano le modificazioni normative introdotte dalla CEI EN 60034-30 e dal Regolamento Europeo 640/2009, seguendo le semplificazioni illustrate nei paragrafi precedenti.

Si noti che, a seguito dei livelli di efficienza minima crescenti nel tempo come richiesto dal Regolamento 640/2009, la validità di tale scheda, per motori di potenza compresa tra 7,5 kW e 375 kW, verrà meno alla data del 1-1-2015. Per motori di potenza inferiore ai 7,5 kW, invece, la presente scheda standard scadrà alla data del 1-1-2017.



**Riferimenti bibliografici**

- 1] Scheda Tecnica n.11 “Installazione di motori elettrici a più alta efficienza”, Autorità per l’Energia Elettrica ed il Gas
- 2] Norma tecnica CEI EN 60034–30 “Classi di rendimento dei motori asincroni trifase con rotore a gabbia ad una sola velocità (Codice IE)”, Comitato Elettrotecnico Italiano, 2009.
- 3] Regolamento della Commissione N. 640/2009 del 22 luglio 2009 “recante modalità di applicazione della direttiva 2005/32/CE del Parlamento europeo e del Consiglio in merito alle specifiche per la progettazione ecocompatibile dei motori elettrici”, Commissione Europea, 2009.
- 4] “Motori elettrici e variatori di velocità: ridurre i consumi energetici”. Sigfrido Vignati ENEA – AEIT 2008.
- 5] Delibera EEN 3/08, “Aggiornamento del fattore di conversione dei kWh in tonnellate equivalenti di petrolio connesso al meccanismo dei titoli di efficienza energetica”. Agenzia per l’Energia Elettrica ed il Gas, 2008



**Scheda tecnica n. 31E – Installazione di sistemi elettronici di regolazione della frequenza (inverter) in motori elettrici operanti su sistemi per la produzione di aria compressa con potenza superiore o uguale a 11 kW.**

**1. ELEMENTI PRINCIPALI**

**1.1 Descrizione dell'intervento**

Categoria di intervento <sup>1</sup> :	IND-E ) Processi industriali: sistemi di azionamento efficienti (motori, inverter, ecc.), automazione e interventi di rifasamento
Vita Utile <sup>2</sup> :	U = 5 anni
Vita Tecnica <sup>2</sup> :	T = 15 anni
Settore di intervento:	Industria
Tipo di utilizzo:	Sistemi di compressione dell'aria azionati da motori elettrici
<b>Condizioni di applicabilità della procedura</b>	
La presente procedura si applica per interventi effettuati su compressori di tipo "a vite"; l'algoritmo di calcolo del risparmio è stato elaborato tenendo conto del diagramma di carico tipico di questi compressori.	

**1.2 Calcolo del risparmio di energia primaria**

Metodo di valutazione <sup>3</sup>	Valutazione analitica
Coefficiente di addizionalità <sup>2</sup>	$a = 100 \%$
<b>Risparmio netto (RN) di energia primaria per ogni singolo compressore</b>	
$RN = a \cdot RL = 0,187 \cdot 10^{-3} \cdot (k \cdot P_N \cdot h - C_P) \quad (\text{tep})$	
dove:	
$k = 0,616$ è il fattore di consumo corrispondente ad una condizione ante di funzionamento carico- vuoto;	
$P_N$ = potenza elettrica nominale del compressore (kW);	
$h$ = ore di funzionamento del compressore a giri variabili nel periodo di riferimento;	
$C_P$ = consumo di energia elettrica del compressore nel periodo di riferimento (kWh);	
$h$ e $C_P$ sono le grandezze oggetto di misura	
Coefficiente di durabilità <sup>2</sup> :	$\tau = 2,65$
Quote dei risparmi di energia primaria [tep] <sup>2</sup> :	
<b>Risparmio netto contestuale (RNc)</b>	$RNc = RN$
<b>Risparmio netto anticipato (RNa)</b>	$RNa = (\tau - 1) \cdot RN$
<b>Risparmio netto integrale (RNI)</b>	$RNI = RNc + RNa = \tau \cdot RN$
Tipi di Titoli di Efficienza Energetica riconosciuti all'intervento <sup>4</sup>	Tipo I



## 2. NORME TECNICHE DA RISPETTARE

- Articolo 6, decreti ministeriali 20 luglio 2004.
- Norma CEI EN 61800-2: Azionamenti elettrici a velocità variabile. Parte 2: Prescrizioni generali e specifiche nominali per azionamenti a bassa tensione con motori in corrente alternata.
- Norma CEI EN 61800-4: Azionamenti elettrici a velocità variabile. Parte 4: Prescrizioni generali e specifiche nominali per azionamenti a tensione superiore a 1 kV e fino a 35 kV con motori in corrente alternata.
- Norma CEI EN 60034-1: Macchine elettriche rotanti. Parte 1: Caratteristiche nominali e di funzionamento.
- Norma CEI 13-35: Guida all'applicazione delle Norme sulla misura dell'energia elettrica.
- Norma CEI EN 60359: Apparecchi di misura elettrici ed elettronici – Espressione delle prestazioni.

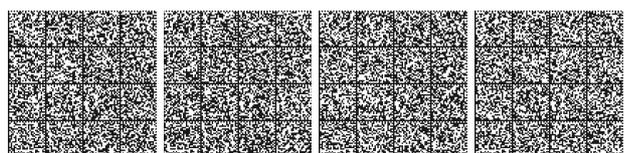
## 3. DOCUMENTAZIONE DA CONSERVARE<sup>5</sup>

- Nome, indirizzo e recapito telefonico di ogni cliente partecipante.
- Dati caratteristici del compressore
- Documentazione attestante il dettaglio (mensile) delle misure dei consumi di energia elettrica del compressore e delle ore di funzionamento.

---

### Note:

- 1 Tra quelle elencate nella Tabella 2 dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
- 2 Di cui all'articolo 1, comma 1, dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
- 3 Di cui all'articolo 3 della deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
- 4 Di cui all'articolo 17 della deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
- 5 Eventualmente in aggiunta a quella specificata all'articolo 14, comma 3, dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.



## Allegato alla scheda tecnica n. 31E: procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria

### Premessa

I sistemi per regolare la velocità di funzionamento dei compressori trovano applicazione principalmente in quei processi industriali che hanno una domanda di aria compressa fluttuante, sia in termini giornalieri che settimanali.

Esempi di domanda di aria compressa notevolmente fluttuante si segnalano nell'industria metallurgica, alimentare, tessile, farmaceutica, impianti chimici, ecc.

A differenza dei sistemi di regolazione tradizionali (elettro-meccanici), come i sistemi carico-vuoto, a valvola di strozzamento, a serranda modulante, ecc., che intervengono direttamente sulla portata d'aria introducendo delle perdite di carico, i sistemi elettronici di regolazione della frequenza (inverter) agiscono sulla velocità del compressore, in relazione alla domanda di portata d'aria, mantenendo il livello di efficienza energetica del sistema.

Di contro, non si ha nessun beneficio in termini di risparmio energetico, qualora la regolazione di frequenza venga applicata su compressori che operino in condizioni di carico costante.

### Calcolo del risparmio di energia primaria

La potenza del compressore è di solito sovradimensionata. Questo comporta una regolazione nella produzione di aria compressa. Il metodo più diffuso di regolazione oggi in uso è quello di far funzionare il compressore a vuoto per un determinato periodo quando non c'è richiesta di aria, dopodiché, se la richiesta si rinnova il compressore inizia nuovamente a lavorare, oppure, in caso contrario, si ferma fino a nuova richiesta. In sostanza si possono individuare tre modalità di funzionamento del compressore:

- a pieno carico (la potenza assorbita dal motore corrisponde alle condizioni di progetto),
- a vuoto (la potenza assorbita dal motore sarà quella corrispondente ad un coefficiente di carico molto basso),
- fermo (nessun assorbimento).

L'algoritmo per il calcolo del risparmio è stato impostato confrontando i consumi di energia elettrica nelle due condizioni ante e post intervento, nell'ipotesi che la condizione ante sia rappresentata da un funzionamento carico-vuoto, con percentuale di funzionamento a carico del 60%, a vuoto del 25% e fermo del 15%.

Dati:

$P_N$  = potenza nominale di targa (kW)

$h$  = ore di funzionamento

$FC_C$  = fattore di carico = 0,75

$\eta_c$  = rendimento del motore a carico = 0,9

$FC_V$  = fattore di carico a vuoto = 0,25

$\eta_v$  = rendimento del motore a vuoto = 0,54 (65% di  $\eta_c$ )

% di ore di funzionamento a carico = 60% del totale

$C_P$  = consumo di energia elettrica post (kWh)

il risparmio di energia è riconducibile all'espressione:

$$RL = 0,187 \cdot 10^{-3} \cdot [(P_N \cdot FC_C / \eta_c \cdot 0,60 \cdot h + P_N \cdot FC_V / \eta_v \cdot 0,25 \cdot h) - C_P] = 0,187 \cdot 10^{-3} \cdot (0,616 \cdot P_N \cdot h - C_P)$$

(tep)



## Scheda tecnica n. 32E – Installazione di sistemi elettronici di regolazione di frequenza (inverter) in motori elettrici operanti sui sistemi di ventilazione.

### 1. ELEMENTI PRINCIPALI

#### 1.1 Descrizione dell'intervento

Categoria di intervento <sup>1</sup> :	IND-E ) Processi industriali: sistemi di azionamento efficienti (motori, inverter, ecc.), automazione e interventi di rifasamento
Vita Utile <sup>2</sup> :	U = 5 anni
Vita Tecnica <sup>2</sup> :	T = 15 anni
Settore di intervento:	Industriale, terziario
Tipo di utilizzo:	Sistemi di ventilazione azionati da motori elettrici

#### 1.2 Calcolo del risparmio di energia primaria

Metodo di valutazione <sup>3</sup>	Valutazione analitica
Coefficiente di addizionalità <sup>2</sup>	$a = 100 \%$
<b>Risparmio netto (RN)</b> di energia primaria per ogni singolo ventilatore	
$RN = a \cdot RL = 0,187 \cdot 10^{-3} \cdot \left( \sum_{i=1}^n P_{a,i} \cdot h_i - \sum_{i=1}^n P_{p,i} \cdot h_i \right) \quad (\text{tep})$	
dove:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>P_{a,i}</math> e <math>P_{p,i}</math> sono le potenze elettriche assorbite dal motore in corrispondenza di assegnati regimi di portata nella situazione ante intervento (serranda di regolazione) e con azionamento a velocità variabile (situazione post) (kW);</li> <li>- <math>h_i</math> sono le ore di funzionamento dei motori ai medesimi regimi di portata nel periodo di riferimento<sup>5</sup>;</li> <li>- <math>n \geq 4</math>.</li> </ul>	
Nella sessione 1.2 dell'Allegato è riportata la procedura per il calcolo di $\Sigma P_{a,i}$ . Le ore $h_i$ , le potenze $P_i$ e le portate $Q_i$ sono le grandezze oggetto di misura.	
Coefficiente di durabilità <sup>2</sup> :	$\tau = 2,65$
Quote dei risparmi di energia primaria [tep] <sup>2</sup> :	
<b>Risparmio netto contestuale (RNc)</b>	$RNc = RN$
<b>Risparmio netto anticipato (RNa)</b>	$RNa = (\tau - 1) \cdot RN$
<b>Risparmio netto integrale (RNI)</b>	$RNI = RNc + RNa = \tau \cdot RN$
Tipi di Titoli di Efficienza Energetica riconosciuti all'intervento <sup>4</sup>	Tipo I

### 2. NORME TECNICHE DA RISPETTARE

- Articolo 6, decreti ministeriali 20 luglio 2004.
- Norma CEI EN 61800-2: Azionamenti elettrici a velocità variabile. Parte 2: Prescrizioni generali e specifiche nominali per azionamenti a bassa tensione con motori in corrente alternata.



- Norma CEI EN 61800-4: Azionamenti elettrici a velocità variabile. Parte 4: Prescrizioni generali e specifiche nominali per azionamenti a tensione superiore a 1 kV e fino a 35 kV con motori in corrente alternata.
- Norma CEI EN 60034-1: Macchine elettriche rotanti. Parte 1: Caratteristiche nominali e di funzionamento.
- Norma CEI 13-35: Guida all'applicazione delle Norme sulla misura dell'energia elettrica.
- Norma CEI EN 60359: Apparecchi di misura elettrici ed elettronici – Espressione delle prestazioni.

### 3. DOCUMENTAZIONE DA TRASMETTERE

In caso di rilievo della potenza assorbita nella situazione ante secondo la modalità a) deve essere allegata la documentazione fornita dal costruttore attestante i valori della potenza assorbita dal ventilatore in funzione della portata.

### 4. DOCUMENTAZIONE DA CONSERVARE <sup>5</sup>

- Nome, indirizzo e recapito telefonico di ogni cliente partecipante.
- Documentazione delle prove sperimentali svolte con regolazione della portata mediante serranda, a cui è stato assoggettato ciascun gruppo.
- Documentazione delle prove sperimentali svolte con regolazione della portata mediante inverter, a cui è stato assoggettato ciascun gruppo.
- Documento di esercizio da cui si possano evincere i regimi parziali di portata ed il corrispondente numero di ore di funzionamento a cui ciascun gruppo è stato sottoposto durante il periodo di funzionamento.

---

Note:

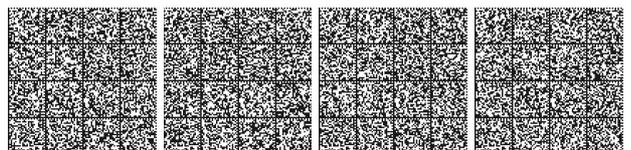
1 Tra quelle elencate nella Tabella 2 dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.

2 Di cui all'articolo 1, comma 1, dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.

3 Di cui all'articolo 3 della deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.

4 Di cui all'articolo 17 della deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.

5 Eventualmente in aggiunta a quella specificata all'articolo 14, comma 3, dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.



## **Allegato alla scheda tecnica n. 32E: procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria**

### **Premessa**

I sistemi per regolare la velocità di funzionamento dei ventilatori trovano applicazione principalmente in quei processi industriali che hanno una domanda di aria di ventilazione variabile, in relazione all'andamento del processo produttivo.

Esempi di una forte domanda di aria di ventilazione si segnalano nell'industria metallurgica, ceramica, tessile, farmaceutica, impianti chimici, ecc. ed in genere dove sono presenti forni di cottura, di essiccazione ed impianti di abbattimento dell'inquinamento atmosferico.

A differenza dei sistemi di regolazione tradizionali (elettro-meccanici), come i sistemi on-off, a serranda modulante, ecc., che intervengono direttamente sulla portata d'aria introducendo delle perdite di carico, i sistemi elettronici di variazione della velocità del motore basati sulla regolazione della frequenza e della tensione (inverter), in relazione alla domanda di portata d'aria, mantengono il livello di efficienza energetica del sistema.

La procedura indicata è di tipo analitico. Essa, anche se comporta un maggiore impegno della procedura standard in termini di misure, di disponibilità di dati storici e della loro elaborazione, è ritenuta necessaria per un'accettabile accuratezza nella determinazione del risparmio energetico.

Al fine di rendere più generale la validità della scheda e consentire l'applicazione sia agli impianti esistenti sia alle nuove installazioni, sono previste due modalità di calcolo che differiscono nel modo di determinare le potenze di funzionamento nella situazione ante intervento.

Entrambe le modalità richiedono che vengano effettuate le seguenti attività:

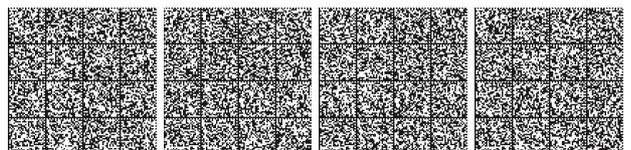
- A) Determinazione della potenza elettrica  $P_{a,i}$  nella situazione ante intervento, assorbita in corrispondenza di N valori della portata  $Q_i$ ;
- B) Analoga misura della potenza elettrica  $P_{p,i}$  assorbita in corrispondenza dei valori di portata  $Q_i$ , adottando la regolazione della portata mediante inverter;
- C) Estrapolazione dei consumi energetici nel corso del periodo di riferimento e calcolo del risparmio della seconda soluzione rispetto alla prima.

Il valore della potenza elettrica  $P_{a,i}$  nella situazione ante intervento, può essere ricavata nelle seguenti due modalità:

- a) dai dati del costruttore
- b) tramite misura diretta

**La modalità a) è da utilizzarsi in caso di mancanza della serranda di regolazione, mentre la b) è da utilizzarsi nel caso sia presente la serranda di regolazione.**

Nel caso a) se i dati del costruttore si riferiscono al valore della potenza assorbita dal ventilatore è necessario risalire alla potenza assorbita dal motore elettrico tramite il rendimento di quest'ultimo da ricavare dalla tabella di seguito riportata.



**Rendimento motori elettrici (corrispondente alla classe IE2)**

Potenza (kW)	Numero poli		
	2	4	6
0,75	77,4	79,6	75,9
1,1	79,6	81,4	78,1
1,5	81,3	82,8	79,8
2,2	83,2	84,3	81,8
3	84,6	85,5	83,3
4	85,8	86,6	84,6
5,5	87,0	87,7	86,0
7,5	88,1	88,7	87,2
11	89,4	89,8	88,7
15	90,3	90,6	89,7
18,5	90,9	91,2	90,4
22	91,3	91,6	90,9
30	92,0	92,3	91,7
37	92,5	92,7	92,2
45	92,9	93,1	92,7
55	93,2	93,5	93,1
75	93,8	94,0	93,7
90	94,1	94,2	94,0
110	94,3	94,5	94,3
132	94,6	94,7	94,6
160	94,8	94,9	94,8
200	95,0	95,1	95,0
375	95,0	95,1	95,0

**Misura della potenza ante nel caso sia presente la serranda**

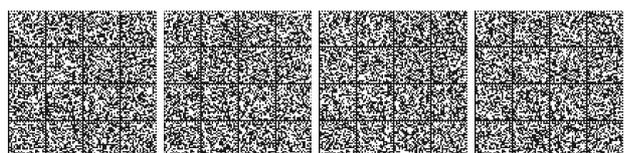
La misura in oggetto consiste nel rilievo della potenza elettrica assorbita dal motore in corrispondenza di prefissati regimi di portata. Agendo sulla serranda di regolazione, si dovranno registrare almeno quattro situazioni, tipicamente al 100%, 75%, 50% e 25%.

Qualora questa serie di misure, significative della situazione ante intervento, non siano state effettuate prima dell'installazione dell'inverter, si può sempre provvedere anche dopo l'installazione, purché si proceda con i seguenti accorgimenti:

- Regolare il variatore di velocità a 50 Hz,
- Azionare la serranda fino a leggere il valore della portata desiderata,
- Registrare il valore della potenza assorbita dal motore per la suddetta portata,
- Moltiplicare il valore della potenza assorbita, se essa è misurata a monte dell'inverter, per il rendimento del variatore di velocità ricavabile dalla tabella sottostante.

Frequenza	Rendimento inverter				
	Taglia Inverter (kW)				
	>0,1	>1	>10	>100	>1000
50 Hz	88,0%	92,5%	97,0%	98,0%	98,0%

I valori della potenza, nei casi intermedi possono essere calcolati per interpolazione.



### Misura della potenza con inverter

Nella situazione post intervento, si dovrà effettuare la misura della potenza elettrica assorbita a monte dell'inverter con l'unica accortezza di porre attenzione alla corrispondenza tra il regime di letture nella situazione post con la situazione ante.

### Calcolo del risparmio di energia primaria

Dalle misure delle potenze assorbite nelle condizioni ante e post intervento, per passare alla determinazione della relativa energia consumata, è necessario conoscere la distribuzione delle ore di carico, ossia il numero di ore  $h_i$  alle quali si riscontra la portata  $Q_i$ .

I dati raccolti sono riportati nella tabella di rendicontazione seguente mediante la quale si calcolano i risparmi espressi in kWh

Portata	Frequenza	Ore anno	Potenza assorbita ante	Energia consumata ante	Potenza assorbita post	Energia consumata post	Risparmio
(l/s)	Hz	h/a	kW	kWh	kW	kWh	kWh
$Q_1$	$Hz_1$	$H_1$	$P_{a,1}$	$E_{a,1}=h_1 \cdot P_{a,1}$	$P_{p,1}$	$E_{p,1}=h_1 \cdot P_{p,1}$	$R_1= E_{a,1}- E_{p,1}$
$Q_2$	$Hz_2$	$H_2$	$P_{a,2}$	$E_{a,2}=h_2 \cdot P_{a,2}$	$P_{p,2}$	$E_{p,2}=h_2 \cdot P_{p,2}$	$R_2= E_{a,2}- E_{p,2}$
$Q_3$	$Hz_3$	$H_3$	$P_{a,3}$	$E_{a,3}=h_3 \cdot P_{a,3}$	$P_{p,3}$	$E_{p,3}=h_3 \cdot P_{p,3}$	$R_3= E_{a,3}- E_{p,3}$
$Q_4$	$Hz_4$	$H_4$	$P_{a,4}$	$E_{a,4}=h_4 \cdot P_{a,4}$	$P_{p,4}$	$E_{p,4}=h_4 \cdot P_{p,4}$	$R_4= E_{a,4}- E_{p,4}$
$Q_n$	$Hz_n$	$H_n$	$P_{a,n}$	$E_{a,n}=h_n \cdot P_{a,n}$	$P_{p,n}$	$E_{p,n}=h_n \cdot P_{p,n}$	$R_n= E_{a,n}- E_{p,n}$

Il risparmio complessivo di energia primaria nel periodo di riferimento, è espresso dalla relazione:

$$RN = a \cdot RL = 0,187 \cdot 10^{-3} \cdot \left( \sum_{i=1}^n Pa,i \cdot hi - \sum_{i=1}^n Pp,i \cdot hi \right) \quad (\text{tep})$$



## Scheda tecnica n. 33E - Rifasamento di motori elettrici di tipo distribuito presso la localizzazione delle utenze.

### 1. ELEMENTI PRINCIPALI

#### 1.1 Descrizione dell'intervento

Categoria di intervento <sup>1</sup> :	IND-E) Processi industriali: sistemi di azionamento efficienti (motori, inverter, ecc.), automazione e interventi di rifasamento
Vita Utile <sup>2</sup> :	U = 5 anni
Vita Tecnica <sup>2</sup> :	T = 15 anni
Settore di intervento:	Industriale
Tipo di utilizzo:	Rifasamento distribuito
<b>Condizioni di applicabilità della procedura</b>	
La presente scheda si applica a interventi di rifasamento distribuito su motori elettrici di potenza inferiore a 37 kW nel settore industriale. La scheda non è applicabile per rifasamento centralizzato (sulla stazione di trasformazione principale). L'intervento deve consentire il raggiungimento di un fattore di potenza almeno pari a 0,9.	

#### 1.2 Calcolo del risparmio di energia primaria

<b>Metodo di valutazione<sup>3</sup></b>	Valutazione standardizzata								
<b>Unità fisica di riferimento (UFR)<sup>2</sup></b>	Motore elettrico sottoposto a rifasamento								
<b>Risparmio Specifico Lordo (RSL) di energia primaria (tep/anno/motore) conseguibile per singola unità fisica di riferimento per diverse superfici di stabilimento e diverse tipologie di attività (turni).</b>									
Si considerano quattro categorie di superficie "A" dello stabilimento:									
<table border="1"> <tr> <td>Caso A1</td> <td><math>A &lt; 1.000 \text{ m}^2</math></td> </tr> <tr> <td>Caso A2</td> <td><math>1.000 \text{ m}^2 \leq A &lt; 10.000 \text{ m}^2</math></td> </tr> <tr> <td>Caso A3</td> <td><math>10.000 \text{ m}^2 \leq A &lt; 100.000 \text{ m}^2</math></td> </tr> <tr> <td>Caso A4</td> <td><math>A &gt; 100.000 \text{ m}^2</math></td> </tr> </table>		Caso A1	$A < 1.000 \text{ m}^2$	Caso A2	$1.000 \text{ m}^2 \leq A < 10.000 \text{ m}^2$	Caso A3	$10.000 \text{ m}^2 \leq A < 100.000 \text{ m}^2$	Caso A4	$A > 100.000 \text{ m}^2$
Caso A1	$A < 1.000 \text{ m}^2$								
Caso A2	$1.000 \text{ m}^2 \leq A < 10.000 \text{ m}^2$								
Caso A3	$10.000 \text{ m}^2 \leq A < 100.000 \text{ m}^2$								
Caso A4	$A > 100.000 \text{ m}^2$								
La superficie "A" di riferimento dello stabilimento è misurata da planimetria catastale.									
La tipologia di attività viene così definita:									
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 turno: attività che si svolgono otto ore al giorno per cinque o sei giorni la settimana corrispondenti, considerate le fermate programmate, ad un numero di ore anno compreso tra 1760 e 2200.</li> <li>- 2 turni: attività che si svolgono in due turni giornalieri di otto ore ciascuno per cinque o sei giorni la settimana, corrispondenti ad un numero di ore anno compreso tra 3520 e 4400.</li> <li>- 3 turni: attività che si svolgono in tre turni giornalieri di otto ore ciascuno per sette giorni la settimana (non essendoci normalmente l'interruzione della domenica) corrispondenti ad un numero di ore anno pari a 7680.</li> <li>- Stagionale: attività che si svolgono per un periodo di tre mesi di lavoro continuato, per 24 ore di lavoro giornaliera, corrispondenti ad un numero di ore anno pari a 2160.</li> </ul>									
P = potenza attiva del motore rifasato (kW)									



Caso A1									
RSL (tep/anno/motore)									
Tipologia attività	P<4	4≤P<6	6≤P<8	8≤P<11	11≤P<14	14≤P<18	18≤P<22	22≤P<30	30≤P<37
1 turno	0,002	0,004	0,007	0,009	0,012	0,016	0,020	0,030	0,034
2 turni	0,004	0,008	0,015	0,017	0,020	0,035	0,040	0,060	0,068
3 turni	0,007	0,016	0,027	0,030	0,040	0,067	0,080	0,116	0,132
Stagionale	0,002	0,005	0,008	0,010	0,012	0,019	0,023	0,033	0,037

Caso A2									
RSL (tep/anno/motore)									
Tipologia attività	P<4	4≤P<6	6≤P<8	8≤P<11	11≤P<14	14≤P<18	18≤P<22	22≤P<30	30≤P<37
1 turno	0,006	0,013	0,023	0,021	0,032	0,053	0,065	0,094	0,108
2 turni	0,012	0,026	0,047	0,041	0,065	0,105	0,130	0,189	0,215
3 turni	0,023	0,051	0,080	0,090	0,125	0,195	0,235	0,366	0,418
Stagionale	0,006	0,014	0,025	0,023	0,035	0,055	0,070	0,103	0,118

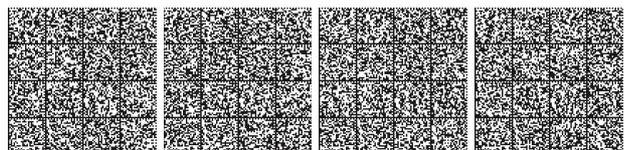
  

Caso A3									
RSL (tep/anno/motore)									
Tipologia attività	P<4	4≤P<6	6≤P<8	8≤P<11	11≤P<14	14≤P<18	18≤P<22	22≤P<30	30≤P<37
1 turno	0,013	0,029	0,052	0,046	0,072	0,112	0,124	0,211	0,241
2 turni	0,026	0,059	0,104	0,093	0,144	0,225	0,287	0,412	0,482
3 turni	0,051	0,114	0,182	0,215	0,280	0,420	0,580	0,818	0,934
Stagionale	0,014	0,032	0,055	0,061	0,079	0,133	0,135	0,230	0,263

Caso A4									
RSL (tep/anno/motore)									
Tipologia attività	P<4	4≤P<6	6≤P<8	8≤P<11	11≤P<14	14≤P<18	18≤P<22	22≤P<30	30≤P<37
1 turno	0,018	0,041	0,064	0,076	0,102	0,163	0,175	0,298	0,341
2 turni	0,037	0,083	0,127	0,155	0,204	0,346	0,350	0,596	0,681
3 turni	0,071	0,161	0,256	0,294	0,396	0,571	0,678	1,156	1,321
Stagionale	0,020	0,045	0,070	0,082	0,111	0,189	0,191	0,325	0,372

Coefficiente di addizionalità <sup>2</sup>	$a = 100\%$
Coefficiente di durabilità <sup>2</sup>	$\tau = 2,65$
Quote dei risparmi di energia primaria [tep/a] <sup>2</sup> :	
<b>Risparmio netto contestuale (RNc)</b>	$RNc = a \cdot RSL \cdot N_{UFR}$
<b>Risparmio netto anticipato (RNa)</b>	$RNa = (\tau - 1) \cdot RNc$
<b>Risparmio netto integrale (RNI)</b>	$RNI = RNc + RNa = \tau \cdot RNc$
Tipi di Titoli di Efficienza Energetica riconosciuti all'intervento <sup>4</sup> Tipo I	



**2. DOCUMENTAZIONE SUPPLEMENTARE DA CONSERVARE<sup>5</sup>**

- Caratteristiche dei condensatori di rifasamento da inserire e documentazione comprovante l'acquisto.
- Planimetria con la disposizione dei condensatori di rifasamento.
- Nome, indirizzo e numero telefonico di ogni cliente partecipante.

---

**Note**

1. Tra quelle elencate nella Tabella 2 dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
2. Di cui all'articolo 1, comma 1, dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
3. Di cui all'articolo 3 dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
4. Di cui all'articolo 17 dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
5. Eventualmente in aggiunta a quella specificata all'articolo 14 dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11



## **Allegato alla scheda tecnica n. 33E: procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria**

### **Premessa**

Con il termine rifasamento si intende l'immissione di potenza reattiva capacitiva in un certo punto di una rete elettrica, al fine di compensare la potenza reattiva induttiva richiesta e di aumentare il fattore di potenza della corrente erogata dall'alimentazione. I carichi induttivi, quali i motori elettrici e le lampade fluorescenti, determinano lo sfasamento della corrente rispetto alla tensione, con conseguenze quali:

- aumento della corrente circolante nei conduttori, che impone il loro sovradimensionamento e possibili problemi per surriscaldamento;
- cadute di tensione nella rete di distribuzione interna;
- riduzione della potenza attiva trasportabile lungo i cavi.

In sede di intervento per il rifasamento dei carichi può essere conveniente verificare la presenza di componenti armoniche della corrente al fine di intervenire in modo più organico e razionale. Gli effetti negativi dovuti al basso fattore di potenza si evitano anzitutto con l'inserimento di filtri e altri dispositivi, con un giusto dimensionamento dei componenti elettrici e con una corretta disposizione delle utenze.

Dal punto di vista tecnico, un impianto correttamente progettato può funzionare bene anche in presenza di un basso fattore di potenza; procedendo al rifasamento dei carichi si ottengono tuttavia una serie di interessanti vantaggi tecnici ed economici.

Finora l'attenzione si è concentrata sul rifasamento globale (legata alle penali che l'utilizzatore paga al distributore) che è dimensionato per il carico medio con una serie di condensatori in batteria che si inseriscono per evitare di finire in penale.

Qualora invece si abbiano distanze rilevanti e fattori di utilizzo elevati può diventare interessante il rifasamento direttamente sul carico che permette di ridurre le perdite nei cavi e permette anche di utilizzare gli stessi cavi per altri allacci, aumentando la potenza trasferibile sugli stessi cavi anche del 30%, e permettendo ampliamenti senza potenziare le linee.

### **La tecnologia**

I principali mezzi per la produzione di potenza reattiva sono:

- condensatori: il condensatore immagazzina energia reattiva durante il ciclo di carica e la cede al circuito al quale è collegato durante la fase di scarica; su questo principio il condensatore viene impiegato base per la realizzazione di batterie di rifasamento e dei dispositivi statici di regolazione della potenza reattiva.
- alternatori sincroni, che forniscono potenza alle utenze finali attraverso i sistemi di trasmissione e di distribuzione. Intervenedo sull'eccitazione dell'alternatore si può regolare il valore della tensione generata e di conseguenza le iniezioni di potenza reattiva in rete; in questo modo si possono migliorare i profili di tensione del sistema e ridurre le perdite di potenza lungo le linee stesse.
- compensatori sincroni, ossia macchine elettriche che, ai fini del rifasamento, assorbono la potenza reattiva in eccesso o forniscono, a seconda dei casi, quella necessaria. Hanno rilevanti costi di installazione che ne giustifica l'utilizzo prevalentemente nella della rete di trasmissione per la regolazione della tensione e dei flussi di potenza reattiva. Sono talvolta sostituiti da sistemi basati sull'elettronica di potenza quali i TSC (thyristor switched capacitors) e i TCR (thyristor controlled reactors).

In base alle modalità di ubicazione dei condensatori i principali metodi di rifasamento sono:



- rifasamento per gruppi di utilizzatori;
- rifasamento centralizzato;
- rifasamento distribuito, ossia utilizzatore per utilizzatore.

La scelta del metodo da adottare va effettuata in relazione all'ubicazione e alle caratteristiche dei singoli utilizzatori e alla contemporaneità di funzionamento di più gruppi.

Dal punto di vista tecnico le caratteristiche di un impianto di rifasamento risulteranno migliori quanto maggiore sarà la suddivisione della potenza reattiva totale in singole batterie di potenza decentrate.

Il rifasamento singolo, oggetto della presente scheda, prevede l'installazione di un condensatore distinto per ogni utilizzatore da rifasare. La potenza reattiva necessaria viene in tal modo generata nello stesso punto di utilizzazione, senza interessare le linee di alimentazione interne all'edificio.

Nella scheda in oggetto si è fatto riferimento al rifasamento distribuito con impiego di condensatori.

### Calcolo del risparmio di energia primaria conseguibile per singola unità fisica di riferimento

Per il calcolo del risparmio di energia primaria si è fatto riferimento alla scheda "Rifasamento delle linee elettriche del proponente", classificata con la sigla [IL] del testo "Domande di contributo in relazione alla legge 10/91" redatto da ENEA e pubblicato nel marzo 1993.

La formula per il calcolo del risparmio, con le adeguate correzioni rivolte al lavoro in oggetto, è:

$$R = \frac{17,8 \cdot L \cdot h \cdot \left[ \left( \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} \cdot \frac{P}{\cos \varphi} \right)^2 - \left( \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} \cdot \frac{P}{\cos \varphi} - Q \right)^2 \right]}{S \cdot V^2} \cdot f_E$$

Dove:

$\cos \varphi$  = fattore di potenza attuale;

$f_E$  = fattore di conversione pari a 0,187 tep/MWh, ai sensi della delibera EEN 3/08 dell'Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas;

$h$  = ore annue di funzionamento;

$L$  = lunghezza del cavo in km;

$Q$  = potenza dei condensatori inseriti in kVAR;

$R$  = risparmio conseguibile in tep;

$S$  = sezione del cavo misurata in mm<sup>2</sup>;

$V$  = tensione pari a 400V;

I risparmi sono calcolati in funzione delle variabili  $L$ ,  $h$ ,  $P$  e  $S$ .

- La lunghezza  $L$  è stabilita a partire dalla superficie dello stabilimento. La superficie è stata legata alla lunghezza  $L$  nella seguente maniera: si è convenzionalmente assunta una superficie di un quadrato equivalente a quella dello stabilimento, di diagonale  $D$ . La lunghezza  $L$  è determinata come valore della semidiagonale:  $L = D/2$ .

	Stabilimento	
	lato superficie	L (lunghezza conduttore)
	lunghezza in m	lunghezza in km
S=1.000 m <sup>2</sup>	31,6	0,02
S=10.000 m <sup>2</sup>	100,0	0,07
S=50.000 m <sup>2</sup>	223,6	0,16
S=100.000 m <sup>2</sup>	316,2	0,22



Sono state proposte quattro categorie di superficie, e per ciascuna sono stati calcolati i risparmi. L'utilizzatore sceglie la superficie in base ai dati delle planimetrie catastali; ad ognuno dei quattro casi (A1-A2-A3-A4) è associata una tabella con i risparmi in fonti primarie.

Caso A1	$A < 1.000 \text{ m}^2$
Caso A2	$1.000 \text{ m}^2 \leq A < 10.000 \text{ m}^2$
Caso A3	$10.000 \text{ m}^2 \leq A < 100.000 \text{ m}^2$
Caso A4	$A > 100.000 \text{ m}^2$

- Le ore h sono stabilite sulla base dei turni di lavoro. Il riferimento è la scheda tecnica 11\* "Installazione di motori a più alta efficienza". L'utilizzatore della scheda verifica in quale delle condizioni lavora il motore sottoposto a rifasamento:
  - 1 turno: attività che si svolgono otto ore al giorno per cinque o sei giorni la settimana corrispondenti, considerate le fermate programmate, ad un numero di ore anno compreso tra 1760 e 2200.
  - 2 turni: attività che si svolgono in due turni giornalieri di otto ore ciascuno per cinque o sei giorni la settimana, corrispondenti ad un numero di ore anno compreso tra 3520 e 4400.
  - 3 turni: attività che si svolgono in tre turni giornalieri di otto ore ciascuno per sette giorni la settimana (non essendoci normalmente l'interruzione della domenica) corrispondenti ad un numero di ore anno pari a 7680.
  - Stagionale: attività che si svolgono per un periodo di tre mesi di lavoro continuato, per 24 ore di lavoro giornaliera, corrispondenti ad un numero di ore anno pari a 2160.

Ai fini del calcolo dei risparmi, per il caso di 1 turno e 2 turni di lavoro, è stato assunto un numero di ore pari alla media degli estremi dell'intervallo considerato. Nel caso di 3 turni e nel caso di lavoro Stagionale le ore assunte nel calcolo sono rispettivamente 7680 e 2160.

- La potenza P è data sotto forma di intervallo. Gli intervalli di potenza Q sono determinati di conseguenza, prendendo come riferimento la tabella 6.5.3.1 del testo Olivieri-Ravelli "Fondamenti di Elettrotecnica", e procedendo a estrapolazioni laddove opportuno.

È da considerare che il rifasamento sul carico non prevede batterie di condensatori ad inserimento progressivo, per cui a carico ridotto si avrebbe una potenza reattiva in anticipo, cosa senz'altro da evitare.

Potenza nominale del motore P (kW)	4	6	8	11	14	18	22	30	40
Potenza nominale del condensatore (kvar)	2	3	4	5	6	8	10	12	13

- Riguardo alla sezione S sono state seguite regole di base di dimensionamento. In particolare si è fatto riferimento alle curve che mettono in relazione la densità di corrente in funzione della sezione del conduttore, per dei cavi isolati in gomma (vedi figura seguente, fonte: G. Petrecca "Industrial Energy Management").

Sono state considerate quattro categorie di potenza:

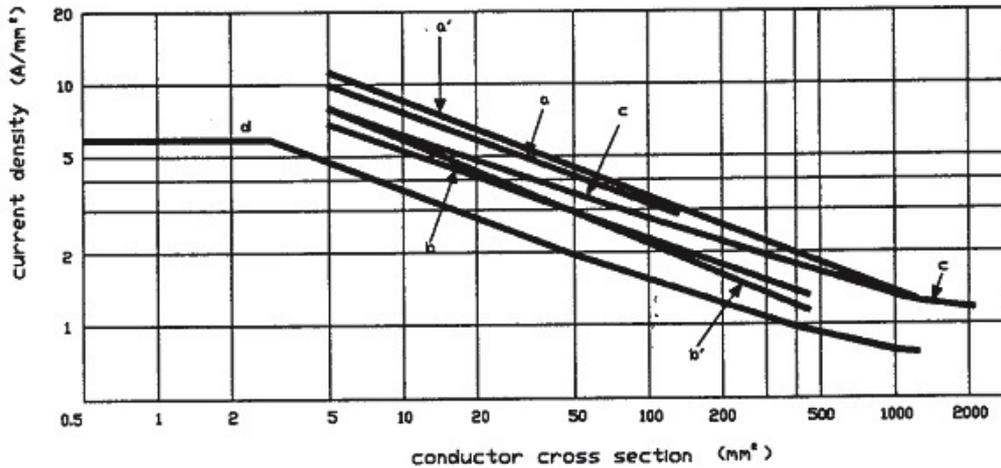
$$P < 10 \text{ kW}, 10 < P < 20 \text{ kW}, 20 < P < 30 \text{ kW}, P > 30 \text{ kW}.$$

A ciascuna categoria sono stati associati dei valori di sezione cautelativi, calcolati come segue:

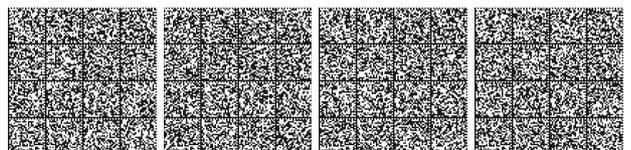
1) per ogni intervallo sono stati considerati, rispettivamente, i seguenti valori di potenza per definire le sezioni: 4 kW, 8 kW, 14 kW, 40 kW. I risultati ottenuti per queste potenze rappresentano i valori da associare all'intero intervallo.



- 2) per ciascuna potenza è stato calcolato il valore di corrente, data la tensione di riferimento di 400 V.
- 3) Partendo dalla curva "d" della figura seguente, che lega la densità di corrente alla sezione del conduttore ( $A/mm^2-mm^2$ ), è stata prodotta una curva densità di corrente - corrente ( $A/mm^2-A$ ), discretizzando l'intervallo delle sezioni per definiti valori.
- 4) Sono state confrontate le intensità di corrente calcolate al punto 2) con i nuovi valori della curva del punto 3) e, con ipotesi cautelative, scelte le sezioni sulla stessa curva 3).



*Fig. 7.2 Current density of different copper cables: (a) single-core paper insulated in air; (a') single-core paper insulated underground; (b) three-core paper insulated in air; (b') three-core paper insulated underground; (c) non-insulated conductor in air; (d) single-core rubber insulated cables*



## Scheda tecnica n. 34E – Riqualificazione termodinamica del vapore acqueo attraverso la ricompressione meccanica (RMV) nella concentrazione di soluzioni.

### 1. ELEMENTI PRINCIPALI

#### 1.1 Descrizione dell'intervento

Categoria di intervento <sup>1</sup> :	IND-T ) Processi industriali: generazione o recupero di calore per raffreddamento, essiccazione, cottura, fusione, ecc
Vita Utile <sup>2</sup> :	U = 5 anni
Vita Tecnica <sup>2</sup> :	T = 20 anni
Settore di intervento:	Industriale
Tipo di utilizzo:	Dispositivi per la riqualificazione termodinamica del vapore acqueo attraverso compressione meccanica
<b>Condizioni di applicabilità</b>	
La presente procedura si applica unicamente a quegli interventi in cui il vapore è prodotto con una caldaia alimentata da combustibile fossile.	

#### 1.2 Calcolo del risparmio di energia primaria

Metodo di valutazione <sup>3</sup>	Valutazione analitica
Coefficiente di addizionalità <sup>2</sup>	$a = 100 \%$
<b>Risparmio Lordo (RL)</b> di energia primaria conseguibile	
$RL = Qd \cdot k_1 - f_E \cdot Eec \quad (tep)$	
dove:	
<b>Qd</b> è la quantità di distillato prodotto nel periodo di riferimento (t)	
<b>k<sub>1</sub></b> è l'energia primaria per l'evaporazione di 1 t di distillato prodotto in condizione di baseline, pari a <b>0,0203 tep/t</b>	
<b>f<sub>E</sub></b> è il fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria, pari a <b>0,187 tep/MWh<sub>e</sub></b>	
<b>Eec</b> è l'energia elettrica annua consumata dal compressore di vapore e dagli ausiliari nel periodo di riferimento (MWh)	
<b>Risparmio Netto (RN)</b> è espresso da:	
$RN = a \cdot RL - Cf \cdot PCI \cdot k_2 \quad (tep)$	
dove:	
<b>Cf</b> è la quantità di combustibile fossile utilizzata dalla caldaia per gli avviamenti o durante le avarie del compressore nel periodo di riferimento (um)	
<b>PCI</b> è il potere calorifico del combustibile fossile (delibera AEEG EEN 1/09) (kJ/um)	
<b>um</b> è l'unità di misura prescelta per il combustibile utilizzato (m <sup>3</sup> , kg, etc.)	
<b>k<sub>2</sub></b> è il fattore di conversione (tep/kJ)	
Le considerazioni sul calcolo sono riportate nella sessione 2.1 allegata (Algoritmo di valutazione per il calcolo del risparmio) e le grandezze <b>Qd</b> , <b>Eec</b> , <b>Cf</b> devono essere oggetto di misura.	



Coefficiente di durabilità <sup>2</sup> :	$\tau = 3,36$
Quote dei risparmi di energia primaria [tep] <sup>2</sup> :	
<b>Risparmio netto contestuale</b> (RNc)	$RNc = RN$
<b>Risparmio netto anticipato</b> (RNa)	$RNa = (\tau - 1) \cdot RN$
<b>Risparmio netto integrale</b> (RNI)	$RNI = RNc + RNa = \tau \cdot RN$
Tipi di Titoli di Efficienza Energetica riconosciuti all'intervento <sup>4</sup>	Tipo II/Tipo III

## 2. NORME TECNICHE DA RISPETTARE

- Articolo 6 decreti ministeriali 20 luglio 2004.
- Certificazioni di conformità di tutte le apparecchiature alla normativa tecnica vigente.
- Il motore del compressore deve avere la marcatura indicante l'appartenenza alla classe di efficienza IE3, in conformità al Regolamento della Commissione N. 640/2009
- Norma CEI EN 60034-1: Macchine elettriche rotanti. Parte 1: Caratteristiche nominali e di funzionamento.
- Norma CEI 13-35: Guida all'applicazione delle Norme sulla misura dell'energia elettrica.
- Norma CEI EN 60359: Apparecchi di misura elettrici ed elettronici – Espressione delle prestazioni.

## 3. DOCUMENTAZIONE SUPPLEMENTARE DA CONSERVARE<sup>5</sup>

- Nome, indirizzo e recapito telefonico di ogni cliente partecipante.
- Documentazione attestante le misure della quantità annua di distillato prodotto, dei consumi di energia elettrica del compressore e degli ausiliari e della quantità di combustibile fossile utilizzata per gli avviamenti o durante le avarie del compressore.

### Note:

- 1 Tra quelle elencate nella Tabella 2 dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
- 2 Di cui all'articolo 1, comma 1, dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
- 3 Di cui all'articolo 3 della deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
- 4 Di cui all'articolo 17 della deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
- 5 Eventualmente in aggiunta a quella specificata all'articolo 14, comma 3, dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.



## **Allegato alla scheda tecnica n. 34E: procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria**

### **Premessa**

Questa scheda descrive il metodo per la determinazione del risparmio energetico conseguibile a seguito dell'utilizzo della ricompressione meccanica del vapore (RMV) al posto della produzione di vapore vivo in caldaia mediante combustibili fossili.

Il metodo proposto, di valutazione analitica, prevede che sia effettuata in campo la misura di alcuni parametri.

Nell'ottica di limitare le misurazioni, sono state introdotte, ove possibile, delle ipotesi di lavoro; inoltre, per semplificare l'attività di misura, è stato formulato un algoritmo di calcolo del risparmio in cui le grandezze oggetto di misura rientrano tra quelle effettuate di routine; esse riguardano la quantità di distillato prodotto, l'energia elettrica consumata ed il consumo di combustibile fossile.

### **La tecnologia**

Molti processi industriali hanno l'esigenza di concentrare soluzioni facendo evaporare il solvente che, nella maggior parte dei casi, è acqua. Questa operazione richiede una grande quantità di energia che di solito viene conferita mediante vapore prodotto in una caldaia alimentata da un combustibile fossile. Gli impianti solitamente utilizzati per ottenere questo scopo sono quelli così detti a multipli effetti, dove il vapore generato da una caldaia viene somministrato al primo effetto, mentre gli altri effetti, in cascata, sono alimentati dal vapore di processo che si libera nell'effetto precedente e che si trova ad operare in ambienti dove la pressione è man mano ridotta con una conseguente riduzione della temperatura di vapore saturo. Esistono però ancora in funzione molti impianti dove per far evaporare la soluzione non si ricorre ai multipli effetti (ambienti con pressioni decrescenti), ma si applica la pressione atmosferica.

In alternativa a queste tecniche si può ricorrere, con il medesimo risultato, alla ricompressione meccanica del vapore (in seguito RVM).

La RMV è un processo ad elevata efficienza energetica che consiste nell'incrementare, mediante un compressore meccanico, la pressione e quindi anche la temperatura del vapore proveniente dalla soluzione in ebollizione.

Il vapore, così valorizzato nel suo contenuto entalpico, viene utilizzato nel processo al posto di quello prodotto in caldaia, con notevole risparmio di combustibile. Questa tecnologia non comporta utilizzo di vapore vivo prodotto da caldaia, a meno di quello necessario all'avviamento del processo e quello occorrente per i reintegri, ed elimina la necessità del raffreddamento e quindi l'utilizzo del condensatore ausiliario ed i relativi costi.

La RMV comporta però un assorbimento di energia elettrica a fronte di una più consistente riduzione di energia termica, con un risparmio finale di energia primaria.

I consumi specifici (elettrici) della RMV sono dell'ordine di  $10 \div 30$  kWh/t acqua prodotta che in termini di energia primaria corrispondono a  $78 \div 235$  kJ/kg contro gli 850 kJ/kg (termico+elettrico) di un impianto a tre effetti.

Un ulteriore impiego della RMV riguarda la essiccazione. Di solito l'essiccazione viene effettuata tramite aria calda e richiede consumi termici piuttosto elevati ( $4 \div 4,5$  MJ/kg di acqua asportata). Essa può essere sostituita dalla RMV, utilizzando vapore leggermente surriscaldato al posto dell'aria calda e con consumi pari alla metà. Gli impianti realizzati però sono pochissimi ed ancora a livello sperimentale per cui si può dedurre che questa applicazione risulta ancora troppo lontana da una sua diffusa applicazione industriale. Per questo motivo si è deciso di non tenerne conto in questa valutazione.



### Campi di applicazione

I settori industriali di maggiore interesse per l'applicazione della ricompressione meccanica del vapore (RMV) sono i seguenti:

- industria casearia
- industria saccarifera
- industria birraria
- distillerie
- industria delle conserve
- industria cartaria
- industria chimica
- industria farmaceutica
- industria tessile
- trattamento acque di scarico

Nell'industria casearia i maggiori consumi energetici si verificano nella produzione di latte condensato, latte in polvere e siero di latte.

La concentrazione è solitamente effettuata mediante evaporatori a 5 o 6 effetti.

Nell'industria saccarifera i processi di evaporazione intervengono in due differenti fasi della produzione: la concentrazione dell'estratto delle barbabietole per eliminare circa l'80% del contenuto acquoso e la cristallizzazione sotto vuoto a 65/70 °C del restante 20% per trasformarlo in zucchero. La RMV è applicata più convenientemente in questa seconda fase.

Nell'industria della birra è la fase di cottura del mosto quella interessata dalla RMV. Essa è una delle fasi più energivore. Il mosto entra nella caldaia a 75°C e viene fatto bollire per circa 90 minuti. L'ebollizione avviene a pressione atmosferica per mezzo di vapore prodotto in caldaia.

Ulteriori applicazioni della RMV nell'industria alimentare sono: la preparazione dei succhi di frutta e la concentrazione del pomodoro.

### Calcolo del risparmio di energia primaria

Si può calcolare il risparmio energetico conseguibile con questa tecnologia come differenza tra l'energia primaria totale necessaria per far evaporare la soluzione nella situazione ante (baseline), ivi compresa l'energia consumata dagli ausiliari, e l'energia elettrica, espressa in termini di energia primaria, utilizzata dal compressore di vapore nella situazione post.

L'impianto preso a riferimento per la situazione ante (baseline) è quello a multipli effetti con tre effetti.

L'espressione dell'algoritmo sarà quindi:

$$R = (Csa \cdot Qd) \cdot 0,00002389 - Eec \cdot 0,187 - Cf \cdot PCI \cdot 0,2389/10^7$$

Dove:

**R** è il risparmio in tep

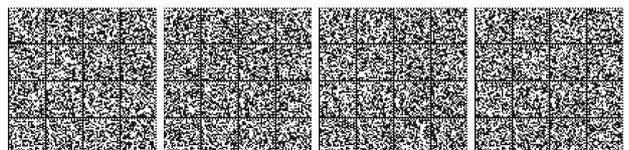
**Csa** è il consumo specifico di un impianto a tre effetti ivi inclusi i consumi degli ausiliari. Tale valore è fissato in 850 kJ/kg,

**Qd** è la quantità di distillato prodotto espressa in t,

**Eec** è l'energia elettrica consumata dal compressore di vapore e dagli ausiliari espressa in MWh,

**Cf** è la quantità di combustibile fossile, espressa nell'unità di misura di riferimento, utilizzata dal sistema, nella situazione post, per gli avviamenti oppure in caso di avaria del compressore,

**PCI** è il potere calorifico del combustibile fossile desunto dalla tabella 1 delle linee guida di cui alla delibera dell'AEEG, 11 febbraio 2009, EEN 1/09 (kJ/um).



Il valore di baseline è stato ricavato considerando che dalla letteratura tecnica risulta che nei multipli effetti esiste una relazione tra distillato prodotto, vapore vivo consumato e numero di effetti. Ossia:

$$Q_d = 0,95 \cdot n \cdot Q_v$$

dove:

**n** = numero di effetti

**Q<sub>d</sub>** = quantità di distillato prodotto

**Q<sub>v</sub>** = quantità di vapore vivo consumato.

Se si esamina un tre effetti,

$$Q_d = 2,85 Q_v$$

Pertanto, per produrre un kg di distillato, è necessario consumare 0,35 kg di vapore; in termini energetici la quantità di energia termica necessaria per produrre un kg di distillato è circa il 35% del calore di vaporizzazione dell'acqua a 100 °C. Questo valore è stato incrementato dell'8% per tenere conto del consumo degli ausiliari. Il valore finale considerato è dunque 850 kJ/kg.

### Stima dei risparmi

Per valutare i risparmi ottenibili con la RMV è necessario partire dalle quantità di acqua da far evaporare per concentrare le soluzioni nei settori di applicazione della tecnologia più promettenti. Questi quantitativi sono stati ricavati dallo studio del CESI "Stima del potenziale di applicazione della ricompressione meccanica del vapore in Italia" del 30 giugno 2003; partendo da questo studio, i dati sono stati aggiornati a tutto il 2009 tenendo conto dell'incremento della produzione industriale alimentare nel periodo 2000-2009.

Facendo riferimento a quanto fornito da Federalimentare sulla produzione agro-alimentare, si è considerato un incremento medio annuo di circa lo 0,7%, per un totale di 4,8% nel periodo 2003-2009.

La stima dei risparmi aggiornata all'anno 2009 è riportata in tabella n. 1. Il valore totale è di 0,476 Mtep di cui più della metà nel settore alimentare.

	Acqua da evaporare	Consumi attuali		Consumi elettrici RMV	Risparmio energia primaria
		Termici	Elettrici		
	Mm <sup>3</sup> /a	TJ/a	GWh/a	GWh/a	tep
<b>Settore agroalimentare</b>					
<b>Industria alimentare</b>	12,786	13.048	83,84	162,44	282.960
<b>Settore ambientale</b>					
<b>Concentrazione reflui agroalimentare</b>	1,782	2.096	7,34	31,44	42.968
<b>Concentrazione fanghi civili ed industriali</b>	1,483	2.436	27,09	21,22	36.539
<b>Concentrazione reflui industriali liquidi</b>	4,664	7.876	92,22	73,36	113.708
<b>Totale</b>	<b>20,71</b>	<b>25.454,87</b>	<b>210,49</b>	<b>288,46</b>	<b>476.175</b>

Tabella n. 1 Potenzialità tecniche di applicazione della ricompressione meccanica del vapore nel settore industriale all'anno 2009.



### Valutazione del potenziale economico

I dati riportati nel paragrafo precedente riguardano una valutazione dell'applicazione della RMV senza tener conto degli aspetti economici, ovvero dell'effettiva convenienza dal punto di vista economico di questa tecnologia per gli utenti finali.

Per completare lo studio è necessario eseguire una valutazione del potenziale economico di questa tecnologia, ovvero della sua effettiva utilizzazione in base ad un'analisi costi benefici.

Per effettuare ciò si deve partire dai costi d'impianto ed in particolare dai costi del compressore che sono piuttosto elevati, essendo questo un componente non di serie e ad alto contenuto tecnologico.

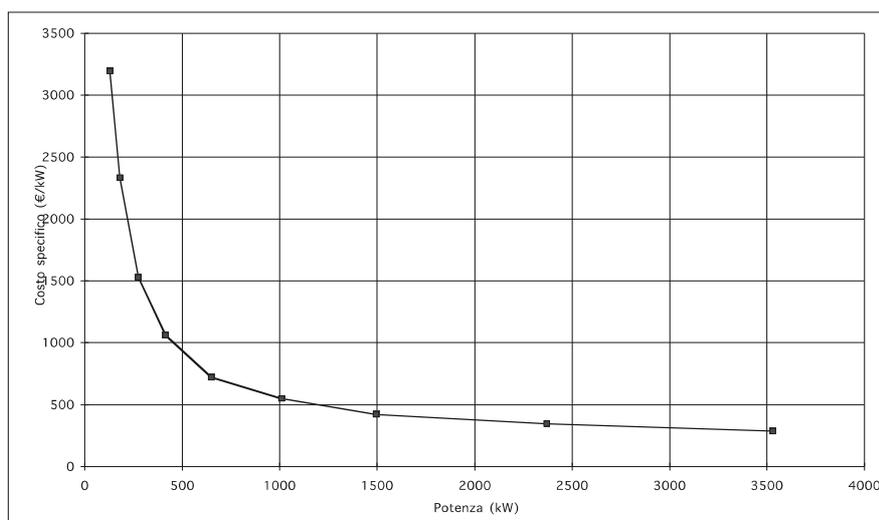


Grafico 1 - Costo specifico (€/kW) di un compressore utilizzabile per la ricompressione meccanica del vapore.

Dal grafico n. 1 è facile osservare che il costo del compressore è molto elevato e i valori per kW installato aumentano sotto i 400 kW. Questo elemento condiziona fortemente i ritorni economici nel caso di potenze medio basse. Per questo motivo si può dire che la RMV risulta meno conveniente se il compressore dovesse avere una potenza sotto i 300 kW. Questa valutazione si ripercuote sulla potenzialità di risparmio riportata in tabella n. 2, per cui ad essa si può applicare un abbattimento di circa il 40%.



## Scheda tecnica n. 35E - Installazione di refrigeratori condensati ad aria e ad acqua per applicazioni in ambito industriale

### 1. ELEMENTI PRINCIPALI

#### 1.1 Descrizione dell'intervento

Categoria di intervento <sup>1</sup> :	IND-T) Processi industriali: generazione o recupero di calore per raffreddamento, essiccazione, cottura, fusione, ecc.
Vita Utile <sup>2</sup> :	U= 5 anni
Vita Tecnica <sup>2</sup> :	T= 20 anni
Settore di intervento:	Industriale
Tipo di utilizzo:	Produzione di acqua refrigerata
<b>Condizioni di applicabilità della procedura</b>	
La presente procedura si applica:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- per la produzione di energia frigorifera nei processi industriali, ad eccezione della fase di climatizzazione degli ambienti</li> <li>- sia agli impianti ad assorbimento con generatore alimentato da energia termica recuperata o prodotta da biomassa/fonte alternativa, sia a quelli alimentati a gas metano o GPL.</li> </ul>	

#### 1.2 Calcolo del risparmio di energia primaria

Metodo di valutazione <sup>3</sup>	Valutazione analitica																													
Coefficiente di addizionalità <sup>2</sup>	a=100%																													
<p>- <b>Chiller a compressione di vapore</b></p> <p><b>Risparmio Netto</b> di energia primaria</p> $RN = a \cdot RL = a \cdot (1/EER_{rif} - 1/EER) \cdot E_{frig} \cdot f_E \quad (tep)$ <p>dove:</p> <p><b>EER<sub>rif</sub></b>: (Energy Efficiency Ratio, rapporto tra energia frigorifera fornita e energia elettrica assorbita dal compressore) valore nominale dell'efficienza individuato come riferimento, riportato in tabella in relazione alla potenza frigorifera nominale ed al tipo di raffreddamento (aria o acqua);</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tipo di raffreddamento</th> <th colspan="5">EER<sub>rif</sub></th> </tr> <tr> <th colspan="5">Intervalli di potenza (kW<sub>frig</sub>)</th> </tr> <tr> <th></th> <th>20-50</th> <th>51-250</th> <th>251-500</th> <th>501-1000</th> <th>&gt;1000</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Aria</b></td> <td><b>2,8</b></td> <td><b>2,7</b></td> <td><b>2,9</b></td> <td><b>3,0</b></td> <td><b>3,2</b></td> </tr> <tr> <td><b>Acqua</b></td> <td><b>3,6</b></td> <td><b>4,0</b></td> <td><b>4,1</b></td> <td><b>4,3</b></td> <td><b>4,4</b></td> </tr> </tbody> </table> <p>- <b>EER</b>: efficienza dell'impianto installato, misurato tramite idonea strumentazione; è dato da:</p> $EER = \frac{E_{frig}}{E_{el}}$		Tipo di raffreddamento	EER <sub>rif</sub>					Intervalli di potenza (kW <sub>frig</sub> )						20-50	51-250	251-500	501-1000	>1000	<b>Aria</b>	<b>2,8</b>	<b>2,7</b>	<b>2,9</b>	<b>3,0</b>	<b>3,2</b>	<b>Acqua</b>	<b>3,6</b>	<b>4,0</b>	<b>4,1</b>	<b>4,3</b>	<b>4,4</b>
Tipo di raffreddamento	EER <sub>rif</sub>																													
	Intervalli di potenza (kW <sub>frig</sub> )																													
	20-50	51-250	251-500	501-1000	>1000																									
<b>Aria</b>	<b>2,8</b>	<b>2,7</b>	<b>2,9</b>	<b>3,0</b>	<b>3,2</b>																									
<b>Acqua</b>	<b>3,6</b>	<b>4,0</b>	<b>4,1</b>	<b>4,3</b>	<b>4,4</b>																									



dove:

$E_{\text{frig}}$  (kWh<sub>frig</sub>) è l'energia frigorifera utile erogata nel periodo di riferimento, misurata con idonea strumentazione.

$E_{\text{el}}$  (kWh<sub>el</sub>) è l'energia elettrica assorbita dal compressore nel periodo di riferimento, misurata con idonea strumentazione.

$f_E$ : fattore di conversione pari a  $0,187 \cdot 10^{-3}$  (tep/kWh)

– **Chiller ad assorbimento alimentato da energia termica recuperata o prodotta da biomassa/fonte alternativa**

$$RN = a \cdot RL = a \cdot (1/EER_{\text{rif}} - P_{\text{spec,ass}}) \cdot E_{\text{frig}} \cdot f_E \quad (\text{tep})$$

dove:

–  $EER_{\text{rif}}$  indicato come sopra, nel raffreddamento ad aria;

–  $P_{\text{spec,ass}}$  rapporto tra la potenza elettrica utilizzata dall'assorbitore e la potenza frigorifera nominale, riportato in tabella in relazione alla potenza frigorifera:

Intervallo di potenza (nominale)	< 1000 kW <sub>frig</sub>	≥ 1000 kW <sub>frig</sub>
$P_{\text{spec,ass}}$	0,03	0,02

–  $E_{\text{frig}}$  ed  $f_E$  come per i chiller a compressione di vapore.

– **Chiller ad assorbimento alimentato a metano o GPL**

$$RN = a \cdot RL = a \cdot (1/GUE_{\text{rif}} - 1/GUE) \cdot E_{\text{frig}} \cdot f_T \quad (\text{tep})$$

dove:

–  $GUE_{\text{rif}}$  (Gas Utilization Efficiency, rapporto tra energia frigorifera fornita e energia termica del combustibile): valore nominale dell'efficienza individuato come riferimento, assunto pari a 0,60;

–  $GUE$ : efficienza dell'impianto installato, misurato tramite idonea strumentazione; è dato da:

$$GUE = \frac{E_{\text{frig}}}{E_{\text{comb}}}$$

in cui:

$E_{\text{frig}}$  (kWh<sub>frig</sub>) come per i chiller a compressione di vapore.

$E_{\text{comb}}$  (kWh<sub>t</sub>) è l'energia termica del combustibile utilizzato nel periodo di riferimento, misurata con idonea strumentazione.

$f_T$ : fattore di conversione pari a 0,086 tep/MWh.

Coefficiente di durabilità<sup>2</sup>:

$$\tau = 3,36$$

Quote dei risparmi di energia primaria [tep/a]<sup>2</sup>:

**Risparmio netto contestuale** (RNc)

$$RNc = RN$$

**Risparmio netto anticipato** (RNa)

$$RNa = (\tau - 1) \cdot RN$$

**Risparmio netto integrale** (RNI)

$$RNI = RNc + RNa = \tau \cdot RN$$



Titoli di Efficienza Energetica riconosciuti all'intervento<sup>4</sup>:

Tipo I per i chiller a compressione o ad assorbimento alimentato da calore di recupero o prodotto da biomassa/energia alternativa

Tipo II per i chiller ad assorbimento alimentati a metano

Tipo III per i chiller ad assorbimento alimentati a GPL

## 2. NORME TECNICHE DA RISPETTARE

Le prestazioni delle macchine oggetto della richiesta di riconoscimento dei TEE, devono:

- essere riferite alle condizioni nominali specificate nella EN 14511
- rispettare i valori minimi stabiliti dal D.M. 19 febbraio 2007
- Articolo 6, decreti ministeriali 20 luglio 2004 (requisiti prestazionali dei sistemi oggetto di intervento)
- Norma UNI EN 1434 “Contatori di calore” (per le misure di energia termica e frigorifera)
- Circolare del Ministero delle finanze, Direzione Generale Dogane, Ufficio Tecnico Centrale delle Imposte di Fabbricazione, prot. N. 3455/U.T.C.I.F. del 9 dicembre 1982 recante "Energia Elettrica - Utilizzazione di contatori elettrici trifase negli accertamenti fiscali" e successive modificazioni (per le misure di energia elettrica)
- Per impianti alimentati a biomasse: Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 marzo 2002, così come modificato e integrato dal Decreto Legislativo n. 152/06 e s.m.i.
- Decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387 e s.m.i. (per la qualificazione delle fonti rinnovabili)

## 3. DOCUMENTAZIONE DA TRASMETTERE<sup>5</sup>

- Nome, indirizzo e recapito telefonico di ogni cliente partecipante.
- Schemi tecnici semplificati degli impianti e della strumentazione.
- Descrizione del sistema di misura adottato per le grandezze rendicontate: tipo di strumento, classe di misura, eventuale metodo di calcolo (nel caso si adottino misure indirette).

## 4. DOCUMENTAZIONE SUPPLEMENTARE DA CONSERVARE<sup>6</sup>

- Fatture di acquisto dei principali apparecchi.
- Copie dei verbali di collaudo, dei risultati delle prove fumi, delle prove di taratura eseguite sulla strumentazione utilizzata, ecc.
- Attestati di conformità e ogni altra documentazione idonea ad attestare il rispetto della normativa tecnica indicata al precedente paragrafo 2.
- Nel caso di utilizzo di biomasse: certificazione attestante che queste rientrino tra quelle ammesse dall'allegato III dello stesso decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 8 marzo 2002, così come modificato e integrato dal Decreto Legislativo n. 152/06 e s.m.i.
- Scheda tecnica delle apparecchiature installate (marca, modello, potenze di targa, etc.).

Note:

1. Tra quelle elencate nella Tabella 2 dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
2. Di cui all'articolo 1, comma 1, dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, ENN 9/11.
3. Di cui all'articolo 3, dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, ENN 9/11.
4. Di cui all'articolo 17, dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, ENN 9/11.
5. Eventualmente in aggiunta a quella specificata all'articolo 13 dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, ENN 9/11.
6. Eventualmente in aggiunta a quella specificata all'articolo 14 dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, ENN 9/11.



## Allegato alla scheda tecnica n. 35E: procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria

### Premessa

Disporre di una centrale frigorifera per la produzione di acqua refrigerata è un'esigenza molto diffusa in un gran numero di settori industriali.

Le tecniche di produzione del "freddo" in campo industriale si basano su macchine (chiller) anche molto diverse tra un'applicazione e l'altra; le temperature a cui è richiesto il fluido freddo vanno da qualche centinaio di gradi al di sotto dello zero (liquefazione di aeriformi quali azoto, aria, gas naturale) a qualche decina di gradi sotto zero per il congelamento degli alimenti, per arrivare a qualche grado sopra lo zero nei comuni frigoriferi.

La temperatura a cui deve essere reso il fluido freddo influisce sulla scelta del fluido frigorifero e sulla tipologia costruttiva della macchina, spaziando dagli apparati basati sui cicli termodinamici (Linde) alle macchine ad assorbimento, fino alle macchine a compressione di vapore, in pratica le più comuni.

Tralasciando le prime, destinate ad applicazioni speciali, con questa scheda tecnica si propone uno schema standard di valutazione dei risparmi energetici nella produzione di acqua refrigerata con chiller a compressione di vapore e ad assorbimento; di seguito si riporta un elenco (non esaustivo) delle lavorazioni che richiedono la sottrazione di calore in alcune fasi del processo produttivo.

- Plastiche e gomme: presse, iniezioni, formature, estrusioni, formatura a soffiaggio, formatura a caldo, PET.
- Laser: taglio, saldatura, sagomatura, ottica, applicazioni mediche, incisioni.
- Alimentari: confezionamento, forni, distillerie, birrerie, aziende vinicole, aziende casearie, imbottigliamento, carbonatazione, lavorazione di carne e pesce, lavorazione di ortaggi, immagazzinamento.
- Chimica e farmaceutica: rivestimenti, serbatoi, miscelatori di schiume poliuretaniche, trattamento di gas naturale, pulizia industriale, laboratori, sanitari, solventi, vernici, sviluppo di foto, raffreddamento di petrolio.
- Lavorazione dei metalli: trattamento e trasformazione di metalli preziosi, lavorazione e trattamento di alluminio.
- Tecnologie meccaniche: macchine utensili, saldatrici, laminatoi, presse, estrusori, macchine da taglio, macchine sagomatrici, lucidatrici, macchine ad accensione comandata, lubrificatrici, trasporto pneumatico, trattamento del calore.
- Carta e relative applicazioni: stampanti, cartoni, etichette, film di plastica, ecc.

### La tecnologia

La funzione primaria di un chiller è quella di raffreddare e mantenere la temperatura di un liquido ad un appropriato livello di temperatura, per raffreddare un ambiente, un processo o un prodotto.

I chiller comprendono un sistema refrigerante e sono collegati a un circuito ad acqua (o miscela di acqua e glicol) azionato da una pompa. I dati di mercato indicano che i chiller per processi industriali sono soprattutto pre-assemblati (90%, mentre la parte restante è del tipo installato in situ.

Vi sono due tipi di chiller: con ciclo a compressione di vapore e con ciclo ad assorbimento.



## Il ciclo a compressione di vapore

Il ciclo a compressione di vapore è la tecnologia più diffusa nel campo della refrigerazione. E' un processo in cui un refrigerante, che circola in un circuito chiuso, è utilizzato per rimuovere calore da un prodotto o un'area e cederlo altrove .

La classificazione, in campo industriale, è fatta in base al tipo di compressore:

- compressori swing: utilizzati per lo più per basse capacità (<15 kW) e raffreddati ad aria;
- a spirale: utilizzati per capacità medie (15-250 kW), raffreddati ad acqua e aria e senza condensatore;
- a vite: utilizzati per capacità medie e alte (150-200 kW), raffreddati ad acqua e ad aria e senza condensatore;
- centrifughi: utilizzati per alte capacità di raffreddamento (300-900 kW) e raffreddati ad acqua;
- alternativi: Utilizzati per potenza da 0.5 a 181 kW e raffreddati ad aria.

Le taglie di potenza impiegate variano da decine di kW fino a decine di MW; spesso si ricorre alla modularità, nel senso che per raggiungere una certa potenza frigorifera si opta per macchine a potenza minore ma in numero maggiore, operanti in serie o in parallelo gestendo così al meglio l'impianto a carico parziale e ottimizzando la spesa energetica.

Il parametro di prestazione dei chiller a compressione di vapore è espresso usando l'*Energy Efficiency Ratio* (EER), che è il rapporto tra la potenza frigorifera (capacità di raffreddamento) e la potenza richiesta dall'unità, misurata a pieno carico.

Nelle macchine a compressione di vapore il rendimento è fortemente dipendente, a parità di raffreddamento dell'acqua, dal tipo di condensazione del fluido frigorifero; il valore di EER è sensibilmente maggiore per le macchine condensate ad acqua.

A rendere più basso l'EER dei gruppi frigo aria/acqua rispetto a quelli acqua/acqua , oltre alla temperatura della sorgente calda, in genere più bassa nel caso dell'acqua, è anche l'elevato assorbimento elettrico dei ventilatori e dei dispositivi necessari al loro silenziamento, spesso obbligato da problemi di inquinamento acustico.

## Il ciclo ad assorbimento

Il ciclo ad assorbimento è composto da due anelli a circuito chiuso in cui circolano i due fluidi di lavoro: il refrigerante e il mezzo di assorbimento. Il sistema ad assorbimento è simile al sistema a compressione del vapore e comprende un condensatore, un dispositivo di espansione e un evaporatore, tuttavia a differenza del sistema a compressione di vapore al posto del compressore meccanico, c'è una unità termica comprendente un assorbitore e un generatore.

In un ciclo ad assorbimento, il vapore refrigerante si forma nell'evaporatore e viene trasferito all'assorbitore dove è trasformato in liquido per l'affinità chimica con il mezzo di assorbimento. La miscela refrigerante/mezzo di assorbimento viene quindi trasferita, tramite una pompa, nel generatore e il refrigerante viene separato dal mezzo di assorbimento per distillazione tramite calore fornito dall'esterno. Il mezzo di assorbimento liquido viene ricircolato all'assorbitore e il vapore refrigerante passa nel condensatore dove si raffredda, ritorna liquido e fluisce nel dispositivo di espansione dove la pressione scende al valore della sua pressione di evaporazione e infine fluisce nell'evaporatore dove evapora e ricomincia il ciclo.

Le miscele di refrigerante e mezzo di assorbimento più utilizzate nel chiller ad assorbimento sono 1) acqua/bromuro di litio e 2) ammoniacale/acqua. Si può utilizzare anche una miscela acqua/glicol come refrigerante quando le temperatura di raffreddamento da raggiungere sono al di sopra di 0°C.

Poiché la principale alimentazione del ciclo ad assorbimento è il calore fornito al generatore, la tecnologia ad assorbimento è utilizzata per lo più quando l'elettricità è inaffidabile o costosa, quando il rumore del compressore è problematico e quando è disponibile un surplus di calore.



Il parametro di prestazione dei chiller ad assorbimento ancora l'EER, inteso, però, come rapporto tra la potenza frigorifera (capacità di raffreddamento) e la potenza termica richiesta (*GUE-Gas Utilization Efficiency*, nelle nuove direttive).

Gli assorbitori, in termini di potenza frigorifera, variano da decine di kW fino a decine di MW nei modelli più grandi, e possono essere di tipo monostadio o bi-stadio; questi ultimi in particolare, per la loro tipologia costruttiva, consentono di raggiungere GUE in teoria doppi rispetto a quelli monostadio, ma richiedono temperature di alimentazione maggiori.

### Stima del risparmio energetico atteso

I dati relativi alla situazione italiana sono stati dedotti nell'ipotesi che, per quanto riguarda le vendite, la quota italiana rappresenti circa il 35% del totale europeo, mentre, per quanto riguarda il parco, la quota italiana rappresenti circa il 30%.

La capacità totale installata in EU è 156 GW di raffreddamento. Studi europei stimano che il parco salirà a 265 GW nel 2025 e a 291 nel 2030, aumentando rispettivamente del 70% e 87% rispetto al 2008. Dal momento che i chiller hanno una vita lunga (circa 18 anni), nel 2025 circa il 15% dei chiller pre-2020 saranno sostituiti, il 75% del parco sarà composto da chiller pre-2020 ed il rimanente da nuove installazioni successive al 2020. Le corrispondenti percentuali per il 2030 sono 27%, 55% e 18% rispettivamente.

Una stima dei risparmi raggiungibili per i chiller può essere ricavata dall'analisi dei possibili miglioramenti associati ai singoli componenti. Tuttavia tale analisi corre il rischio di sovrastimare il potenziale risparmio energetico dei chiller, pertanto una stima più corretta va fatta valutando le prestazioni dei chiller nel loro complesso.

I possibili risparmi per l'Italia, ipotizzando un consumo di energia elettrica associato ai chiller pari a circa 12,88 TWh (2.408.560 Tep), sono riportati nella tabella seguente.

Risparmi in tep rispetto al 2008		
Ipotesi del 15% del risparmio	Ipotesi del 65% del risparmio	Ipotesi del 30% del risparmio
361.284	156.564	722.568

### Calcolo del risparmio di energia primaria conseguibile per singola unità fisica di riferimento

#### Chiller a compressione di vapore

L'algoritmo per il calcolo dei risparmi è stato determinato facendo riferimento ad un valore di EER medio di mercato (baseline), distinguendo i tipi con condensazione ad aria e acqua. Il Risparmio Lordo (RL) rappresenta l'energia primaria risparmiata nel periodo di riferimento. Esso si calcola con l'espressione:

$$RL = (1/EER_{rif} - 1/EER) \cdot E_{frig} \cdot f_E \quad (tep)$$

dove:

- $EER_{rif}$  valore nominale dell'efficienza individuato come riferimento, riportato in tabella in relazione alla potenza frigorifera nominale ed al tipo di raffreddamento (aria o acqua);

Tipo di raffreddamento	EER <sub>rif</sub>				
	Intervalli di potenza (kW <sub>frig</sub> )				
	20-50	51-250	251-500	501-1000	>1000
<b>Aria</b>	<b>2,8</b>	<b>2,7</b>	<b>2,9</b>	<b>3,0</b>	<b>3,2</b>
<b>Acqua</b>	<b>3,6</b>	<b>4,0</b>	<b>4,1</b>	<b>4,3</b>	<b>4,4</b>



- EER: efficienza dell'impianto installato, misurato tramite idonea strumentazione; è dato da:

$$EER = \frac{E_{frig}}{E_{el}}$$

dove:

- $E_{frig}$  (kWh<sub>frig</sub>) è l'energia frigorifera utile erogata nel periodo di riferimento, misurata con idonea strumentazione.
- $E_{el}$  (kWh<sub>el</sub>) è l'energia elettrica assorbita dal compressore nel periodo di riferimento, misurata con idonea strumentazione.
- $f_E$  è il fattore di conversione da kWh a tep, pari a  $0,187 \cdot 10^{-3}$ .

### Chiller ad assorbimento alimentati da energia termica recuperata o prodotta da biomassa/fonte alternativa

Considerando le macchine ad assorbimento con generatore alimentato da calore di recupero, i consumi da tenere in conto si riducono all'energia elettrica degli ausiliari. Pertanto, la baseline di riferimento, nell'algoritmo di calcolo dei risparmi, è ancora la macchina a compressione di vapore ed il RL (risparmio lordo) si può calcolare con l'espressione:

$$RL = (1/EER_{rif} - P_{spec,ass}) \cdot E_{frig} \cdot f_E \quad (tep)$$

dove:

- $EER_{rif}$  indicato come sopra, nel raffreddamento ad aria;
- $P_{spec,ass}$  rapporto tra la potenza elettrica utilizzata dall'assorbitore e la potenza frigorifera nominale, riportato in tabella in relazione alla potenza frigorifera:

Intervallo di potenza (nominale)	< 1000 kW <sub>frig</sub>	≥ 1000 kW <sub>frig</sub>
$P_{spec,ass}$	0,03	0,02

- $E_{frig}$  ed  $f_E$  come per i chiller a compressione di vapore.

### Chiller ad assorbimento alimentati a gas metano o GPL

L'algoritmo per il calcolo dei risparmi prende in considerazione un valore di GUE di riferimento (baseline), distinguendo tra i tipi con assorbitore a bromuro di litio o ad acqua ammoniacale. Il Risparmio Lordo (RL) rappresenta l'energia primaria risparmiata. Esso si calcola con l'espressione:

$$RL = (1/GUE_{rif} - 1/GUE) \cdot E_{frig} \cdot f_T \quad (tep)$$

Dove:

- $GUE_{rif}$  (*Gas Utilization Efficiency*, rapporto tra energia frigorifera fornita e energia termica del combustibile): valore nominale dell'efficienza individuato come riferimento, assunto pari a 0,60
- $GUE$ : efficienza dell'impianto installato, misurato tramite idonea strumentazione; è dato da:

$$GUE = \frac{E_{frig}}{E_{comb}}$$



in cui:

- $E_{\text{frig}}$  ( $\text{kWh}_{\text{frig}}$ ) come per i chiller a compressione di vapore.
- $E_{\text{comb}}$  ( $\text{kWh}_t$ ) è l'energia termica del combustibile utilizzato nel periodo di riferimento, misurata con idonea strumentazione.
- $f_T$ : fattore di conversione pari a 0,086 tep/MWh.



## Scheda tecnica n. 36E - Installazione di gruppi di continuità statici ad alta efficienza (UPS)

### 1. ELEMENTI PRINCIPALI

#### 1.1 Descrizione dell'intervento

Categoria di intervento <sup>1</sup> :	CIV-INF) Settore residenziale, agricolo e terziario: riduzione dei fabbisogni di energia con e per applicazioni ICT IND-E) Processi industriali: sistemi di azionamento efficienti (motori, inverter, ecc.), automazione e interventi di rifasamento
Vita Utile <sup>2</sup> :	U= 5 anni
Vita Tecnica <sup>2</sup> :	T= 10 anni per CIV-INF T= 15 anni per IND-E
Settore di intervento:	Civile (residenziale, commerciale e terziario) e industriale
Tipo di utilizzo:	Riduzione dei consumi di energia elettrica a seguito dell'installazione di gruppi di continuità più efficienti
<b>Condizioni di applicabilità della procedura</b>	
La presente procedura si applica all'installazione di gruppi di continuità statici (di seguito UPS) ad alta efficienza e alla sostituzione di precedenti UPS con altri a più alta efficienza.	

#### 1.2 Calcolo del risparmio di energia primaria

Metodo di valutazione <sup>3</sup>	Valutazione standardizzata
Unità fisica di riferimento (UFR) <sup>2</sup>	1 kVA di potenza in uscita da UPS installato o sostituito
<b>Risparmio Specifico Lordo (RSL)</b> di energia primaria ( <b>tep/anno/kVA</b> ) conseguibile per singola unità fisica di riferimento; si ricava dalla tabella sottostante in funzione della differenza di rendimento tra UPS nuovo $\eta$ e quello di riferimento $\eta_{\text{rif}}$ variabile in base alla fascia di potenza.	
<b>Risparmio lordo (RL)</b> di energia primaria conseguibile per ogni UPS installato	
$\mathbf{RL = RSL \cdot N_{UFR} \quad (\text{tep/anno/UPS})}$	



RSL Risparmi Lordi per ogni delta efficienza (tep/anno/kVA)											
Potenza [kVA]	$\eta_{rif}$	$\Delta\eta = 1\%$	$\Delta\eta = 2\%$	$\Delta\eta = 3\%$	$\Delta\eta = 4\%$	$\Delta\eta = 5\%$	$\Delta\eta = 6\%$	$\Delta\eta = 7\%$	$\Delta\eta = 8\%$	$\Delta\eta = 9\%$	$\Delta\eta = 10\%$
>=0,3 - <3,5	<b>0,840</b>	0,018	0,036	0,054	0,071	0,088	0,104	0,120	0,136	0,151	0,166
>=3,5 - <10	<b>0,870</b>	0,017	0,034	0,050	0,066	0,082	0,097	0,112	0,127	0,141	0,155
>=10 - <20	<b>0,910</b>	0,016	0,031	0,046	0,061	0,075	0,089	0,103			
>=20 - <40	<b>0,915</b>	0,015	0,031	0,045	0,060	0,074	0,088				
>=40 - <200	<b>0,920</b>	0,015	0,030	0,045	0,059	0,073	0,087				
>=200	<b>0,930</b>	0,015	0,030	0,044	0,058	0,072					

Tabella 1

$\Delta\eta(*) = \eta - \eta_{rif}$   
 $\eta$  è il rendimento dell'UPS installato misurato in modalità doppia conversione al massimo del carico misurato secondo le modalità indicate dalla norma CEI EN 62040-3:2002 appendice.  
 $\eta_{rif}$  è il rendimento di riferimento ricavabile dalla seconda colonna della tabella 1.  
 (\*) il valore calcolato nel caso non unitario deve essere approssimato per difetto.

Coefficiente di addizionalità <sup>2</sup>	$a = 100\%$
Coefficiente di durabilità se applicata al settore civile <sup>2</sup>	$\tau = 1,87$
Coefficiente di durabilità se applicata al settore industriale <sup>2</sup>	$\tau = 2,65$
Quote dei risparmi di energia primaria [tep/a] <sup>2</sup> :	
<b>Risparmio netto contestuale (RNc)</b>	$RNc = a \cdot RSL \cdot N_{UFR}$
<b>Risparmio netto anticipato (RNa)</b>	$RNa = (\tau - 1) \cdot RNc$
<b>Risparmio netto integrale (RNI)</b>	$RNI = RNc + RNa = \tau \cdot RNc$
Tipi di Titoli di Efficienza Energetica riconosciuti all'intervento <sup>4</sup>	Tipo I

## 2. NORME TECNICHE DA RISPETTARE

- Norma CEI EN 62040-3:2002.
- Code of the Conduct on Energy Efficiency and Quality of AC Uninterruptible Power Systems (UPS), Version 2.0, 2011-03-16.

## 3. DOCUMENTAZIONE SUPPLEMENTARE DA CONSERVARE<sup>5</sup>

- Nome, indirizzo e numero telefonico di ogni cliente partecipante.
- Marca, modello e numero di serie dello UPS installato.

Note:

1. Tra quelle elencate nella Tabella 2 dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
2. Di cui all'articolo 1, comma 1, dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
3. Di cui all'articolo 3 della deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
4. Di cui all'articolo 17 della deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
5. Eventualmente in aggiunta a quella specificata all'articolo 14, comma 3, dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.



## **Allegato alla scheda tecnica n. 36E: procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria**

Sono esposte di seguito alcune considerazioni riguardo agli UPS (*Uninterruptible Power Supply*) tratte dal rapporto “Metodologie per la definizione di risparmi energetici, nell’ambito del meccanismo dei titoli di efficienza energetica, attraverso metodologie semplificate” realizzato nel 2010 da FIRE-ENEA nell’ambito della Ricerca di sistema elettrico.

### **Premessa**

Gli UPS sono sistemi che garantiscono qualità e continuità dell’energia elettrica, aspetti fondamentali sia nel settore industriale che nel terziario. L’uso degli UPS garantisce una costante forma d’onda sinusoidale proteggendo il carico da possibili microinterruzioni, buchi di tensione, armoniche e sovratensioni, che potrebbero pregiudicare o addirittura interrompere i processi in corso, con relative perdite economiche, talvolta considerevoli.

Si trovano applicazioni di UPS in centri elaborazione dati, strutture sanitarie, processi industriali, aeroporti e stazioni, sistemi di telecomunicazione, dispositivi antincendio e antintrusione, etc.

### **Tecnologia**

Sono presenti sul mercato due tipi di gruppi di continuità:

- gruppi di continuità statici, oggetto della presente scheda;
- gruppi di continuità rotanti o dinamici.

Gli UPS statici sono costituiti principalmente da un raddrizzatore, un inverter ed un gruppo batterie. Il raddrizzatore effettua la trasformazione AC/DC per la ricarica delle batterie e l’inverter provvede al passaggio inverso per l’alimentazione dell’utenza finale. Nella doppia trasformazione l’energia proveniente dalla rete viene adeguatamente filtrata per agire sui disturbi. Le batterie garantiscono invece l’alimentazione nel caso di interruzioni improvvisate.

L’efficienza energetica in questi sistemi si misura come il rapporto tra la potenza elettrica in uscita e quella in entrata, misurata in kVA. La doppia conversione AC/DC porta a delle perdite, producendo energia termica che in alcuni casi deve essere smaltita con appositi sistemi.

La modalità di funzionamento più indicata per valutare l’efficienza energetica di un UPS statico è quella in doppia conversione (o on-line), che garantisce la completa protezione da disturbi dell’utenza finale. La norma che regola la misura dell’efficienza energetica è la CEI EN 62040-3:2002. Ogni UPS viene dimensionato per il carico che deve alimentare, indicato in kVA, e la sua efficienza è massima per valori di carico prossimi a quello massimo. Negli UPS di più recente produzione si cerca di ottenere un’efficienza più costante possibile al diminuire del carico. La tendenza attuale è quella di installare gruppi di UPS modulari che possano adeguarsi alle condizioni di carico richieste e lavorare nella parte di curva a più alto rendimento.

### **Considerazioni sul mercato**

Il funzionamento di queste apparecchiature è continuo per 24 ore al giorno e le potenze in gioco possono essere molto elevate, per cui una variazione di efficienza anche di pochi punti può dare notevoli vantaggi.

Da dati RSE i consumi relativi a carichi sotto UPS nel 2008 erano pari a circa 18,5 TWh, (Tabella A) di cui circa 12,0 TWh negli uffici, 4,5 TWh nell’illuminazione pubblica/privata di emergenza, 1,0 TWh nel settore industriale, 0,5 TWh nei trasporti e 0,5 TWh nelle apparecchiature elettromedicali. Considerando l’andamento di crescita del settore terziario, nel quale sono comprese



le maggiori installazioni di UPS, è possibile ipotizzare un aumento dei consumi dei carichi sotto gruppi di continuità del 1,5% annuo, raggiungendo nel 2020 un consumo di circa 21,8 TWh. Questi dati sono riferiti solo a sistemi installati nella modalità di funzionamento in doppia conversione.

2008	18,5
2012	19,6
2016	20,7
2020	21,8

Tabella A: Consumo carichi sotto UPS (TWh)

Il gruppo di lavoro ANIE/AssoAutomazione sugli UPS ha ricostruito, in base ai dati di vendita, il numero di gruppi di continuità installati, partendo dall'anno 1997 fino ad arrivare al 2008, anno in cui gli UPS installati on-line in doppia conversione erano circa 900.000 (Tabella B).

Suddividendo il parco UPS in tre intervalli di potenza: 0 ÷ 10 kVA, 11 ÷ 100 kVA e potenza maggiore di 100 kVA, e considerando un tasso di mortalità rispettivamente di 4, 8 e 12 anni, è stata fatta una previsione del numero di UPS installati al 2020. Dai valori della Tabella B si vede come le fasce di potenza che avranno i maggiori sviluppi sono le prime due. Questo fenomeno è dovuto alla diffusione di sistemi UPS modulari con potenze di targa basse, ma che assemblati possono superare il MW di potenza.

Parco installato UPS on-line	2008	2012	2016	2020
0 ÷ 10 kVA	781.213	794.028	826.269	859.819
11 ÷ 100 kVA	109.278	128.509	147.302	159.444
> 100 kVA	16.484	16.199	16.319	16.201
Totale	906.974	938.735	989.890	1.035.464

Tabella B: previsione numero UPS installati in Italia

### Calcolo del risparmio di energia primaria conseguibile per singola unità fisica di riferimento

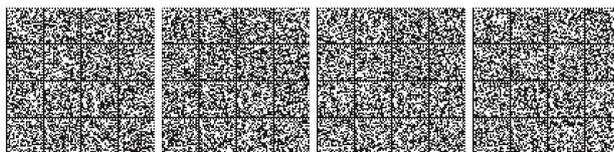
Il calcolo dei risparmi si effettua a partire da un livello di rendimento di riferimento ( $\eta_{rif}$ ) funzione dell'intervallo di potenza del dispositivo. La differenza, tra l'inverso del rendimento di riferimento (baseline) e l'inverso del rendimento del dispositivo preso a pieno carico è direttamente proporzionale al risparmio ottenibile.

La formula per il calcolo del risparmio specifico lordo per unità di kVA installato è la seguente:

$$RSL = f_E \cdot 0,8 \cdot 8.760 \cdot (1/\eta_{rif} - 1/\eta) \text{ [tep/anno/kVA]}$$

dove:

- $f_E = 0,187 \cdot 10^{-3}$  tep/kWh (fattore di conversione definito dalla delibera EEN 3/08).
- 0,8 è un valore medio del fattore di potenza;
- 8.760 sono le ore annue di funzionamento.



Il risparmio lordo ottenibile conseguibile per ogni UPS installato è dato dal prodotto del risparmio specifico lordo per la potenza.

$$RL = RSL \cdot P \text{ [tep/anno]}$$

dove:

- P è la potenza in uscita dall'UPS [kVA];

I valori di  $\eta_{rif}$  sono ricavati dal codice di condotta europeo (CdC) sugli UPS (vedi tab. C). Tale tabella, riporta i rendimenti minimi da rispettare per l'adesione al CdC negli anni dal 2011 al 2014. Nel caso della scheda si è scelto di prendere come riferimento i valori futuri degli anni 2013 e 2014 che hanno rendimenti maggiori.

Mode	from 1-1-2011 to 31-12-2012			
	UPS range: • 10 – < 20 kVA	UPS range: • 20 – < 40 kVA	UPS range: • 40 – < 200 kVA	UPS range: • 200 kVA
<i>Normal mode</i> <b>Minimum</b> efficiency measured according to EN 62040-3 Annex AA				
25 % of nominal power	85,5%	85,5 %	87,8 %	89,8 %
50 % of nominal power	89,8 %	90,3 %	91,3 %	92,3 %
75 % of nominal power	91,3 %	91,8 %	92,5 %	93,3%
100 % of nominal power	91,5 %	92 %	92,5%	93,3 %
Mode	from 1-1-2013 to 31-12-2014			
	UPS range: • 10 – < 20 kVA	UPS range: • 20 – < 40 kVA	UPS range: • 40 – < 200 kVA	UPS range: • 200 kVA
<i>Normal mode</i> <b>Minimum</b> efficiency measured according to EN 62040-3 Annex AA				
25 % of nominal power	86,5%	87,5 %	89,0 %	90,0 %
50 % of nominal power	91,0 %	91,5 %	92,0 %	92,5 %
75 % of nominal power	92,0 %	92,5 %	93,0 %	93,5%
100 % of nominal power	92,0 %	92,5%	93,0%	93,5 %

Tabella C: JRC, Code of Conduct on AC Uninterruptible Power Systems (UPS)



## Scheda tecnica n. 37E - Nuova installazione di impianto di riscaldamento unifamiliare alimentato a biomassa legnosa di potenza $\leq 35$ kW termici.

### 1. ELEMENTI PRINCIPALI

#### 1.1 Descrizione dell'intervento

Categoria di intervento <sup>1</sup> :	CIV T) Settori residenziale, agricolo e terziario: generazione di calore/freddo per climatizzazione e produzione di acqua calda
Vita Utile <sup>2</sup> :	U= 5 anni
Vita Tecnica <sup>2</sup> :	T= 15 anni
Settore di intervento:	Residenziale
Tipo di utilizzo:	Riscaldamento ambienti e produzione acqua calda sanitaria.

**Condizioni di applicabilità della procedura**

La presente procedura si applica all'installazione di termo-camini, termo-stufe e caldaie adibiti al riscaldamento di singoli appartamenti, dotati di impianto idronico, compresa o meno la produzione di acqua calda sanitaria (ACS). I dispositivi devono rispondere ai seguenti requisiti:

- efficienza di conversione non inferiore all'85%.
- rispetto delle emissioni come previsto per la classe 5 della Norma UNI EN 303-05.

Le biomasse utilizzate possono presentarsi sotto forma di pellets, bricchette, ciocchi e cippato, con caricamento manuale o automatico.

#### 1.2 Calcolo del risparmio di energia primaria

Metodo di valutazione <sup>3</sup>	Valutazione standardizzata
Unità fisica di riferimento (UFR) <sup>2</sup>	Abitazione tipo riscaldata

**Risparmio Specifico Lordo (RSL) di energia primaria (tep/anno/abitazione) conseguibile per singola unità fisica di riferimento; si ricava dalle tabelle sottostanti.**

Si considerano due possibili casi:

1. *Il dispositivo a biomasse è l'unica fonte di produzione di energia termica per la climatizzazione invernale e/o la produzione di ACS.*
2. *Il dispositivo a biomasse è integrato con altro dispositivo di produzione di energia termica per la climatizzazione invernale e/o la produzione di ACS alimentato da altra fonte energetica.*

In entrambi i casi (A e B) si intendono valide le installazioni di dispositivi a biomasse sia in nuove abitazioni sia in sostituzione di dispositivi esistenti alimentati da fonte non rinnovabile.

- **Dispositivo a biomasse:** singola caldaia, termo-camino, termo-stufa o insieme di essi installati per unità abitativa.
- **V** è il volume lordo, espresso in metri cubi, delle parti di edificio riscaldate, definito dalle superfici che lo delimitano;
- **S** è la superficie, espressa in metri quadrati, che delimita verso l'esterno il volume V (verso ambienti non dotati di riscaldamento);
- **Abitazione** è l'abitazione tipo riscaldata;
- **N** è il numero di abitazioni considerate.

- **Modalità "Solo riscaldamento":** con riferimento al caso A si considera un dispositivo per sola



produzione di energia termica per il riscaldamento.

- **Modalità “Riscaldamento + ACS con azionamento indipendente”**: con riferimento al caso A si considera un impianto per produzione di energia termica per riscaldamento e ACS con azionamento indipendente (utilizzo per la produzione di ACS anche al di fuori del periodo di riscaldamento).

- **Modalità “Riscaldamento + ACS senza azionamento indipendente”**: con riferimento al caso A si considera un dispositivo per produzione di energia termica per riscaldamento e ACS con unico azionamento (produzione di ACS contestuale al riscaldamento).

- **Modalità “Solo riscaldamento per impianti con integrazione”**: con riferimento al caso B si considera un dispositivo integrato con altro dispositivo di produzione di energia termica per la climatizzazione invernale, e/o la produzione di ACS, alimentato da altra fonte energetica.

Le tabelle seguenti riportano il valore dei risparmi in tep/anno riconosciuti per ciascuna abitazione-tipo all'interno di una determinata fascia climatica e in funzione del rapporto S/V.

#### Caso A

Modalità solo riscaldamento							
RSL (tep/anno/abitazione)		Intervalli di gradi giorno					
		< 600	600-900	900-1.400	1.400-2.100	2.100-3.000	> 3.000
S/V	< 0,5	0,12	0,15	0,22	0,33	0,47	0,54
	≥ 0,5	0,26	0,31	0,43	0,59	0,77	0,88

Modalità Riscaldamento + ACS con azionamento indipendente							
RSL (tep/anno/abitazione)		Intervalli di gradi giorno					
		< 600	600-900	900-1.400	1.400-2.100	2.100-3.000	> 3.000
S/V	< 0,5	0,27	0,30	0,37	0,48	0,62	0,69
	≥ 0,5	0,41	0,46	0,58	0,74	0,92	1,03

Modalità Riscaldamento + ACS senza azionamento indipendente							
RSL (tep/anno/abitazione)		Intervalli di gradi giorno					
		< 600	600-900	900-1.400	1.400-2.100	2.100-3.000	> 3.000
S/V	< 0,5	0,19	0,22	0,29	0,40	0,54	0,61
	≥ 0,5	0,33	0,38	0,50	0,66	0,84	0,95

#### Caso B

Modalità solo riscaldamento per impianti con integrazione							
RSL (tep/anno/abitazione)		Intervalli di gradi giorno					
		< 600	600-900	900-1.400	1.400-2.100	2.100-3.000	> 3.000
S/V	< 0,5	0,08	0,11	0,16	0,23	0,33	0,38
	≥ 0,5	0,18	0,22	0,30	0,41	0,54	0,62



Coefficiente di addizionalità <sup>2</sup> :	$a = 100\%$
Coefficiente di durabilità <sup>2</sup> :	$\tau = 2,65$
Quote dei risparmi di energia primaria [tep/a] <sup>2</sup> :	
<b>Risparmio netto contestuale (RNc)</b>	$RNc = a \cdot RSL \cdot N_{UFR}$
<b>Risparmio netto anticipato (RNa)</b>	$RNa = (\tau - 1) \cdot RNc$
<b>Risparmio netto integrale (RNI)</b>	$RNI = RNc + RNa = \tau \cdot RNc$
Titoli di Efficienza Energetica riconosciuti all'intervento <sup>4</sup> :	
Tipo II per risparmi ottenuti da dispositivi installati in zone metanizzate.	
Tipo III per risparmi ottenuti da dispositivi installati in zone non metanizzate.	

## 2. NORME TECNICHE DA RISPETTARE

- Norma UNI EN 303-5:2010 Caldaie per combustibili solidi, con alimentazione manuale e automatica, con potenza termica nominale fino a 500 kW.
- Norma UNI EN 12809:2004 Caldaie domestiche indipendenti a combustibile solido. Potenza termica nominale non maggiore di 50 kW. Requisiti e metodi di prova.
- Norma UNI 10683:2005 Generatori di calore alimentati a legna o da altri biocombustibili solidi- Requisiti di installazione.

Per le biomasse utilizzate è richiesta la conformità alle classi di qualità previste dalle Norme UNI, in particolare:

- pellets: classi A1/A2 della Norma UNI EN 14961-2
- bricchette: classi A1/A2 e B della Norma UNI EN 14961-3
- cippato: classi A1/A2 e B della Norma UNI EN 14961-4
- ciocchi: classi A1/A2 e B della Norma UNI EN 14961-5

## 3. DOCUMENTAZIONE DA TRASMETTERE<sup>5</sup>

Nome, indirizzo e numero telefonico di ogni cliente partecipante.

## 4. DOCUMENTAZIONE SUPPLEMENTARE DA CONSERVARE<sup>6</sup>

Fatture d'acquisto dei dispositivi.

Libretto d'impianto (art.11, comma 9, DPR n.412 e s.m.)

Note:

1. Tra quelle elencate nella Tabella 2 dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
2. Di cui all'articolo 1, comma 1, dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
3. Di cui all'articolo 3 della deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
4. Di cui all'articolo 17 della deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
5. Eventualmente in aggiunta a quella specificata all'articolo 14, comma 3, dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
6. Eventualmente in aggiunta a quella specificata all'articolo 13 dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.



## **Allegato alla scheda tecnica n. 37E: procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria**

### **Premessa**

La biomassa, se utilizzata in modo sostenibile nelle varie fasi del suo ciclo di vita (accrescimento, raccolta, conferimento e conversione energetica), rappresenta una fonte di energia rinnovabile e disponibile localmente e il suo impiego può consentire la produzione di energia termica ed elettrica, limitando le emissioni complessive di CO<sub>2</sub>.

In questa scheda tecnica viene proposto l'utilizzo di biomasse in apparecchi per uso termico basati su processi di combustione diretta, preposti al riscaldamento di utenze di tipo domestico in appartamenti unifamiliari (impianti di taglia inferiore a 35 kW).

Le biomasse combustibili si trovano in commercio generalmente sotto forma di ciocchi o tronchetti di legno, bricchette, cippato di legna e pellet. La classificazione qualitativa dei combustibili solidi è riportata nella specifica tecnica UNI/TS 11264 "Caratterizzazione di legna da ardere, bricchette e cippato".

Non sono prese in considerazione le biomasse alternative al legno (mais, sansa, gusci, ecc.) il cui utilizzo comporta dei problemi non completamente risolti riguardo alla fenomenologia della combustione e la formazione di inquinanti, ma è tuttavia stimolato dal basso costo o dall'auto approvvigionamento del combustibile.

### **Potenziale di sviluppo e barriere alla diffusione**

Studi ed indagini a livello nazionale ed europeo mostrano come i consumi di biomassa per il riscaldamento domestico siano in aumento, soprattutto per quanto riguarda il consumo di pellet, e come il numero di apparecchi installati sia quasi raddoppiato negli ultimi dieci anni.

In Italia si ha un buon potenziale di biomassa disponibile da residui della lavorazione del legno, residui agroindustriali e da filiere boschive che permetterebbero uno sviluppo notevole del settore.

In tabella A è riportata una stima del potenziale di biomassa in Italia da dati ENEA. I dati fanno riferimento alle quantità di legna direttamente accessibile.

Sono in forte diffusione sistemi integrativi a biomasse, localizzati nel locale soggiorno. Questi sistemi soddisfano il fabbisogno nei giorni di clima meno rigido, e durante le ore diurne. L'impianto principale viene azionato per poche ore al giorno e non tutti i giorni.

Le principali barriere sono legate alla logistica della movimentazione del combustibile e dal mercato che comincia solo da poco ad uscire dalla predominanza dell'autofornitura, è ancora instabile. A ciò va ad aggiungersi la difficoltà nella gestione delle canne fumarie e dei relativi controlli, oggi a regime solo in Trentino Alto Adige.



REGIONE	Potature [kt/a]	Sanse+vinacce [kt/a]	Totale foreste [kt/a]
Piemonte	110	48	257
Valle D'Aosta	2	0	1
Lombardia	40	17	242
Veneto	367	75	91
Trentino-Alto Adige	65	13	35
Friuli-Venezia Giulia	56	11	65
Liguria	19	5	96
Emilia-Romagna	398	63	237
Toscana	238	64	365
Marche	58	17	32
Lazio	248	57	112
Umbria	102	14	67
Abruzzo	290	55	60
Molise	31	29	44
Campania	287	66	120
Basilicata	50	12	65
Puglia	814	370	46
Calabria	1.012	190	154
Sicilia	598	186	26
Sardegna	121	29	65
<b>TOTALE</b>	<b>4.906</b>	<b>1.329</b>	<b>2.181</b>

Tabella A: potenziale di biomassa in Italia (disponibilità annuale di sostanza secca)

### La tecnologia

Gli apparecchi alimentati a biomassa legnosa (in ciocchi, bricchette, cippato e pellet) utilizzati per il riscaldamento degli ambienti comprendono caminetti, termo-camini, stufe, termo-stufe e caldaie.

Essi possono essere utilizzati per riscaldare uno o più ambienti, collegati o meno ad un impianto di riscaldamento idronico, e per la produzione o meno di acqua per usi igienico-sanitari.

Questa scheda tecnica prende in considerazione gli apparecchi che alimentano l'impianto di riscaldamento idronico di un appartamento unifamiliare, con o meno la produzione di ACS. Si considerano, pertanto, soltanto i termo-camini, le termo stufe e le caldaie collegati all'impianto idronico.

La tecnologia dei generatori di calore a biomassa è in forte evoluzione su tutti gli aspetti della regolazione (accumuli, elettronica di controllo) e della riduzione della formazione di incombusti e di particolato (aria secondaria, fiamma rovescia, sonda ad ossigeno).

### Calcolo del risparmio di energia primaria conseguibile per singola unità fisica di riferimento

Il risparmio di energia primaria è valutato in relazione al consumo evitato di combustibile fossile ed è considerato addizionale al 100%.

Il riferimento per il calcolo della baseline è la tabella 1.3 dell'allegato C al D.lgs. n. 311 del 2006 relativo all'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale.



L'abitazione tipo riscaldata ha superficie di 91 m<sup>2</sup>, dato ricavato dal rapporto "Dati e analisi energetica del settore residenziale in Italia (1970-1998)" di C. Ardi (Istat) e G. Perrella (ENEA), riferito ad abitazioni plurifamiliari per l'anno 1998.

La tabella 1.3 dell'allegato C al D.lgs n. 311 del 2006 riporta il fabbisogno per due classi S/V e dieci classi di gradi giorno, prevedendo il calcolo dei valori intermedi mediante interpolazione. Da tale schema è stata ricavata una nuova tabella semplificata con valori del fabbisogno medi per definiti intervalli di gradi giorno senza bisogno di interpolare.

La suddivisione in classi dei valori del rapporto S/V è determinata come segue: si è scelto di individuare due classi di valori per il rapporto S/V e sei classi per i valori dei gradi giorno. Il valore S/V discriminante è pari a 0,5. I valori del fabbisogno sono stati mediati all'interno della gamma S/V e corrispondono esplicitamente a valori S/V=0,35 per la classe S/V<0,5 e S/V=0,75 per la classe S/V≥0,5.

Fabbisogni per la climatizzazione invernale (kWh)							
		Intervalli di gradi giorno					
		< 600	600-900	900-1.400	1.400-2.100	2.100-3.000	> 3.000
S/V	< 0,5	1.310	1.574	2.348	3.494	4.878	5.606
	≥ 0,5	2.739	3.221	4.477	6.115	8.081	9.209

Tabella 7: Fabbisogni energetici per la climatizzazione invernale

Vengono considerati due possibili casi:

- Il dispositivo a biomasse, a seguito di nuova installazione o sostituzione, è l'unica fonte di produzione di acqua calda ad uso riscaldamento (ed eventualmente ACS).
- Il dispositivo a biomasse, a seguito di nuova installazione o sostituzione, è integrato con un altro dispositivo per la produzione di acqua calda per riscaldamento e ACS (caldaia a gas naturale, GPL etc.). In queste condizioni si ipotizza che il riscaldamento a biomasse copra il 70% dei consumi.

I tipi di titoli riconosciuti sono:

Tipo II per risparmi ottenuti da dispositivi installati in abitazioni con impianto di riscaldamento a gas naturale o, nel caso di nuova installazione, per abitazioni in zone metanizzate.

Tipo III per risparmi ottenuti da dispositivi installati in abitazioni con impianto di riscaldamento alimentato da altro combustibile, o, nel caso di nuova installazione, per abitazioni in zone non metanizzate.

#### Caso A: dispositivi a biomasse senza integrazione

Nel caso A viene calcolato il risparmio in due condizioni diverse: solo riscaldamento e riscaldamento più produzione di ACS. Sono stati calcolati i seguenti valori per abitazioni tipo di superficie 91 m<sup>2</sup>.

Dai valori di tabella 1, assumendo un rendimento di impianto pari a 0,9 e convertendo in tep si ottiene per la modalità riscaldamento:



Fabbisogni per la climatizzazione invernale (tep/anno/abitazione)							
Solo riscaldamento		Intervalli di gradi giorno					
		< 600	600-900	900-1.400	1.400-2.100	2.100-3.000	> 3.000
S/V	< 0,5	0,12	0,15	0,22	0,33	0,47	0,54
	≥ 0,5	0,26	0,31	0,43	0,59	0,77	0,88

Tabella 2: risparmi in tep/anno/abitazione nella modalità riscaldamento

Per l'ACS è stato inserito un addendo  $E_{ACS}$  così calcolato:

$E_{ACS}$  = energia primaria necessaria per la produzione di ACS (tep/anno/abitazione).

Detti:

$C'_{50}$  = consumo equivalente giornaliero di acqua calda per persona a 50°C = 35 l/giorno/persona

$T_{rete}$  = temperatura dell'acqua di rete = 15°C

$N$  = numero di componenti la famiglia media = 2,7 persone/scaldacqua

$C_{50}$  = il consumo equivalente giornaliero di acqua calda per appartamento =  $C' \cdot N$

$E_{netta}$  = l'energia richiesta netta equivalente =  $C_{50} \cdot (50 - T_{rete}) = 3.307$  kcal/giorno

$\eta_{acs}$  = rendimento medio della caldaia = 0,8

Si ha: 
$$E_{ACS} = \frac{E_{netta}}{\eta_{acs}} \cdot 365 \cdot 10^{-7} = 0,15 \text{ tep/anno/abitazione}$$

Nel caso che l'impianto consenta la produzione di ACS indipendentemente dal riscaldamento, e quindi consenta la produzione di ACS anche nei mesi al di fuori del periodo di riscaldamento si ottengono i seguenti valori, dati dalla somma dei valori di tabella 2 con il termine  $E_{ACS}$ :

Riscaldamento + ACS (tep/anno/abitazione)							
		Intervalli di gradi giorno					
		< 600	600-900	900-1.400	1.400-2.100	2.100-3.000	> 3.000
S/V	< 0,5	0,27	0,30	0,37	0,48	0,62	0,69
	≥ 0,5	0,41	0,46	0,58	0,74	0,92	1,03

Tabella 3: risparmi in tep/anno/abitazione per riscaldamento + ACS per impianti che consentono l'indipendenza riscaldamento-ACS.

Nel caso in cui l'impianto non consenta l'indipendenza tra il riscaldamento e la produzione di ACS, si può stimare un valore di  $E_{ACS}$  pari alla metà del precedente, dato che nei mesi in cui l'impianto di riscaldamento non è attivo per produrre ACS si dovrà ragionevolmente ricorrere ad altri dispositivi.

I valori di tabella 2 vengono sommati col valore  $E_{ACS}/2$ .

$E_{ACS} = 0,15/2 = 0,07$  tep/anno/abitazione



Riscaldamento + ACS (tep/anno/abitazione)							
		Intervalli di gradi giorno					
		< 600	600-900	900-1.400	1.400-2.100	2.100-3.000	> 3.000
S/V	< 0,5	0,19	0,22	0,29	0,40	0,54	0,61
	≥ 0,5	0,33	0,38	0,50	0,66	0,84	0,95

Tabella 4: risparmi in tep/anno/abitazione per riscaldamento+ACS per impianti che non consentono l'indipendenza riscaldamento-ACS.

### Caso B: dispositivi a biomasse con funzione di integrazione

Nel caso B, ossia integrazione con altro dispositivo, la produzione di ACS non viene considerata in quanto ragionevolmente prodotta con l'impianto alimentato da combustibili tradizionali.

I valori in tep/anno/abitazione dei risparmi conseguibili sono riportati nella tabella seguente:

Riscaldamento (tep/anno/abitazione)							
Integrazione		Intervalli di gradi giorno					
		< 600	600-900	900-1.400	1.400-2.100	2.100-3.000	> 3.000
S/V	< 0,5	0,08	0,11	0,16	0,23	0,33	0,38
	≥ 0,5	0,18	0,22	0,30	0,41	0,54	0,62

Tabella 5: risparmi in tep/anno/abitazione per riscaldamento con impianti integrati

In entrambi i casi A e B la variazione del consumo di energia primaria dovuto ai consumi di energia elettrica risulta trascurabile rispetto agli altri termini e dunque non viene presa in considerazione nel computo dei risparmi.



## Scheda tecnica n. 38E - Installazione di sistema di automazione e controllo del riscaldamento negli edifici residenziali (Building Automation and Control System, BACS) secondo la norma UNI EN 15232

### 1. ELEMENTI PRINCIPALI

#### 1.1 Descrizione dell'intervento

Categoria di intervento <sup>1</sup>	CIV-INF) Settore residenziale, agricolo e terziario: riduzione dei fabbisogni di energia con e per applicazioni di ICT
Vita Utile <sup>2</sup>	U= 5 anni
Vita Tecnica <sup>2</sup> :	T= 10 anni
Settore di intervento:	Residenziale
Tipo di utilizzo:	Controllo dell'energia termica ed elettrica tramite sistemi automatici di regolazione
<p><b>Condizioni di applicabilità della procedura</b></p> <p>La presente procedura si applica a singole abitazioni, appartamenti (unità abitative) e villette che abbiano un attestato di certificazione energetica valido secondo la legislazione regionale e nazionale al momento della richiesta del riconoscimento dei risparmi. La classe energetica dell'edificio deve essere almeno "F" secondo i limiti definiti dalle "Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici" (D. M. del 26 giugno 2009).</p>	

#### 1.2 Calcolo del risparmio di energia primaria

Metodo di valutazione <sup>3</sup>	Valutazione standardizzata
Unità fisica di riferimento (UFR) <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup> di superficie calpestabile
<p><b>Risparmio Specifico Lordo (RSL)</b> di energia primaria (<b>tep 10<sup>-3</sup>/m<sup>2</sup></b>) conseguibile annualmente per singola unità fisica di riferimento; si ricava dalle tabelle sottostanti</p> <p><b>Risparmio lordo (RL)</b> di energia primaria conseguibile per singolo edificio</p> $RL = RSL \cdot N_{UFR} \quad (\text{tep/anno/edificio})$ <p>I risparmi <b>RSL</b> riportati si suddividono in base alla classe energetica dell'edificio (almeno di classe "F") e alla classe di automazione degli impianti tecnici dell'edificio secondo quanto indicato all'interno della norma UNI EN 15232. Le classi della norma per le quali si considerano i risparmi sono la classe A e B.</p>	



RSL CLASSE ENERGETICA EDIFICIO A+ [tep 10 <sup>-3</sup> /m <sup>2</sup> ]											
		A	B		C		D		E		F
s/v		Fino a 600 GG	da 601 GG	A 900 GG	DA 901 GG	A 1400 GG	DA 1401 GG	A 2100 GG	DA 2101 GG	A 3000 GG	Oltre 3000 GG
Classe	≤ 0,2	0,39	0,39	0,41	0,41	0,45	0,45	0,50	0,50	0,55	0,55
Automazione A	≥ 0,9	0,51	0,51	0,56	0,56	0,64	0,64	0,72	0,72	0,83	0,83
Classe	≤ 0,2	0,34	0,34	0,35	0,35	0,37	0,37	0,40	0,40	0,43	0,43
Automazione B	≥ 0,9	0,41	0,41	0,44	0,44	0,49	0,49	0,54	0,54	0,61	0,61

RSL CLASSE ENERGETICA EDIFICIO A [tep 10 <sup>-3</sup> /m <sup>2</sup> ]											
		A	B		C		D		E		F
s/v		Fino a 600 GG	da 601 GG	A 900 GG	DA 901 GG	A 1400 GG	DA 1401 GG	A 2100 GG	DA 2101 GG	A 3000 GG	Oltre 3000 GG
Classe	≤ 0,2	0,43	0,43	0,46	0,46	0,53	0,53	0,64	0,64	0,74	0,74
Automazione A	≥ 0,9	0,65	0,65	0,75	0,75	0,91	0,91	1,08	1,08	1,31	1,31
Classe	≤ 0,2	0,36	0,36	0,38	0,38	0,42	0,42	0,49	0,49	0,56	0,56
Automazione B	≥ 0,9	0,50	0,50	0,56	0,56	0,67	0,67	0,77	0,77	0,91	0,91

RSL CLASSE ENERGETICA EDIFICIO B [tep 10 <sup>-3</sup> /m <sup>2</sup> ]											
		A	B		C		D		E		F
s/v		Fino a 600 GG	da 601 GG	A 900 GG	DA 901 GG	A 1400 GG	DA 1401 GG	A 2100 GG	DA 2101 GG	A 3000 GG	Oltre 3000 GG
Classe	≤ 0,2	0,46	0,46	0,52	0,52	0,62	0,62	0,78	0,78	0,93	0,93
Automazione A	≥ 0,9	0,80	0,80	0,95	0,95	1,19	1,19	1,44	1,44	1,78	1,78
Classe	≤ 0,2	0,38	0,38	0,41	0,41	0,48	0,48	0,58	0,58	0,68	0,68
Automazione B	≥ 0,9	0,59	0,59	0,69	0,69	0,84	0,84	1,00	1,00	1,21	1,21

RSL CLASSE ENERGETICA EDIFICIO C [tep 10 <sup>-3</sup> /m <sup>2</sup> ]											
		A	B		C		D		E		F
s/v		Fino a 600 GG	da 601 GG	A 900 GG	DA 901 GG	A 1400 GG	DA 1401 GG	A 2100 GG	DA 2101 GG	A 3000 GG	Oltre 3000 GG
Classe	≤ 0,2	0,50	0,50	0,57	0,57	0,71	0,71	0,91	0,91	1,12	1,12
Automazione A	≥ 0,9	0,95	0,95	1,14	1,14	1,47	1,47	1,80	1,80	2,25	2,25
Classe	≤ 0,2	0,40	0,40	0,45	0,45	0,53	0,53	0,67	0,67	0,80	0,80
Automazione B	≥ 0,9	0,69	0,69	0,81	0,81	1,02	1,02	1,22	1,22	1,51	1,51

RSL CLASSE ENERGETICA EDIFICIO D [tep 10 <sup>-3</sup> /m <sup>2</sup> ]											
		A	B		C		D		E		F
s/v		Fino a 600 GG	da 601 GG	A 900 GG	DA 901 GG	A 1400 GG	DA 1401 GG	A 2100 GG	DA 2101 GG	A 3000 GG	Oltre 3000 GG
Classe	≤ 0,2	0,53	0,53	0,62	0,62	0,79	0,79	1,05	1,05	1,31	1,31
Automazione A	≥ 0,9	1,09	1,09	1,34	1,34	1,75	1,75	2,16	2,16	2,73	2,73
Classe	≤ 0,2	0,42	0,42	0,48	0,48	0,59	0,59	0,75	0,75	0,92	0,92
Automazione B	≥ 0,9	0,78	0,78	0,93	0,93	1,19	1,19	1,45	1,45	1,81	1,81



		RSL CLASSE ENERGETICA EDIFICIO E [tep 10 <sup>-3</sup> /m <sup>2</sup> ]									
		A	B		C		D		E		F
S/V		Fino a 600 GG	da 601 GG	A 900 GG	DA 901 GG	A 1400 GG	DA 1401 GG	A 2100 GG	DA 2101 GG	A 3000 GG	Oltre 3000 GG
Classe Automazione A	≤ 0,2	0,60	0,60	0,73	0,73	0,97	0,97	1,33	1,33	1,70	1,70
	≥ 0,9	1,39	1,39	1,73	1,73	2,30	2,30	2,88	2,88	3,68	3,68
Classe Automazione B	≤ 0,2	0,47	0,47	0,55	0,55	0,70	0,70	0,93	0,93	1,16	1,16
	≥ 0,9	0,96	0,96	1,18	1,18	1,54	1,54	1,90	1,90	2,41	2,41

		RSL CLASSE ENERGETICA EDIFICIO F [tep 10 <sup>-3</sup> /m <sup>2</sup> ]									
		A	B		C		D		E		F
S/V		Fino a 600 GG	da 601 GG	A 900 GG	DA 901 GG	A 1400 GG	DA 1401 GG	A 2100 GG	DA 2101 GG	A 3000 GG	Oltre 3000 GG
Classe Automazione A	≤ 0,2	0,71	0,71	0,88	0,88	1,23	1,23	1,75	1,75	2,27	2,27
	≥ 0,9	1,83	1,83	2,32	2,32	3,14	3,14	3,95	3,95	5,10	5,10
Classe Automazione B	≤ 0,2	0,53	0,53	0,64	0,64	0,86	0,86	1,19	1,19	1,52	1,52
	≥ 0,9	1,24	1,24	1,55	1,55	2,07	2,07	2,58	2,58	3,31	3,31

– S è la superficie, espressa in metri quadrati, che delimita verso l'esterno il volume V (o verso ambienti non dotati di riscaldamento);

– V è il volume lordo, espresso in metri cubi, delle parti di edificio riscaldate, definito dalle superfici che lo delimitano;

Per valori di S/V compresi nell'intervallo 0,2 ÷ 0,9 e, analogamente per i gradi giorno (GG) intermedi ai limiti nelle zone climatiche riportati in tabella si procede per interpolazione lineare.

Coefficiente di addizionalità <sup>2</sup> :	$a = 100\%$
Coefficiente di durabilità <sup>2</sup> :	$\tau = 1,87$
Quote dei risparmi di energia primaria [tep/a] <sup>2</sup> :	
<b>Risparmio netto contestuale (RNc)</b>	$RNc = a \cdot RSL \cdot N_{UFR}$
<b>Risparmio netto anticipato (RNa)</b>	$RNa = (\tau - 1) \cdot RNc$
<b>Risparmio netto integrale (RNI)</b>	$RNI = RNc + RNa = \tau \cdot RNc$
Titoli di Efficienza Energetica riconosciuti all'intervento <sup>4</sup> :	
Tipo I per risparmi di energia elettrica per l'ottimizzazione della gestione dell'illuminazione e dei sistemi ausiliari di impianto.	
Tipo II per risparmi ottenuti con interventi effettuati in edifici con impianto di riscaldamento a gas.	
Tipo III per risparmi ottenuti con interventi effettuati in edifici con impianto di riscaldamento a gasolio.	



## 2. NORME TECNICHE DA RISPETTARE

- UNI EN 15232:2007 - Prestazione energetica degli edifici - Incidenza dell'automazione, della regolazione e della gestione tecnica degli edifici.
- Decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 2003, n. 412 e s.m.i.
- Decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, così come modificato dal Decreto legislativo 29 dicembre 2006, n. 311/06 e s.m.i.
- D.M. del 26 giugno 2009, Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici.

## 3. DOCUMENTAZIONE SUPPLEMENTARE DA CONSERVARE<sup>5</sup>

- Nome, indirizzo e numero telefonico di ogni cliente partecipante.
- Attestato di certificazione energetica dell'edificio.
- Autocertificazione dell'installatore della classe di automazione del sistema installato secondo la norma UNI EN 15232.

---

### Note:

1. Tra quelle elencate nella Tabella 2 dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
2. Di cui all'articolo 1, comma 1, dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
3. Di cui all'articolo 3 dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
4. Di cui all'articolo 17 dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.
5. Eventualmente in aggiunta a quella specificata all'articolo 14 dell'Allegato A alla deliberazione 27 ottobre 2011, EEN 9/11.



## **Allegato alla scheda tecnica n. 38E: procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria**

### **Premessa**

I primi due paragrafi “Potenziali di sviluppo e barriere alla diffusione” e “Tecnologia” sono ripresi dall’elaborato - Metodologie per la definizione di risparmi energetici nell’ambito del meccanismo, dei titoli di efficienza energetica, attraverso metodologie semplificate – Report RdS/2010/226 [1]; in queste due parti, si indicano le principali barriere alla diffusione dei sistemi di domotica, si presenta la norma UNI EN 15232 [2] con relativi risparmi conseguibili e le possibili applicazioni tecnologiche.

Nei paragrafi successivi sono invece esposte le considerazioni fatte per il calcolo del Risparmio Specifico Lordo (RSL) e la scelta della baseline di riferimento.

### **Potenziali di sviluppo e barriere alla diffusione**

Allo stato attuale la diffusione di impianti di automazione e controllo negli edifici in Italia è molto limitata. Una gestione corretta e automatizzata degli impianti di riscaldamento, condizionamento e illuminazione potrebbe portare ad un notevole risparmio energetico e ad un maggiore comfort abitativo, sia in ambito residenziale che terziario. Anche l'edificio più efficiente dal punto di vista costruttivo ed impiantistico, se gestito in maniera non corretta, dà luogo a sprechi.

La recente norma UNI EN 15232 stima i risparmi conseguibili con l'applicazione di sistemi di automazione negli edifici nuovi o esistenti in campo residenziale e non, separandoli in classi di efficienza e in ambiti di applicazione di riscaldamento, raffrescamento, illuminazione, ventilazione e condizionamento.

I principali fattori che hanno limitato la diffusione della domotica in Italia sono:

- la scarsa conoscenza da parte del largo pubblico dei possibili vantaggi conseguibili con sistemi di automazione;
- la mancanza, colmata solo dalla succitata norma, di una metodologia standardizzata per la valutazione dei risparmi conseguibili con l'applicazione di tali sistemi;
- l’inadeguata formazione delle figure addette alla progettazione di impianti; questi sistemi infatti possono richiedere una preparazione tecnica superiore a quella di base;
- i costi di installazione.

Il settore risulta comunque in crescita: è alto l'interesse rivolto a tale tecnologia nel terziario (uffici, ospedali, hotel, scuole, centri commerciali, ecc.), ma si sta sviluppando anche nel residenziale, i cui consumi energetici in Italia coprono circa il 30% del totale.

La norma UNI EN 15232 va ad integrarsi con quanto previsto dalla direttiva europea sull'efficienza energetica negli edifici 2002/91/CE e dalla nuova direttiva 2010/31/CE: all'articolo 8 “Impianti Tecnici per l'edilizia”, comma 2, possiamo infatti leggere “Gli Stati membri possono inoltre promuovere, se del caso, l’installazione di sistemi di controllo attivo come i sistemi di automazione, controllo e monitoraggio finalizzati al risparmio energetico”.

La norma citata individua quattro classi di efficienza energetica nell'automazione dei sistemi in un edificio: la classe D “Non Energy Efficient”, la classe C considerata come quella standard di riferimento, la classe B “Advanced” e la classe A di massime prestazioni “High Energy Performance”. L'automazione negli edifici può portare notevoli risparmi energetici, andando non solo a porre rimedio a una non corretta o insufficiente gestione degli impianti, ma anche ottimizzandone i tempi di accensione e le modalità di gestione. Tali benefici possono essere stimati applicando la norma. L'installazione di sistemi domotici può avvenire sia su edifici nuovi, sia su quelli in fase di ristrutturazione; in entrambi i casi una corretta progettazione consentirà di raggiungere l’integrazione ottimale con la struttura e quindi i massimi benefici.



## Tecnologia

Negli impianti tradizionali il dispositivo di comando (interruttore) aziona direttamente l'utenza finale, attraverso una linea di potenza nella quale si ha il passaggio di energia elettrica.

Nel caso dei sistemi di automazione sono presenti due linee: una di potenza per il passaggio di energia elettrica e una di comando, in grado di comunicare e scambiare informazioni tra i sensori e gli attuatori dell'utenza finale. Le informazioni raccolte dai vari sensori vengono trasmesse ad un sistema di comunicazione condiviso, detto BUS di sistema, che le trasmetterà agli attuatori. Con la linea bus avviene anche l'alimentazione dei dispositivi, collegati solitamente tramite una linea DC a 30 V, con un conseguente consumo di energia considerato solitamente trascurabile rispetto a quella dell'utenza finale. Sul mercato sono disponibili diversi protocolli e regole di comunicazione standardizzate dei dati. Qualche attenzione va dunque posta in fase di progettazione affinché il sistema riesca a far comunicare tutti i sensori con gli opportuni attuatori – soprattutto quando ci si rivolga a più fornitori per la componentistica – e sia programmato in modo da avere una gestione automatica che porti a minimizzare gli sprechi.

Le classi di efficienza della norma definiscono i requisiti minimi richiesti alle seguenti parti del sistema edificio-impianto:

- riscaldamento
- raffrescamento
- ventilazione nel condizionamento
- illuminazione
- schermature solari
- sistemi domotici e di automazione dell'edificio
- gestione centralizzata impianti tecnici di edificio

## Calcolo dei risparmi secondo la norma UNI EN 15232:2007

Il risparmio di energia primaria viene calcolato secondo il metodo basato dei fattori di efficienza della norma UNI EN 15232:2007. I fattori di efficienza (BAC Factors) indicati dalla norma sono sia per il calcolo dei risparmi di energia in edifici residenziali e non, sia per il calcolo dei risparmi di energia termica ed elettrica.

I BAC Factors per il calcolo del risparmio di energia termica nella norma considera sia il riscaldamento che il raffrescamento. Data la bassa diffusione dei sistemi di condizionamento in Italia si è scelto di applicare il calcolo dei risparmi alla sola automazione dell'impianto di riscaldamento. Allo stato attuale circa un terzo delle abitazioni hanno un condizionatore ma la superficie raffrescata è solamente il 46% della totale abitativa, con una superficie media del locale climatizzato di 19 m<sup>2</sup> [3]. L'applicazione della proposta di scheda è limitata al settore residenziale e la classe di automazione di riferimento scelta è la "C" con BAC Factor pari a 1 (Tabella 1).

I BAC Factors per l'energia elettrica nella norma considerano invece i consumi dovuti all'illuminazione ed agli ausiliari di impianto (Tabella 2).

Il richiedente del riconoscimento dei risparmi dovrà presentare un'autocertificazione dell'installatore per il sistema di automazione che testimoni la rispondenza dei requisiti richiesti dalla norma.



Edifici residenziali	Fattori di efficienza			
	D	C Riferimento	B	A
	Non energeticamente efficiente	Standard	Avanzato	Alte prestazioni energetiche
- Appartamenti - Abitazioni singole - altri residenziali	1,10	1	0,88	0,81

Tabella 1: Fattori di efficienza (BAC Factors) per i risparmi di energia termica (riscaldamento e raffrescamento) [2].

Edifici residenziali	Fattori di efficienza			
	D	C Riferimento	B	A
	Non energeticamente efficiente	Standard	Avanzato	Alte prestazioni energetiche
- Appartamenti - Abitazioni singole - altri residenziali	1,08	1	0,93	0,92

Tabella 2: Fattori di efficienza (BAC Factors) per i risparmi di energia elettrica [2].

### Baseline di riferimento

La baseline di riferimento per il calcolo dei risparmi di energia dati dalla classe di automazione A o B della norma sono stati valutati separatamente per i consumi di energia termica e quelli di energia elettrica.

La baseline di riferimento per il calcolo dei risparmi di energia termica è stata ricavata dal valore limite superiore di kWh/m<sup>2</sup> della classe energetica dell'edificio secondo quanto indicato dalle Linee Guida nazionali [5]; numero calcolato come moltiplicazione tra l'indice EPI per il riscaldamento (Tabella 3) e il fattore che ne indica la classe energetica (Figura 1). La richiesta di riconoscimento dei risparmi andrà sempre accompagnata dall'attestato di certificazione energetica in corso di validità secondo la normativa vigente.

	A	B		C		D		E		F
	Fino a 600 GG	da 601 GG	A 900 GG	DA 901 GG	A 1400 GG	DA 1401 GG	A 2100 GG	DA 2101 GG	A 3000 GG	Oltre 3000 GG
s/v										
≤ 0,2	8,5	8,5	12,8	12,8	21,3	21,3	34	34	46,8	46,8
≥ 0,9	36	36	48	48	68	68	88	88	116	116

Tabella 3: valori limite per il fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione invernale per metro quadro di superficie utile (calpestabile) dell'edificio espresso in kWh/m<sup>2</sup> anno [4].



Classe <b>Ai+</b> < 0,25 EPI <sub>L</sub> (2010)	
0,25 EPI <sub>L</sub> (2010) ≤	Classe <b>Ai</b> < 0,50 EPI <sub>L</sub> (2010)
0,50 EPI <sub>L</sub> (2010) ≤	Classe <b>Bi</b> < 0,75 EPI <sub>L</sub> (2010)
0,75 EPI <sub>L</sub> (2010) ≤	Classe <b>Ci</b> < 1,00 EPI <sub>L</sub> (2010)
1,00 EPI <sub>L</sub> (2010) ≤	Classe <b>Di</b> < 1,25 EPI <sub>L</sub> (2010)
1,25 EPI <sub>L</sub> (2010) ≤	Classe <b>Ei</b> < 1,75 EPI <sub>L</sub> (2010)
1,75 EPI <sub>L</sub> (2010) ≤	Classe <b>Fi</b> < 2,50 EPI <sub>L</sub> (2010)
Classe <b>Gi</b> ≥ 2,50 EPI <sub>L</sub> (2010)	

Figura 1: scala di classi energetiche della prestazione energetica per la climatizzazione invernale per edifici residenziali [5].

La baseline di riferimento per il calcolo dei risparmi di energia elettrica è stata invece valutata in maniera semplificata dal rapporto tra il valor medio di consumo elettrico annuo di un cliente domestico (potenza elettrica fornita pari 3 kW) dato dall'Autorità per l'energia elettrica e il gas, pari a 2150 kWh/anno [6] e la superficie media di un abitazione tipo riscaldata di 91 m<sup>2</sup>, dato ricavato dal rapporto "Dati e analisi energetica del settore residenziale in Italia" di C. Ardi (Istat) e G. Perrella (ENEA), riferito ad abitazioni plurifamiliari per l'anno 1998. Quindi, il consumo annuale di baseline di energia elettrica dal quale si sono calcolati i risparmi è pari a 2150/91 = 24 kWh/m<sup>2</sup>/anno.

Tale baseline è stata considerata uguale per tutte le classi energetiche degli edifici, zone climatiche e rapporto S/V.

### Algoritmo di calcolo

Il Risparmio Specifico Lordo totale nelle classi di automazione A e B è dato dalla somma di quello calcolato per l'energia termica<sup>1</sup> e quello per l'energia elettrica<sup>2</sup> con i relativi fattori di efficienza (BAC Factors) di Tabella 1 e Tabella 2.

Il Risparmio Netto per ogni edificio preso in considerazione sarà dato dal prodotto del Risparmio Specifico Lordo per la superficie calpestabile.

**RL** = Risparmio Lordo [tep 10<sup>-3</sup>/anno]

**RSL** = Risparmio Specifico Lordo [tep 10<sup>-3</sup>/m<sup>2</sup>/anno]

**S<sub>c</sub>** = superficie calpestabile [m<sup>2</sup>]

**RL** = **RSL** x **S<sub>c</sub>** [tep 10<sup>-3</sup>/anno/edificio]

<sup>1</sup> Fattore di conversione en. termica = 0,086x10<sup>-3</sup> tep/kWh.

<sup>2</sup> Fattore di conversione en. elettrica = 0,187x10<sup>-3</sup> tep/kWh.



## Calcolo del Risparmio Specifico Lordo (RSL)

		RSL CLASSE ENERGETICA EDIFICIO A+ [tep 10 <sup>-3</sup> /m <sup>2</sup> ]									
		A	B		C		D		E		F
s/v		Fino a 600 GG	da 601 GG	A 900 GG	DA 901 GG	A 1400 GG	DA 1401 GG	A 2100 GG	DA 2101 GG	A 3000 GG	Oltre 3000 GG
Classe Automazione A	≤ 0,2	0,39	0,39	0,41	0,41	0,45	0,45	0,50	0,50	0,55	0,55
	≥ 0,9	0,51	0,51	0,56	0,56	0,64	0,64	0,72	0,72	0,83	0,83
Classe Automazione B	≤ 0,2	0,34	0,34	0,35	0,35	0,37	0,37	0,40	0,40	0,43	0,43
	≥ 0,9	0,41	0,41	0,44	0,44	0,49	0,49	0,54	0,54	0,61	0,61

		RSL CLASSE ENERGETICA EDIFICIO A [tep 10 <sup>-3</sup> /m <sup>2</sup> ]									
		A	B		C		D		E		F
s/v		Fino a 600 GG	da 601 GG	A 900 GG	DA 901 GG	A 1400 GG	DA 1401 GG	A 2100 GG	DA 2101 GG	A 3000 GG	Oltre 3000 GG
Classe Automazione A	≤ 0,2	0,43	0,43	0,46	0,46	0,53	0,53	0,64	0,64	0,74	0,74
	≥ 0,9	0,65	0,65	0,75	0,75	0,91	0,91	1,08	1,08	1,31	1,31
Classe Automazione B	≤ 0,2	0,36	0,36	0,38	0,38	0,42	0,42	0,49	0,49	0,56	0,56
	≥ 0,9	0,50	0,50	0,56	0,56	0,67	0,67	0,77	0,77	0,91	0,91

		RSL CLASSE ENERGETICA EDIFICIO B [tep 10 <sup>-3</sup> /m <sup>2</sup> ]									
		A	B		C		D		E		F
s/v		Fino a 600 GG	da 601 GG	A 900 GG	DA 901 GG	A 1400 GG	DA 1401 GG	A 2100 GG	DA 2101 GG	A 3000 GG	Oltre 3000 GG
Classe Automazione A	≤ 0,2	0,46	0,46	0,52	0,52	0,62	0,62	0,78	0,78	0,93	0,93
	≥ 0,9	0,80	0,80	0,95	0,95	1,19	1,19	1,44	1,44	1,78	1,78
Classe Automazione B	≤ 0,2	0,38	0,38	0,41	0,41	0,48	0,48	0,58	0,58	0,68	0,68
	≥ 0,9	0,59	0,59	0,69	0,69	0,84	0,84	1,00	1,00	1,21	1,21

		RSL CLASSE ENERGETICA EDIFICIO C [tep 10 <sup>-3</sup> /m <sup>2</sup> ]									
		A	B		C		D		E		F
s/v		Fino a 600 GG	da 601 GG	A 900 GG	DA 901 GG	A 1400 GG	DA 1401 GG	A 2100 GG	DA 2101 GG	A 3000 GG	Oltre 3000 GG
Classe Automazione A	≤ 0,2	0,50	0,50	0,57	0,57	0,71	0,71	0,91	0,91	1,12	1,12
	≥ 0,9	0,95	0,95	1,14	1,14	1,47	1,47	1,80	1,80	2,25	2,25
Classe Automazione B	≤ 0,2	0,40	0,40	0,45	0,45	0,53	0,53	0,67	0,67	0,80	0,80
	≥ 0,9	0,69	0,69	0,81	0,81	1,02	1,02	1,22	1,22	1,51	1,51

		RSL CLASSE ENERGETICA EDIFICIO D [tep 10 <sup>-3</sup> /m <sup>2</sup> ]									
		A	B		C		D		E		F
s/v		Fino a 600 GG	da 601 GG	A 900 GG	DA 901 GG	A 1400 GG	DA 1401 GG	A 2100 GG	DA 2101 GG	A 3000 GG	Oltre 3000 GG
Classe Automazione A	≤ 0,2	0,53	0,53	0,62	0,62	0,79	0,79	1,05	1,05	1,31	1,31
	≥ 0,9	1,09	1,09	1,34	1,34	1,75	1,75	2,16	2,16	2,73	2,73
Classe Automazione B	≤ 0,2	0,42	0,42	0,48	0,48	0,59	0,59	0,75	0,75	0,92	0,92
	≥ 0,9	0,78	0,78	0,93	0,93	1,19	1,19	1,45	1,45	1,81	1,81



		RSL CLASSE ENERGETICA EDIFICIO E [tep 10 <sup>-3</sup> /m <sup>2</sup> ]									
		A	B		C		D		E		F
S/V		Fino a 600 GG	da 601 GG	A 900 GG	DA 901 GG	A 1400 GG	DA 1401 GG	A 2100 GG	DA 2101 GG	A 3000 GG	Oltre 3000 GG
Classe Automazione A	≤ 0,2	0,60	0,60	0,73	0,73	0,97	0,97	1,33	1,33	1,70	1,70
	≥ 0,9	1,39	1,39	1,73	1,73	2,30	2,30	2,88	2,88	3,68	3,68
Classe Automazione B	≤ 0,2	0,47	0,47	0,55	0,55	0,70	0,70	0,93	0,93	1,16	1,16
	≥ 0,9	0,96	0,96	1,18	1,18	1,54	1,54	1,90	1,90	2,41	2,41

		RSL CLASSE ENERGETICA EDIFICIO F [tep 10 <sup>-3</sup> /m <sup>2</sup> ]									
		A	B		C		D		E		F
S/V		Fino a 600 GG	da 601 GG	A 900 GG	DA 901 GG	A 1400 GG	DA 1401 GG	A 2100 GG	DA 2101 GG	A 3000 GG	Oltre 3000 GG
Classe Automazione A	≤ 0,2	0,71	0,71	0,88	0,88	1,23	1,23	1,75	1,75	2,27	2,27
	≥ 0,9	1,83	1,83	2,32	2,32	3,14	3,14	3,95	3,95	5,10	5,10
Classe Automazione B	≤ 0,2	0,53	0,53	0,64	0,64	0,86	0,86	1,19	1,19	1,52	1,52
	≥ 0,9	1,24	1,24	1,55	1,55	2,07	2,07	2,58	2,58	3,31	3,31

## Bibliografia

- E. Biele, M. Bramucci, D. Forni, E. Ferrero, Metodologie per la definizione di risparmi energetici, nell'ambito del meccanismo dei titoli di efficienza energetica, attraverso metodologie semplificate, Report RdS/2010/226.
- UNI EN 15232:2007 - Prestazione energetica degli edifici - Incidenza dell'automazione, della regolazione e della gestione tecnica degli edifici.
- M. Alabiso, L. Croci, F. Ravasio, Osservatorio della Domanda: ricerche di mercato, sondaggi, rilevamenti statistici vari, CESI RICERCA Febbraio 2009.
- Decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, così come modificato dal Decreto legislativo 29 dicembre 2006, n. 311/06 e s.m.i.
- D.M. del 26 giugno 2009, Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici.
- Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas, Relazione annuale sullo stato dei servizi e sull'attività svolta, 31 marzo 2011.

