

**PROPOSTE DI SCHEDE TECNICHE PER LA QUANTIFICAZIONE DEI
RISPARMI DI ENERGIA PRIMARIA RELATIVI AGLI INTERVENTI DI CUI
ALL'ARTICOLO 5, COMMA 1, DEI DECRETI MINISTERIALI 20 LUGLIO**

2004

*Documento per la consultazione diffuso, nell'ambito dei procedimenti avviati con
delibere dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas 11 luglio 2001, n. 156/01 e 11
luglio 2001, n. 157/01, ai fini della formazione dei provvedimenti di cui ai decreti del
Ministro delle attività produttive di concerto con il Ministro dell'ambiente e della
tutela del territorio 20 luglio 2004*

27 ottobre 2004

Premessa

I decreti ministeriali 20 luglio 2004, pubblicati nella Gazzetta Ufficiale, Serie Generale, n. 205 del 1 settembre 2004, recanti rispettivamente “Nuova individuazione degli obiettivi quantitativi per l’incremento dell’efficienza energetica negli usi finali di energia, ai sensi dell’art. 9, comma 1, del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79” (di seguito: decreto ministeriale elettrico 20 luglio 2004) e “Nuova individuazione degli obiettivi quantitativi nazionali di risparmio energetico e sviluppo delle fonti rinnovabili, di cui all’art. 16, comma 4, del decreto legislativo 23 maggio 2000, n. 164” (di seguito: decreto ministeriale gas 20 luglio 2004) hanno abrogato e sostituito i decreti ministeriali 24 aprile 2001 facendo salvi i procedimenti avviati dall’Autorità, per l’energia elettrica e il gas (di seguito: Autorità), quelli in corso e i provvedimenti emanati dalla medesima Autorità in attuazione degli stessi decreti ministeriali 24 aprile 2001 (articolo 14, comma 2).

In attuazione dei decreti 24 aprile 2001 e a valle del processo di consultazione avviato con documento 4 aprile 2002, l’Autorità ha definito con delibera 18 settembre 2004, n. 103/03 (di seguito: delibera n. 103/03) le linee guida per la preparazione, l’esecuzione e la valutazione consuntiva dei progetti di cui all’articolo 5, comma 1 e per il rilascio dei titoli di efficienza energetica di cui all’articolo 10 dei decreti stessi.

La delibera n. 103/03 definisce tre metodi di valutazione dei risparmi di energia primaria conseguibili dagli interventi ammissibili ai sensi dei decreti ministeriali (metodo di valutazione standardizzata, metodo di valutazione analitica e metodo di valutazione a consuntivo), prevedendo che i criteri generali per la valutazione standardizzata ed analitica stabiliti nelle Linee guida siano affiancati da criteri di valutazione specifici per ogni intervento da definirsi in apposite “schede tecniche di quantificazione”.

Con il presente documento l’Autorità sottopone alla consultazione proposte per 10 schede tecniche per la quantificazione dei risparmi di energia primaria conseguibili attraverso interventi ammissibili ai sensi dell’articolo 5, comma 1, dei decreti ministeriali 20 luglio 2004.

Le proposte sono state sviluppate anche con la collaborazione della società Cesi S.p.a. (nell’ambito delle attività di ricerca e sviluppo finalizzate all’innovazione tecnica e tecnologica di interesse generale per il settore elettrico, di cui all’articolo 10 del decreto 26 gennaio 2000 del Ministro dell’industria, del commercio e dell’artigianato, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale, Serie generale, n. 27 del 3 febbraio 2000) e considerando alcune proposte di schede tecniche di quantificazione presentate all’Autorità da soggetti terzi (es: distributori, società di servizi energetici, produttori di apparecchi e componenti).

I soggetti interessati sono invitati a far pervenire osservazioni e suggerimenti per iscritto all'Autorità entro il 15 dicembre 2004.

L'Autorità rinnova l'invito a tutti i soggetti interessati a diverso titolo alla promozione del risparmio energetico a collaborare allo sforzo di definizione di schede tecniche di quantificazione di tipo standardizzato e analitico, inviando proposte agli uffici dell'Autorità.

Indirizzo a cui far pervenire osservazioni e suggerimenti:

Autorità per l'energia elettrica e il gas
Area consumatori e qualità del servizio
piazza Cavour 5 – 20121 Milano
tel. 02 65565.313
fax 02 65565.230
e-mail: a_c@autorita.energia.it

INDICE

1. INTRODUZIONE	5
2. PROPOSTE DI SCHEDE TECNICHE	7

1. Introduzione

- 1.1 I decreti del Ministro delle attività produttive di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio, 20 luglio 2004, pubblicati nella Gazzetta Ufficiale, Serie Generale, n. 205, del 1 settembre 2004 (di seguito: decreti ministeriali 20 luglio 2004) contengono norme ai fini della promozione dell'uso efficiente delle risorse come previsto rispettivamente all'articolo 9, comma 1, del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79 e all'articolo 16, comma 4, del decreto legislativo 23 maggio 2000, n. 164.
- 1.2 I due decreti abrogano e sostituiscono i precedenti decreti ministeriali 24 aprile 2001 (pubblicati nel Supplemento ordinario n. 125 alla Gazzetta Ufficiale, Serie generale, n. 117 del 22 maggio 2001) facendo salvi i procedimenti avviati dall'Autorità, quelli in corso e i provvedimenti emanati dalla medesima Autorità in attuazione degli stessi decreti ministeriali 24 aprile 2001 (articolo 14, comma 2).
- 1.3 I decreti ministeriali definiscono obiettivi quantitativi nazionali annuali di risparmio energetico e sviluppo delle fonti rinnovabili, espressi in unità di energia primaria (milioni di tonnellate equivalenti di petrolio, Mtep) da conseguire nel periodo 2005-2009. In capo a ciascun distributore di energia elettrica o di gas che serviva almeno 100.000 clienti finali al 31 dicembre 2001, è imposto un obiettivo specifico obbligatorio di risparmio di energia primaria calcolato come quota dell'obiettivo nazionale, in base alla proporzione tra l'energia distribuita dal singolo distributore e il totale nazionale. Il 50% dell'obbligo si riferisce a risparmi negli usi finali di energia elettrica per i distributori di energia elettrica e di gas naturale per i distributori di gas naturale.
- 1.4 I progetti predisposti ai fini del rispetto degli obiettivi di risparmio energetico possono essere eseguiti - tenuto conto di quanto previsto dall'articolo 1, comma 34, della legge 23 agosto 2004, n. 239 - con le seguenti modalità:
 - a) mediante azioni dirette dei distributori;
 - b) tramite società controllate dai medesimi distributori;
 - c) tramite società terze operanti nel settore dei servizi energetici, comprese le imprese artigiane e loro forme consortili.
- 1.5 I progetti prevedono *“misure e interventi ricadenti tipicamente nelle tipologie elencate nelle tabelle dell'allegato I”* ai rispettivi decreti (di seguito: interventi). Tali tabelle comprendono sia interventi rivolti alla riduzione dei consumi finali del vettore energetico distribuito dai soggetti agli obblighi (energia elettrica per i distributori di energia elettrica e gas naturale per i distributori di gas naturale), sia interventi che, pur potendo comportare un aumento nei consumi del vettore energetico distribuito, realizzano un risparmio di energia primaria.
- 1.6 I decreti dispongono che i progetti devono essere preparati, eseguiti e valutati in base a linee guida definite dall'Autorità in seguito a consultazione dei soggetti interessati, sentite le regioni e le province autonome.
- 1.7 A valle del processo di consultazione avviato con il documento 4 aprile 2002 in attuazione dei decreti ministeriali 24 aprile 2001, con deliberazione 18 settembre 2004, n. 103/03 l'Autorità ha disposto che ai fini della valutazione dei risparmi

conseguibili attraverso gli interventi di cui ai decreti ministeriali si distinguono: a) metodi di valutazione standardizzata; b) metodi di valutazione analitica; c) metodi di valutazione a consuntivo (articolo 3, comma 1). La medesima deliberazione dispone che i parametri per la valutazione standardizzata e per la valutazione analitica vengono definiti dall'Autorità, per ogni tipologia di intervento, mediante schede tecniche per la quantificazione dei risparmi, pubblicate a seguito di consultazione dei soggetti interessati (articolo 4, commi 1 e 2).

- 1.8 Con il presente documento l'Autorità sottopone alla consultazione proposte di 10 nuove schede tecniche per la quantificazione dei risparmi di energia primaria conseguibili attraverso altrettanti interventi ammissibili ai sensi dei decreti ministeriali 20 luglio 2004. Le precedenti schede tecniche di quantificazione sono state approvate dall'Autorità con delibera 27 dicembre 2002, n. 234/02 e con delibera 14 luglio 2004, n. 111/04.
- 1.9 Due delle schede tecniche proposte nel presente documento costituiscono un'ulteriore elaborazione delle proposte metodologiche avanzate in materia di interventi cogenerativi con il documento di consultazione 16 gennaio 2003. Le osservazioni e i commenti ricevuti sulle schede tecniche pubblicate nel documento 16 gennaio 2003 relativamente a questa tipologia di interventi hanno infatti suggerito sostanziali modifiche e integrazioni delle procedure di calcolo, che si è quindi ritenuto opportuno riproporre alla consultazione pubblica nel presente documento.

2. Proposte di schede tecniche

<i>Scheda tecnica</i>	<i>Tipo di intervento</i>	<i>Riferimento allegato I decreto ministeriale elettrico¹</i>	<i>Riferimento allegato I decreto ministeriale gas²</i>
n. 1	Installazione di sistemi elettronici di regolazione di frequenza in motori elettrici utilizzati in stazioni di pompaggio – Potenza motori elettrici superiore a 22 kW	Tabella A tipologia 2	Tabella B tipologia 7
n. 2	Installazione di un regolatore di flusso luminoso per gruppi di lampade a vapori di mercurio e lampade a vapori di sodio ad alta pressione negli impianti di Pubblica Illuminazione	Tabella A tipologia 3	Tabella B tipologia 8
n. 3	Sostituzione di lampade a vapori di mercurio con lampade a vapori di sodio ad alta pressione negli impianti di Pubblica Illuminazione	Tabella A tipologia 3	Tabella B tipologia 8
n. 4	Riscaldamento ambienti e produzione di acqua calda sanitaria tramite installazione e gestione di impianti di cogenerazione	Tabella B tipologie 11 e 12	Tabella A tipologie 3 e 4
n. 5	Climatizzazione ambienti e produzione di acqua calda sanitaria tramite installazione e gestione di sistemi di teleriscaldamento	Tabella A tipologie 5 tabella B tipologie 11 e 12	Tabella A tipologie 3 e 4
n. 6	Installazione di condizionatori ad aria esterna ad alta efficienza con potenza frigorifera inferiore a 12 kW _f	Tabella A tipologia 8	Tabella B tipologia 12
n. 7	Controllo della radiazione solare attraverso le superfici vetrate per il raffrescamento estivo in ambito domestico e terziario	Tabella A tipologia 7	Tabella B tipologia 13

¹ Nel presente documento per “decreto ministeriale elettrico 20 luglio 2004” si intende il decreto del Ministro delle attività produttive di concerto con il Ministro dell’ambiente e della tutela del territorio 20 luglio 2004, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 205, del 1 settembre 2004, recante “Nuova individuazione degli obiettivi quantitativi per l’incremento dell’efficienza energetica negli usi finali di energia, ai sensi dell’art. 9, comma 1, del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79”.

² Nel presente documento per “decreto ministeriale gas 20 luglio 2004” si intende il decreto del Ministro delle attività produttive di concerto con il Ministro dell’ambiente e della tutela del territorio 20 luglio 2004, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 205, del 1 settembre 2004, recante “Nuova individuazione degli obiettivi quantitativi nazionali di risparmio energetico e sviluppo delle fonti rinnovabili, di cui all’art. 16, comma 4, del decreto legislativo 23 maggio 2000, n. 164”.

n. 8	Isolamento termico delle pareti e delle coperture per il raffrescamento estivo in ambito domestico e terziario	Tabella A tipologia 7	Tabella B tipologia 13
n. 9	Installazione di caldaia centralizzata alimentata a gas a 4 stelle di efficienza in ambito residenziale	Tabella B tipologia 9	Tabella A tipologia 1
n. 10	Installazione di sistemi di termoregolazione e contabilizzazione del calore al servizio di impianti di riscaldamento centralizzato per il settore residenziale	Tabella B tipologia 11	Tabella A tipologia 3

Scheda tecnica n. 1 - Installazione di sistemi elettronici di regolazione di frequenza (inverter) in motori elettrici operanti su sistemi di pompaggio con potenza superiore o uguale a 22 kW

1 ELEMENTI PRINCIPALI

1.1 Descrizione dell'intervento

Tipologia di intervento:	Motori elettrici e loro applicazioni
Decreto ministeriale elettrico 20 luglio 2004:	Tabella A, tipologia di intervento n. 2
Decreto ministeriale gas 20 luglio 2004:	Tabella B, tipologia di intervento n. 7
Sotto-tipologia di intervento:	Installazione di sistemi elettronici di regolazione di frequenza Ottimizzazione di impianto e gestionale di sistemi di pompaggio azionati da motori elettrici
Settore di intervento:	Industriale, Terziario
Tipo di utilizzo:	Sistemi di pompaggio azionati da motori elettrici

1.2 Calcolo del risparmio di energia primaria

Metodo di valutazione ¹	Valutazione analitica
Risparmio lordo di energia primaria RL per ogni singola pompa	$RL = 0,22 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\sum_{i=1}^N P_{V,i} NH_i - \sum_{i=1}^N P_{I,i} NH_i \right) \quad (\text{tep})$ <p>dove:</p> <ul style="list-style-type: none"> - PV,i e PI,i sono le potenze elettriche assorbite dal motore in corrispondenza di assegnati regimi parziali di portata qi e misurate in caso di regolazione rispettivamente con valvola di strozzamento e con azionamento a velocità variabile. - NHi sono le ore di funzionamento dei motori ai medesimi regimi parziali di portata qi nel corso periodo di riferimento².
Tipi di Titoli di Efficienza Energetica riconosciuti all'intervento ³	Tipo I

¹ Si veda: articolo 3, delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, 18 settembre 2003, n. 103/2003.

² Il periodo di riferimento è quello a cui si riferisce la rendicontazione dei risparmi energetici (un anno, un semestre, un trimestre o altro)

³ Si veda: articolo 17, delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, 18 settembre 2003, n. 103/2003.

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 SUPPLEMENTARE DA CONSERVARE⁴

- Nome, indirizzo e recapito telefonico di ogni cliente partecipante.
- Documentazione delle prove sperimentali svolte con regolazione della portata mediante valvola di strozzamento, 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 progetto o 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 sottoposto durante il periodo di riferimento.

⁴ Rispetto a quanto specificato all'articolo 14 comma 3 dell'Allegato A della delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, 18 settembre 2003, n. 103/2003.

ALLEGATO ALLA SCHEDA TECNICA N. 1: PROCEDURA PER IL CALCOLO DEL RISPARMIO DI ENERGIA PRIMARIA

1 Premessa

Con la deliberazione dell’Autorità n. 111/04 è stata pubblicata una scheda tecnica (e la relativa procedura) di tipo standardizzato utile per il calcolo del risparmio energetico derivante dall’adozione di azionamenti variabili in impianti di pompaggio. Tale procedura è valida per i casi in cui la potenza del motore elettrico che aziona la pompa ha una potenza inferiore a 22 kW. Nel caso in cui la potenza del motore sia superiore a tale limite, la procedura da utilizzare è quella (di tipo analitico⁵) di seguito descritta. Questa fornisce, da un lato, una maggiore accuratezza nella determinazione dei risparmi energetici, dall’altro lato, proprio per la sua maggiore puntualità, comporta un maggiore impegno in termini di disponibilità di dati storici, di esecuzione di misure sperimentali, di elaborazione dei dati raccolti.

Si osservi che, in linea di principio, la presente procedura potrebbe essere applicata anche con riferimento a motori di potenza inferiore a 22 kW. La circostanza sopra evidenziata, di maggiori complessità, onerosità e carico di incombenze, conduce però ad un rapporto costi/benefici che ne rende decisamente meno attraente l’utilizzo per basse potenze elettriche. Questa situazione, unitamente all’esigenza di avere campi di applicazione delle varie procedure quanto più possibile complementari, ha motivato l’assunzione di un limite inferiore di potenza per i motori elettrici; tale limite caratterizza la presente procedura e ne costituisce l’elemento discriminante rispetto all’analogha procedura standardizzata.

La procedura descritta nel seguito consiste nell’esecuzione “una tantum” della seguente sequenza di attività:

- misura della potenza elettrica PV, assorbita in corrispondenza di N valori di portata q_i adottando la regolazione della portata mediante valvola di strozzamento⁶;
- analoga misura della potenza elettrica PI, i assorbita in corrispondenza di N valori di portata q_i adottando la regolazione della portata mediante inverter;
- estrapolazione dei consumi energetici nel corso di un periodo di riferimento (cioè l’orizzontale temporale al quale viene riferita la rendicontazione dei risparmi energetici e che può essere pari ad una frazione arbitraria dell’anno⁷) e calcolo del risparmio della seconda soluzione rispetto alla prima.

I successivi paragrafi forniscono maggiori dettagli su quanto appena delineato.

2 Misura della potenza con valvola di strozzamento

La misura in oggetto consiste nel rilievo della potenza elettrica assorbita dal motore in corrispondenza di prefissati regimi parziali di portata. La misura può essere impostata a partire, ad esempio, dalle condizioni di lavoro alle quali si assesta la pompa quando la valvola di strozzamento è completamente aperta; successivamente, attraversando regimi parziali raggiunti attraverso aggiustamenti sulla valvola, si rileva la potenza elettrica assorbita. Si osservi che, allo scopo di garantire un confronto con i risultati della successiva prova con azionamento a velocità

⁵ Si veda l’art. 3 della delibera n. 103/03.

⁶ Tecnologia assunta come riferimento in quanto risulta essere quella maggiormente diffusa in relazione alla tipologia di pompe considerate.

⁷ Si vedano gli articoli 5 e 12 della delibera n. 103/03.

variabile, è opportuno effettuare anche una misura della pressione di aspirazione (o di un'altra grandezza ad essa correlata, quale il livello del bacino di aspirazione).

Si otterrà così una tabella del seguente tipo:

Portata (m^3/h)	Pressione/livello in aspirazione (m)	Potenza (kW)
q_1	$z_{a,1}$	$P_{V,1}$
.....
q_i	$z_{a,i}$	$P_{V,i}$
.....
q_N	$z_{a,N}$	$P_{V,N}$

E' opportuno che i regimi parziali, espressi in termini percentuali del valore di lavoro, non differiscano tra di loro per più del 10%.

3 Misura della potenza con inverter

La misura in oggetto consiste nel rilievo della potenza elettrica assorbita dal motore in corrispondenza di prefissati regimi parziali di portata. La misura può essere impostata a partire, ad esempio, dalle condizioni di lavoro alle quali si assesta la pompa quando l'inverter è inattivo; successivamente, attraversando regimi parziali raggiunti con aggiustamenti sull'inverter, si rilevano le grandezze di possibile interesse (livello in aspirazione, pressione di mandata, potenza), ottenendo una tabella del seguente tipo:

Portata (m^3/h)	Pressione/livello in aspirazione (m)	Potenza (kW)
q_1	$z_{a,1}$	$P_{V,1}$
.....
q_i	$z_{a,i}$	$P_{V,i}$
.....
q_N	$z_{a,N}$	$P_{V,N}$

I valori di $z_{a,i}$ rilevati dovranno essere quanto più prossimi possibile agli analoghi valori rilevati nella prova con valvola di strozzamento.

Anche in questo caso è opportuno che i regimi parziali, espressi in termini percentuali del valore di lavoro, non differiscano tra di loro per più del 10%.

4 Calcolo dei consumi energetici e del risparmio nel periodo di riferimento

I dati ottenuti vanno combinati tra di loro per ottenere una quantificazione dell'energia consumata con i due tipi di regolazione della portata nel corso di un periodo di riferimento, al fine di estrapolare il valore del risparmio energetico. A tale scopo, è necessario disporre di informazioni sulla distribuzione oraria dei vari regimi di carico; in altri termini, il numero di ore NH_i per le quali si riscontra una portata parziale q_i durante il periodo di riferimento, secondo una tabella del seguente tipo:

Portata (m^3/h)	Ore nel periodo di riferimento PR
q_1	NH_1

.....
q_i	NH_i
.....
q_N	NH_N

L'energia consumata nel periodo di riferimento con regolazione mediante valvola è dunque valutata come:

$$E_v = \sum_{i=1}^N P_{v,i} NH_i \quad (\text{kWh})$$

L'energia consumata nel periodo di riferimento con regolazione mediante inverter risulta invece da:

$$E_I = \sum_{i=1}^N P_{I,i} NH_i \quad (\text{kWh})$$

Il risparmio complessivo di energia elettrica nel periodo di riferimento è dato da:

$$\Delta E = E_v - E_I \quad (\text{kWh})$$

ed il conseguente risparmio di energia primaria:

$$RL = 0,22 \cdot 10^{-3} \cdot \Delta E \quad (\text{tep}) .$$

5 Osservazioni

L'applicazione della procedura analitica descritta richiede di prestare attenzione ad alcuni elementi, sia per quanto riguarda le modalità di effettuazione delle misure che per quanto riguarda l'ottenimento dei dati relativi alle curve di distribuzione dei regimi di carico idraulico nel periodo di riferimento. Più in particolare:

1. l'applicazione è possibile per gli impianti per i quali sia possibile il confronto sperimentale tra le due condizioni di regolazione di portata; occorre perciò che siano simultaneamente presenti sia la valvola di strozzamento che l'azionamento a velocità variabile;
2. le misure di potenza assorbita nelle due diverse condizioni di regolazione va effettuata, oltre che a pari valore di carico parziale richiesto, a pari condizioni di pressione/livello di aspirazione;
3. gli impianti ai quali si applica la presente procedura sono quelli che prevedono la regolazione di portata sia mediante valvola di strozzamento che mediante inverter, sebbene poi si adotti solo la seconda modalità di funzionamento. Va osservato che le misure elettriche di tensione, corrente e potenza vanno sempre effettuate a monte dell'inverter, sia questo operante o meno, allo scopo di garantire la confrontabilità delle misure tra le due condizioni di regolazione;
4. è bene adottare un protocollo di misura che si svolga secondo linee-guida dettate da regole di buona pratica. Esempi di tali linee-guida sono quelli citati in bibliografia alla presente scheda;
5. un insieme di dati molto importante per l'applicazione della procedura analitica è costituito dalla distribuzione oraria dei carichi parziali nel corso del periodo di riferimento. Questi dati sono in genere ottenuti come medie, opportunamente elaborate, di dati storici di consumo disponibili presso la stazione di pompaggio. E' indispensabile, ai fini della qualità

dell'intera operazione, tenere un archivio di tali dati e dei criteri alla base della loro elaborazione.

La documentazione da trasmettere all'Autorità dovrà necessariamente comprendere anche una relazione tecnica sulla configurazione impiantistica con indicazione delle sigle di identificazione dei gruppi motore/pompa nell'ambito dell'impianto, utilizzate anche nei documenti di progetto e/o di esercizio.

6 Esempio di utilizzo della procedura

Viene riportato in Appendice un esempio di utilizzo della procedura, che mostra il processo di elaborazione delle grandezze richieste, a partire da quelle misurate nel caso specifico.

7 Bibliografia

1. IPM&VP Committee, International Performance Measurement & Verification Protocol, Concepts and Options for Determining Energy and Water savings, DOE/GO-102002-1554, March 2002.
2. U. Ciarniello, Linee guida per la realizzazione di un piano di monitoraggio energetico, Rapporto CESI-A2/021997 (30/8/2002).

APPENDICE ALLA PROCEDURA PER IL CALCOLO DEL RISPARMIO DI ENERGIA PRIMARIA (SCHEDA TECNICA N. 1)

1 PREMESSA

Allo scopo di mostrare quali siano le modalità di applicazione di una procedura analitica come la presente e quali problemi vi possano essere sottesi, vengono di seguito documentati i risultati di una campagna di prove sperimentali condotte presso una stazione di pompaggio dell'acquedotto di una grande città italiana.

La stazione in oggetto è composta di tre pompe identiche, azionate da motori elettrici identici ed operanti in parallelo. La regolazione della portata può avvenire sia mediante azionamento a velocità variabile prodotto da un inverter di cui ogni motore è dotato, sia attraverso lo strozzamento di una valvola posta sulla mandata di ciascun motore.

Obiettivo delle prove è stato il confronto di prestazioni energetiche di un singolo gruppo motore-pompa nelle due modalità di funzionamento, anche ai fini di test delle procedure su dati reali.

2 CARATTERISTICHE DEL MACCHINARIO ROTANTE

Il motore elettrico che aziona ciascuna delle pompe è del tipo a 4 poli, caratterizzato dai seguenti dati di targa:

frequenza	$v = 50 \text{ Hz}$
tensione	$V = 500 \text{ V}$
corrente	$I = 355 \text{ A}$
potenza attiva	$P = 250 \text{ kW}$
Velocità	$n = 1475 \text{ giri/min}$
Fattore di potenza	$\cos\varphi = 0,87$

Ciascuna pompa è caratterizzata dai seguenti dati di targa:

Portata	$= 1260 \text{ m}^3/\text{h} = 350 \text{ l/s}$
Prevalenza	$= 50 \text{ m}$
Giri	$= 1490 \text{ giri/min}$

L'impianto è attivo con inverter da circa sei anni.

3 STRUMENTAZIONE DI MISURA

Le misure elettriche sono state svolte mediante apparecchiatura TEAMWARE EQUA in modalità POWERMETER (ossia in modalità ottimizzate per misure in regimi non transitori); per le misure si sono adottate pinze amperometriche CHAUVIN ARNOUX "A100" ad effetto Hall.

Il tempo di clock Δt dell'EQUA è stato pari a circa 6,25 kHz. Le grandezze rilevate non sono presentate tal quali; di esse invece si fornisce il valore efficace, valutato su una base di calcolo $\Delta t_p = 20 \text{ ms}$ (125 campioni), che rappresenta la cadenza temporale di presentazione dei risultati della misura. Le grandezze considerate sono state le seguenti:

- Tensione trifase (media delle tensioni concatenate):

$$V_{3\Phi} = \frac{V_{L_{12}} + V_{L_{23}} + V_{L_{13}}}{3}$$

- Corrente trifase (media delle correnti di fase):

$$I_{3\Phi} = \frac{I_{L_1} + I_{L_2} + I_{L_3}}{3}$$

- Potenza attiva (somma delle potenze attive di fase):

$$W_{3\Phi} = W_{L_1} + W_{L_2} + W_{L_3}$$

- Potenza reattiva (somma delle potenze reattive di fase):

$$Q_{3\Phi} = Q_{L_1} + Q_{L_2} + Q_{L_3}$$

- Potenza apparente (somma delle potenze apparenti di fase):

$$A_{3\Phi} = A_{L_1} + A_{L_2} + A_{L_3}$$

Fattore di potenza: media dei fattori di potenza di fase:

$$PF_{3\Phi} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 \frac{W_{L_i}}{\sqrt{W_{L_i}^2 + Q_{L_i}^2}}$$

4 PROVA CON REGOLAZIONE MEDIANTE AZIONAMENTO A VELOCITÀ VARIABILE

La prima serie di prove è stata condotta sulla pompa denominata N3, la quale è alimentata attraverso un inverter. Dopo il raggiungimento del regime stazionario a pieno carico (105% del carico nominale), si è attuata una successione di manovre manuali sull'inverter, quindi sulla frequenza di alimentazione elettrica del motore della pompa, fino al raggiungimento di prefissati regimi parziali, dal 105% al 20% del carico nominale di 350 litri/s. La prova ha avuto una durata complessiva di circa 20 min.

Nelle Figure 1 e 2 è riportato l'andamento temporale della potenza attiva, ove il tempo è rappresentato in termini assoluti (h:m:s). Si rileva immediatamente che la misura appare disturbata da una forma d'onda assimilabile ad un rumore ad elevata frequenza (circa 23 Hz), così come mostra il dettaglio rappresentato in Figura 3 e come conferma l'analisi armonica dei primi 80 s mostrata in Figura 4. Tale rumore è stato attribuito al funzionamento dell'inverter e va perciò considerato spurio ai fini degli obiettivi della presente misura. La stessa Figura 3 mostra una forma d'onda a frequenza minore (circa 0,7 Hz), di caratteristiche non assimilabili ad un rumore e parimenti attribuita al funzionamento dell'inverter.

Si è dunque effettuato un filtraggio digitale di tale forma d'onda, eliminando frequenze superiori ad 1 Hz ed ottenendo infine l'andamento riportato in Figura 5. Tale andamento, in apparenza di non immediata interpretazione, può grossolanamente immaginarsi come una sequenza di forme d'onda a gradino risultante dalla successione di manovre di aggiustamento (incremento o decremento) della frequenza dell'inverter fino al raggiungimento dei prefissati regimi parziali di portata. Gli istanti in cui tali regimi sono raggiunti sono indicati in Figura 5.

I risultati di interesse effettivo sono mostrati nella Tabella 1, in cui vengono riportati, per ogni prova:

- l'istante (assoluto) in corrispondenza del quale si riteneva raggiunto il regime di carico parziale;

- il livello riscontrato nella vasca da cui pesca la pompa;
- la pressione di mandata della pompa;
- la portata erogata;
- il regime percentuale di carico;
- la potenza attiva;
- il fattore di potenza.

Si osservi quanto segue:

- la potenza attiva decresce dal valore di 236 kW (al 105% del carico) fino a 64 kW (al 20% del carico);
- il fattore di potenza si mantiene costantemente elevato e pari a circa 0,98;
- per le modalità con cui sono state effettuate le prove (regolazione esclusivamente mediante azionamento a velocità variabile), la resistenza idraulica a valle della pompa (caratteristica idraulica equivalente del circuito) è evidenziabile dalla pressione di mandata¹ (al netto del livello della vasca, vedasi Figura 6).

5 PROVA CON REGOLAZIONE MEDIANTE VALVOLA DI STROZZAMENTO

La seconda serie di prove è stata condotta sulla pompa denominata N1, escludendo il funzionamento del relativo inverter ed operando invece sulla valvola di strozzamento posta sulla mandata della pompa. Dopo il raggiungimento del regime stazionario a pieno carico (105% del carico nominale), si è attuata una successione di manovre manuali sulla valvola di strozzamento fino al raggiungimento di prefissati regimi parziali, dal 105% al 20% del carico nominale di 350 litri/s. La prova ha avuto una durata complessiva di circa 15 min.

Nelle Figure 7 e 8 è riportato l'andamento temporale della potenza attiva, ove il tempo è rappresentato in termini assoluti (h:m:s). Anche in questo caso che la misura appare disturbata da una forma d'onda assimilabile ad un rumore ad elevata frequenza (circa 24 Hz), così come mostra il dettaglio rappresentato in Figura 9 e come conferma l'analisi armonica dei primi 80 s mostrata in Figura 10. A differenza di quanto riscontrato nella precedente serie di prove, l'ampiezza assoluta di tale rumore si è rivelata crescente al procedere della prova, ossia al decrescere della potenza assorbita. Anche in questo caso il rumore è stato attribuito al funzionamento dell'inverter, il quale non è operativo ma è presumibilmente sempre attivo²; coerentemente, il rumore va perciò considerato spurio ai fini degli obiettivi della presente misura.

Si è dunque ancora effettuato un filtraggio digitale di tale forma d'onda, eliminando frequenze superiori ad 1 Hz ed ottenendo infine l'andamento riportato in Figura 11. Tale andamento è di più immediata interpretazione rispetto a quello ottenuto per le prove con inverter e risulta da una sequenza di forme d'onda a gradino (praticamente tutte decrescenti) risultanti dalla successione di manovre sulla valvola di strozzamento fino al raggiungimento dei prefissati regimi parziali di portata. Gli istanti in cui tali regimi sono raggiunti sono indicati in Figura 11.

I risultati di interesse effettivo sono mostrati nella Tabella 2, in cui vengono riportati, per ogni prova:

- l'istante (assoluto) in corrispondenza del quale si riteneva raggiunto il regime di carico parziale;
- il livello riscontrato nella vasca da cui pesca la pompa;
- la pressione di mandata della pompa;
- la portata erogata;
- il regime percentuale di carico;
- la potenza attiva;

¹ Infatti, i punti di funzionamento sopra evidenziati derivano dall'intersezione della curva di prevalenza della pompa (variabile con il numero di giri) con quella caratteristica del circuito (costante) e sono quindi rappresentativi della seconda curva.

² Nelle presenti condizioni l'inverter è verosimilmente ancora attivo, ma fornisce un segnale di frequenza inalterata rispetto a quello di ingresso (determinando così un funzionamento a giri costanti del macchinario rotante). Il rumore nasce dal fatto che la forma d'onda prodotta dall'inverter, sebbene inalterata nella frequenza rispetto a quella di ingresso, ha un contenuto armonico decisamente più ricco.

- il fattore di potenza.

Si osservi quanto segue:

- la potenza attiva decresce dal valore di 236 kW (al 105% del carico) fino a 123 kW (al 20% del carico);
- il fattore di potenza assume valori più bassi di quelli riscontrati nella precedente serie di prove con inverter e decresce da 0,821 a 0,699;
- per le modalità con cui sono state effettuate le prove (regolazione esclusivamente mediante strozzamento della valvola), la curva caratteristica di prevalenza della pompa è evidenziabile dalla pressione di mandata³ (al netto del livello della vasca, vedasi Figura 12).

6 CONFRONTO TRA LE DUE SERIE DI PROVE ED OSSERVAZIONI GENERALI

Il confronto tra i risultati ottenuti nelle due serie di prove, in termini di potenza elettrica assorbita dal motore, è mostrato nella Tabella 3 e nella corrispondente Figura 13. Si osserva come l'azionamento a velocità variabile conduca in ogni caso ad un decremento della potenza elettrica assorbita e come tale decremento sia tanto più sensibile quanto maggiore è la parzializzazione della portata rispetto al valore massimo. In particolare, quando la parzializzazione è del 20% si osservano decrementi percentuali di potenza assorbita pari a circa il 50%.

Tale risultato può essere tradotto in termini quantitativi di risparmio energetico annuo, assumendo come periodo di riferimento PR l'anno ed ipotizzando una distribuzione oraria del livello di parzializzazione, nel corso di un anno-tipo, pari a quella mostrata nella prima e nella seconda colonna della Tabella 4 (che corrisponde a quella tipica dell'acquedotto di una grossa città del nord Italia). Nelle colonne 3 e 4 della tabella vengono riportati, in funzione del grado di parzializzazione della portata, rispettivamente i valori interpolati di potenza assorbita con regolazione mediante valvola e di decremento di potenza assorbita regolando mediante inverter. Nelle colonne 5, 6 e 7 vengono infine riportati, sempre in funzione del grado di parzializzazione della portata, la quota di energia elettrica assorbita nel corso dell'anno con regolazione mediante valvola, mediante inverter ed il corrispondente risparmio energetico. Le Figure 14 e 15 riportano sotto forma di istogrammi il contenuto della citata Tabella 4.

Si osserva che la regolazione mediante inverter conduce nel caso specifico al seguente risultato:

- risparmio energetico annuo di **410 233 KWh** elettrici (pari a circa il **26% del consumo elettrico** con regolazione mediante valvola);

ovvero:

- risparmio di energia primaria di circa **90,25** tep nel periodo di riferimento (pari ad 1 anno).

³ Infatti, i punti di funzionamento sopra evidenziati derivano dall'intersezione della curva di prevalenza della pompa (costante, essendo costante il numero di giri) con quella caratteristica del circuito (variabile al variare dello strozzamento della valvola) e sono quindi rappresentativi della prima curva

TABELLE

**Prova con Pompa N3
Inverter**

N. prova	Istante di campionamento (h.m.s)	Pressione monte (m) (Livello vasca)	Pressione valle (m)	Portata (litri/s)	% carico	Potenza (kW)	Cos φ
1	14.22.57	-1,50	48,6	370	105	236	0,976
2	14.24.04	-1,53	48,0	350	100	225	0,974
3	14.27.22	-1,41	47,5	315	90	196	0,977
4	14.29.11	-1,44	47,2	280	80	168	0,981
5	14.31.35	-1,47	46,7	245	70	148	0,983
6	14.33.24	-1,49	46,0	205	60	121	0,983
7	14.35.04	-1,51	45,6	175	50	108	0,983
8	14.37.03	-1,53	45,0	140	40	90	0,981
9	14.38.35	-1,53	44,5	105	30	78	0,979
10	14.40.17	-1,53	43,8	70	20	64	0,981

Tabella 1 – Prova con inverter - Sintesi dei risultati delle prove sperimentali

**Prova con Pompa N1
Valvola di strozzamento**

N. prova	Istante di campionamento (h.m.s)	Pressione monte (m) (Livello vasca)	Pressione valle (m)	Portata (litri/s)	% carico	Potenza (kW)	Cos φ
11	14.58.20	-1,64	48,4	370	105	236	0,821
12	15.00.00	-1,72	51,0	350	100	231	0,816
13	15.03.00	-1,78	55,3	315	90	224	0,814
14	15.04.00	-1,79	59,5	280	80	214	0,801
15	15.05.30	-1,80	63,4	245	70	202	0,794
16	15.07.00	-1,80	67,2	205	60	185	0,778
17	15.08.10	-1,78	68,0	175	50	168	0,758
18	15.09.30	-1,71	69,4	140	40	153	0,738
19	15.10.35	-1,71	71,0	105	30	136	0,699
20	15.12.25	-1,72	72,7	70	20	123	0,699

Tabella 2– Prova con valvola di strozzamento - Sintesi dei risultati delle prove sperimentali

% portata	Potenza (kW) con inverter	Potenza (kW) con valvola	Decremento consumi (kW)
20	64	123	59
30	78	136	58
40	90	153	63
50	108	168	60
60	121	185	64
70	148	202	54
80	168	214	46
90	196	224	28
100	225	231	6
105	236	236	0

Tabella 3 - Confronto tra le due serie di prove

% portata	ore annue	Potenza (kW) con valvola	DP (kW)	Energia annua con valvola (kWh)	Energia annua con inverter (kWh)	Risparmio annuo (kWh)
17,5	434	119,75	59,25	51971,5	26257	25714,5
24	62	128,2	58,6	7948,4	4315,2	3633,2
30	2245	136	58	305320	175110	130210
35	62	144,5	60,5	8959	5208	3751
40	62	153	63	9486	5580	3906
41	372	154,5	62,7	57474	34149,6	23324
43	303	157,5	62,1	47722,5	28906,2	18816
43,5	62	158,25	61,95	9811,5	5970,6	3841
49	62	166,5	60,3	10323	6584,4	3739
55	854	176,5	62	150731	97783	52948
65	303	193,5	59	58630,5	40753,5	17877
75	303	208	50	63024	47874	15150
77	1818	210,4	48,4	382507,2	294516	87991
82	303	216	42,4	65448	52600,8	12847
93	303	226,1	21,4	68508,3	62024,1	6484
105	1212	236	0	286032	286032	0
TOTALE	8760			1583897	1173664	410233

Risparmio energetico annuo= 25,9 %

Tabella 4 - Risparmio energetico annuo con riferimento ad una richiesta-tipo di portata

FIGURE

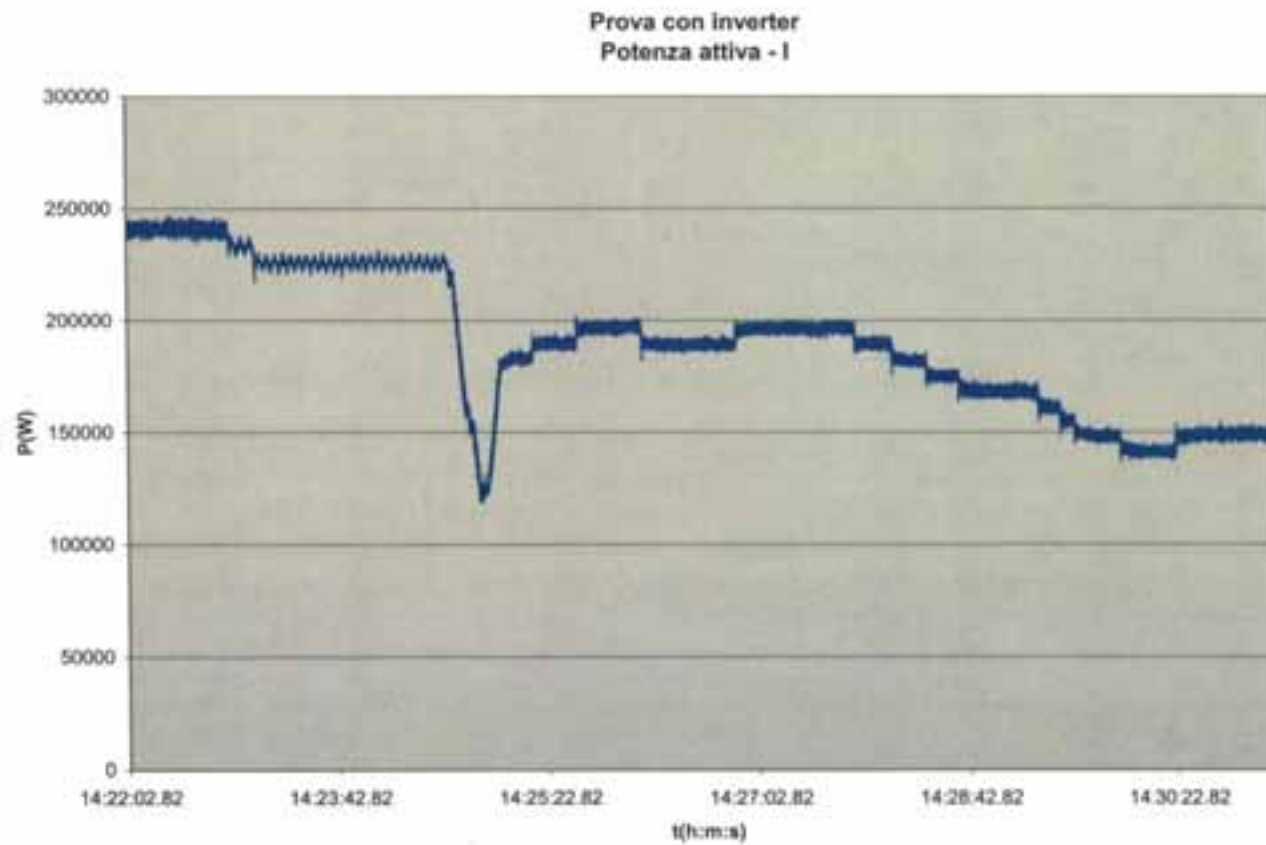


Figura 1 – Prova con azionamento a velocità variabile – Potenza attiva – Prima parte

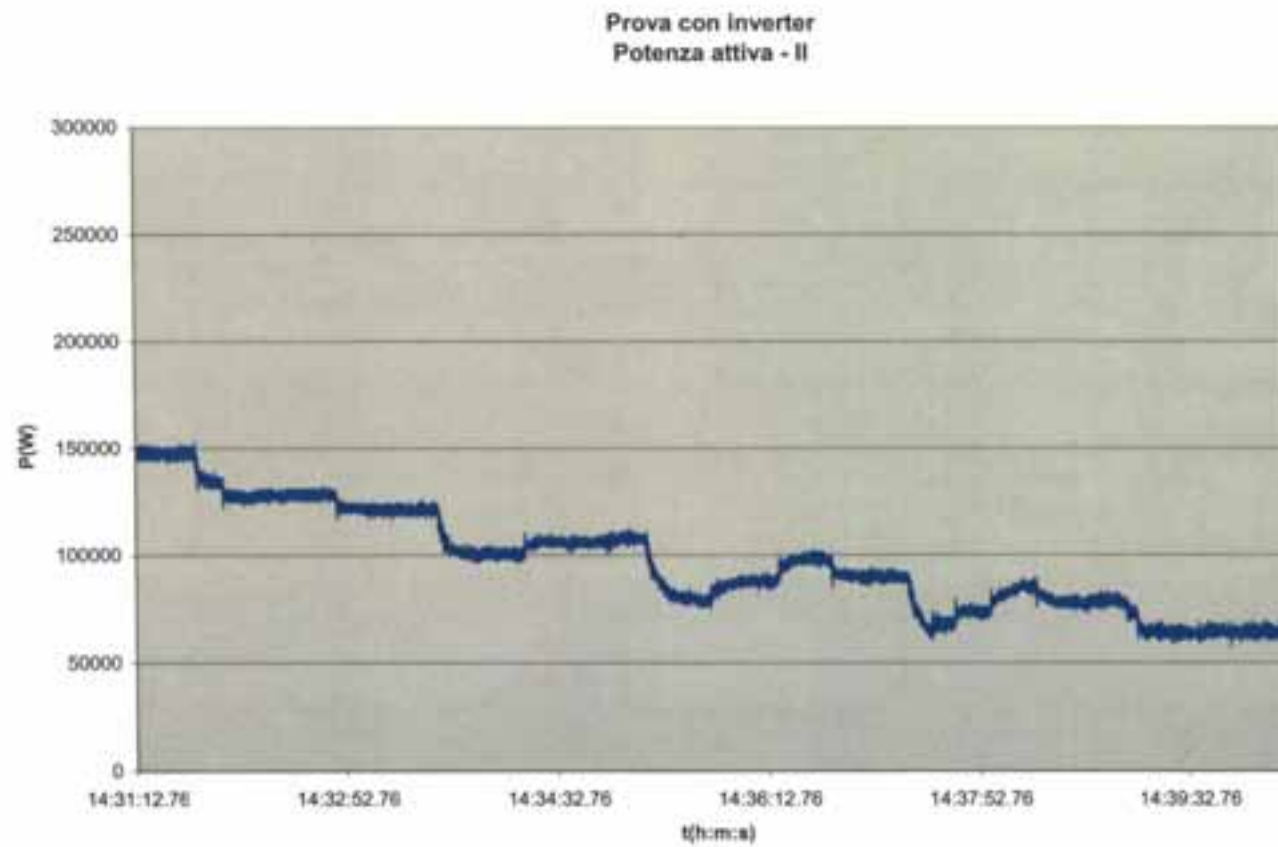


Figura 2 – Prova con azionamento a velocità variabile – Potenza attiva – Seconda parte

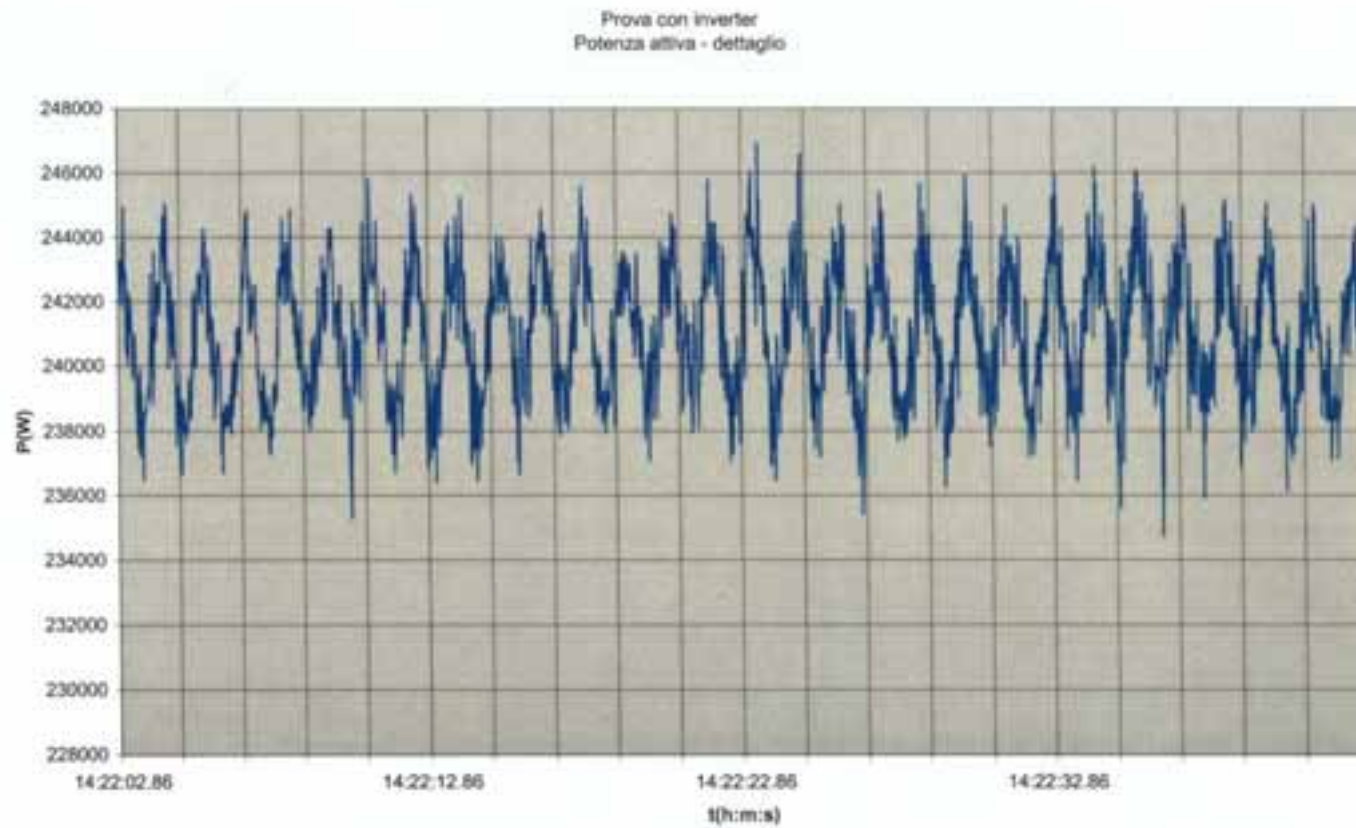


Figura 3 – Prova con azionamento a velocità variabile – Potenza attiva – dettaglio dei primi istanti

Prova con inverter
Analisi armonica Potenza attiva

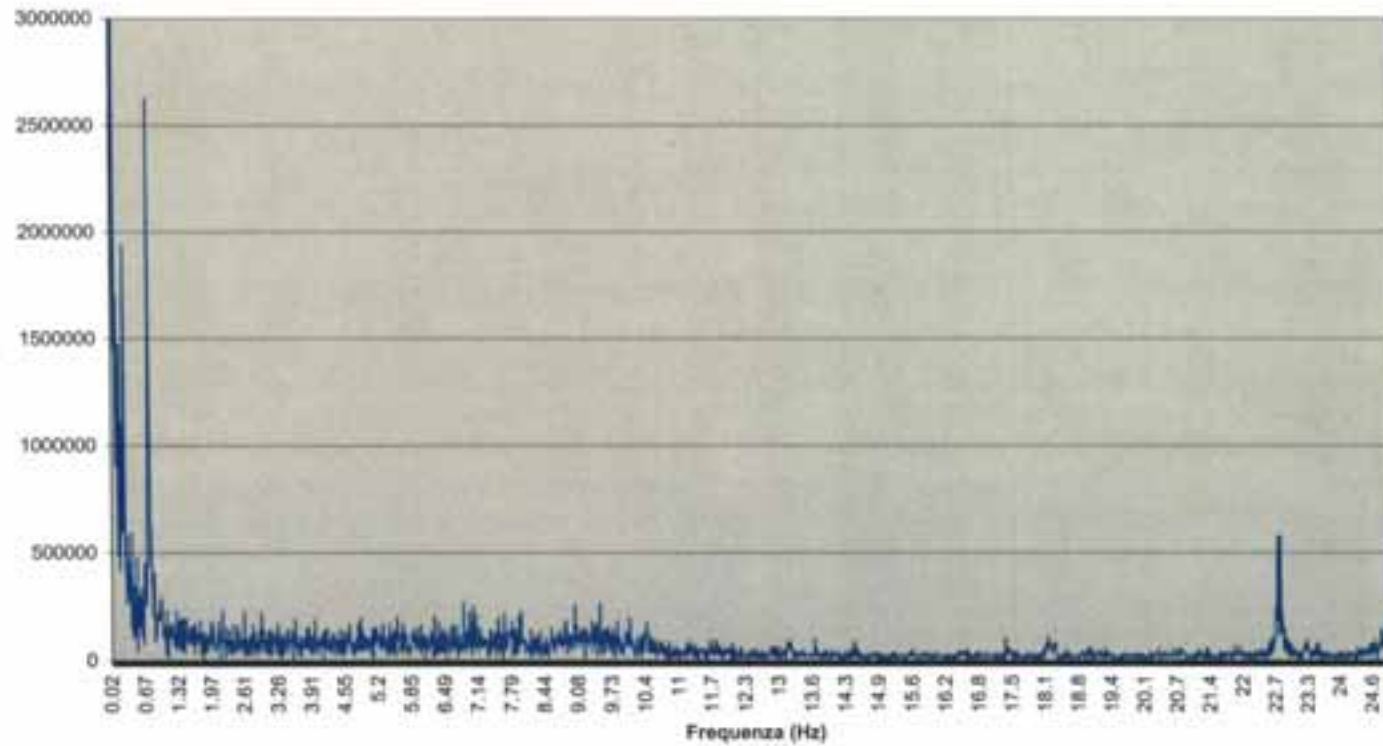


Figura 4– Prova con azionamento a velocità variabile – Potenza attiva – Analisi armonica dei primi 80 s

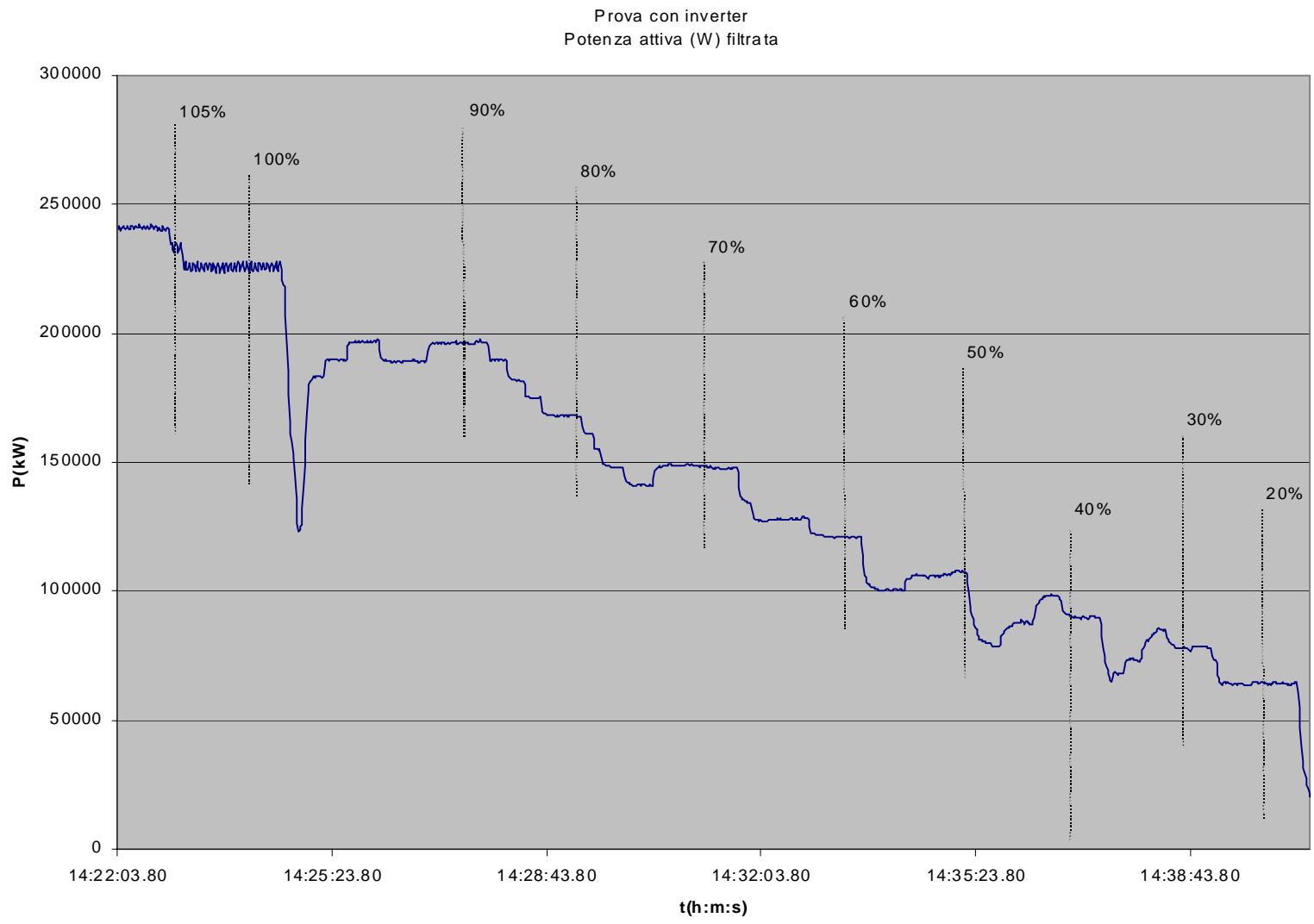


Figura 5- Prova con azionamento a velocità variabile – Potenza attiva – Andamento temporale filtrato – Identificazione dei carichi parziali

Curva caratteristica del circuito

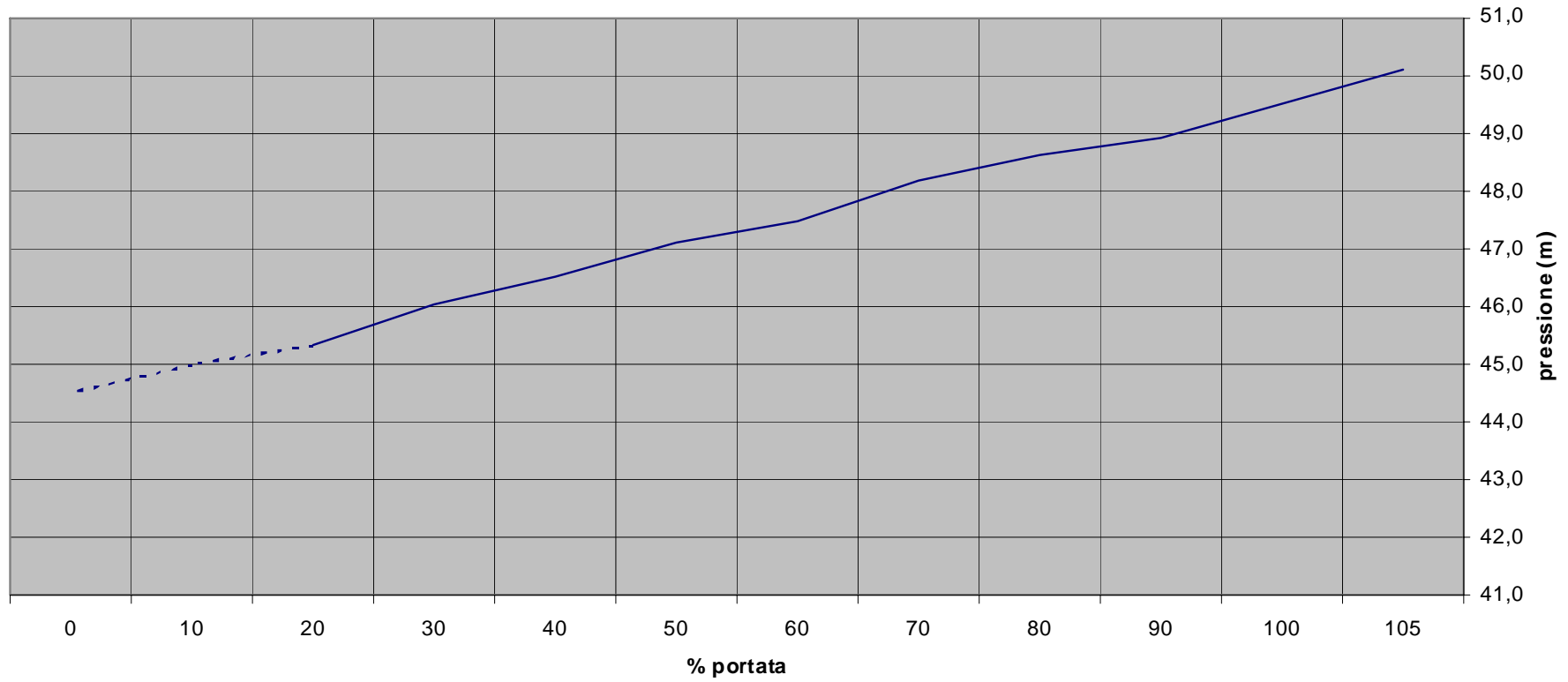


Figura 6- Curva caratteristica del circuito (dalle prove con inverter) - (----- tratto estrapolato)

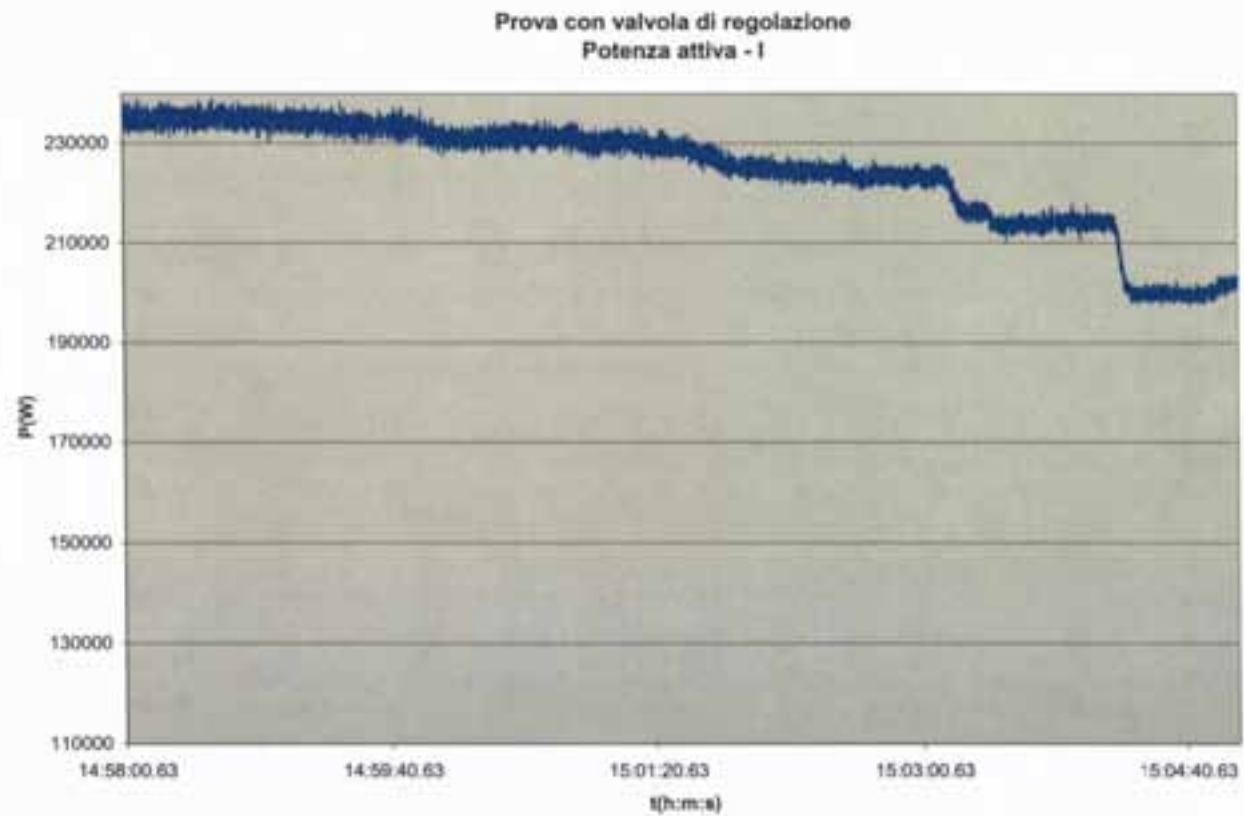


Figura 7 – Prova con valvola di strozzamento – Potenza attiva – Prima parte

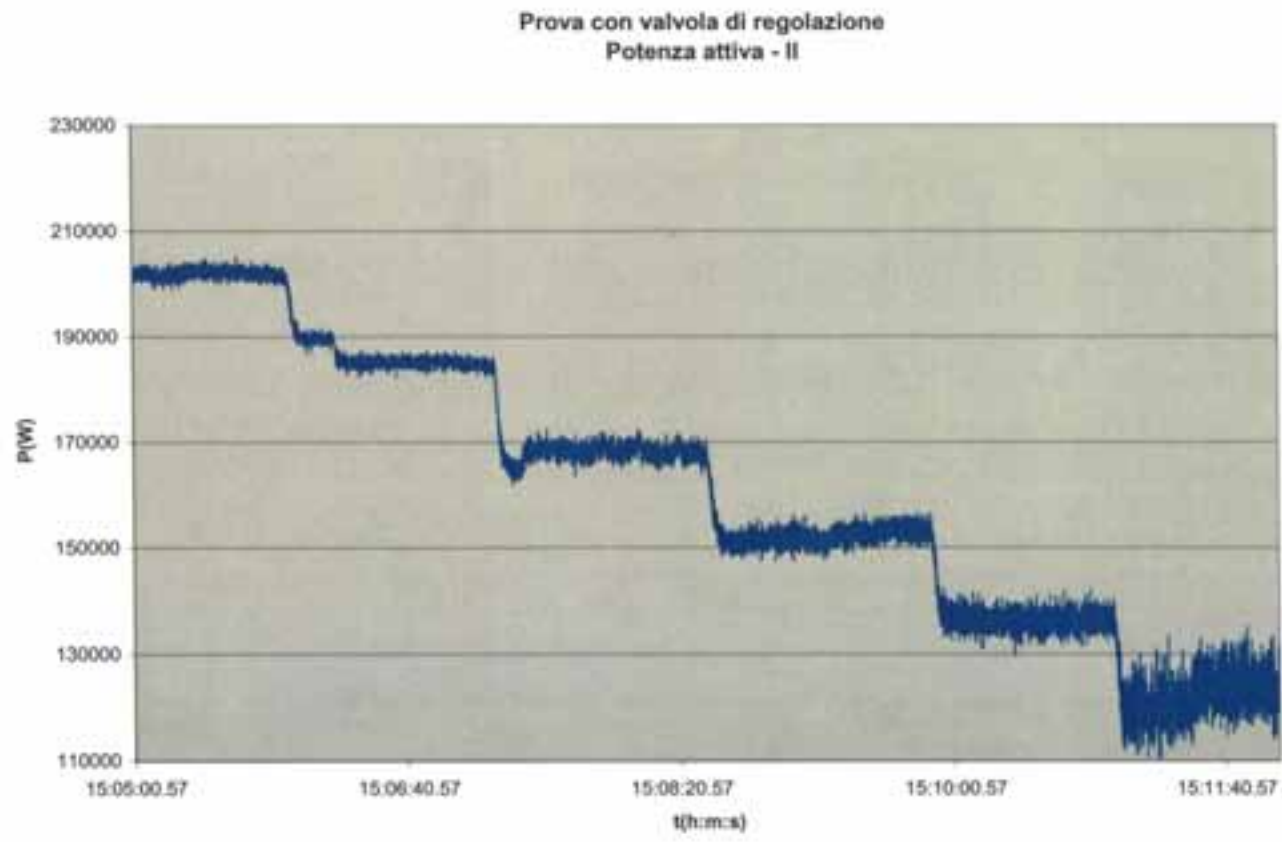


Figura 8 – Prova con valvola di strozzamento – Potenza attiva – Seconda parte

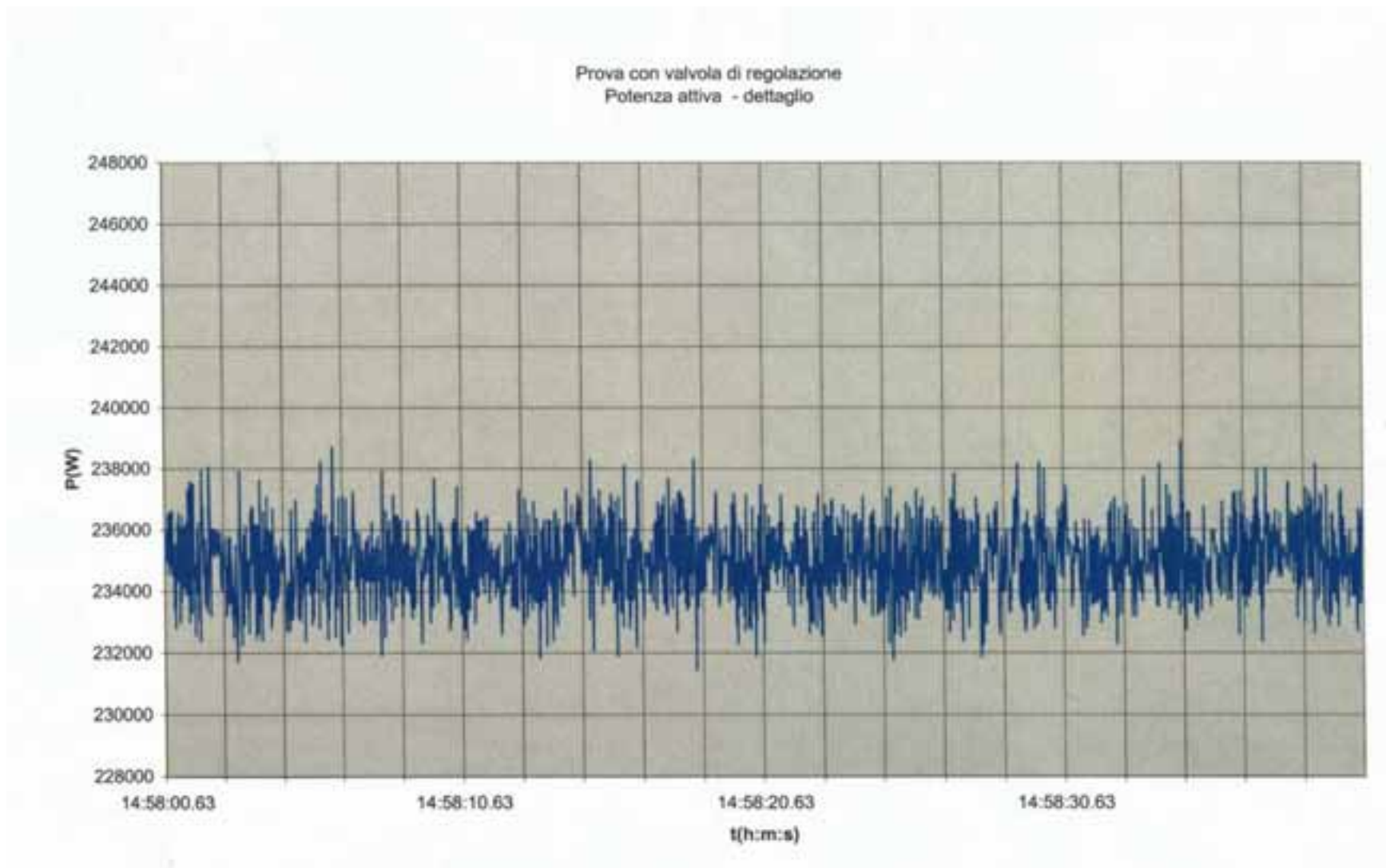


Figura 9- Prova con valvola di strozzamento – Potenza attiva – dettaglio dei primi istanti

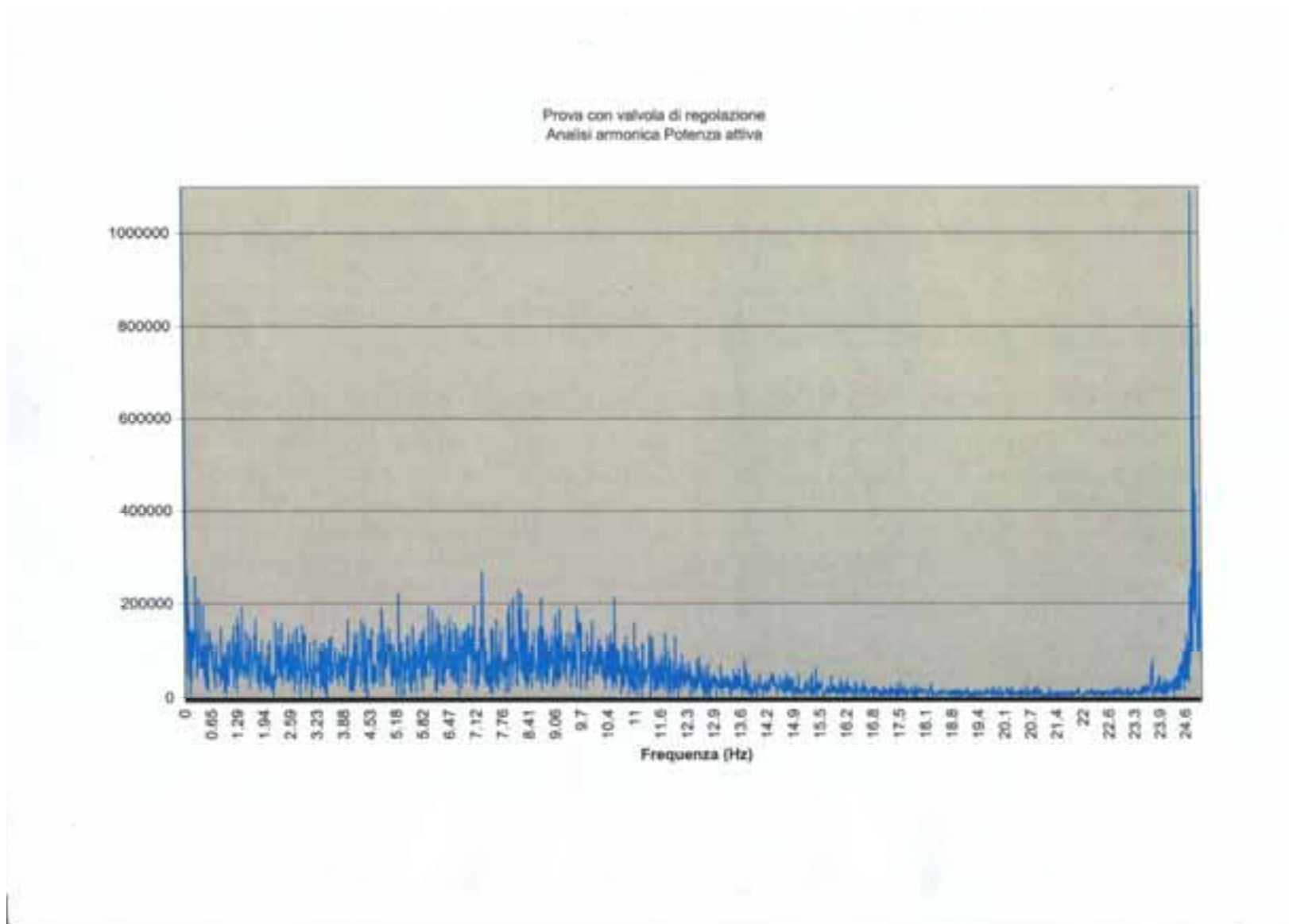


Figura 10 - Prova con valvola di strozzamento – Potenza attiva – Analisi armonica dei primi 80 s

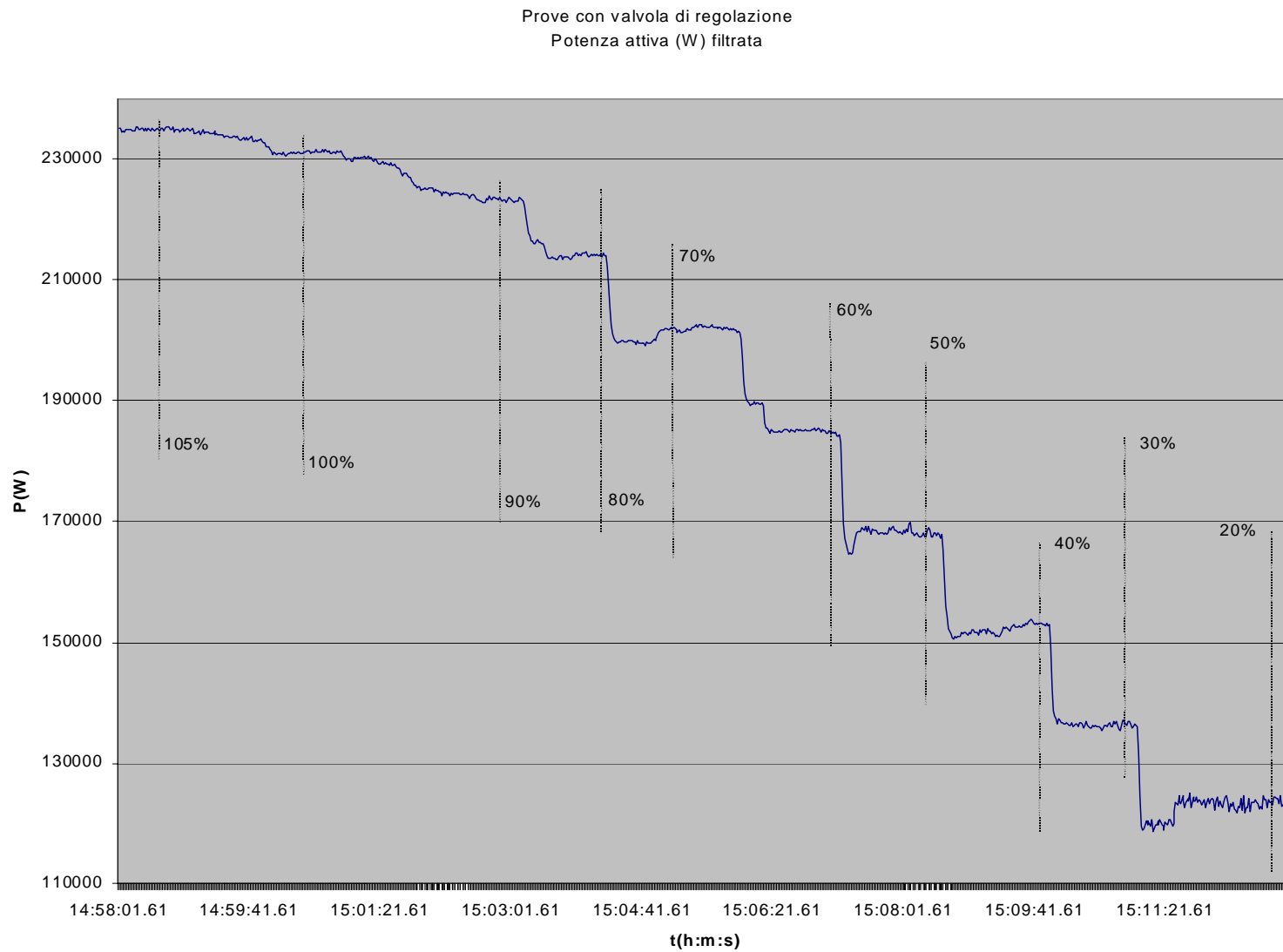


Figura 11 - Prova con valvola di strozzamento – Potenza attiva – Andamento temporale filtrato – Identificazione dei carichi parziali

Curva caratteristica della pompa

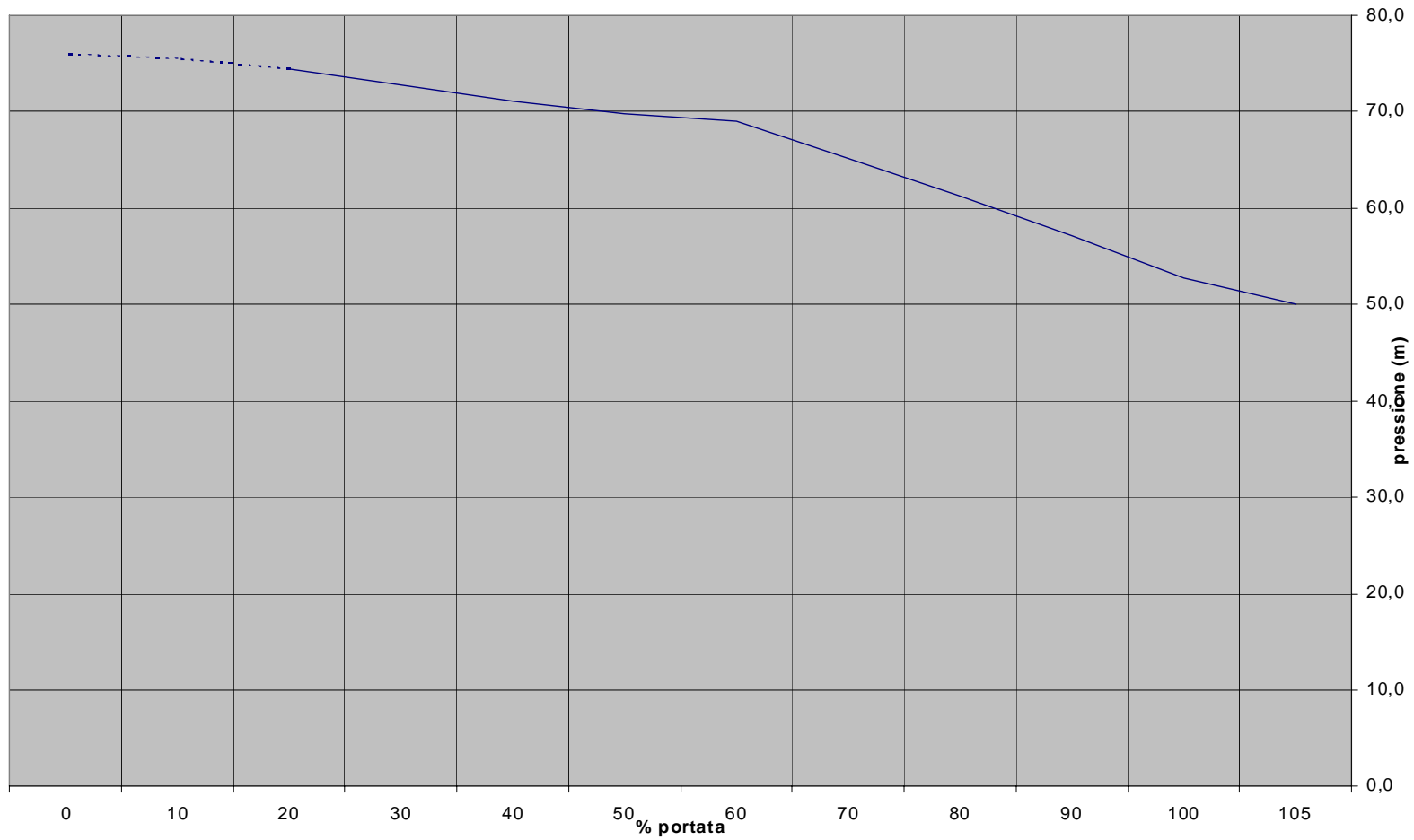


Figura 12 - Curva caratteristica della pompa (dalle prove con valvola di strozzamento) – (----- tratto estrapolato)

Verifica dell'efficacia dell'azionamento variabile
Potenza attiva - Decremento percentuale del consumo

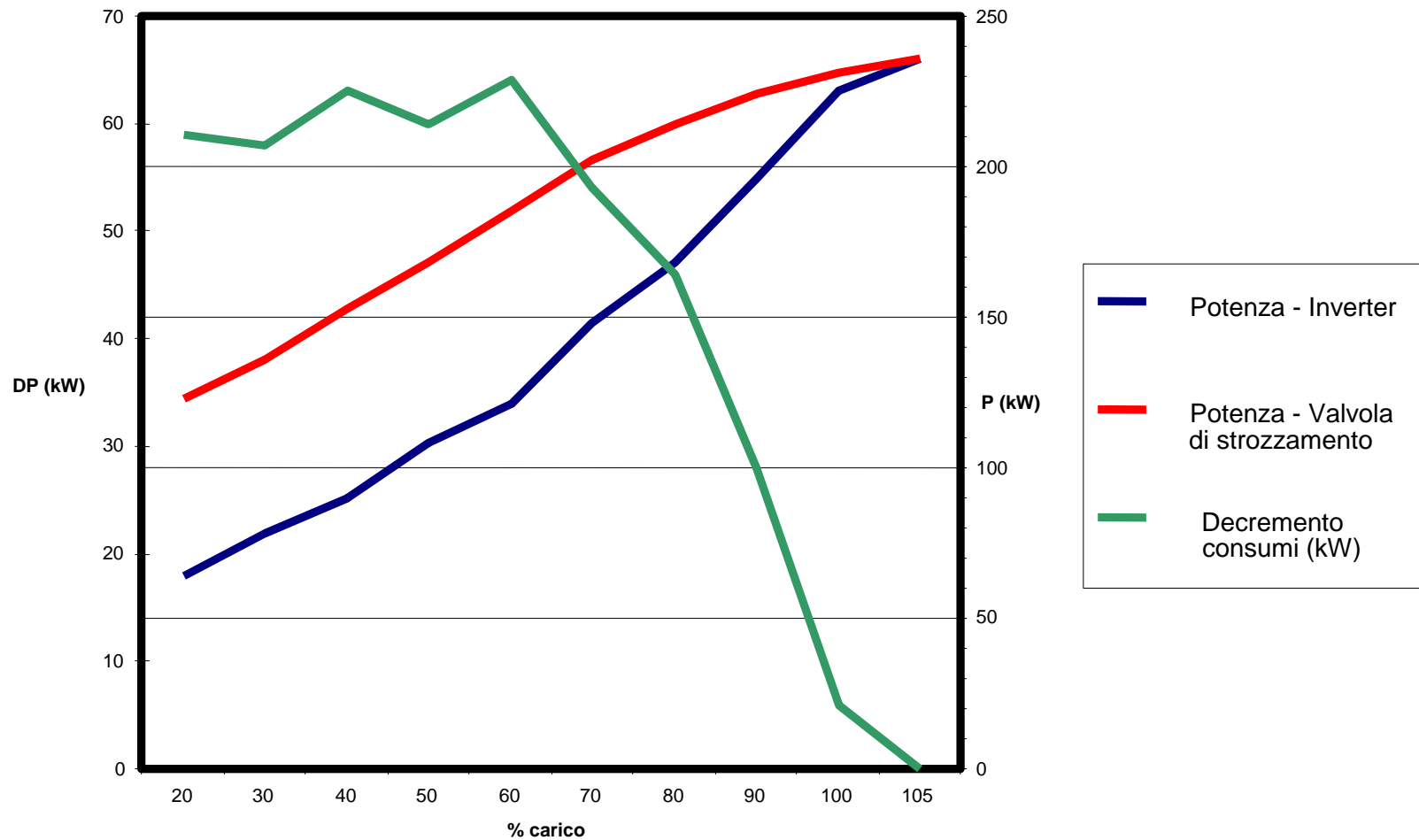


Figura 13 – Assorbimento di potenza elettrica nelle due modalità di regolazione

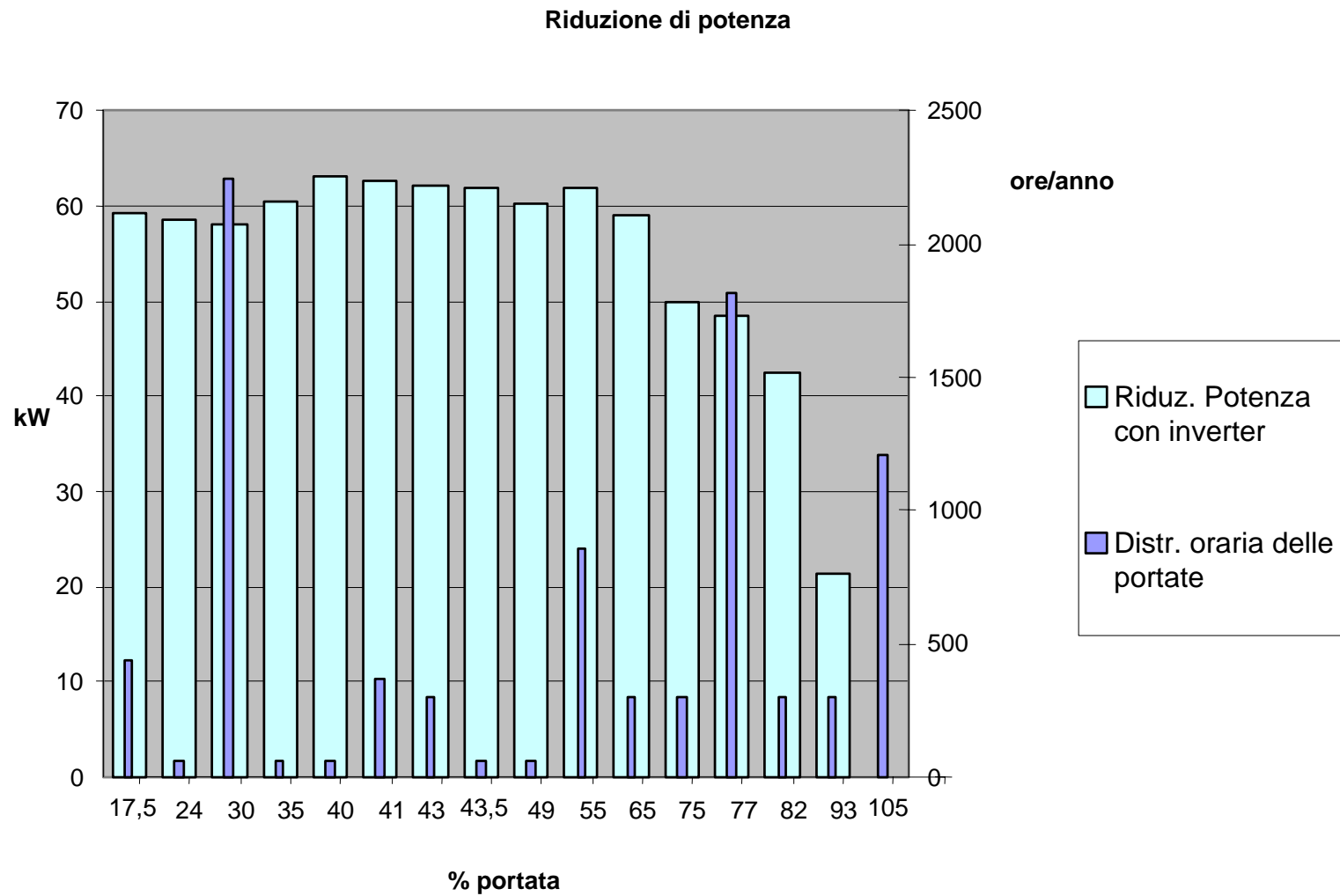


Figura 14 – Distribuzione-tipo oraria della richiesta annua di portata – Riduzione di potenza elettrica assorbita grazie all'inverter

Energia elettrica annua

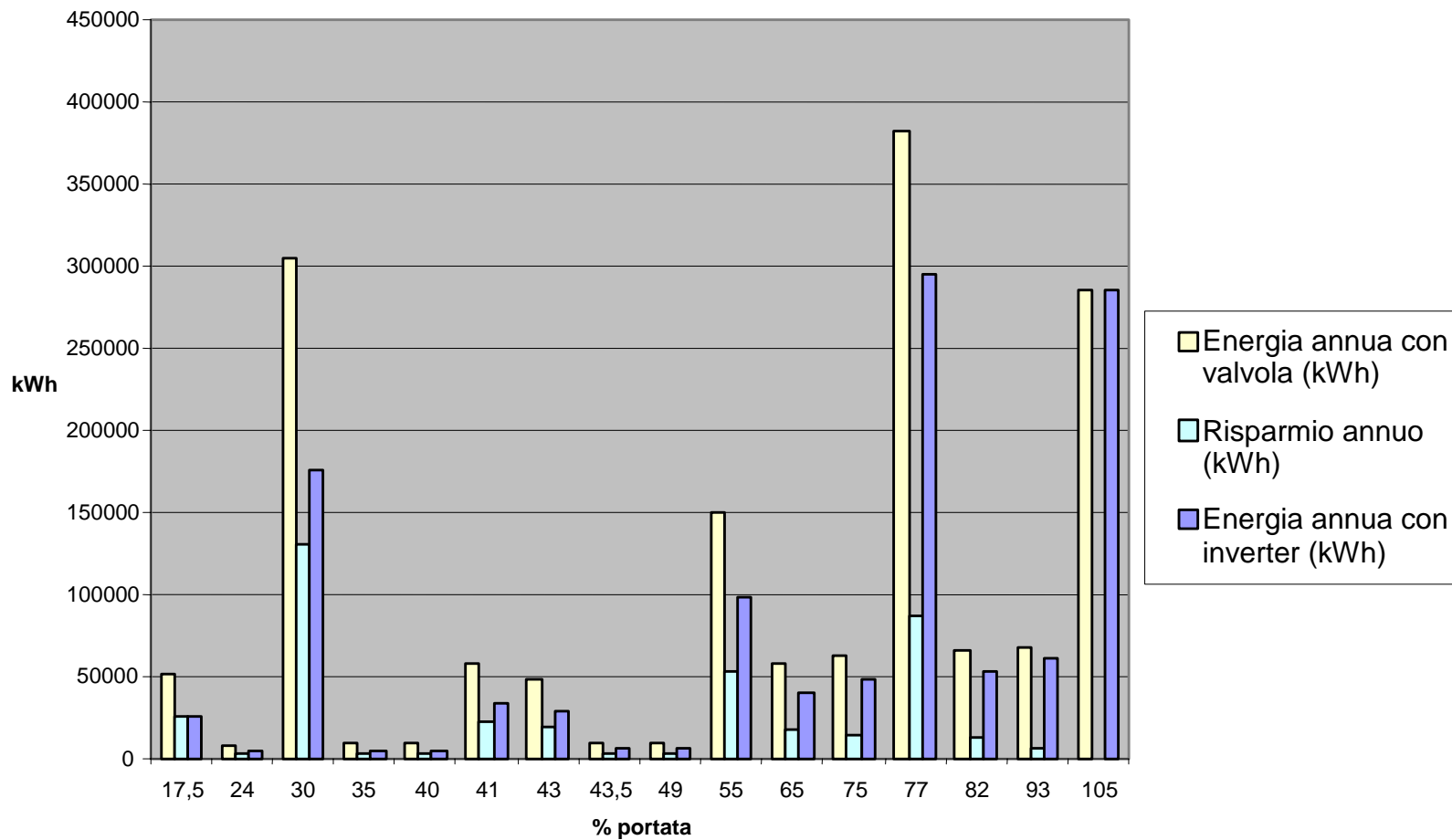


Figura 15 – Distribuzione dell'energia elettrica annua assorbita in funzione del regime parziale nelle due condizioni di funzionamento

Scheda tecnica n. 2 - Installazione di un regolatore di flusso luminoso per gruppi di lampade a vapori di mercurio e lampade a vapori di sodio ad alta pressione negli impianti di Pubblica Illuminazione

1. ELEMENTI PRINCIPALI

1.1 Descrizione dell'intervento

Tipologia di intervento:	Sistemi per illuminazione
Decreto ministeriale elettrico 20 luglio 2004:	Tabella A, tipologia di intervento n. 3
Decreto ministeriale gas 20 luglio 2004:	Tabella B, tipologia di intervento n. 8
Sotto-tipologia di intervento:	Installazione di sistemi automatici di accensione, spegnimento e regolazione dell'intensità
Settore di intervento:	Terziario
Tipo di utilizzo:	Illuminazione Pubblica

1.2 Calcolo del risparmio di energia primaria

Metodo di valutazione ¹	Valutazione standardizzata
Unità fisica di riferimento	1 W di potenza regolata
Risparmio lordo di energia primaria conseguibile per gruppo di lampade regolate:	$RL = RSL * P \quad [\text{tep/anno}]$ <p>dove: - P è la potenza complessiva di tutte le lampade regolate [W] - RSL è il risparmio specifico lordo di energia primaria conseguibile per unità di potenza regolata, pari a:</p> $RSL = 0,145 * 10^{-3} \quad [\text{tep/anno/W}]$
Tipi di Titoli di Efficienza Energetica riconosciuti all'intervento ²	Tipo I

¹ Si veda: articolo 3 dell'Allegato A della delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, 18 settembre 2003, n. 103/2003.

² Si veda: articolo 17 dell'Allegato A della delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, 18 settembre 2003, n. 103/2003.

2. NORME TECNICHE DA RISPETTARE

Vanno rispettate, a cura del progettista e dell'installatore, le norme tecniche e i provvedimenti legislativi applicabili all'intervento con particolare riferimento alle seguenti norme:

- UNI 10439 (seconda edizione, luglio 2001) Illuminotecnica - Requisiti illuminotecnica delle strade con traffico motorizzato;
- UNI 10671 (marzo 1998) Apparecchi di illuminazione – Misurazione dei dati fotometrici e presentazione dei risultati – Criteri generali;
- UNI 10819 (marzo 1999) Luce e illuminazione Impianti di illuminazione esterna Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso;
- Disposto art. 6 decreti ministeriali 20 luglio 2004.

3. DOCUMENTAZIONE SUPPLEMENTARE³ DA CONSERVARE

- Nome, indirizzo e recapito telefonico di ogni cliente partecipante.
- Programma di gestione del regolatore, dal quale risulti un funzionamento a regime attenuato (67% della potenza nominale) per almeno 2000 ore/anno.

³ Rispetto a quanto specificato all'articolo 14 comma 3 dell'Allegato A della delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, 18 settembre 2003, n. 103/2003.

ALLEGATO ALLA SCHEDA TECNICA N. 2: PROCEDURA PER IL CALCOLO DEL RISPARMIO DI ENERGIA PRIMARIA

1. Premessa

Viene di seguito descritta la metodologia di calcolo per la determinazione del risparmio energetico conseguente all'adozione di dispositivi di riduzione del flusso luminoso. Questa soluzione deriva dalla considerazione che l'illuminamento richiesto sulle sedi stradali non è lo stesso nelle ore serali e nelle ore notturne. Mantenere sempre lo stesso livello di illuminamento causa uno spreco energetico non ripagato da vantaggi concreti. I dispositivi di riduzione del flusso luminoso consentono di mantenere accese tutte le lampade riducendone uniformemente il flusso e allungandone la vita. Le variazioni del livello di illuminamento si realizzano variando il valore efficace della tensione erogata in corrispondenza delle ore programmate.

Gli interventi vanno ovviamente fatti rispettando quanto richiesto dalle vigenti normative, in particolare:

- Norma UNI 10439, aggiornamento luglio 2001, che prescrive debbano essere rispettati dei valori minimi di luminanza in funzione delle diverse tipologie di strade, del flusso di traffico in esse presente e della relativa uniformità nonché le limitazioni sull'abbagliamento;
- Norma UNI 10819, marzo 1999, che impone limitazioni riguardo la dispersione del flusso luminoso verso l'alto, con alcune eccezioni, per gli impianti di illuminazione esterna di nuova realizzazione.

La metodologia proposta ha lo scopo di:

1. consentire una valutazione ex-ante di tipo standard
2. minimizzare la quantità di dati e informazioni forniti dal proponente.

Entrambi questi vincoli impongono l'assunzione di ipotesi che se da un lato rispondono all'esigenza di avere una metodologia semplice nelle fasi di elaborazione, verifica e controllo, dall'altro implicano forzatamente una maggiore approssimazione dei valori di energia risparmiata.

Per il caso in esame le assunzioni fatte che presentano criticità riguardano i seguenti parametri: il valore ridotto della tensione regolata e le ore di funzionamento ridotto.

Per il calcolo si adotta un fattore di conversione energia elettrica consumata/energia primaria pari a $0,22 \cdot 10^{-3}$ tep/kWh come previsto dai decreti ministeriali 20 luglio 2004.

2. Procedura di calcolo

Parametri necessari:

- P, P_R Potenza complessiva delle lampade regolate, rispettivamente a funzionamento nominale e a flusso ridotto [W]
- h, h_R Numero di ore annuali totali e a funzionamento ridotto delle lampade

Assunzioni fatte:

- ore totali annuali di funzionamento h delle lampade pari a 4200

- riduzione di tensione da 220 V a 180 V⁴
- ore annuali a funzionamento ridotto h_R pari a 2000

Il risparmio lordo di energia primaria per gruppo di lampade regolato è genericamente dato da

$$RL = (P * h - (P * (h - h_R) + P_R * h_R)) * 0,22 * 10^{-6} \quad [\text{tep/anno}]$$

dall'ipotesi fatta di riduzione della tensione in presenza di regolatore da 220 V a 180 V consegue:

$$P_R = 0,67 P \quad (\text{attenuazione al } 67\%)$$

e sostituendo il numero di ore ipotizzate si ottiene

$$RL = 0,145 * 10^{-3} * P \quad [\text{tep/anno}]$$

A titolo esemplificativo, considerando le tipologie di lampade più comunemente usate in impianti di Illuminazione Pubblica si ricavano i seguenti valori di Risparmio Lordo (RL):

ESEMPIO

Tipo di lampada	P [W]	RL [10⁻³ tep/anno/lampada]
vapori di mercurio	50	7,26
vapori di sodio ad alta pressione	70	10,16
vapori di mercurio	80	11,62
vapori di sodio ad alta pressione	100	14,52
vapori di mercurio	125	18,15
vapori di sodio ad alta pressione	150	21,78
vapori di mercurio / vapori di sodio ad alta pressione	250	36,30
vapori di mercurio / vapori di sodio ad alta pressione	400	58,08
vapori di mercurio	700	101,64
vapori di mercurio	1000	145,20

⁴ A seconda del tipo di lampada regolata, con tale riduzione di tensione si attenua il flusso luminoso ad un valore pari a circa il 50-55% del flusso nominale. Tale valore deve essere compatibile con il dettato della Norma UNI 10439, punto 3.2.

Scheda tecnica n. 3 - Sostituzione di lampade a vapori di mercurio con lampade a vapori di sodio ad alta pressione negli impianti di Pubblica Illuminazione

1. ELEMENTI PRINCIPALI

1.1 Descrizione dell'intervento

Tipologia di intervento:	Sistemi per illuminazione
Decreto ministeriale elettrico 20 luglio 2004:	Tabella A, tipologia di intervento n. 3
Decreto ministeriale gas 20 luglio 2004:	Tabella B, tipologia di intervento n. 8
Sotto-tipologia di intervento:	Installazione di sistemi e componenti più efficienti
Settore di intervento:	Terziario
Tipo di utilizzo:	Illuminazione Pubblica

1.2 Calcolo del risparmio di energia primaria

Metodo di valutazione ¹	Valutazione standardizzata		
Unità fisica di riferimento	Lampada a vapori di Sodio ad Alta Pressione (Na-AP)		
Risparmio specifico lordo di energia primaria conseguibile per lampada vapori di Sodio ad Alta Pressione installata, RSL - Il Caso 1 è riferito a una sostituzione in assenza di regolatore di flusso luminoso - Il Caso 2 è riferito a una sostituzione in presenza di regolatore di flusso luminoso già installato	Potenza della lampada P_s [W]	RSL [10 ⁻³ tep/lampada/anno]	
		<i>Caso 1</i>	<i>Caso 2</i>
	70	44,8	37,7
	100	63,7	53,6
	150	94,7	79,8
	250	155,4	130,9
	400	242,6	204,4
Tipi di Titoli di Efficienza Energetica riconosciuti all'intervento ²	Tipo I		

¹ Si veda: articolo 3 dell'Allegato A della delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, 18 settembre 2003, n. 103/2003.

² Si veda: articolo 17 dell'Allegato A della delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, 18 settembre 2003, n. 103/2003.

2. NORME TECNICHE DA RISPETTARE

Vanno rispettate, a cura del progettista e dell'installatore, le norme tecniche e i provvedimenti legislativi applicabili all'intervento con particolare riferimento alle seguenti norme:

- UNI 10439 (seconda edizione, luglio 2001) Illuminotecnica - Requisiti illuminotecnica delle strade con traffico motorizzato;
- UNI 10671 (marzo 1998) Apparecchi di illuminazione – Misurazione dei dati fotometrici e presentazione dei risultati – Criteri generali;
- UNI 10819 (marzo 1999) Luce e illuminazione Impianti di illuminazione esterna Requisiti per la limitazione della dispersione verso l'alto del flusso luminoso;
- Disposto art. 6 decreti ministeriali 20 luglio 2004.

3. DOCUMENTAZIONE SUPPLEMENTARE³ DA CONSERVARE

- Nome, indirizzo e recapito telefonico di ogni cliente partecipante.
- Fatture di acquisto con specifica dei componenti.

³ Rispetto a quanto specificato all'articolo 14 comma 3 dell'Allegato A della delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, 18 settembre 2003, n. 103/2003.

ALLEGATO ALLA SCHEDA TECNICA N. 3: PROCEDURA PER IL CALCOLO DEL RISPARMIO DI ENERGIA PRIMARIA

1. Premessa

Viene di seguito descritta la metodologia di calcolo per la determinazione del risparmio energetico conseguibile a seguito di interventi di sostituzione di lampade a vapori di mercurio (Hg) con lampade a vapori di sodio ad alta pressione (Na-AP) negli impianti di pubblica illuminazione. Poiché questo intervento implica la sostituzione dell'intero apparecchio di illuminazione, la persistenza dei risparmi è assicurata dalla necessaria sostituzione delle lampade eventualmente bruciate con lampade di analoga categoria.

Gli interventi vanno realizzati rispettando quanto richiesto dalle vigenti normative, in particolare:

- Norma UNI 10439, aggiornamento luglio 2001, che prescrive debbano essere rispettati dei valori minimi di luminanza in funzione delle diverse tipologie di strade, del flusso di traffico in esse presente e della relativa uniformità nonché le limitazioni sull'abbagliamento;
- Norma UNI 10819, marzo 1999, che impone limitazioni riguardo la dispersione del flusso luminoso verso l'alto, con alcune eccezioni, per gli impianti di illuminazione esterna di nuova realizzazione.

La metodologia proposta ha lo scopo di:

1. consentire una valutazione ex-ante di tipo standard;
2. minimizzare la quantità di dati e informazioni forniti dal proponente.

Entrambi questi vincoli impongono l'assunzione di ipotesi che se da un lato rispondono all'esigenza di avere una metodologia semplice nelle fasi di elaborazione, verifica e controllo, dall'altro implicano forzatamente una maggiore approssimazione dei valori di energia risparmiata. Per il caso in esame le assunzioni che presentano criticità riguardano i seguenti parametri: le efficienze luminose, i coefficienti di utilizzazione e i fattori di decadimento delle lampade, sia da sostituire che sostitutive.

Per il calcolo si adotta un fattore di conversione dell'energia elettrica consumata in energia primaria pari a $0,22 \times 10^{-3}$ tep/kWh come stabilito dai decreti ministeriali 20 luglio 2004.

2. Metodologia di calcolo del risparmio energetico

Parametri necessari al calcolo:

P_m e P_s	potenza nominale unitaria delle lampade a vapori di mercurio sostituite e potenza delle nuove lampade a vapori di sodio ad alta pressione [W]
η_m e η_s	efficienze luminose riferite alle potenze nominali delle due tipologie di sorgenti luminose [lm/W]
CU_m e CU_s	coefficienti di utilizzazione ⁴ dei due tipi di sorgenti luminose
d_m e d_s	fattori di decadimento ⁵ medio dei due tipi di sorgenti luminose
P_{Em} e P_{Es}	potenza effettiva unitaria dei due tipi di lampade che tiene conto dei consumi degli accessori [W]
h	numero di ore di funzionamento a illuminamento normale

⁴ Rapporto fra il flusso utile utilizzato e il flusso emesso dalla lampada.

⁵ Rapporto fra il valore medio dei valori degli illuminamenti misurati o calcolati in un ambiente o superficie e il valore dell'illuminamento medio che deve essere sempre garantito.

Φ_m e Φ_s flussi luminosi emessi dai due tipi di lampade [lm]

Sulla base dei dati dichiarati dai costruttori si assume che valgano le seguenti relazioni:

$$\eta_m / \eta_s = 0,51$$

$$CU_s / CU_m = 1,033$$

$$d_s / d_m = 1,125$$

$$P_{Em} = 1,14 P_m - 0,0002 P_m^2$$

$$P_{Es} = 1,223 P_s - 0,00046 P_s^2$$

$$h = 4200$$

Nell'ipotesi di sostituzione a parità di flusso luminoso emesso dai due tipi di lampade, cioè $\Phi_m = \Phi_s$, si ha:

$$P_m * \eta_m / (CU_m * d_m) = P_s * \eta_s / (CU_s * d_s)$$

e pertanto la potenza P_m , espressa in funzione di P_s , può essere calcolata come:

$$P_m = P_s * (\eta_s * CU_m * d_m) / (\eta_m * CU_s * d_s) = 1,687 P_s$$

Il calcolo di RSL può essere sviluppato con riferimento a due diverse situazioni:

Caso 1 - sostituzione in assenza di un regolatore di flusso

Il risparmio specifico lordo di energia primaria è dato da:

$$RSL = (P_{Em} - P_{Es}) * h * 0,22 * 10^{-6} \quad [\text{tep/anno/W}]$$

sostituendo nella formula la potenza effettiva unitaria si ottiene

$$RSL = 0,6466 * 10^{-3} * P_s - 100,591 * 10^{-9} * P_s^2 \quad [\text{tep/anno/W}]$$

Considerando le diverse tipologie di lampade Na-AP disponibili sul mercato si ricava la seguente tabella, che esprime il risparmio annuo di energia per lampada in funzione della potenza nominale della lampada stessa:

Ps [W]	RSL [10 ⁻³ tep/anno/lampada]
70	44,77
100	63,66
150	94,73
250	155,37
400	242,55

E' bene precisare che l'ipotesi di sostituzione a parità di flusso luminoso è semplificativa in quanto i modelli disponibili sul mercato delle lampade interessate hanno valori di potenze e flussi luminosi non del tutto corrispondenti fra loro.

Caso 2 - sostituzione in presenza di un regolatore di flusso

Nel caso in cui la sostituzione avvenga in presenza di un regolatore di flusso che consenta una riduzione di tensione da 220 V a 180 V e ipotizzando un numero di ore a funzionamento ridotto pari a 2000, il risparmio può essere calcolato nel modo seguente:

$$RSL = (P_{Em} - P_{Es}) * (2200 + 0.67 * 2000) * 0,22 * 10^{-6} \quad [\text{tep/anno/W}]$$

Sostituendo nella formula la potenza effettiva unitaria, si ottiene

$$RSL = 0,3832 * 10^{-3} * P_s - 35,335 * 10^{-9} * P_s^2 \quad [\text{tep/anno/W}]$$

da cui si ricava una tabella analoga al caso precedente

Ps [W]	RSL [10 ⁻³ tep/anno/lampada]
70	37,73
100	53,65
150	79,84
250	130,95
400	204,44

Scheda tecnica n. 4 – Riscaldamento ambienti e produzione di acqua calda sanitaria tramite installazione e gestione di impianti di cogenerazione

1. ELEMENTI PRINCIPALI

1.1 Descrizione dell'intervento

Tipologia di intervento:	<ul style="list-style-type: none">• Climatizzazione ambienti e recuperi di calore in edifici climatizzati con l'uso di fonti energetiche non rinnovabili• Installazione di impianti per la valorizzazione delle fonti rinnovabili presso gli utenti finali
Decreto ministeriale elettrico 20 luglio 2004:	Tabella B, tipologia di intervento n. 11 Tabella B, tipologia di intervento n. 12
Decreto ministeriale gas 20 luglio 2004:	Tabella A, tipologia di intervento n. 3 Tabella A, tipologia di intervento n. 4
Sotto-tipologia di intervento:	<ul style="list-style-type: none">• Cogenerazione e sistemi di microgenerazione come definiti dall'Autorità per l'energia elettrica e il gas• Climatizzazione diretta tramite teleriscaldamento da cogenerazione• Uso del calore geotermico a bassa entalpia e del calore da impianti cogenerativi, geotermici o alimentati da prodotti vegetali e rifiuti organici e inorganici, per il riscaldamento di ambienti e per la fornitura di calore in applicazioni civili
Settore di intervento:	Civile (residenziale, commerciale e terziario)
Tipo di utilizzo:	Riscaldamento, produzione di acqua calda sanitaria
Condizioni di applicabilità della procedura:	<ul style="list-style-type: none">• Utilizzo di calore prodotto da sistemi di produzione combinata di energia elettrica e calore che:<ul style="list-style-type: none">a) soddisfino le condizioni della deliberazione n. 42/02 dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas; abbiano ottenuto l'autorizzazione all'esercizio dopo il 1 gennaio 2001.• Nel caso di rifacimenti, con o senza potenziamento, il risparmio energetico determinato con la procedura qui definita, il risparmio energetico netto si calcola come differenza tra il risparmio energetico ottenuto con la procedura sopra descritta, applicata per l'impianto nuovo, e il risparmio energetico ottenuto applicando la procedura citata per l'impianto preesistente. La procedura non si ritiene in ogni caso applicabile nei casi di rifacimenti in cui per l'impianto preesistente non siano disponibili dati sufficienti per il calcolo del parametro IRE relativo al funzionamento nel corso di almeno un anno precedente all'intervento.<ul style="list-style-type: none">▪ Nel caso di applicazioni che prevedano anche il raffrescamento ambienti o l'utilizzo di reti di teleriscaldamento, per il calcolo dei risparmi energetici riconosciuti si richiede l'utilizzo congiunto di questa scheda e della scheda n.5 (in allegato a questo documento).

Calcolo del risparmio di energia primaria

Metodo di valutazione ¹	Valutazione analitica
Risparmio lordo di energia primaria conseguibile (RL):	$RL = 0,1075 * IRE / 100 * EF_{t,civ} \text{ [tep]}$ <p>dove:</p> <p>IRE è l'indice di risparmio energetico (come definito nella Delibera 42/02) [%]</p> <p>EF_{t,civ} è l'energia termica utile per usi civili, come definita nell'art. 1 lettera o) della Delibera 42/02, <u>al netto</u> dell'energia destinata a raffreddamento [MWh_t]</p>
Tipi di Titoli di Efficienza Energetica riconosciuti all'intervento ²	Si vedano Tabelle 7.1 dell'Allegato alla presente scheda

2. NORME TECNICHE DA RISPETTARE

- Articolo 6, decreti ministeriali 20 luglio 2004.
- Per le misure del calore fornito alle utenze: norma UNI EN 1434.
- Deliberazione dell'Autorità 19 marzo 2002, n. 42/02 recante "Condizioni per il riconoscimento della produzione combinata di energia elettrica e calore come cogenerazione ai sensi dell'articolo 2, comma 8 del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79", pubblicata nella Gazzetta Ufficiale, Serie generale, n. 79 del 4 aprile 2002.
- Norma CTI UNI 8887 "Sistemi per processi di cogenerazione – definizioni e classificazione"

3. DOCUMENTAZIONE SUPPLEMENTARE³ DA CONSERVARE

- Nome, indirizzo e recapito telefonico di ogni cliente partecipante.
- Copia della dichiarazione obbligatoriamente inviata al GRTN secondo le modalità indicate dall'art. 4 della Delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas n.42/02; l'invio di questa dichiarazione al GRTN costituisce condizione necessaria per la certificazione dei risparmi energetici ottenuti.
- Contabilità energetica utilizzata per il calcolo dei parametri IRE ed LT ai sensi della Delibera n.42/02.

¹ Si veda: articolo 3, delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, 18 settembre 2003, n. 103/2003.

² Si veda: articolo 17, delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, 18 settembre 2003, n. 103/2003.

³ Rispetto a quanto specificato all'articolo 14, comma 3, delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, 18 settembre 2003, n. 103/2003.

ALLEGATO ALLA SCHEDA TECNICA N. 4: PROCEDURA PER IL CALCOLO DEL RISPARMIO DI ENERGIA PRIMARIA

1. Premessa

Questa procedura si applica per la determinazione del risparmio energetico conseguibile a seguito degli interventi per l'incremento dell'efficienza negli usi finali dell'energia, derivante dall'utilizzo di sistemi di produzione combinata di energia elettrica e calore in sostituzione di sistemi che assorbono energia elettrica dalla rete e utilizzano energia termica prodotta con caldaia tradizionale. Nell'ambito della procedura di calcolo descritta nel seguito, tra gli usi civili dell'energia termica prodotta dal cogeneratore rientra in particolare la climatizzazione, sia invernale che estiva; in ogni caso, come evidenziato dal titolo stesso della scheda, la situazione di riferimento (*baseline*) considerata per il calcolo del risparmio energetico è quella di riscaldamento invernale. Al fine di dare adeguato riconoscimento anche ai risparmi energetici associati ad applicazioni di trigenerazione, è stata predisposta un'ulteriore scheda tecnica (scheda n. 5) da utilizzare congiuntamente alla presente.

La procedura proposta si propone di:

- a) minimizzare la quantità di dati forniti dal proponente;
- b) consentire una valutazione semplificata dell'intervento sia pure prevedendo la misura in campo di alcuni parametri.

Nella metodologia proposta si è voluto limitare al minimo la quantità di misure su impianto e la richiesta di dati, introducendo ove possibile ipotesi semplificative, in particolare per i rendimenti delle varie apparecchiature sostituite (caldaia).

La presente scheda si propone di definire una metodologia di valutazione dei risparmi di energia primaria conseguiti grazie all'utilizzo di impianti di cogenerazione per la climatizzazione invernale di ambienti. Rispetto a quanto previsto nell'ambito di altre normative, la procedura descritta nel seguito tiene conto della necessità di incentivare l'uso efficiente dell'energia negli usi finali coerentemente con quanto dettato dai decreti ministeriali 20 luglio 2004. Ciò implica, tra l'altro, che (coerentemente con l'articolo 5 comma 3 dei decreti ministeriali 20 luglio 2004) non si tenga conto di miglioramenti di efficienza relativi alla generazione dell'energia elettrica.

La presente procedura di calcolo si riferisce in particolare a impianti di cogenerazione "isolati", cioè non inseriti all'interno di sistemi di teleriscaldamento, per i quali è disponibile una scheda tecnica dedicata (Scheda n. 5 allegata a questo documento) da utilizzare congiuntamente alla presente.

Sulla base delle osservazioni ricevute sul documento di consultazione del 16/1/2003 (schede n.12 e 13), si è ritenuto opportuno eliminare da questa nuova scheda i riferimenti relativi alla trigenerazione, cioè all'utilizzo degli impianti di cogenerazione per la climatizzazione estiva. Nella succitata scheda n.12 tale possibilità veniva prevista per mezzo dell'utilizzo di frigoriferi ad assorbimento, installati presso la stessa centrale di cogenerazione, ed alimentati dall'energia termica prodotta.

Le osservazioni pervenute hanno rilevato come i casi di installazione di frigoriferi ad assorbimento presso la centrale stessa siano piuttosto rari se confrontati con il numero di situazioni nelle quali l'installazione avviene presso l'utenza finale che, negli impianti di teleraffrescamento, può trovarsi anche lontano dalla centrale stessa.

Si noti, inoltre, che il calcolo con una medesima metodologia di risparmi energetici associati ad usi finali molto diversificati tra loro comporta, inevitabilmente, difficoltà nell'attribuzione dei risparmi stessi alle diverse tipologie di Titoli di Efficienza Energetica (tipo I per risparmi di energia elettrica, tipo II per risparmi di gas naturale, tipo III per risparmi di altri combustibili).

In considerazione di quanto esposto, si è dunque ritenuto opportuno eliminare da questa nuova scheda il calcolo dei risparmi energetici associati all'utilizzo di macchine frigorifere a ciclo termico e di inserire queste all'interno di un'altra procedura.

Da ultimo si rileva che la revisione della procedura di calcolo dei risparmi riconosciuti (descritta nel successivo paragrafo 5) consente, inoltre, di ottemperare (nel caso di impianti di grandi dimensioni alimentati da fonti rinnovabili) al divieto di cumulo tra certificati verdi e titoli di efficienza energetica previsto dall'articolo 18 del Decreto Legislativo n.387 del 2003.

2. La tecnologia

Ai fini della procedura proposta, l'impianto di produzione è definito all'articolo 1 della delibera 19 marzo 2002, n. 42/02 della Autorità per l'energia elettrica e il gas, pubblicata nella Gazzetta Ufficiale Serie generale, n. 79 del 4 aprile 2002 (di seguito: deliberazione n. 42/02):

"Impianto di produzione combinata di energia elettrica e calore: sistema integrato che converte l'energia primaria di una qualsivoglia fonte di energia nella produzione congiunta di energia elettrica e di energia termica (calore), entrambe considerate effetti utili, conseguendo, in generale, un risparmio di energia primaria ed un beneficio ambientale rispetto alla produzione separata delle stesse quantità di energia elettrica e termica". Il calore generato viene trasferito all'utilizzatore in forme diverse e può essere destinato ad usi civili di riscaldamento, raffrescamento o produzione di acqua calda sanitaria.

3. Requisiti

Hanno diritto ai titoli di efficienza energetica i risparmi sugli usi finali dell'energia che derivano dall'utilizzo di calore prodotto da sistemi di produzione combinata di energia elettrica e calore che:

- a) soddisfino alle condizioni della deliberazione n. 42/02 dell'Autorità ($IRE > IRE_{min}$, $LT > LT_{min}$);
- b) abbiano ottenuto l'autorizzazione all'esercizio dopo il 1 gennaio 2001.

Sulla base delle osservazioni ricevute sul documento di consultazione del 16/1/2003 si è ritenuto opportuno eliminare il requisito relativo al valore minimo del rapporto tra energia termica utile ed energia elettrica. Si è in questo modo voluta evitare una discriminazione degli impianti basata sul rapporto tra i rendimenti termici ed elettrici. Per garantire, in ogni caso, l'aderenza al dettato dei decreti ministeriali 20 luglio 2004 si è al contempo proceduto a modificare opportunamente la procedura di calcolo dei risparmi, come descritto al successivo paragrafo 5.

Nell'ambito del meccanismo di promozione del risparmio energetico introdotto dai decreti ministeriali 20 luglio 2004 si ritiene opportuno estendere il riconoscimento dei titoli di efficienza energetica anche agli impianti che hanno un valore di IRE positivo ma inferiore al valore di IRE_{min} definito dalla deliberazione n. 42/02?
--

In considerazione di quanto previsto dalla Direttiva 2004/8/CE dell'11 febbraio 2004 sulla promozione della cogenerazione (il cui recepimento da parte di ogni stato membro dovrà avvenire entro il 21 febbraio 2006), si sollecitano osservazioni e commenti sull'opportunità di vincolare il rilascio dei titoli di efficienza energetica al rispetto del limite del 70% per il rendimento complessivo dell'impianto, nel caso di impianti con una capacità elettrica superiore ai 25 MW. Per rendimento complessivo si intende, la somma annua della produzione di elettricità e di energia meccanica e della produzione termica utile, divisa per il combustibile di alimentazione usato per il calore prodotto in un processo di cogenerazione e per la produzione lorda di elettricità e di energia

4. Definizioni

EF_e	energia elettrica prodotta dall'impianto di cogenerazione [MWh _e]
EF_t	energia termica utile (come definita nell'art. 1 lettera o) della Delibera 42/02) complessivamente prodotta dall'impianto di cogenerazione. [MWh _t]
$EF_{t,civ}$	quota di EF_t destinata ai soli usi civili: corrisponde all'energia termica utile per usi civili, come definita nell'art. 1 lettera o) della Delibera n.42/02, <u>al netto</u> dell'energia destinata a raffreddamento [MWh _t]
$EP_{C_{comb}}$	energia primaria dei combustibili consumati dall'impianto di cogenerazione [tep]
EP_s	energia primaria complessiva per la produzione convenzionale (separata) di elettricità e calore [tep]
EP_{s_e}	energia primaria equivalente all'energia elettrica cogenerata [tep]
EP_{s_t}	energia primaria equivalente all'energia termica prodotta [tep]
$EP_{s_{t,civ}}$	energia primaria equivalente all'energia termica $EF_{t,civ}$ [tep]
f_T	è il fattore di conversione dell'energia termica da MWh a tep, pari a 0,086 tep/MWh _t
IRE	Indice di Risparmio Energetico per gli impianti di cogenerazione, calcolato sulla base delle procedure descritte dalla Delibera n.42/02 e comunicato annualmente al Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale (ai sensi dell'art.4 della Delibera n.42/02) [%]
LT	Limite Termico (così come definito dalla Delibera 42/02) [%]
M_{comb}	consumo annuo del generico tipo di combustibile dell'impianto di cogenerazione [kg o Sm ³]
N_{comb}	numero di tipi di combustibili utilizzati nell'impianto di cogenerazione [-]
η_{ts}	valore del rendimento termico della caldaia di riferimento per la produzione separata di energia termica ad usi civili (assunto pari a 0,8) [-]
PCI (i)	potere calorifico inferiore dell'i-esimo tipo di combustibile [kcal/kg o kcal/Sm ³]

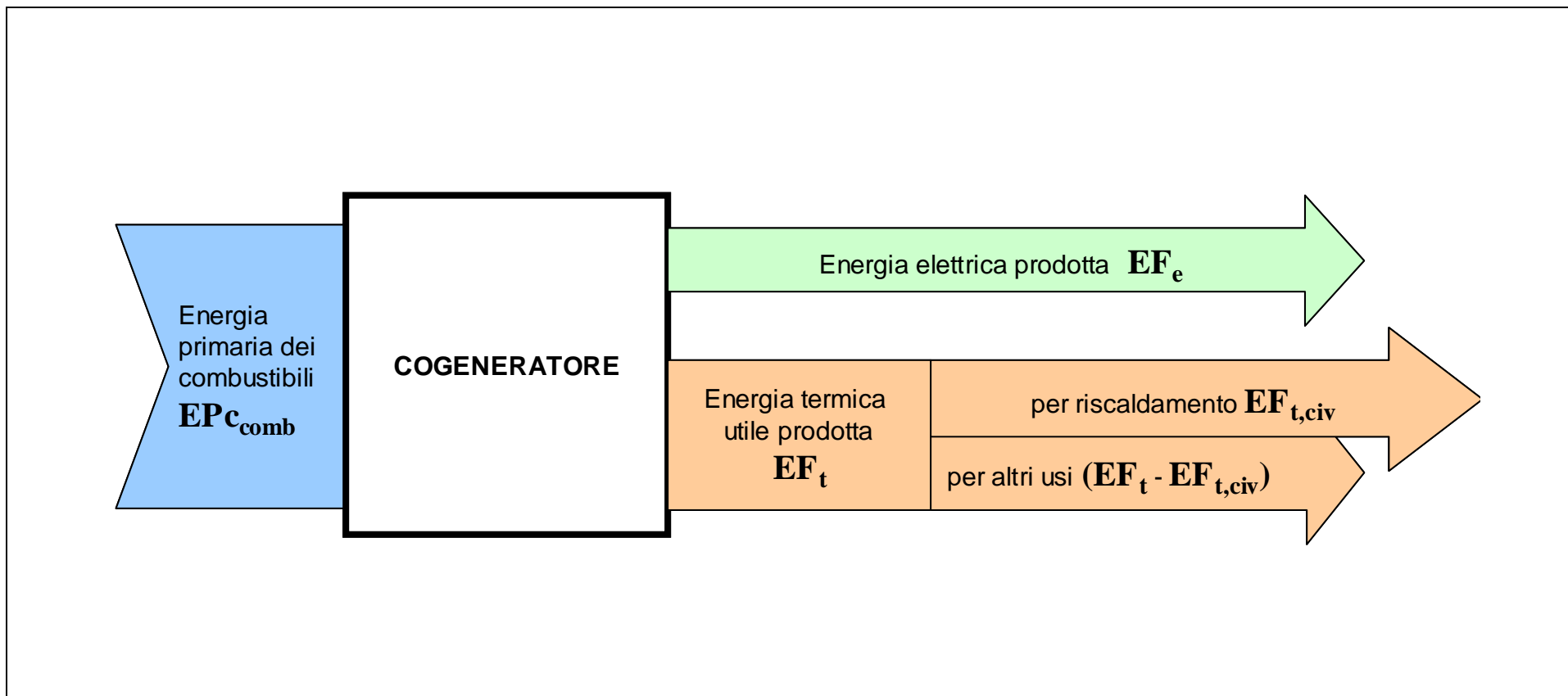


Figura 1. Schema del processo di cogenerazione per la produzione combinata di elettricità e calore

5. Procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria

5.1 Generalità

La Delibera n.42/02 prevede che un impianto di produzione possa essere definito cogenerativo solo se rispetta due condizioni, espresse in termini di due specifici parametri di prestazione (IRE e LT), che devono presentare valori superiori ai minimi definiti dalla Delibera.

La scheda tecnica n.12 presentata nel documento di consultazione del 16/1/2003 imponeva il rispetto di un ulteriore requisito: un rapporto tra energia termica utile ed energia elettrica generata maggiore di 1. La finalità di questo requisito era di concentrare le incentivazioni previste dai decreti 24 aprile 2001 (poi sostituiti dai decreti 20 luglio 2004) sulle applicazioni legate agli usi finali dell'energia termica cogenerata, evitando al contempo di riconoscere risparmi ottenuti con il miglioramento dell'efficienza di generazione dell'energia elettrica (come imposto dall'art.5 comma 3 dei decreti ministeriali 20 luglio 2004).

Le osservazioni pervenute nel corso della consultazione sul documento del 16/1/03 hanno insistito sulla necessità di mantenere valida la definizione utilizzata nella Delibera 42/02, senza introdurre ulteriori requisiti che rischierebbero di penalizzare alcune tipologie di impianti in ogni caso meritevoli.

La recente Direttiva 2004/8/CE dell'11 febbraio 2004 definisce (nell'Allegato III) una procedura per quantificare il risparmio di energia primaria e per qualificare un impianto come di "cogenerazione ad alto rendimento" perfettamente coerente con l'approccio basato sull'indice di risparmio energetico (IRE). La Direttiva ribadisce inoltre l'importanza, come peraltro già previsto dalla Delibera n.42/02, di promuovere il ricorso alla generazione distribuita di energia elettrica e l'utilizzo di un caso di riferimento per il calcolo dei risparmi (*baseline*) basato sulle *Best Available Technologies*.

Sulla base di quanto sopra evidenziato si è deciso di modificare, rispetto a quanto presentato nel documento del 16/1/03, la procedura di calcolo dei risparmi energetici riconosciuti ai fini di quanto prescritto dai decreti ministeriali 20 luglio 2004.

5.2 La Delibera n.42/02 dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas

Secondo la Delibera n.42/02 il risparmio di energia primaria (ΔEP) è calcolato come differenza tra l'energia primaria necessaria per la produzione separata di energia elettrica e calore e quella necessaria per la produzione combinata delle stesse quantità:

$$\Delta EP = EP_{S_e} + EP_{S_t} - EP_{C_{comb}} \quad (1)$$

e l'indice di risparmio energetico IRE è calcolato come rapporto percentuale tra tale risparmio e l'energia primaria consumata con i metodi convenzionali di produzione, cioè:

$$IRE = 100 \cdot \frac{\Delta EP}{EP_{S_e} + EP_{S_t}} = 100 \cdot \left(1 - \frac{EP_{C_{comb}}}{EP_{S_e} + EP_{S_t}} \right) \quad (2)$$

dove $EP_{C_{comb}}$ è l'energia primaria dei combustibili consumati (sia fossili sia rinnovabili), pari a:

$$\sum M_{\text{comb}}(i) * \text{PCI}(i) \quad \text{per } i = 1, N_{\text{comb}}$$

L'IRE si configura, dunque, come un parametro importante per l'impianto, di cui quantifica il miglioramento di prestazioni rispetto agli impianti convenzionali separati e che contribuisce all'ottenimento della qualifica di "cogenerativo", se superiore al valore limite IRE_{min} definito all'art.2 comma 2 e all'art. 3 della Delibera n.42/02.

Ulteriore requisito per l'ottenimento della suddetta qualifica è il rispetto del vincolo sul parametro LT (limite termico) definito all'art. 1 comma 1 lettera u) e richiesto superiore al valore LT_{min} di cui all'art.2 comma 3 e all'art. 3 della Delibera n.42/02.

La procedura di calcolo dell'IRE, definita dalla Delibera n.42/02 consente di tenere in opportuna considerazione i diversi elementi che contribuiscono nel loro complesso al risparmio energetico:

- il rendimento elettrico netto medio annuo di un impianto destinato alla sola produzione di energia elettrica (definito all'articolo 1 comma 1 lettera p) della suddetta Delibera e valutato, in funzione dei combustibili e della taglia di riferimento, in base all'articolo 2 comma 2 lettera a));
- il rendimento termico netto medio annuo di un impianto destinato alla sola produzione di energia termica per usi sia civili sia industriali (definito all'articolo 1 comma 1 lettera q) e valutato in base all'articolo 2 comma 2 lettera b) della suddetta Delibera);
- le minori perdite di trasporto (secondo un coefficiente definito all'articolo 1 comma 1 lettera t)).

5.3 *Procedura di calcolo dei risparmi riconosciuti*

Con riferimento alla Figura 1, il risparmio energetico riconosciuto ai fini di quanto indicato dai decreti ministeriali 20 luglio 2004 viene calcolato utilizzando la procedura di seguito descritta.

Coerentemente con quanto descritto nei paragrafi precedenti, il risparmio di energia primaria associato al processo di cogenerazione e riconosciuto ai sensi dei decreti ministeriali 20 luglio 2004 è legato alla sola produzione di energia termica (per usi civili) e calcolato come:

$$\text{RL} = \Delta \text{EP}_{\text{t,civ}} \quad (3)$$

dove con $\Delta \text{EP}_{\text{t,civ}}$ si intende la quota di risparmio energetico idealmente associata alla sola produzione di calore per usi civili.

Pur non intendendo incentivare i miglioramenti dell'efficienza nella fase di generazione dell'energia elettrica, al fine di non trascurare i risparmi energetici comunque ottenuti grazie alle peculiarità della cogenerazione, il calcolo di tale quota può avvenire in funzione dell'energia termica erogata, dell'IRE e del rendimento tipico delle produzioni convenzionali di calore, secondo la formula:

$$\text{RL} = \text{IRE}/100 * \text{EP}_{\text{S,t,civ}} = \text{IRE}/100 * (\text{EF}_{\text{t,civ}} / \eta_{\text{ts}}) * f_{\text{T}} \quad (4)$$

Operando le opportune sostituzioni, l'equazione (4) assume la forma:

$$\text{RL} = 0,1075 * \text{IRE}/100 * \text{EF}_{\text{t,civ}} \quad (5)$$

dove i parametri in neretto devono essere misurati a consuntivo alla fine di un anno di funzionamento.

Si ritiene condivisibile la dipendenza lineare dei risparmi energetici riconosciuti dal parametro IRE?
Si ritiene che la previsione di una relazione più che proporzionale tra risparmi energetici riconosciuti e valore dell'indice IRE consentirebbe una promozione più efficace?

5.4 Grandezze da fornire

Le grandezze da fornire sono dipendenti dal tipo di impianto.

In tutti i casi:

- l'IRE deve venire calcolato sulla base delle procedure indicate nella Delibera 42/02 e dichiarato al Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale per il riconoscimento dell'impianto come cogenerativo;
- per quantificare $EF_{t,civ}$ vale l'autocertificazione del gestore dell'impianto redatta sulla base della lettura del contatore di calore installato sull'uscita del recuperatore o comunque dalla lettura, ove praticabile, degli strumenti installati ai fini del calcolo dell'energia termica recuperata.

Per impianti di micro-cogenerazione (con potenza elettrica inferiore a 1 MWe), l'installazione di una strumentazione di misura atta alla quantificazione di $EF_{t,civ}$ può comportare costi rilevanti in rapporto al valore complessivo dell'intervento.

In considerazione di ciò, nei casi in cui la produzione termica sia completamente asservita ad utenze civili, si prevede la possibilità di adottare una metodologia semplificata basata su parametri di funzionamento tipici di questi impianti. Sia nel caso di motori alternativi che in quello di microturbine, il valore del rapporto tra le potenze termica ed elettrica (e tra le corrispondenti energie) può essere ragionevolmente assunto pari a 1,50; ne consegue che l'energia termica prodotta possa essere calcolata come $EF_{t,civ} = 1,50 * EF_e$.

6 Applicabilità

Il risparmio energetico determinato con la procedura qui definita, si applica:

- a) per intero, agli impianti di nuova costruzione;
- b) nel caso di rifacimenti, con o senza potenziamento, il risparmio energetico netto si calcola come differenza tra il risparmio energetico ottenuto con la procedura sopra descritta, applicata per l'impianto nuovo, e il risparmio energetico ottenuto applicando la procedura citata per l'impianto preesistente.

Tale procedura non si ritiene dunque applicabile nei casi di rifacimenti in cui per l'impianto preesistente non siano disponibili dati sufficienti per il calcolo dell'IRE relativo al funzionamento nel corso di almeno un anno precedente all'intervento.

7 Titoli di efficienza energetica (TEE) riconosciuti

La scelta dei tipi di titoli da riconoscere dipende da due fattori:

1. il tipo di combustibili che vengono normalmente utilizzati in Italia per le funzioni di riscaldamento e di produzione di acqua calda sanitaria (situazione di baseline);
2. il tipo di combustibile utilizzato per alimentare il cogeneratore.

Per quanto riguarda il primo punto, è possibile fare riferimento alle statistiche nazionali pubblicate annualmente dall'ENEA. Nel 2001, secondo il "Rapporto Energia e Ambiente 2003", l'energia finale utilizzata per riscaldamento ambienti e produzione di acqua calda sanitaria derivava da:

- gas naturale per il 65%;
- gasolio, GPL, legna, carbone, olio combustibile per il 30%;
- energia elettrica per il 5%.

Un cogeneratore può, in generale, venire alimentato con gas naturale o con combustibili solidi e liquidi di vario genere.

Rispetto alla situazione di riferimento, l'utilizzo di un cogeneratore per la produzione di calore comporta, quindi, un sicuro risparmio di energia elettrica (titoli di Tipo I) ed una riduzione dei consumi di gas naturale (titoli di Tipo II) e/o di altri combustibili (titoli di Tipo III) che dipende dal tipo di alimentazione scelta e dall'entità dei risparmi ottenuti.

Un esempio numerico può aiutare a capire la problematica. Si consideri la situazione, molto comune, in cui il cogeneratore venga alimentato esclusivamente con gas naturale; si possono allora presentare due casi:

Caso 1. A parità di servizio energetico reso alle utenze, il cogeneratore consuma (con riferimento all'IRE) il 40% di energia primaria in meno, come mostrato nella Tabella seguente.

fonte energetica	alimentazione convenzionale	alimentazione per cogenerazione	risparmio riconosciuto	Ripartizione TEE	
	tep	tep	tep	%	
en.elettrica	5		5	Tipo I	12,5%
gas naturale	65	60	5	Tipo II	12,5%
altri combustibili	30		30	Tipo III	75,0%
TOTALE	100	60	40		100%

Il risparmio energetico ottenuto è in questo caso composto per il 12,5% da riduzione dei consumi di energia elettrica, per altrettanto da riduzioni di gas naturale e per il 75% da riduzioni di altri combustibili.

Caso 2. A parità di servizio energetico reso alle utenze, il cogeneratore consuma (con riferimento all'IRE) solo il 10% di energia primaria in meno, come mostrato nella Tabella seguente.

fonte energetica	alimentazione convenzionale	alimentazione per cogenerazione	risparmio riconosciuto	Ripartizione TEE	
	tep	tep	tep	%	
en.elettrica	5		5	Tipo I	14%
gas naturale	65	90	-25	Tipo II	0%
altri combustibili	30		30	Tipo III	86%
TOTALE	100	90	10		100%

In questo caso ad un risparmio energetico complessivo corrisponde un incremento dei consumi di gas naturale e, conseguentemente, la ripartizione dei tipi di TEE non può avvenire in modo elementare. La soluzione più semplice consiste allora nel ripartire il risparmio tra i soli titoli di tipo I e III: 5 TEE di tipo I e 30 di tipo III ogni 35 emessi, corrispondenti rispettivamente a 14% e 86%.

In generale è possibile dimostrare che la ripartizione dei TEE ottenuti grazie alla produzione di calore per usi civili tramite cogenerazione, date le statistiche sulle fonti energetiche convenzionalmente utilizzate per questi scopi, può variare sulla base dei valori dell'indice di

risparmio energetico IRE e della percentuale di gas naturale (calcolata in energia) sul totale dei combustibili utilizzati per l'alimentazione dell'impianto.

Nel caso in cui il gas naturale costituisca l'unico combustibile, la ripartizione dei titoli è la seguente:

- se $IRE \leq 35\%$: 14% TEE di tipo I e 86% di tipo III;
- se $IRE > 35\%$: $5\%/IRE$ TEE di tipo I, $30\%/IRE$ di tipo III, $(IRE - 35\%)/IRE$ TEE di tipo II;

Per valori di IRE inferiori al 35%, queste stesse ripartizioni sono valide anche se il gas naturale non è l'unico combustibile, ma la sua percentuale (in energia) sul totale dei combustibili è comunque superiore al valore $100 \cdot (65\% / (100\% - IRE))$.

Al contrario, **nel caso in cui il gas naturale non venga utilizzato** per l'alimentazione dell'impianto di cogenerazione, la ripartizione dei titoli è la seguente: 7% TEE di tipo I e 93% di tipo II.

Queste stesse ripartizioni sono valide anche se il gas naturale viene utilizzato in minima parte, ma la sua percentuale (in energia) sul totale dei combustibili è comunque inferiore al valore $100 \cdot ((70\% - IRE) / (100\% - IRE))$.

Per sviluppare queste valutazioni si è ritenuto del tutto irrealistico che i valori di IRE possano superare il 70%.

Negli altri casi, nei quali l'energia primaria fornita al cogeneratore da gas naturale costituisca una percentuale intermedia tra i due limiti sopra identificati, la ripartizione dei tipi di TEE dovrà venire valutata caso per caso.

Le tabelle seguenti riassumono i diversi casi di ripartizione dei TEE che si possono presentare; con il simbolo asterisco (*) si indicano le situazioni nelle quali è richiesto un calcolo ad hoc.

Tabella 7.1a

IRE	$5\% < IRE \leq 35\%$		
Percentuale di gas naturale p_{gas}	$\leq \frac{70\% - IRE}{100\% - IRE} \cdot 100$	intermedi	$\geq \frac{65\%}{100\% - IRE} \cdot 100$
TEE di Tipo I	7%	(*)	14%
TEE di Tipo II	93%	(*)	0%
TEE di Tipo III	0%	(*)	86%

Tabella 7.1b

IRE	$35\% < IRE \leq 70\%$		
Percentuale di gas naturale p_{gas}	$\leq \frac{70\% - IRE}{100\% - IRE} \cdot 100$	intermedi	100%
TEE di Tipo I	7%	(*)	$\frac{5\%}{IRE} \cdot 100$
TEE di Tipo II	93%	(*)	$\frac{IRE - 35\%}{IRE} \cdot 100$
TEE di Tipo III	0%	(*)	$\frac{30\%}{IRE} \cdot 100$

Scheda tecnica n. 5 – Climatizzazione ambienti e produzione di acqua calda sanitaria tramite installazione e gestione di sistemi di teleriscaldamento

1. ELEMENTI PRINCIPALI

1.1 Descrizione dell'intervento

Tipologia di intervento:	<ul style="list-style-type: none"> • Climatizzazione ambienti e recuperi di calore in edifici climatizzati con l'uso di fonti energetiche non rinnovabili • Installazione di impianti per la valorizzazione delle fonti rinnovabili presso gli utenti finali
Decreto ministeriale elettrico 20 luglio 2004:	<p>Tabella A, tipologia di intervento n. 5</p> <p>Tabella B, tipologia di intervento n. 11</p> <p>Tabella B, tipologia di intervento n. 12</p>
Decreto ministeriale gas 20 luglio 2004:	<p>Tabella A, tipologia di intervento n. 3</p> <p>Tabella A, tipologia di intervento n. 4</p>
Sotto-tipologia di intervento:	<ul style="list-style-type: none"> • Interventi per la sostituzione di scaldacqua elettrici (per acqua calda sanitaria o per lavastoviglie, lavatrici, ecc.) con dispositivi alimentati con altre fonti energetiche o a più alta efficienza, o mediante teleriscaldamento • Climatizzazione diretta tramite teleriscaldamento da cogenerazione • Uso del calore geotermico a bassa entalpia e del calore da impianti cogenerativi, geotermici o alimentati da prodotti vegetali e rifiuti organici e inorganici, per il riscaldamento di ambienti e per la fornitura di calore in applicazioni civili
Settore di intervento:	Civile (residenziale, commerciale e terziario)
Tipo di utilizzo:	Riscaldamento, raffrescamento, produzione di acqua calda sanitaria
Condizioni di applicabilità della procedura	<ul style="list-style-type: none"> • Il risparmio energetico determinato con la procedura qui definita, si applica: <ol style="list-style-type: none"> 1) ad impianti (centrale+rete) di nuova costruzione; 2) a estensioni della rete allacciata ad una centrale preesistente. • Nel caso di applicazioni che prevedano l'utilizzo di calore proveniente da impianti di cogenerazione, per il calcolo dei risparmi energetici riconosciuti si richiede l'utilizzo congiunto di questa scheda e della scheda n. 4 (allegata al presente documento).

1.2 Calcolo del risparmio di energia primaria

Metodo di valutazione ¹	Valutazione analitica
Risparmio lordo di energia primaria conseguibile (RL):	RL [tep] valutato sulla base dello schema di calcolo di cui all'Allegato 1
Tipi di Titoli di Efficienza Energetica riconosciuti all'intervento ²	Valutazione caso per caso. Il soggetto titolare del progetto dovrà effettuare una proposta di ripartizione dei TEE basata sulla contabilità energetica del sistema e sulle statistiche di riferimento per il caso di baseline.

2. NORME TECNICHE DA RISPETTARE

- Articolo 6, decreti ministeriali 20 luglio 2004.
- Per le misure di energia elettrica assorbita dalla rete: 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 del calore fornito alle utenze: norma UNI EN 1434.
- Nel caso di presenza di impianti di cogenerazione, vale quanto riportato alla sezione 2 della Scheda n. 4 (allegata al presente documento).

3. DOCUMENTAZIONE SUPPLEMENTARE³ DA CONSERVARE

- Nome, indirizzo e recapito telefonico di ogni cliente partecipante.
- Schema di insieme dell'impianto, con evidenza dei punti di immissione e prelievo di energia elettrica, termica e frigorifera
- In caso di presenza di impianti di cogenerazione, vale quanto riportato alla sezione 3 della Scheda n. 4 (allegata al presente documento).
- Contabilità energetica

¹ Si veda: articolo 3, delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, 18 settembre 2003, n. 103/2003.

² Si veda: articolo 17, delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, 18 settembre 2003, n. 103/2003.

³ Rispetto a quanto specificato all'articolo 14, comma 3, delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, 18 settembre 2003, n. 103/2003.

ALLEGATO 1 ALLA SCHEDA 5
Prospetto di calcolo dei risparmi energetici associati a
Climatizzazione e produzione di acqua calda sanitaria tramite teleriscaldamento

Energia termica/frigorifera erogata			
Energia termica erogata dalla rete di teleriscaldamento a tutte le utenze finali, per usi di riscaldamento e acqua calda sanitaria			
a	$E_{Ft_{OUT}}$ [MWh _t]	<input style="width: 95%;" type="text"/>	
Energia termica erogata dalla rete di teleriscaldamento alle utenze civili per usi di riscaldamento e acqua calda sanitaria			
b	$E_{Ft_{CIV}}$ [MWh _t]	<input style="width: 95%;" type="text"/>	
Energia frigorifera erogata dalla rete di teleriscaldamento a tutte le utenze finali per raffrescamento			
c	$E_{Ff_{OUT}}$ [MWh _f]	<input style="width: 95%;" type="text"/>	
Energia frigorifera erogata dalla rete di teleriscaldamento alle utenze civili per raffrescamento			
d	$E_{Ff_{CIV}}$ [MWh _f]	<input style="width: 95%;" type="text"/>	
Energia primaria complessivamente consumata dal sistema di produzione convenzionale sostituito			
e	EP_{conv} [tep]	<input style="width: 95%; background-color: yellow;" type="text"/>	= b*0,1075 + d*0,0629
Quota di energia primaria effettivamente utilizzata per usi civili			
f	ϕ_{CIV} [-]	<input style="width: 95%; background-color: yellow;" type="text"/>	= e / (a*0,1075 + c*0,0629)
Combustibili utilizzati in caldaie e/o assorbitori d'integrazione			
	tipo	quantità consumate Mcomb [kg] o [Sm ³]	Poteri calorifici inferiori PCI [kcal/kg] o [kcal/Sm ³] fonte D = da delibera 103/03 M = misurato
			D - M
			D - M
			D - M
			D - M
			D - M
			D - M
			D - M
Energia primaria non gratuita			
g	$E_{Pt_{cps}}$ [tep]	<input style="width: 95%; background-color: yellow;" type="text"/>	= $\sum (M_{comb(i)} * PCI(i)) * 10^{-7}$
Impianti di cogenerazione			
Energia termica utile prodotta da impianti di cogenerazione			
h	$E_{Ft_{cog}}$ [MWh _t]	<input style="width: 95%;" type="text"/>	
Energia primaria attribuita al calore cogenerato			
m	$E_{Pt_{cog}}$ [tep]	<input style="width: 95%; background-color: yellow;" type="text"/>	= 0,1075 * h

ALLEGATO 1 ALLA SCHEDA 5
Prospetto di calcolo dei risparmi energetici associati a
Climatizzazione e produzione di acqua calda sanitaria tramite teleriscaldamento

Consumi di energia elettrica			
Energia elettrica consumata per il funzionamento della rete di teleriscaldamento			
n	EFe_{tele} [MWh _e]	<input style="width: 90%;" type="text"/>	
Energia primaria corrispondente			
p	EPE_{tele} [tep]	<input style="width: 90%; background-color: yellow;" type="text"/>	= n * 0,22
Energia elettrica consumata dagli assorbitori, comprensiva dei consumi delle torri di raffreddamento e di eventuali condizionatori elettrici integrativi			
q	EFe_{Ass} [MWh _e]	<input style="width: 90%;" type="text"/>	
Energia primaria corrispondente			
r	EPE_{Ass} [tep]	<input style="width: 90%; background-color: yellow;" type="text"/>	= q * 0,22

RISPARMIO LORDO DI ENERGIA PRIMARIA			
Risparmio lordo di energia primaria			
s	RL [tep]	<input style="width: 90%; background-color: yellow;" type="text"/>	= e - f * (g + m + p) - r * d / c
t	ΔRL [tep]	<input style="width: 90%; background-color: yellow;" type="text"/>	= 0,15 * e - f * g
Risparmio lordo eventualmente depurato			
	RL [tep]	<input style="width: 90%; background-color: yellow;" type="text"/>	= s se t < 0 = s - t se t > 0

Legenda

celle atte a contenere valori misurati sull'impianto o presso le utenze

celle atte a contenere valori calcolati

ALLEGATO 2 ALLA SCHEDE TECNICA N. 5: PROCEDURA PER IL CALCOLO DEL RISPARMIO DI ENERGIA PRIMARIA

1. Premessa

Questa procedura si applica per la determinazione del risparmio energetico conseguibile grazie all'utilizzo di sistemi di teleriscaldamento per la climatizzazione (riscaldamento/raffrescamento) di ambienti residenziali, commerciali e terziari e per la produzione di acqua calda sanitaria (acs).

L'applicazione di questo tipo di sistemi consente lo sfruttamento di flussi termici cogenerativi, di cascami termici gratuiti e di fonti energetiche rinnovabili altrimenti inutilizzabili.

La procedura si propone di:

- a) minimizzare la quantità di dati forniti dal proponente;
- b) consentire una valutazione semplificata dell'intervento, sia pure prevedendo la misura in campo di alcuni parametri (metodi di valutazione di tipo analitico).

Nella metodologia proposta si è cercato di limitare al minimo le misure su impianto e la richiesta di dati, introducendo, ove possibile, ipotesi semplificative riguardanti in particolare i rendimenti delle varie apparecchiature sostituite.

2. La tecnologia

Il calore generato viene trasferito all'utilizzatore in forme diverse e può essere destinato ad usi civili di climatizzazione o produzione di acqua calda sanitaria.

Questa una definizione di teleriscaldamento fornita dall'Associazione Italiana per il Riscaldamento Urbano:

« L'impianto di teleriscaldamento si compone principalmente di:

- una o più centrali termiche ove viene prodotto (in modo semplice e combinato) il calore. Vi si trovano tutti gli impianti per il trattamento ed il movimento del fluido vettore: nel caso più frequente, di acqua calda surriscaldata. Vi sono installati: l'impianto di trattamento dell'acqua, il vaso di espansione, eventuali accumulatori e le pompe di circolazione;
- ogni centrale è normalmente composta da più unità produttive per ragioni di modularità di costruzione e di esercizio e per funzioni di riserva;
- una rete di trasporto e distribuzione realizzata con due tubazioni affiancate di uguale diametro: una per la mandata ed una per il ritorno;
- un complesso di sottocentrali, una per ogni utenza o gruppo di utenze, ove viene regolato e misurato il trasferimento di calore dalla rete cittadina all'impianto di riscaldamento interno all'edificio.

Negli impianti moderni si adottano centrali con scambiatore "acqua-acqua". Il fluido distribuito, quindi, rimane in circolo mentre il calore è trasferito all'impianto interno.

La centrale di produzione può essere sostituita (od integrata) con l'apporto di energia termica proveniente da:

- pozzi geotermici;
- "cascami energetici" di provenienza industriale;
- impianti termorecuperatori da combustione di rifiuti;
- caldaie alimentate da scarti di legname;
- centrali termoelettriche » .

3. Requisiti

Nel caso di applicazioni che prevedano l'utilizzo di calore proveniente da impianti di cogenerazione, per il calcolo dei risparmi energetici riconosciuti si richiede l'utilizzo congiunto di questa scheda e della scheda n. 4 (allegata al presente documento).

Si ritiene importante sottolineare che, nella fase di redazione della versione definitiva della scheda, dovrà essere valutata la necessità di introdurre ulteriori requisiti che tengano conto, in particolare, di quanto sancito dalle norme attuative che disciplineranno il disposto della recente legge 239/04. L'art. 1 comma 71 di tale norma prevede, infatti, il diritto al rilascio dei certificati verdi per la quota di energia termica prodotta da impianti di cogenerazione e utilizzata per il teleriscaldamento.

Si ritiene importante evitare la nascita di una deleteria concorrenza tra diversi strumenti di incentivazione con un conseguente rischio di sovraincentivazione di alcuni interventi e di distorsione dei mercati dei certificati verdi e dei TEE, anche in considerazione del divieto di cumulo disposto dall'articolo 18 del D.Lgs. 387/2003.

A tal fine, si ritiene che debba essere attentamente valutata la definizione di quali flussi energetici possano essere considerati gratuiti ai fini dell'applicazione della procedura di calcolo descritta nel seguito.

4. Definizioni

EFe_{tele}	energia elettrica consumata per il funzionamento della rete di teleriscaldamento (sottostazioni di utenza, pompe di rilancio, ecc.) [MWh _e]
EFe_{Ass}	energia elettrica consumata dagli assorbitori, comprensiva dei consumi delle torri di raffreddamento e di eventuali condizionatori elettrici integrativi [MWh _e]
EFf_{CIV}	energia frigorifera erogata dalla rete di teleriscaldamento alle utenze civili per raffrescamento [MWh _f]
EFf_{OUT}	energia frigorifera erogata dalla rete di teleriscaldamento a tutte le utenze finali, per raffrescamento [MWh _f]
EFt_{CIV}	energia termica erogata dalla rete di teleriscaldamento alle utenze civili per usi di riscaldamento e acqua calda sanitaria [MWh _t]
EFt_{OUT}	energia termica erogata dalla rete di teleriscaldamento a tutte le utenze finali, per usi di riscaldamento e acqua calda sanitaria [MWh _t]
EFt_{cog}	energia termica utile prodotta da impianti di cogenerazione (così come definita ai sensi dell'art.1 comma 1 lettera o) della Delibera n.42/02) e immessa nella rete [MWh _t]
EP_{conv}	energia primaria complessivamente consumata dal sistema di produzione convenzionale sostituito dalle energie finali EFt_{CIV} e EFf_{CIV} [tep]
EP_{tele}	energia primaria complessivamente consumata dal sistema di teleriscaldamento [tep]
EPe_{tele}	energia primaria necessaria per la produzione della quantità di energia elettrica EFe_{tele} [tep]
EPe_{Ass}	energia primaria necessaria per la produzione della quantità di energia elettrica EFe_{Ass} [tep]
EPt_{cps}	energia primaria non gratuita dei combustibili consumati dalle caldaie a produzione semplice ed in eventuali gruppi ad assorbimento di integrazione a fiamma diretta [tep]
ϵ_{fr}	Indice di efficienza energetica stagionale del sistema frigorifero sostituito; per gruppi di grosse dimensioni, dotati di compressore a vite o centrifugo e con torre di raffreddamento, si propone di assumere un valore stagionale pari a 3,5 ⁴ , comprensivo dei consumi elettrici della torre di raffreddamento [-].
f_E	fattore di conversione da energia elettrica a energia primaria, pari a 0,22 tep/MWh _e
f_T	fattore di conversione dell'energia termica da MWh a tep, pari a 0,086 tep/MWh _t
ϕ_{CIV}	quota di energia primaria effettivamente erogata agli usi civili sul totale dell'energia erogata dalla rete di teleriscaldamento a tutte le utenze [-]
M_{comb_i}	consumo annuo dell'i-esimo combustibile per le caldaie di integrazione a produzione semplice, gli inceneritori ed i gruppi ad assorbimento a fiamma diretta [kg o Smc]
N_{comb}	numero di tipi di combustibili utilizzati nelle caldaie a produzione semplice, negli inceneritori e nei gruppi ad assorbimento a fiamma diretta [-]
η_{ts}	rendimento medio stagionale del generatore di calore di riferimento [-]
PCI (i)	potere calorifico inferiore dell'i-esimo tipo di combustibile, definito nella Tabella 1 allegata alla Delibera n.103/03 o misurato sperimentalmente a cura del gestore dell'impianto [kcal/kg o kcal/mc]

⁴ Il valore proposto corrisponde all'indice di efficienza energetica stagionale di condizionatori elettrici di taglia paragonabile agli assorbitori in questione.

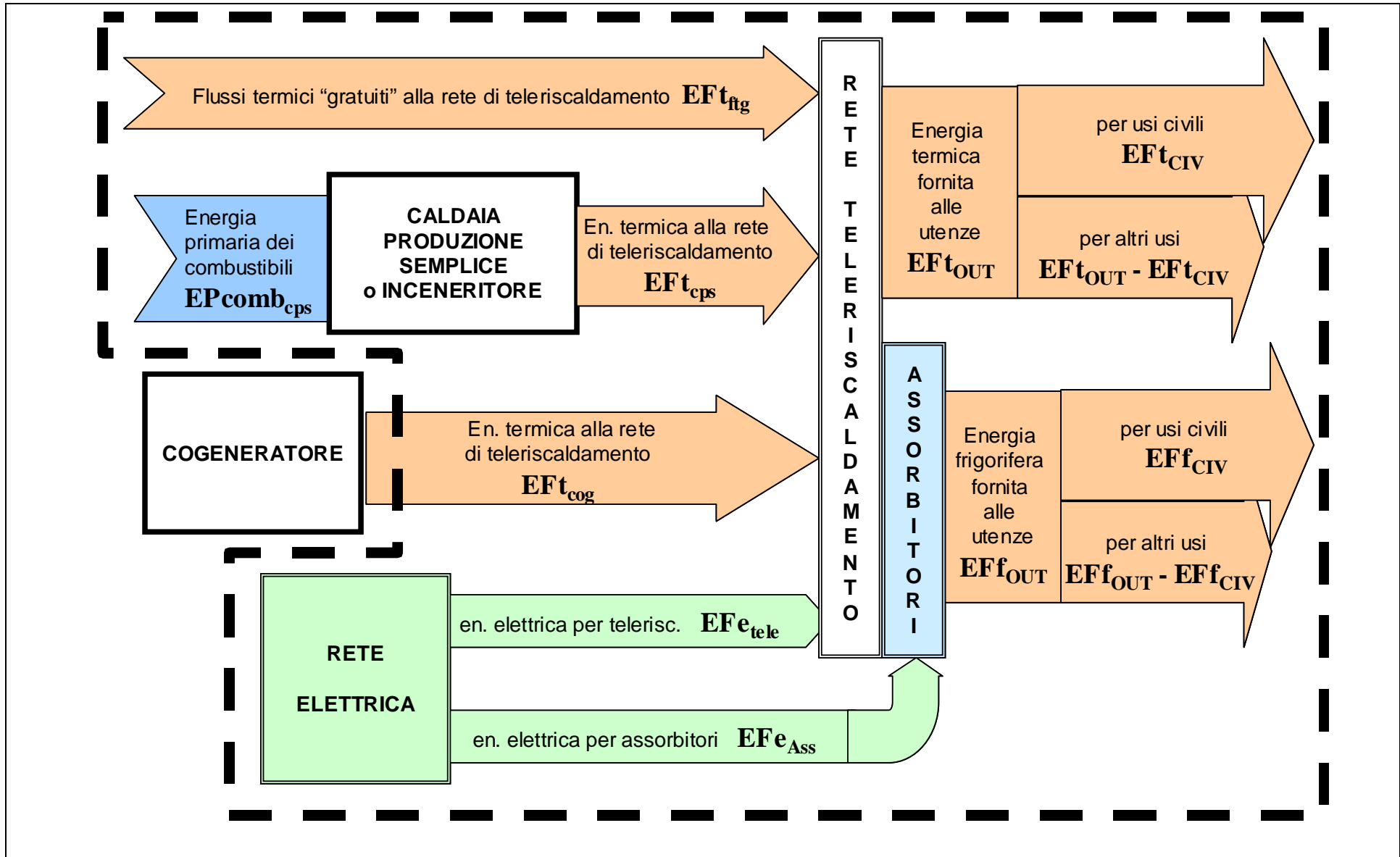


Figura 1: Schema generale di riferimento

5. Procedura per il calcolo del risparmio di energia primaria

Lo schema generale di Figura 1 illustra la struttura generale di un sistema per la fornitura di energia termica e frigorifera ad un insieme di utenze. La Figura evidenzia la distinzione tra le utenze di tipo civile, per le quali i decreti ministeriali 20 luglio 2004 prevedono il riconoscimento dei risparmi, e le utenze di altro tipo. La linea tratteggiata in figura isola l'impianto di cogenerazione, delimitando il sistema a cui si riferiscono i calcoli di risparmio energetico descritti nel seguito.

Il risparmio energetico del sistema è dato dalla differenza fra la frazione ammissibile dell'energia primaria consumata da un sistema di produzione convenzionale (EP_{conv}), e la corrispondente frazione di energia primaria non gratuita entrante nel sistema di teleriscaldamento (EP_{tele}):

$$RL = EP_{conv} - EP_{tele} \quad (1)$$

Poiché l'energia ritenuta utile per il riconoscimento dei risparmi è rappresentata dalla frazione di energia totale che viene consegnata alle utenze civili per usi di riscaldamento e/o produzione di acqua calda sanitaria EFt_{CIV} e dall'energia frigorifera EFf_{CIV} erogata per il raffrescamento, è possibile definire la frazione di energia primaria effettivamente utilizzata per gli usi civili, rispetto alla totale energia erogata dalla rete di teleriscaldamento a tutte le utenze, come:

$$\phi_{CIV} = \frac{\frac{EFt_{CIV} \cdot f_T + \frac{EFf_{CIV} \cdot f_E}{\varepsilon_{fr}}}{\eta_{ts}}}{\frac{EFt_{OUT} \cdot f_T + \frac{EFf_{OUT} \cdot f_E}{\varepsilon_{fr}}}$$

dove il numeratore della frazione coincide con l'energia primaria che sarebbe stato necessario consumare con sistemi convenzionali (EP_{conv}), essendo infatti:

$$EP_{conv} = \frac{EFt_{CIV} \cdot f_T + \frac{EFf_{CIV} \cdot f_E}{\varepsilon_{fr}}}{\eta_{ts}} \quad (2)$$

Si noti che le quantità EFt_{CIV} , EFt_{OUT} , EFf_{CIV} e EFf_{OUT} comprendono le erogazioni di energia termica/frigorifera ad utenze comunque situate. In esse vanno inclusi ad esempio gli usi finali di calore/freddo direttamente in centrale (senza rete di teleriscaldamento), come pure l'energia frigorifera venduta a valle di una vera e propria rete di teleraffrescamento (caso raro in Italia), alimentata da assorbitori posti in centrale⁵.

Conseguentemente, la frazione di energia primaria non gratuita entrante nel sistema è data dalla somma, moltiplicata per ϕ_{CIV} , dei contributi provenienti dalla cogenerazione, dalle caldaie a produzione semplice e dai consumi elettrici della rete di teleriscaldamento, alla quale si aggiunge il consumo elettrico dell'assorbitore afferibile alle utenze civili:

$$EP_{tele} = \phi_{CIV} \cdot (EPt_{cog} + EPt_{cps} + EPe_{tele}) + EPe_{Ass} \cdot \frac{EFf_{CIV}}{EFf_{OUT}} \quad (3)$$

⁵ Per semplicità di rappresentazione, tale ipotesi non è riportata nella Figura 1.

dove:

$$EPt_{\text{cog}} = \frac{EFt_{\text{cog}}}{\eta_{\text{ts}}} \cdot f_{\text{T}}$$

è l'energia primaria convenzionalmente attribuita al calore cogenerato; si ricorda, infatti, che i risparmi energetici associati all'utilizzo di impianti di cogenerazione devono venire quantificati separatamente, mediante l'applicazione della Scheda n. 4 (allegata al presente documento).

$$EPt_{\text{cps}} = \sum_i^{\text{Ncomb}} (\text{Mcomb}_i \cdot \text{PCI}_i) \cdot 10^{-7}$$

è l'energia primaria non gratuita utilizzata in caldaie a produzione semplice e in eventuali gruppi ad assorbimento di integrazione a fiamma diretta. Mcomb_i è il consumo dell'*i*-esimo combustibile utilizzato per alimentare la caldaia o l'assorbitore [kg], e/o [Smc]; PCI_i è il potere calorifico inferiore dell'*i*-esimo tipo di combustibile, definito nella Tabella 1 allegata alla Delibera n. 103/03, o misurato sperimentalmente a cura del gestore dell'impianto [kcal/kg], e/o [kcal/Smc].

$$EFe_{\text{tele}} = EFe_{\text{tele}} \cdot f_{\text{E}}$$

è l'energia primaria corrispondente al consumo complessivo di energia elettrica degli ausiliari della rete di teleriscaldamento EFe_{tele} [MWh].

$$EFe_{\text{Ass}} = EFe_{\text{Ass}} \cdot f_{\text{E}}$$

è l'energia primaria corrispondente al consumo di energia elettrica dell'assorbitore EFe_{Ass} [MWh], comprensivo dei prelievi della torre di raffreddamento (pompe, ventilatori), va incluso qui anche il consumo di eventuali condizionatori elettrici integrativi.

Sostituendo le espressioni (2) e (3) nella (1), il risparmio di energia primaria risulta quindi:

$$RL = \frac{EFt_{\text{CIV}}}{\eta_{\text{ts}}} \cdot f_{\text{T}} + \frac{EFF_{\text{CIV}}}{\varepsilon_{\text{fr}}} \cdot f_{\text{E}} - \phi_{\text{CIV}} \cdot (EPt_{\text{cog}} + EPt_{\text{cps}} + EPe_{\text{tele}}) - EPe_{\text{Ass}} \cdot \frac{EFF_{\text{CIV}}}{EFF_{\text{OUT}}} \quad (4)$$

Tuttavia, al fine di incentivare la realizzazione di sistemi di teleriscaldamento solo nelle situazioni in cui questo sia energeticamente più conveniente, si ritiene necessario vincolare l'uso di questa formula al rispetto di un requisito relativo all'alimentazione della rete con flussi energetici non gratuiti.

A tal fine, si propone di consentire l'uso della formula (4) solo nel caso in cui l'energia primaria immessa nel sistema per integrare quanto proveniente da impianti di cogenerazione o flussi gratuiti non superi il 15% del totale. Ciò equivale a richiedere la verifica della condizione:

$$\phi_{\text{CIV}} \cdot EPt_{\text{cps}} \leq \alpha \cdot EP_{\text{conv}} \quad (\text{con } \alpha = 0,15).$$

Nel caso in cui questa condizione non sia rispettata la quantificazione del risparmio lordo per mezzo della formula (4) dovrà venire depurata di una quantità ΔRL pari a:

$$\Delta RL = \alpha \cdot \left(\frac{EFt_{CIV}}{\eta_{ts}} \cdot f_T + \frac{EFf_{CIV}}{\varepsilon_{fr}} \cdot f_E \right) - \phi_{CIV} \cdot EPt_{cps} \quad (5)$$

In considerazione di quanto osservato nel paragrafo 3 in relazione all'attuazione dell'articolo 1, comma 71, della legge n. 239/04 si propone di ridurre i risparmi energetici riconosciuti e calcolati attraverso la formula (5) di un ammontare equivalente all'entità dei certificati verdi (CV) eventualmente rilasciati per lo stesso intervento e quindi pari a:

$$\beta \cdot f_E \cdot CV$$

con CV espresso in MWh_e e β di entità da definire.

5.1 Grandezze da fornire

Con riferimento al periodo per il quale il proponente intende richiedere il riconoscimento (trimestre, semestre, anno) le grandezze da fornire e le modalità di misura sono elencate nel seguito:

EFt _{CIV}	autocertificata dal gestore dell'impianto sulla base delle misurazioni dell'energia termica venduta alle sole utenze civili per riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria [MWh _t];
EFt _{OUT}	autocertificata dal gestore dell'impianto sulla base delle misurazioni dell'energia termica venduta complessivamente per riscaldamento e produzione acqua calda sanitaria [MWh _t];
EFf _{CIV}	autocertificata dal gestore dell'impianto sulla base delle misurazioni dell'energia frigorifera venduta alle sole utenze civili per raffrescamento [MWh _f];
EFf _{OUT}	autocertificata dal gestore dell'impianto sulla base delle misurazioni dell'energia frigorifera venduta complessivamente per raffrescamento [MWh _f];
EFt _{cog}	misurata come richiesto dalla Delibera 42/02 [MWh _f];
Mcomb _i	rilevata dalle fatture di acquisto dei combustibili utilizzati, o da altri documenti di consegna nel caso di combustibili non commerciali [kg], o [Smc];
EFe _{tele}	misurata in tutti i quadri di alimentazione dei servizi ausiliari della rete di teleriscaldamento (punto 2 della scheda) [MWh _e];
EFe _{Ass}	misurata in tutti i quadri di alimentazione degli assorbitori, degli eventuali condizionatori elettrici integrativi e delle relative torri di raffreddamento (punto 2 della scheda) [MWh _e].

Poiché le prime quattro di tali grandezze sono normalmente disponibili, perché legate alla vendita del servizio, e la quinta è richiesta per il riconoscimento della qualifica di impianto cogenerativo, le misure aggiuntive si limitano a Mcomb_i, a EFe_{tele} ed a EFe_{Ass}.

6 Applicabilità

Il risparmio energetico determinato con la procedura qui definita, si applica:

- 1) ad impianti (centrale+rete) di nuova costruzione;
- 2) a estensioni della rete allacciata ad una centrale preesistente.

Nel secondo caso, ai fini del calcolo del risparmio lordo riconosciuto, il fattore ϕ_{CIV} viene calcolato assumendo al denominatore l'energia primaria (termica/frigorifera) totale erogata dalla rete (come

nel primo caso) e, al numeratore, la sola quota di energia primaria erogata alle utenze civili servite dalla nuova rete.

7 Titoli di efficienza energetica (TEE) riconosciuti

La scelta dei tipi di titoli da riconoscere dipende da due fattori:

1. il tipo di combustibili che vengono normalmente utilizzati in Italia per le funzioni di climatizzazione e di produzione di acqua calda sanitaria (situazione di baseline);
2. il tipo di combustibile utilizzato per alimentare il sistema di teleriscaldamento.

Per quanto riguarda il primo punto, è possibile fare riferimento alle statistiche nazionali pubblicate annualmente dall'ENEA. Nel 2001, secondo il "Rapporto Energia e Ambiente 2003", l'energia finale utilizzata per riscaldamento ambienti e produzione di acqua calda sanitaria derivava da:

- gas naturale per il 65%,
- gasolio, GPL, legna, carbone, olio combustibile per il 30%,
- energia elettrica per il 5%.

Per quanto riguarda invece il raffrescamento, si può ragionevolmente assumere che la forma di energia utilizzata nel 100% dei casi sia l'elettricità.

Come illustrato nei paragrafi precedenti, un sistema di teleriscaldamento può, in generale, venire alimentato con gas naturale, combustibili solidi e liquidi di vario genere o flussi termici gratuiti.

Rispetto alla situazione di riferimento, l'utilizzo di un sistema di teleriscaldamento per la produzione di calore comporta, quindi, un sicuro risparmio di energia elettrica (titoli di Tipo I) ed una riduzione dei consumi di gas naturale (titoli di Tipo II) e/o di altri combustibili (titoli di Tipo III) che dipende dal tipo di alimentazione scelta e dall'entità dei risparmi ottenuti.

Nel caso dei sistemi di teleriscaldamento, le possibili casistiche di alimentazione sono tante da rendere quasi impossibile elaborare una formulazione valida in generale per la ripartizione dei TEE tra i tre tipi.

Per ogni sistema di teleriscaldamento e nell'ambito di ogni richiesta di verifica e certificazione dei risparmi, sarà dunque necessaria una valutazione ad hoc.

Scheda tecnica n. 6 - Installazione di condizionatori ad aria esterna ad alta efficienza con potenza frigorifera inferiore a 12 kWf¹

1 ELEMENTI PRINCIPALI

1.1 Descrizione dell'intervento

Tipologia di intervento:	Elettrodomestici ed apparecchiature per ufficio ad elevata efficienza
Decreto ministeriale elettrico 20 luglio 2004:	Tabella A, tipologia di intervento n. 8
Decreto ministeriale gas 20 luglio 2004:	Tabella B, tipologia di intervento n. 12
Sotto-tipologia di intervento:	Installazione di condizionatori ad aria esterna ad alta efficienza per il raffreddamento dei locali
Settore di intervento:	Domestico, Terziario commerciale, Terziario uffici
Tipo di utilizzo:	Raffrescamento dei locali

¹ Le definizioni delle apparecchiature, le condizioni di ammissibilità, le prestazioni nominali delle apparecchiature oggetto della scheda fanno riferimento alla Direttiva 2002/31/CE del 22/3/02 che stabilisce le “modalità di applicazione della Direttiva 92/75/CEE per quanto riguarda l'etichettatura indicante il consumo di energia dei condizionatori d'aria per uso domestico”.

1.2 Calcolo del risparmio di energia primaria

Metodo di valutazione ²	Valutazione standardizzata				
Unità fisica di riferimento:	1 kW di potenza frigorifera del condizionatore alle condizioni nominali (kWf)				
Risparmio lordo di energia primaria conseguibile per singolo condizionatore:	$RL = RSL * P_{fn} \quad (10^{-3} \text{ tep/anno/condizionatore})$ <p>dove: - P_{fn} è la potenza frigorifera del condizionatore alle condizioni nominali (kWf) - RSL è il risparmio specifico lordo per unità fisica di riferimento, definito in base alla Tabella sottostante:</p>				
	ZONA CLIMATICA				
	A/B	C	D	E	F
SETTORE DI INTERVENTO	tep10 ⁻³ /anno/kWf	tep10 ⁻³ /anno/kWf	tep10 ⁻³ /anno/kWf	tep10 ⁻³ /anno/kWf	tep10 ⁻³ /anno/kWf
residenziale	4.7	3.7	3.2	2.1	1.3
terziario (uffici e commerciale)	4.5	3.9	3.9	3.4	2.8
Tipi di Titoli di Efficienza Energetica riconosciuti all'intervento ³				Tipo I	

2 NORME TECNICHE DA RISPETTARE E CONDIZIONI DI AMMISSIBILITÀ

2.1 Norme tecniche da rispettare

- Il condizionatore deve essere etichettato secondo le modalità indicate nella norma EN 14511.
- La potenza frigorifera nominale P_{fn} del condizionatore va indicata con riferimento alle condizioni nominali specificate nella EN 14511, relativamente al modello installato.
- Disposto art. 6 decreti ministeriali 20 luglio 2004.

2.2 Condizioni di ammissibilità

I condizionatori ammessi al riconoscimento dei Titoli di Efficienza Energetica, con riferimento all'Allegato IV della Direttiva europea 2002/31/CE del 22 marzo 2002, sono i condizionatori raffreddati ad aria che hanno valori di EER (indice di efficienza energetica) corrispondenti alla classe di efficienza A di tipo split e multisplit (Tabella 1.1), monoblocco (Tabella 1.2), apparecchi a condotto semplice (Tabella 1.3).

Conformemente alla Direttiva, sono ammessi solo condizionatori con potenza nominale refrigerante inferiore a 12 kWf.

² Si veda: articolo 3 dell'Allegato A della delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, 18 settembre 2003, n. 103/2003.

³ Si veda: articolo 17 dell'Allegato A della delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, 18 settembre 2003, n. 103/2003.

In conclusione sono pertanto escluse dall'ambito di applicazione della presente scheda macchine:

- di taglia superiore a 12 kW frigoriferi;
- raffreddate ad acqua;
- del tipo aria-acqua e acqua-acqua.

Sono ammissibili i condizionatori utilizzati sia in ambienti del residenziale che del terziario commerciale e terziario uffici, purché vengano rispettate le condizioni di ammissibilità richieste.

È ammessa sia l'installazione di un condizionatore in ambiente prima non condizionato, sia la installazione di un condizionatore in sostituzione di uno esistente.

3 DOCUMENTAZIONE SUPPLEMENTARE⁴ DA CONSERVARE

- Nome, indirizzo e recapito telefonico di ogni cliente partecipante
- Fatture di acquisto con specifica dei componenti

⁴ Rispetto a quanto specificato all'articolo 14 comma 3 dell'Allegato A della delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, 18 settembre 2003, n. 103/2003.

ALLEGATO ALLA SCHEDA TECNICA N. 6: PROCEDURA PER IL CALCOLO DEL RISPARMIO DI ENERGIA PRIMARIA

1. Premessa

Le definizioni delle apparecchiature, le condizioni di ammissibilità, le prestazioni nominali delle apparecchiature oggetto della scheda fanno riferimento alla Direttiva comunitaria 2002/31/CE del 22/3/02 che stabilisce le “modalità di applicazione della Direttiva 92/75/CEE per quanto riguarda l'etichettatura indicante il consumo di energia dei condizionatori d'aria per uso domestico”. La Direttiva diventa operativa con la norma che definisce le condizioni e le modalità delle prove per l'etichettatura delle macchine. Tale norma (EN 14511-1,-2, -3, -4), oggetto di voto formale nel marzo 2004, è stata pubblicata sulla Gazzetta ufficiale dell'Unione europea 2004/ C 115/15 del 30 aprile 2004 ed è stata già adottata da alcuni stati membri, fra questi l'Italia dove è stata recepita nel catalogo degli Enti unificatori dal 1° settembre 2004. Conseguentemente, dato che la norma diventa obbligatoria nel/i paese/i che la recepiscono e diventa facoltativa per gli altri paesi dopo che è stata recepita da un solo paese, dal 1° settembre 2004, in Italia vige l'obbligo di apporre l'etichettatura sui condizionatori.

Coerentemente con il dettato della Direttiva, la scheda tecnica in oggetto riguarda condizionatori con potenza refrigerante inferiore a 12 kWf.

Poiché condizionatori che rientrano in questa taglia di potenza, secondo la classificazione utilizzata dai costruttori, vengono comunemente considerati elettrodomestici, l'intervento oggetto di questa scheda tecnica, con riferimento alle Tabelle A e B dell'allegato 1 ai decreti ministeriali 20 luglio 2004, viene collocato tra quelli relativi agli “Elettrodomestici ed apparecchiature per ufficio ad elevata efficienza”.

La procedura elaborata è di tipo standardizzato e permette di stimare il risparmio di energia elettrica per raffrescare un ambiente utilizzando un condizionatore ad alta efficienza rispetto ad un condizionatore di efficienza inferiore; si propone la seguente formulazione:

$$\Delta E_s = (P_{fn}/EER_{sC} - P_{fn}/EER_{sA}) \cdot n_h \cdot f_E$$

che può essere espressa anche come:

$$\Delta E_s = (1/EER_{sC} - 1/EER_{sA}) \cdot P_{fn} \cdot n_h \cdot f_E \quad (1)$$

dove:

- ΔE_s risparmio di energia primaria specifico per unità di potenza frigorifera del condizionatore [tep/anno/kWf]
- EER_{sC} prestazioni stagionali⁵ del condizionatore di riferimento, rappresentativo del mercato attuale [-]
- EER_{sA} prestazioni stagionali del condizionatore installato ad alta efficienza energetica [-]
- P_{fn} potenza frigorifera nominale del condizionatore [kWf]
- n_h numero di ore di funzionamento a piena potenza per l'intera stagione estiva [ore/anno]
- f_E fattore di conversione dell'energia elettrica assorbita in energia primaria, pari a $0,22 \cdot 10^{-3}$ tep/kWh .

⁵ In generale, EER (Energy Efficiency Ratio) = P_f (Potenza frigorifera erogata) / P_e (Potenza elettrica assorbita)

L'etichettatura energetica, introdotta dalla Direttiva comunitaria 2002/31/CE, permette di distinguere i diversi apparecchi in base alla rispettiva efficienza, a tale proposito ed in osservanza dell'art. 6 dei decreti ministeriali 20 luglio 2004 risultano ammissibili nell'ambito delle iniziative in oggetto solo apparecchiature etichettate in classe A. Alle prestazioni richieste per l'appartenenza a tale classe si farà pertanto riferimento nel seguito, riferendosi a "condizionatore ad alta efficienza energetica", mentre come condizionatore di riferimento si intenderà una macchina avente prestazioni della classe C⁶.

2. Prestazioni stagionali

Le prestazioni del condizionatore variano, durante la stagione, in funzione:

- delle condizioni di carico, che sono normalmente diverse da quelle nominali, e che provocano il funzionamento intermittente della macchina (intermittenza diversa in relazione alla possibilità di modulare la velocità del compressore), quindi una riduzione delle prestazioni per carichi effettivi ridotti rispetto a quello nominale;
- della temperatura dell'aria esterna che influenza temperatura e pressione del ciclo frigorifero; poiché le condizioni nominali esterne (35 °C) sono normalmente più gravose rispetto a quelle di esercizio, EER in esercizio è più elevato rispetto all'EER alle condizioni nominali.

Per quantificare gli effetti prodotti da questi fattori sono stati messi a confronto due schemi di calcolo adottati in letteratura per la determinazione degli indici energetici stagionali dei condizionatori. In particolare, si è fatto riferimento all'indice energetico IPLV (Integrated Partial Load Value) dell'ARI STANDARD 550/590-98, e all'EMPE (Efficienza Media Ponderata in regime Estivo) proposto dall'AICARR [1]. Entrambi gli indici, indicati genericamente con EER_s , sono espressi come:

$$EER_s = (PE_{100\%}EER_{100\%} + PE_{75\%}EER_{75\%} + PE_{50\%}EER_{50\%} + PE_{25\%}EER_{25\%}) / 100 \quad (2)$$

dove:

- PE_p peso energetico: energia prodotta alle condizioni di carico considerate ($p= 100\%; 75\%; 50\%; 25\%$) su energia totale erogata nella stagione;
- EER_p efficienza energetica del condizionatore alle condizioni di carico ($p= 100\%; 75\%; 50\%; 25\%$) e a condizioni di temperatura all'evaporatore e al condensatore rappresentative dell'intera stagione estiva.

I valori delle efficienze ai carichi parziali ($EER_{75\%}$, $EER_{50\%}$, $EER_{25\%}$) sono stati determinati a partire da quella a carico nominale $EER_{100\%}$ ricorrendo a quanto disponibile in letteratura ed alla normativa tecnica. Successivamente si è proceduto al calcolo degli indici energetici stagionali secondo le condizioni operative assunte da ARI e AICARR. Il calcolo è stato svolto per condizionatori del tipo aria-aria.

Dai risultati dell'applicazione del metodo di calcolo sono stati ricavati i valori di EER_s per condizionatori in classe A e C da applicare nella (1).

Calcolo di EER_s

Per il calcolo delle prestazioni stagionali EER_{sC} e EER_{sA} , devono essere determinati in primo luogo i valori dei pesi energetici PE_p e delle prestazioni EER_p alle diverse condizioni di carico termico parziale e di temperatura esterna.

⁶ Prestazioni medie di condizionatori di tipo split e monoblocco presenti sul mercato italiano.

I valori di peso energetico PE_p e di temperatura esterna della stagione estiva considerate nella norma statunitense ARI STANDARD 550/590, sono rappresentative della realtà statunitense; l'AICARR ha rimodellato quei valori in considerazione delle specificità della situazione del nostro paese. In Tabella 1 sono riportati i valori di PE_p e di temperatura di ingresso nel condensatore (corrispondente alla temperatura esterna) adottati nei due casi.

carico	ARI		AICARR	
	Peso energ.	temp. aria ing. cond.	peso energ.	temp. aria ing. cond.
%	%	°C	%	°C
100%	1%	35	10%	35
75%	42%	26,7	30%	31,3
50%	45%	18,3	40%	27,5
25%	12%	12,8	20%	23,8

Tabella 1: Parametri di esercizio adottati

Con riferimento alla Tabella 1, le prestazioni del condizionatore alle diverse condizioni operative da utilizzarsi nella (2) vengono determinate adottando la seguente formulazione semplificata:

$$EER_p = EER_N \cdot k_{fc} \cdot k_{te} \quad (p = 25\%; 50\%; 75\%) \quad (3)$$

dove:

EER_N prestazioni a condizioni nominali (2002/31/CE, EN 14511);

k_{fc} coefficiente correttivo delle prestazioni nominali in relazione al fattore di carico [-];

k_{te} coefficiente correttivo delle prestazioni nominali in relazione alla temperatura esterna [-].

Il coefficiente correttivo k_{fc} è stato ricavato dalla norma UNI 10963 dell'ottobre 2001, relativa alla "Determinazione delle prestazioni a potenza ridotta di condizionatori d'aria, refrigeratori d'acqua e pompe di calore", utilizzando la relazione⁷:

$$k_{fc} = X / ((1 - b) \cdot X + b) \quad (4)$$

dove:

k_{fc} è il coefficiente correttivo di EER dovuto al funzionamento a potenza ridotta [-];

X è il rapporto tra la potenza frigorifera erogata e la potenza a pieno carico [-];

b è un coefficiente da determinare sperimentalmente per una specifica macchina [-].

Per il coefficiente sperimentale b si fa riferimento ai risultati ottenuti da prove effettuate presso il Politecnico di Torino [2] per macchina raffreddata ad aria, monostadio, ($b = 0,064$).

Per quanto riguarda invece l'influenza della temperatura esterna T_{ae} sulle prestazioni del condizionatore (coefficiente correttivo k_{te}), è stata utilizzata la seguente correlazione, ricavata da dati di prestazioni ripresi da cataloghi dei costruttori:

⁷ Paragrafo 8.1 della UNI 10963.

$$k_{te} = -0,0313 \cdot T_{ae} + 2,0971 \quad (5)$$

Applicando le relazioni (4) e (5) per le condizioni di carico parziale e di temperatura esterna considerate con entrambe i metodi [1], e i pesi energetici di Tabella 1, è stato effettuato il calcolo degli indici energetici per condizionatori di classe A e classe C, raffreddati ad aria, delle tipologie di Tabella 1.1, 1.2, 1.3 della Direttiva 2002/31/CE.

Va rilevato che:

- l'approccio ARI considera macchine sollecitate a funzionare anche con temperatura esterna bassa (anche inferiore a 20°C) e per mantenere temperature interne più basse di quelle normalmente adottate in Italia;
- l'approccio AICARR considera di operare solo per temperature esterne maggiori di 20 °C e di avere macchine ed impianti progettati e gestiti in modo ottimale.

Nel caso di apparecchi di taglia inferiore a 12 kWf, si ritiene che il primo approccio (ARI) sovrastimi l'uso del condizionatore, il secondo (AICARR) lo sottostimi.

Si è quindi ritenuto di adottare una soluzione intermedia tra i due risultati ottenuti, e di assumere come prestazioni stagionali di condizionatori raffreddati ad aria in classe A e in classe C, i valori di EER_{sA} e EER_{sC} di Tabella 2.

Tipo condizionatore	EER_N	EER_s
<i>Split / multisplit</i>		
EER_{sA}	3,2	3,94
EER_{sC}	2,9	3,57
<i>Monoblocco</i>		
EER_{sA}	3,0	3,70
EER_{sC}	2,7	3,33
<i>Condotta singolo</i>		
EER_{sA}	2,6	3,20
EER_{sC}	2,3	2,83

Tabella 2: Prestazioni stagionali per condizionatori raffreddati ad aria

3. Numero di ore di funzionamento: n_h

Il numero di ore di funzionamento nella stagione estiva viene espresso nella seguente forma:

$$n_h = n'_h \cdot f_u$$

dove:

n_h ore di utilizzo del condizionatore a pieno carico [ore];

n'_h ore di attivazione del condizionatore [ore];

f_u fattore di utilizzo rispetto alle ore di attivazione del condizionatore n'_h [-].

Per numero di ore di attivazione n'_h si intendono quelle corrispondenti al periodo della giornata, della settimana e della stagione, durante le quali la macchina viene considerata in stato di attivazione per far fronte alle esigenze dell'utente.

Il fattore di utilizzo f_u viene dedotto dall'ipotesi di funzionamento a diversi fattori di carico riportata nel calcolo del fattore correttivo k_{fc} ed è pari al 58%.

Il valore n'_h è stato determinato in funzione della appartenenza alla Zona Climatica⁸ e della tipologia edilizia nella quale viene installata la macchina (residenziale, terziario ufficio e terziario commerciale).

Nel residenziale l'uso della macchina è determinato da comportamenti individuali o di nucleo familiare difficilmente catalogabili, per le quali sono state ipotizzate fasce orarie di utilizzo. Si assume che l'apparecchio venga utilizzato in modo analogo tutti i giorni della settimana.

Nel terziario uffici e nei negozi si ritiene che prevalgono esigenze di servizio abbastanza omogenee (orari di lavoro, apertura degli esercizi commerciali), normalmente indipendenti dalla collocazione geografica e dalle condizioni climatiche. Rispetto al residenziale, si assume che l'apparecchio venga utilizzato per 6 giorni alla settimana, anziché 7/7.

In entrambe i casi viene tenuto conto che ogni Zona Climatica è caratterizzata da un periodo di condizionamento di diversa durata; mancando riferimenti certi in merito, sono state adottate le durate di mesi di condizionamento riportate nelle Tabelle 3 e 4 seguenti, dove vengono riportate le ipotesi assunte e i valori di ore di funzionamento n_h effettive utilizzate nella [1] per il residenziale e per il terziario.

Zona cl.	ore/giorno	mesi	n'_h	f_u	n_h
A,B	10,75	4	1312	58%	761
C	9,75	3,5	1041	58%	604
D	8,25	3,5	881	58%	511
E	6,5	3	595	58%	345
F	4,75	2,5	362	58%	210

Tabella 3: Ore di utilizzo stagionali per il residenziale

Zona cl.	ore/giorno	gg/sett	mesi	n_h	f_u	n_h
A,B	12	0,86	4	1255	58%	728
C	12	0,86	3,5	1098	58%	637
D	12	0,86	3,5	1098	58%	637
E	12	0,86	3	941	58%	546
F	12	0,86	2,5	784	58%	455

Tabella 4: Ore di utilizzo stagionali per il terziario uffici e negozi

4. Risparmio di energia primaria specifico per unità di potenza frigorifera

Applicando la (1) per unità di potenza frigorifera e utilizzando i valori di EER_{sA} , EER_{sC} , n_h , f_E precedentemente illustrati, si ottengono i risparmi specifici di energia primaria RSL riportati nelle Tabelle 5 e 6.

I risultati sono espressi in funzione delle tipologie di condizionatori indicate nella Direttiva 2002/31/CE e dei settori di intervento del residenziale e del terziario uffici e negozi.

Tipo di condizionatore	ZONA CLIMATICA				
	A/B	C	D	E	F

⁸ Per le Zone Climatiche si fa riferimento al dpr 412/93 e successive modifiche e integrazioni.

	tep 10 ⁻³ /kWf anno	tep 10 ⁻³ /kWf anno	tep 10 ⁻³ /kWf anno	tep 10 ⁻³ /kWf anno	tep 10 ⁻³ /kWf anno
Split - multisplit	4.4	3.5	3.0	2.0	1.2
Monoblocco	5.0	4.0	3.4	2.3	1.4
Apparecchi a condotto singolo	6.8	5.4	4.6	3.1	1.9

Tabella 5: Risparmio di energia primaria RSL per unità di potenza frigorifera nel residenziale

Tipo di condizionatore	ZONA CLIMATICA				
	A/B	C	D	E	F
	tep 10 ⁻³ /kWf anno	tep 10 ⁻³ /kWf anno	tep 10 ⁻³ /kWf anno	tep 10 ⁻³ /kWf anno	tep 10 ⁻³ /kWf anno
Split - multisplit	4.2	3.7	3.7	3.2	2.6
Monoblocco	4.8	4.2	4.2	3.6	3.0
Apparecchi a condotto singolo	6.5	5.7	5.7	4.9	4.1

Tabella 6: Risparmio di energia primaria RSL per unità di potenza frigorifera nel terziario uffici e negozi

5. Semplificazione per tipo di condizionatore

Le Tabelle di risparmio specifico di energia primaria (RSL), possono essere ridotte ad un'unica tipologia di apparecchiature, considerando un'ipotesi di diffusione sul territorio nazionale.

Dai dati pubblicati da ANIMA COAER, si rileva negli ultimi anni una netta prevalenza delle vendite di apparecchi mono e multisplit (circa il 90% del totale dei condizionatori di piccola taglia). Partendo dal presupposto che la forte diffusione degli apparecchi split si sia avviata negli ultimi 10 anni circa, e che vi siano situazioni nelle quali non siano installabili apparecchi split fissi, si ipotizza che la base di riferimento attuale possa essere costituita dall'80% di apparecchi split e dal 20% delle altre tipologie.

Assegnando ai valori di RSL pesi proporzionali alla situazione di riferimento sopra indicata, si ricavano i valori di RSL per settore di intervento, riportati in Tabella 7.

Settore di intervento	ZONA CLIMATICA				
	A/B	C	D	E	F
	tep 10 ⁻³ /kWf anno	tep 10 ⁻³ /kWf anno	tep 10 ⁻³ /kWf anno	tep 10 ⁻³ /kWf anno	tep 10 ⁻³ /kWf anno
Residenziale	4.7	3.7	3.2	2.1	1.3
Terziario uffici e negozi	4.5	3.9	3.9	3.4	2.8

Tabella 7: Risparmio di energia primaria RSL per unità di potenza frigorifera e per settore di intervento

6. Riferimenti bibliografici

- [1] E.Bacigalupo, C.Vecchio, M.Vio, M.Vizzotto: “L’efficienza media ponderata dei gruppi frigoriferi a compressione: la proposta AICARR per un metodo di calcolo”, Insetto redazionale della rivista CDA – Organo ufficiale dell’AICARR - dell’agosto 2000
- [2] Luigi Schibuola: “Prove di efficienza – Influenza del funzionamento a potenza ridotta sulle prestazioni stagionali di condizionatori d’aria”, CDA n. 9, ottobre 2002.

Scheda tecnica n. 7: Controllo della radiazione solare attraverso le superfici vetrate per il raffrescamento estivo in ambito domestico e terziario

1. ELEMENTI PRINCIPALI

1.1 Descrizione dell'intervento

Tipologia di intervento:	Climatizzazione ambienti e recuperi di calore in edifici climatizzati con l'uso di fonti energetiche non rinnovabili
Decreto ministeriale elettrico 20 luglio 2004:	Tabella A, tipologia di intervento n. 7
Decreto ministeriale gas 20 luglio 2004:	Tabella B, tipologia di intervento n. 13
Sotto-tipologia di intervento:	Interventi in edifici esistenti per il controllo della radiazione solare attraverso le superfici vetrate nei mesi estivi (vetri selettivi, protezioni solari esterne, ecc.)
Settore di intervento:	Edifici esistenti del Terziario Ufficio, Terziario Commercio, Terziario Istruzione, Terziario Ospedaliero; Domestico
Tipo di utilizzo:	Raffrescamento

1.2 Calcolo del risparmio di energia primaria

Metodo di valutazione ¹	Valutazione standardizzata					
Unità fisica di riferimento:	1 m ² di superficie vetrata soggetta a controllo di radiazione					
Risparmio lordo di energia primaria conseguibile per singolo edificio:	RL = RSL x S (tep/anno/edificio)					
Dove S è la superficie vetrata complessivamente soggetta a controllo di radiazione e RSL è il risparmio specifico lordo che si ricava dalla Tabella sottostante:						
RSL (tep 10 ⁻³ /anno/m ² di superficie a controllo solare)						
<i>Settore di intervento: Terziario per Ufficio, Commercio, Istruzione, Ospedaliero</i>						
Intervento sulla superficie vetrata:	Applicazione schermi					
	Nessun Intervento			Schermi interni / esterni		
	Gruppi di province (vedere allegato alla scheda)			Gruppi di province (vedere allegato alla scheda)		
	1	2	3	1	2	3
Nessun Intervento	-	-	-	3,1	3,6	4,4
Vetri Doppi	1,0	1,2	1,5	3,8	4,4	5,4
Vetri a controllo solare oppure pellicole Fattore Solare: 0,4<g<0,75	4,2	4,8	5,9	5,9	6,8	8,3

¹ Si veda: articolo 3, delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, 18 settembre 2003, n. 103/2003.

Vetri a controllo solare oppure pellicole Fattore Solare: $g \leq 0,4$	6,3	7,3	8,8	7,3	8,4	10,2
Installazioni a quote superiori a 250 metri s.l.m.: Ai valori di RSL sopra individuati deve venire applicata una riduzione del 15%.						

<i>Settore di intervento: Domestico</i>	
I valori di RSL per applicazioni nel settore Domestico si derivano dalla Tabella precedente, applicando una riduzione del 20%.	
Installazioni a quote superiori a 250 metri s.l.m.:	Ai valori di RSL sopra individuati deve venire applicata una riduzione del 15%.
Nel caso di <u>entrambe le condizioni</u> (settore domestico oltre i 250 m s.l.m.):	Ai valori di RSL devono essere applicati entrambe i coefficienti riduttivi (coeff. riduttivo globale = 32%)
Tipi di Titoli di Efficienza Energetica riconosciuti all'intervento ²	Tipo I

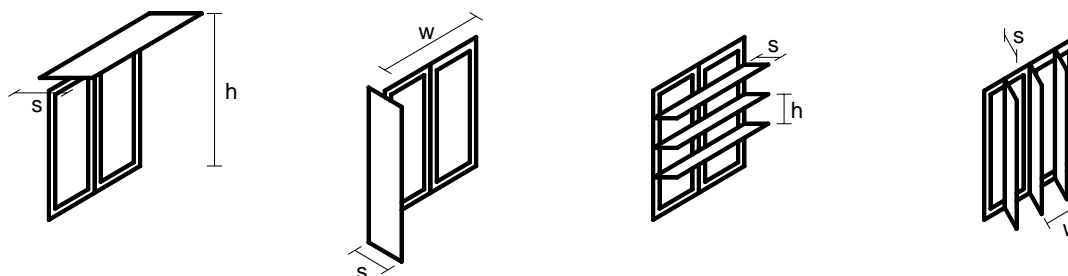
2. NORMATIVA TECNICA DA RISPETTARE E CONDIZIONI DI AMMISSIBILITA'

Affinché gli interventi di sostituzione dei vetri o di applicazione di pellicole siano considerati ammissibili ai fini del riconoscimento dei risparmi energetici, i valori di fattore solare "g" riportati in Tabella devono essere certificati con riferimento all'art. 6, comma c dei decreti ministeriali 20 luglio 2004 e al DM MICA del 2/4/98 "Modalità di certificazione delle caratteristiche e delle prestazioni energetiche degli edifici e degli impianti ad essi connessi".

Nel calcolo di RSL per raffrescamento si trascura l'effetto sui consumi dovuto alla eventuale riduzione della trasmittanza termica del componente vetrato.

Nel caso di sostituzione di vetri singoli con vetri doppi, il risparmio di energia primaria prodotto nel raffrescamento estivo può essere cumulato a quello prodotto nel riscaldamento invernale (di cui alla scheda tecnica n. 5 della Delibera n. 111/04), purché siano rispettate le condizioni di ammissibilità riportate nelle rispettive schede.

Per quanto riguarda gli schermi esterni, con riferimento alla figura sottostante, devono essere rispettate le seguenti condizioni geometriche: $s/h > 0,2$ (schermi orizzontali), $s/w > 0,2$ (schermi verticali).



Per gli schermi interni si fa riferimento a veneziane chiare.

Sia per gli schermi esterni che interni, sono esclusi quelli realizzati su orientamenti Nord, Nord-Est, Nord Ovest.

² Si veda: articolo 17, delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, 18 settembre 2003, n. 103/2003.

3. DOCUMENTAZIONE SUPPLEMENTARE³ DA CONSERVARE

Nome, indirizzo e recapito telefonico di ogni cliente partecipante.

³ Rispetto a quanto specificato all'articolo 14 comma 3, delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, 18 settembre 2003, n. 103/2003.

ALLEGATO ALLA SCHEDA TECNICA N. 7: PROCEDURA PER IL CALCOLO DEL RISPARMIO DI ENERGIA PRIMARIA

1. Premessa

La presente scheda si riferisce al calcolo dei risparmi energetici generati da interventi di ristrutturazione di edifici esistenti tesi al miglioramento del potere schermante delle superfici vetrate ai fini del raffrescamento estivo.

Esulano dall'ambito di questa scheda gli interventi di isolamento applicati durante la costruzione di nuovi edifici. Ciò deriva dal fatto che, nel caso di nuove costruzioni, la situazione di riferimento (*baseline*) da assumere per il calcolo dei risparmi sarebbe significativamente diversa da quella considerata in questa procedura; gli edifici nuovi, infatti, presentano già (per legge o per ragioni di mercato) un grado di schermatura tale da rendere molto esigui i risparmi conseguibili con gli interventi descritti nel seguito.

Il risparmio energetico derivante dalla installazione delle superfici vetrate schermate è calcolato come minor consumo di un ipotetico impianto di climatizzazione; l'impianto è ipotetico in quanto la presenza effettiva dello stesso nei casi reali non è imposta come vincolo, dal momento che l'intervento di raffrescamento tramite installazione di superfici vetrate schermanti può essere considerato, almeno parzialmente, alternativo all'installazione di un sistema di climatizzazione estivo.

2. Formulazione generale

La riduzione dei consumi di energia primaria nel raffrescamento per unità di superficie vetrata, connessi a interventi per il controllo della radiazione solare, può essere espressa nella seguente forma:

$$\Delta E = I_{\text{glob}} * k_g * k_u * k_{\text{imp}} \quad (1)$$

dove:

ΔE : riduzione complessiva dei consumi di energia primaria nella stagione estiva (tep/m² anno)

I_{glob} : irraggiamento complessivo nella stagione estiva sul piano della finestra (MWh/m² anno)

k_g : variazione del fattore di trasmissione solare globale g^4 prima-dopo l'intervento di riduzione della radiazione solare entrante

k_u : fattore di utilizzazione (adimensionale: range 0÷1)

k_{imp} : coefficiente per la trasformazione di energia utile in energia primaria (tep/MWh)

La relazione [1] esprime il concetto che la riduzione stagionale dei consumi di energia primaria ΔE , per effetto di un intervento per il controllo solare, è una frazione della riduzione dell'irraggiamento entrante I_{glob} per unità di superficie vetrata nell'intera stagione.

L'effetto dell'intervento di limitazione della radiazione solare entrante, ottenuto con vetri a ridotto fattore solare o con l'applicazione di schermature solari, è rappresentato dal fattore k_g .

La riduzione di energia solare entrante si traduce solo in parte in effettivo risparmio sui consumi di raffrescamento; ciò dipende essenzialmente dalle condizioni climatiche generali e dal modo in cui viene utilizzato l'edificio e l'impianto di climatizzazione.

Il coefficiente k_u è il fattore di utilizzazione dei guadagni solari che si comporta in modo opposto rispetto alla classica definizione invernale (cfr. norma UNI 10344). Mentre in inverno il fattore di

⁴ Rif. UNI 10375 "Metodo di calcolo della temperatura interna estiva degli ambienti", UNI 10344 "Riscaldamento degli edifici – Calcolo del fabbisogno di energia".

utilizzazione rappresenta il rapporto tra il risparmio ottenuto nel riscaldamento e i guadagni solari entranti, nel raffrescamento estivo esso rappresenta il rapporto tra il risparmio ottenuto in raffrescamento e la riduzione dei guadagni solari entranti. In altre parole esso rappresenta una misura della riduzione dei consumi per il raffrescamento ottenuta dalla riduzione dell'irraggiamento entrante.

Il coefficiente k_{imp} ha lo scopo di trasformare il risparmio di energia utile in risparmio di energia primaria. A sua volta questo coefficiente dipende dal rendimento dell'impianto di climatizzazione e dalla fonte energetica utilizzata per la produzione di freddo (in genere energia elettrica).

Infine è opportuno evidenziare che la relazione proposta trascura gli eventuali effetti prodotti dall'intervento sui consumi connessi alla illuminazione per modificazioni prodotte all'accesso della luce naturale negli ambienti (daylighting).

2.1 L'irraggiamento solare

L'irraggiamento complessivo stagionale I_{glob} sul piano della finestra (misurato in MWh/m² anno) è stato determinato per il periodo estivo giugno-settembre, al variare dell'orientamento e della località, utilizzando i dati climatici riportati nella norma UNI 10349 "Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici".

In particolare si sono selezionati vari orientamenti e tre fasce di insolazione estiva, cui si sono associati rispettivamente i dati medi di irraggiamento di tre località di riferimento. Le fasce sono state determinate sulla base degli irraggiamenti medi sul piano orizzontale nei mesi di giugno, luglio, agosto e settembre.

In ognuna delle tre fasce ricadono i valori di energia solare annuale delle 101 province del territorio italiano, costituendo in tal modo i tre seguenti raggruppamenti:

Gruppo 1 (corrispondente alla prima fascia di radiazione solare)

Alessandria, Aosta, Arezzo, Asti, Belluno, Bergamo, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Ferrara, Gorizia, L'Aquila, Lecco, Lodi, Mantova, Milano, Novara, Padova, Pavia, Pistoia, Pordenone, Prato, Rieti, Savona, Sondrio, Terni, Torino, Trieste, Udine, Varese, Verbania, Vercelli, Verona, Vicenza.

Gruppo 2 (corrispondente alla seconda fascia di radiazione solare)

Ancona, Ascoli, Avellino, Benevento, Bologna, Campobasso, Chieti, Cremona, Firenze, Foggia, Forlì, Frosinone, Genova, Grosseto, Imperia, Isernia, La Spezia, Livorno, Lucca, Macerata, Massa-Carrara, Matera, Modena, Parma, Perugia, Pesaro-Urbino, Pescara, Piacenza, Pisa, Potenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Roma, Rovigo, Salerno, Siena, Teramo, Trento, Treviso, Venezia, Viterbo.

Gruppo 3 (corrispondente alla terza fascia di radiazione solare)

Agrigento, Bari, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Latina, Lecce, Messina, Napoli, Nuoro, Oristano, Palermo, Ragusa, Reggio Calabria, Sassari, Siracusa, Taranto, Trapani.

Per i tre Gruppi di province così individuati sono stati determinati i valori di irraggiamento sui piani verticali diversamente orientati a sud, sud-est/sud-ovest, est/ovest, nord-est/nord-ovest, nord.

Ai valori di irraggiamento I_{glob} viene associato il fattore di esposizione solare f_{es} ⁵, per il quale si è fatto riferimento ai valori indicati nella norma UNI 10375 "Metodo di calcolo della temperatura interna estiva degli ambienti".

In Tabella 1 è riportato il prodotto tra I_{glob} e f_{es} , denominato I_{esp} .

ORIENTAMENTO	LOCALITA'		
	Gruppo 1	Gruppo 2	Gruppo 3
sud	0,30	0,31	0,31
sud-est / sud-ovest	0,40	0,43	0,45
est / ovest	0,43	0,49	0,53
nord-est / nord-ovest	0,31	0,35	0,38
nord	0,21	0,22	0,23

Tabella 1: Determinazione del parametro I_{esp} [MWh/m² anno]

2.2 Variazione del fattore solare: k_g

Il fattore k_g contiene tutte le informazioni relative al tipo di intervento effettuato. I casi presi in considerazione sono i seguenti:

- la sostituzione di vetri semplici con vetri doppi (vetro camera chiaro);
- la sostituzione di vetri semplici con vetri a ridotto fattore solare;
- l'applicazione di pellicole solari ai vetri esistenti;
- l'applicazione di schermature esterne o interne alle finestre;
- l'azione combinata di un intervento sui vetri (sostituzione dello stesso o applicazione di pellicola solare) con la contemporanea installazione di un sistema schermante.

Le caratteristiche dei componenti (vetri camera, pellicole, schermi) sono state riprese dai dati disponibili per prodotti commerciali e, ove possibile, dalla UNI 10375.

3. Sostituzione dei vetri

Fissando per il vetro semplice un fattore solare di riferimento pari a 0,89 e suddividendo i vetri a controllo solare in due classi in base al fattore solare, per differenza si ricavano i seguenti valori di k_g di ciascuna classe (Tabella 2).

VETRO APPLICATO	fattore solare di riferimento	k_g
vetro camera chiaro (doppi vetri)	0,79	0,10
vetro a moderato controllo solare	0,49	0,40
vetro ad alto controllo solare	0,29	0,60

Tabella 2: Determinazione del parametro k_g

In questa formulazione si trascura totalmente l'effetto sui consumi di raffrescamento dovuto alla eventuale riduzione della trasmittanza termica del componente vetrato. Tale effetto è in genere poco

⁵ Il fattore di esposizione solare dipende dalla esposizione della parete e tiene conto dell'influenza dell'angolo di incidenza solare sulle proprietà di trasmissione dei componenti vetrati. Il fattore di esposizione è un parametro correttivo del fattore solare in quanto quest'ultimo viene misurato in condizioni di radiazione ortogonale al piano della finestra.

significativo e può risultare anche annullato quando i carichi interni di calore sono particolarmente elevati (es. nel terziario).

4. Applicazione di pellicola solare sul vetro esistente

Questo intervento è assimilabile alla sostituzione del vetro esistente con uno avente un fattore solare minore. Analogamente a quanto sviluppato per i vetri si distingueranno le stesse due classi in funzione del fattore solare successivo alla applicazione, valore che viene generalmente fornito dai costruttori di pellicole⁶ (Tabella 3).

APPLICAZIONE DI PELLICOLA SOLARE	fattore solare di riferimento	k_g
pellicola a moderato controllo solare	0,49	0,40
pellicola ad alto controllo solare	0,29	0,60

Tabella 3: Parametro k_g per pellicole solari

5. Applicazione di schermature

I sistemi schermanti contemplati nella presente analisi sono:

- schermature interne: veneziane direttamente applicate alla finestra⁷;
- schermature esterne: aggetti orizzontali o verticali, sistemi fissi ad alette orizzontali o verticali.

L'applicazione di sistemi schermanti ha efficacia variabile in relazione alle caratteristiche proprie del componente ed all'orientamento della facciata su cui vengono applicati.

Schermature interne: veneziane

Per le veneziane si è fatto riferimento a quanto indicato nella norma UNI 10375 per i componenti di colore chiaro applicati all'interno.

Per tenere conto del fatto che le veneziane sono mobili e che pertanto non verranno necessariamente utilizzate efficacemente per tutta la stagione estiva, si è ipotizzata l'applicazione per i 2/3 delle ore di insolazione, riducendo in misura proporzionale il parametro k_g . Si è ottenuto il valore k_g di Tabella 4.

APPLICAZIONE DI VENEZIANE	τ_{eq} (UNI 10375)	α_{eq} (UNI 10375)	k_g
veneziana interna chiara	0,29	0,15	0,30

Tabella 4: Determinazione del parametro k_g per le veneziane

Schermature esterne

Per quanto concerne gli schermi fissi esterni, orizzontali o verticali, tramite analisi di geometria solare, si può determinare il valore medio di schermatura (valutato per l'intera stagione estiva) in

⁶ La durata delle pellicole è inferiore a quella dei vetri e, in alcuni casi (ad esempio per non corretta posa in opera) potrebbe risultare problematico mantenere il livello delle prestazioni iniziali per tutto il periodo di riconoscimento dei risparmi previsto dai decreti ministeriali 20 luglio 2004. Tale aspetto potrà essere considerato nella formulazione finale della scheda, anche a seguito degli eventuali suggerimenti espressi in fase di consultazione.

⁷ Per quanto concerne le tende a rullo, in considerazione del fatto che le caratteristiche dei materiali esistenti in commercio sono molto variabili e del fatto che le tende a rullo e in genere i tendaggi interni possono essere intesi più come elementi di arredamento che come schermature solari, si è ritenuto di non inserire tali tipologie tra le soluzioni ammissibili.

funzione della dimensione dell'oggetto e dell'orientamento del prospetto. Per semplicità il valore è stato calcolato per una latitudine media, evitando di introdurre anche questo fattore come variabile. In particolare, facendo riferimento alla simbologia di figura 1, per quanto concerne le dimensioni dello schermo, le relazioni fanno riferimento ai rapporti:

- s/h per gli schermi orizzontali (s : profondità dello schermo, h distanza dello schermo dal bordo inferiore della finestra);
- s/w per gli schermi verticali (s : profondità dello schermo, w : distanza dello schermo dal bordo verticale più lontano della finestra).

Le stesse relazioni possono essere utilizzate in prima approssimazione anche per sistemi a lamelle: in questo caso s rappresenta la profondità dello schermo ed h (o w per schermi verticali) risulta essere il passo tra le lamelle.

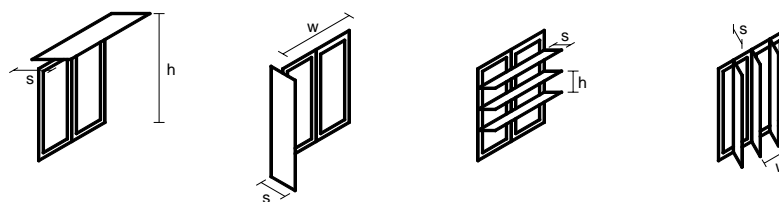


Figura 1: Simbologia adottata per gli schermi esterni.

I valori di schermatura solare sono stati ottenuti per interpolazione dalle Tabelle presenti nell'appendice C della norma UNI 10375.

Si assume non significativo l'intervento di schermi aventi dimensioni inferiori al rapporto $s/h=0,2$ ($s/w=0,2$ per gli schermi verticali), oppure realizzati su orientamenti nord, nord-est, nord-ovest.

Se si indica con g_{schermo} il fattore di schermatura proprio dello schermo, il parametro k_g , che rappresenta la variazione prodotta in termini di energia entrante attraverso il vetro semplice della finestra può essere calcolato come segue⁸:

$$k_g = 0,89 - 0,89 g_{\text{schermo}} = 0,89 (1 - g_{\text{schermo}}) \quad (2)$$

Di conseguenza, l'effetto prodotto dallo schermo è riportato nella Tabella 5.

Nell'ultima colonna si riporta il valore di schermatura medio per gli tutti gli orientamenti ritenuti significativi ovvero quelli compresi tra est ed ovest, ruotando in direzione sud. Per semplicità si ritiene opportuno utilizzare tale valore medio di schermatura indipendente dall'orientamento.

schermi esterni orizzontali	S	SE / SO	E / O	medio
$0,2 < s/h \leq 0,5$	0,29	0,24	0,18	0,23
$s/h > 0,5$	0,37	0,43	0,31	0,36
schermi esterni verticali				
$0,2 < s/w \leq 0,5$	0,15	0,15	0,06	0,12
$s/w > 0,5$	0,24	0,28	0,12	0,23

Tabella 5: Determinazione del parametro k_g per gli schermi esterni

⁸ Con questa assunzione si trascura di fatto l'interazione dovuta all'energia riflessa e assorbita dallo schermo e riemessa in direzione del vetro.

6. Intervento combinato di vetri e sistemi schermanti

La combinazione contemporanea di interventi sui vetri e di applicazione di schermature alle finestre (siano esse veneziane o aggetti sulla facciata) comporta un risparmio energetico che non può essere calcolato come diretta somma dei due interventi separatamente calcolati, in quanto esiste ovviamente una interazione tra le due azioni. L'effetto combinato viene valutato come prodotto dei fattori solari di schermo e vetro⁹ con una relazione del tipo:

$$k_{g\text{-vetro/schermo}} = 0,89 - g_{\text{vetro}} g_{\text{schermo}} = 0,89 (1 - (1 - k_{g\text{-schermo}}/0,89)(1 - k_{g\text{-vetro}}/0,89)) \quad [3]$$

In caso di intervento combinato di sostituzione di vetratura e di applicazione di schermatura si devono utilizzare i parametri di k_g ricavati dalle relative Tabelle, combinati secondo la relazione [3]. Tale relazione per semplicità è riportata in Tabella 6, sulla base dei parametri k_g dell'intervento singolo del vetro e dello schermo.

k_g -schermo	0,12	0,23	0,30	0,36
k_g -vetro				
0,10	0,21	0,30	0,37	0,42
0,40	0,47	0,53	0,57	0,60
0,60	0,64	0,67	0,70	0,72

Tabella 6: Effetto combinato per intervento su schermi e vetri, in base alle caratteristiche del singolo intervento

6.1 Il fattore di utilizzazione: k_u

Il fattore di utilizzazione, definito come rapporto tra la riduzione del fabbisogno di raffrescamento e la riduzione dell'energia totale entrante attraverso i vetri per effetto dell'intervento, è variabile in funzione delle condizioni climatiche, delle caratteristiche dell'edificio, delle modalità d'uso dell'impianto (residenziale, terziario), dell'orientamento su cui si opera l'intervento e del tipo di intervento stesso.

Per tenere conto della variabilità di queste situazioni, il calcolo del fattore di utilizzazione è stato effettuato procedendo ad una serie di simulazioni dinamiche con modello matematico; per ciascuna configurazione simulata è stato determinato il fabbisogno energetico prima e dopo l'intervento.

Si è ritenuto significativo parametrizzare anche l'effetto dovuto all'altitudine della località, considerando due fasce, la prima inferiore a 250 m s.l.m., la seconda superiore a 250 m s.l.m..

Le tipologie del residenziale e del terziario vengono differenziate in relazione alle ore di funzionamento dell'impianto su base giornaliera e settimanale, e in relazione ai carichi interni. Nella tipologia del terziario vengono considerati assimilabili edifici per uffici, commerciale, istruzione e ospedaliero.

Nelle Tabelle 7 e 8 si riportano i valori del fattore di utilizzazione k_u , ottenuti dalle simulazioni, rispettivamente per il settore terziario e per il settore residenziale.

ORIENTAMENTO	LOCALITA'					
	Gruppo 1		Gruppo 2		Gruppo 3	
	≤ 250 m	> 250 m	≤ 250 m	> 250 m	≤ 250 m	> 250 m
Sud	0,37	0,29	0,37	0,34	0,40	0,38
sud-est	0,37	0,30	0,37	0,34	0,41	0,37
sud-ovest	0,34	0,27	0,34	0,30	0,37	0,34
Ovest	0,29	0,22	0,32	0,27	0,36	0,30
Est	0,33	0,26	0,37	0,32	0,41	0,34

⁹ La stessa approssimazione della [2] si ritrova anche nella [3].

Nord-est	0,26	0,18	0,28	0,23	0,37	0,27
Nord-ovest	0,24	0,16	0,25	0,20	0,33	0,24
Nord	0,17	0,12	0,19	0,14	0,31	0,19

Tabella 7: Fattore di utilizzazione k_u per il settore terziario al variare di orientamento e località,

ORIENTAMENTO	LOCALITA'					
	Gruppo 1		Gruppo 2		Gruppo 3	
	≤ 250 m	> 250 m	≤ 250 m	> 250 m	≤ 250 m	> 250 m
sud	0,31	0,18	0,34	0,21	0,39	0,35
sud-est	0,31	0,20	0,33	0,26	0,39	0,33
sud-ovest	0,29	0,18	0,30	0,22	0,35	0,30
ovest	0,26	0,16	0,27	0,20	0,34	0,25
est	0,29	0,18	0,31	0,25	0,38	0,29
nord-est	0,21	0,14	0,24	0,15	0,34	0,23
nord-ovest	0,20	0,12	0,22	0,13	0,31	0,20
nord	0,15	0,10	0,18	0,10	0,29	0,18

Tabella 8: Fattore di utilizzazione k_u per il settore domestico al variare di orientamento e località.

6.2 Il coefficiente di trasformazione in energia primaria: k_{imp}

Per la conversione del risparmio energetico in risparmio di energia primaria, viene fissato un rendimento medio stagionale dell'impianto di climatizzazione (COP estivo) e un fattore di conversione tra fonte energetica (in genere energia elettrica) ed energia primaria.

Per quanto concerne il COP estivo medio dell'impianto, si tiene conto di tutti i rendimenti di impianto (produzione, distribuzione, regolazione).

Per passare dal COP estivo medio di impianto al coefficiente k_{imp} della [1] viene utilizzata la relazione:

$$k_{imp} = 0,22 / COP_{medio} \quad [tep/MWh] \quad [4]$$

dove 0,22 tep/MWh è il fattore di conversione in tep dell'energia elettrica, fissato dai decreti ministeriali 20 luglio 2004.

Se si fa riferimento a gruppi frigo ad assorbimento, il valore di k_{imp} va calcolato come il valore medio stagionale del rapporto tra il consumo di gas espresso in tep¹⁰ e l'energia sottratta all'ambiente espressa in MWh.

In Tabella 9 si riportano i valori del COP medio estivo considerati per il corrispondente valore di k_{imp} , per le diverse tipologie impiantistiche (sistemi split, chiller aria-aria, aria-acqua, acqua-acqua, assorbitori) prese come riferimento.

¹⁰ Tenendo conto del fattore di conversione fissato dai decreti ministeriali 20 luglio 2004, 1 MWh termico = 0,086 tep con Potere Calorifico Inferiore del gas naturale pari a 9,6 kWh/Sm³.

Tipo di impianto	COP _{medio}	k _{imp}
Unità split / multisplit	2,4	0,092
Chiller/Pdc aria-acqua	2,6	0,085
Chiller/Pdc aria-aria	2,4	0,092
Chiller/Pdc acqua-acqua	3,0	0,073
Chiller ad assorbimento	0,8 ¹¹	0,133

Tabella 9 : Determinazione del parametro k_{imp}

7. La formulazione sintetica

La prima semplificazione viene fatta sulla base delle seguenti approssimazioni:

- si sono rese le Tabelle 7 e 8, relative a k_u per il terziario ed il residenziale, simmetriche rispetto all'orientamento sud;
- utilizzando come riferimento per i parametri di k_u, gli edifici del terziario in località a quota inferiore a 250 m, sono stati applicati coefficienti correttivi per tenere conto di una altitudine > 250 m s.l.m. e/o della destinazione d'uso residenziale;
- si è fissato un unico valore medio di k_{imp}, pesato sulle tipologie impiantistiche esistenti¹².

Le semplificazioni apportate permettono di accorpare i parametri I_{esp}, k_u, k_{imp} in un unico coefficiente A, dimensionalmente corrispondente ai tep risparmiati per unità di superficie di vetro sostituito.

In altre parole:

$$A = 1000 I_{esp} * k_u * k_{imp} \quad [tep10^{-3}/m^2/anno] \quad [5]$$

Applicando le semplificazioni sopracitate per i coefficienti k_u e k_{imp}, si sono ricavati i valori del parametro A riportati nella Tabella 10.

ORIENTAMENTO	LOCALITA'		
	Gruppo 1	Gruppo 2	Gruppo 3
S	10,0	10,2	11,0
SE / SO	12,6	13,8	15,9
E / O	12,0	15,1	18,4
NE / NO	7,0	8,4	12,0
N	3,3	3,8	6,2

Tabella 10: Coefficiente A (10⁻³tep/m² anno).

Ridurre il valore del 15% per località sopra i 250 metri.

Ridurre il valore del 20% nel caso di applicazione nel settore residenziale.

La formulazione per il calcolo dell'energia primaria risparmiata, si riduce quindi a:

$$\Delta E = A * k_g \quad [10^{-3}tep/m^2/anno]$$

¹¹ Calcolato come rapporto tra l'energia termica utile erogata e la somma dell'energia termica corrispondente al gas consumato e all'energia elettrica consumata degli ausiliari interni ed esterni.

¹² Il valor medio del parametro k_{imp}, ottenuto dai dati di Tabella 9, pesati in relazione ad una predeterminata ipotesi di diffusione delle diverse tipologie di macchine, è risultato: k_{imp} = 0,09 tep/MWh.

Per quanto riguarda il parametro k_g , allo scopo di semplificare le verifiche e i controlli, viene fissato un unico valore, indipendentemente dalle caratteristiche delle alette (rapporto s/w), dalla tipologia della schermatura (interna, esterna orizzontale e verticale), dall'orientamento della parete.

Per rendere omogenei i parametri k_g ed A, anche per quest'ultimo è stato determinato un valore medio pesato per ogni gruppo di province, in relazione all'orientamento della parete. A tale proposito, sono stati considerati più probabili la sostituzione di vetri o l'applicazione di schermature in orientamenti sfavoriti (es. est, ovest), rispetto ad orientamenti con minore insolazione (es. nord).

I valori medi pesati del coefficiente A risultano di conseguenza:

Gruppo 1:	10,4
Gruppo 2:	12,1
Gruppo 3:	14,7

In conclusione, le semplificazioni apportate hanno prodotto i valori di risparmio specifico di energia primaria, riportati in Tabella 11.

Intervento sulla superficie vetrata	Applicazione schermi					
	Nessun Intervento			Schermi interni / esterni		
	Gruppo Province			Gruppo Province		
	1	2	3	1	2	3
Nessun Intervento	-	-	-	3,1	3,6	4,4
Vetri Doppi	1,0	1,2	1,5	3,8	4,4	5,4
Vetri a controllo solare oppure pellicole Fattore Solare: $0,4 < g < 0,75$	4,2	4,8	5,9	5,9	6,8	8,3
Vetri a controllo solare oppure pellicole Fattore Solare: $g \leq 0,4$	6,3	7,3	8,8	7,3	8,4	10,2

Tabella 11: Risparmio di energia primaria per unità di superficie finestrata

Per località sopra i 250 metri s.l.m., ai valori delle Tabelle precedenti va applicato un coefficiente riduttivo del 15%.

Nel caso di applicazioni nel settore residenziale va applicato un coefficiente riduttivo del 20%.

Nel caso di entrambe le condizioni devono essere applicati entrambe i coefficienti riduttivi (coeff. riduttivo globale = 32%).

8. Titoli di efficienza energetica (TEE) riconosciuti

Per questo intervento vengono riconosciuti TEE di tipo I, sulla base del fatto che la tecnologia considerata come riferimento (impianti di condizionamento) è alimentata, nella grande maggioranza dei casi, da energia elettrica.

Scheda tecnica n. 8: Isolamento termico delle pareti e delle coperture per il raffrescamento estivo in ambito domestico e terziario

1. ELEMENTI PRINCIPALI

1.1 Descrizione dell'intervento

Tipologia di intervento:	Climatizzazione ambienti e recuperi di calore in edifici climatizzati con l'uso di fonti energetiche non rinnovabili
Decreto ministeriale elettrico 20 luglio 2004:	Tabella A, tipologia di intervento n. 7
Decreto ministeriale gas 20 luglio 2004:	Tabella B, tipologia di intervento n. 13
Sotto-tipologia di intervento:	Interventi per l'isolamento termico degli edifici esistenti
Settore di intervento:	Edifici esistenti del Domestico, Terziario ufficio, Terziario commercio, Terziario istruzione, Terziario Ospedaliero
Tipo di utilizzo:	Raffrescamento

1.2 Calcolo del risparmio di energia primaria

Metodo di valutazione ¹	Valutazione standardizzata					
Unità fisica di riferimento:	1 m ² di superficie isolata					
Risparmio lordo di energia primaria conseguibile per singolo edificio:	$RL = RSL * S$ (tep/anno/edificio)					
Dove S è la superficie complessivamente isolata e RSL si ricava dalla tabella sottostante:						
Risparmio specifico lordo per unità di superficie isolata (RSL):	RSL (10 ⁻³ tep/m ² superficie isolata/anno)					
	<i>Settori di intervento: tutti</i>					
	K ² struttura prima dell'intervento (W/ m ² K)					
	0,7÷0,9	0,9÷1,1	1,1÷1,3	1,3÷1,6	1,6÷1,8	>1,8
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	1,0
Tipi di Titoli di Efficienza Energetica riconosciuti all'intervento ³					Tipo I	

¹ Si veda: articolo 3, delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, 18 settembre 2003, n. 103/2003.

² Trasmittanza termica della struttura prima dell'intervento. Nella tabella allegata alla scheda si riporta la corrispondenza tra i valori di K ed alcune tra le più diffuse strutture di parete e di copertura prese a riferimento per l'edilizia esistente.

³ Si veda: articolo 17, delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, 18 settembre 2003, n. 103/2003.

2. NORME TECNICHE DA RISPETTARE E CONDIZIONI DI AMMISSIBILITA'

Gli interventi di isolamento delle pareti considerati ammissibili ai fini del riconoscimento dei risparmi energetici, con riferimento all'art. 6, comma c dei decreti ministeriali 20 luglio 2004 e del DM MICA del 2/4/98 "Modalità di certificazione delle caratteristiche e delle prestazioni energetiche degli edifici e degli impianti ad essi connessi", debbono essere effettuati con coibente di qualità e spessore aventi resistenza termica superiore ai valori indicati nella tabella seguente.

Zona climatica ⁴	Resistenza minima ammissibile (R) [m ² K/W]
A, B	0,9
C	1,0
D	1,1
E	1,2
F	1,3

I valori di resistenza R dell'isolante applicato devono essere deducibili dalla relativa documentazione tecnica indicante la conducibilità λ e lo spessore d; il valore $R = d / \lambda$ (m² K/W) deve risultare maggiore dei valori di resistenza minima ammissibile in tabella.

Le condizioni di ammissibilità sopra indicate, fanno riferimento a quelle utilizzate per l'intervento della Scheda n. 6 di cui alla deliberazione n. 111/04, relativo all'isolamento termico dei componenti opachi di involucro per il riscaldamento invernale. L'intervento della scheda in oggetto, relativo al raffrescamento, produce risparmi di energia primaria cumulabili a quelli prodotti nel riscaldamento, purché siano rispettate le condizioni di ammissibilità sopra enunciate.

L'installazione deve essere realizzata su edifici esistenti.

Sono esclusi gli isolamenti interni di pareti verticali.

TIPOLOGIE DI PARETI E COPERTURE PER CAMPI DI TRASMITTANZA TERMICA K

K parete/copertura (W/m ² K)	TIPOLOGIE DI STRUTTURA DI RIFERIMENTO
0,7÷0,9	Parete monolitica in laterizio forato (12 cm) con pannello coibente da 3 cm Parete in blocchi cavi di calcestruzzo (di seguito: cls), 30 cm con 3 cm di isolamento Copertura piana in latero-cemento isolata con coibente 3 cm Copertura a falda inclinata in latero-cemento + solaio sottotetto in latero-cemento non isolati
0,9÷1,1	Parete in cls in opera + pannello coibente da 3 cm Parete a cassa vuota in laterizio forato senza isolamento Parete a cassa vuota in cls + pannello coibente da 3 cm Parete a cassa vuota in cls e laterizio non isolata Pannello leggero con isolamento da 4 cm
1,1÷1,3	Parete in cls alleggerito (20 cm)

⁴ cf. DPR 412/93

	Parete a cassa vuota in laterizio forato e pieno senza isolamento Copertura a falda con tegole + solaio sottotetto in latero-cemento non isolato
1,3÷1,6	Parete in laterizio pieno (35 cm) non isolata Parete monolitica in roccia naturale (50 cm) non isolata Copertura piana in latero-cemento non isolata Soletta in legno con camera d'aria
1,6÷1,8	Parete in laterizio pieno (25 cm) non isolata
> 1,8	Parete monolitica in laterizio forato (12 cm) non isolata Parete di cls non isolata Parete in blocchi cavi di cls (30 cm) non isolata Parete a cassa vuota in cls non isolata

3. DOCUMENTAZIONE SUPPLEMENTARE⁵ DA CONSERVARE

Nome, indirizzo e recapito telefonico di ogni cliente partecipante.

⁵ Rispetto a quanto specificato all'articolo 14 comma 3, delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, 18 settembre 2003, n. 103/2003.

ALLEGATO LLA SCHEDA TECNICA N. 8: PROCEDURA PER IL CALCOLO DEL RISPARMIO DI ENERGIA PRIMARIA

1. Premessa

La presente scheda si riferisce al calcolo dei risparmi energetici generati da interventi di ristrutturazione di edifici esistenti con interventi tesi al miglioramento delle capacità isolanti delle pareti e delle coperture ai fini del raffrescamento estivo.

Esulano dall'ambito di questa scheda gli interventi di isolamento applicati durante la costruzione di nuovi edifici. Ciò deriva dal fatto che nel caso di nuove costruzioni, la situazione di riferimento (*baseline*) da assumere per il calcolo dei risparmi sarebbe significativamente diversa da quella considerata in questa procedura; gli edifici nuovi, infatti, essendo soggetti al dettato della legge n.10 del 1991 sul coefficiente di dispersione Cd, presentano già un grado di isolamento tale da rendere molto esigui i risparmi conseguibili con gli interventi descritti nel seguito.

Il risparmio energetico derivante dalla installazione degli isolamenti termici opachi è calcolato come minor consumo di un ipotetico impianto di climatizzazione; l'impianto è ipotetico in quanto la presenza effettiva dello stesso nei casi reali non è imposta come vincolo, dal momento che l'intervento di raffrescamento tramite installazione di pareti e coperture può essere considerato, almeno parzialmente, alternativo all'installazione di un sistema di climatizzazione estivo.

2. Formulazione generale

L'effetto complessivo di un incremento dell'isolamento termico della parete in estate è in genere limitato e non paragonabile a quanto avviene in inverno, a causa della coesistenza di fenomeni in parte contrapposti. Per questo motivo, per la valutazione dei risparmi connessi all'isolamento termico dei componenti opachi in raffrescamento, si propone una metodologia molto semplificata basata sulle seguenti assunzioni:

- per pareti e coperture a diretto contatto con l'ambiente interno si trascura l'effetto della differenza di temperatura tra aria interna e aria esterna; per l'isolamento di coperture con sottotetto, tale limitazione non viene applicata;
- per le pareti si considera nullo il beneficio dell'isolamento termico ai fini del raffrescamento estivo per isolamenti dall'interno, in quanto alla riduzione dei guadagni solari trasmessi dalla muratura si contrappone un peggioramento del comportamento della struttura nello smorzamento e sfasamento dei carichi interni e dei guadagni solari entranti dalle finestre⁶; per le coperture e i solai sottotetto, visto l'elevato irraggiamento cui sono soggetti tali componenti, tale limitazione non viene applicata;
- per l'isolamento dei solai di copertura in presenza di sottotetto, per quanto i meccanismi di scambio termico non siano esattamente gli stessi di quelli che si verificano in presenza di isolamento del solaio sottotetto, si assume che il risparmio di energia primaria sia analogo a quello calcolato per l'isolamento di solai sottotetto.

Il risparmio energetico derivante dall'intervento di isolamento termico in raffrescamento, nella formulazione generale, escludendo i casi per i quali viene considerato l'effetto della differenza di temperatura tra aria interna e aria esterna, viene determinato come proporzionale alla riduzione dei guadagni solari entranti. Si utilizza la relazione:

⁶ I guadagni solari entranti dalle finestre, raggiungendo direttamente le pareti interne vengono assorbiti dalle stesse e ritrasmessi all'ambiente con modalità simili a quelle dei carichi prodotti all'interno dell'edificio.

$$\Delta E = I_{\text{glob}} \frac{\alpha_{\text{assorb}} \Delta K}{h_e} k_u k_{\text{imp}} \quad (1)$$

dove:

ΔE	riduzione dei consumi di energia primaria per effetto della coibentazione (tep/m ² anno)
I_{glob}	irraggiamento solare complessivo sulla parete nella stagione estiva (MWh/m ² anno)
α_{assorb}	assorbanza esterna della parete (-)
h_e	coefficiente superficiale di scambio termico sulla parete (W/m ² K)
ΔK	riduzione della trasmittanza termica della parete per effetto della coibentazione (W/m ² K)
k_u	coefficiente di utilizzazione (adimensionale: range 0÷1)
k_{imp}	coefficiente per la trasformazione di energia utile in energia primaria (tep/MWh)

Il coefficiente di utilizzazione k_u tiene conto del fatto che solo parte della riduzione di guadagno solare si trasforma in effettivo risparmio sui consumi (analogamente a quanto avviene per la radiazione solare entrante dalle superfici vetrate). Mediante una serie di simulazioni si è stimata una modesta incidenza di k_u sul risparmio di energia primaria. Non si è quindi ritenuto opportuno differenziare tale coefficiente in base alla tipologia dell'edificio (residenziale, terziario) e alle conseguenti modalità d'uso dell'impianto di condizionamento. Per le successive valutazioni si assume un valore medio di k_u pari a 0,5.

Per quanto riguarda l'assorbanza interna α_{assorb} , si è evitato di rendere il parametro variabile in base alla colorazione esterna della parete, per escludere interpretazioni arbitrarie sui concetti di *chiaro* e *scuro*; si è quindi fissato un valore medio unico di α_{assorb} pari a 0,60.

Come coefficiente superficiale di scambio termico con l'esterno h_e si assume il valore comunemente adottato in letteratura per $h_e = 23 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Il coefficiente k_{imp} trasforma il risparmio di energia utile in risparmio di energia primaria, in funzione delle caratteristiche della fonte energetica, del tipo di generatore e dei rendimenti di impianto. Per il valore di k_{imp} viene assunto quanto riportato per la proposta di scheda tecnica relativa ai risparmi in raffrescamento con interventi di riduzione della radiazione attraverso le superfici vetrate; in sintesi, per la conversione del risparmio energetico in risparmio di energia primaria, viene fissato un rendimento medio stagionale dell'impianto di climatizzazione (COP estivo) e un fattore di conversione tra fonte energetica (in genere energia elettrica) ed energia primaria. Considerando i valori del COP medio estivo per le diverse tipologie impiantistiche (sistemi split, chiller aria-aria, aria-acqua, acqua-acqua, assorbitori) e sulla base di una predeterminata ipotesi di diffusione delle diverse tipologie di macchine, è stato ottenuto un valore medio pesato di k_{imp} pari a 0,09 tep/MWh.

Per quanto riguarda i parametri I_{glob} e ΔK , vengono esaminati separatamente gli interventi di coibentazione delle pareti verticali da quelli delle coperture.

In particolare, per quanto riguarda l'irraggiamento solare, a seguito di un esame preliminare sull'entità dei risparmi conseguibili, non è stato ritenuto significativo procedere ad una suddivisione per gruppi di province, come fatto per le superfici vetrate.

Sia per I_{glob} che per ΔK , allo scopo di poter associare i risparmi riconosciuti per interventi di isolamento termico in raffrescamento con quelli riconosciuti in riscaldamento, in una prima fase viene tenuta in considerazione l'appartenenza della località oggetto dell'intervento alla Zona Climatica. Di seguito sono esposti i criteri adottati per la loro determinazione nel caso delle pareti verticali e di coperture e sottotetti.

3. Isolamento di pareti verticali

Per l'irraggiamento globale (I_{glob}) si è utilizzato un valore medio unico per tutte le pareti verticali, indipendente dall'orientamento. Il valore medio utilizzato nei calcoli è stato ottenuto dalla elaborazione dei dati riportati nella UNI 10349 per pareti verticali. L'irraggiamento per ogni Zona Climatica è stato individuato associando alle Zone Climatiche una provincia rappresentativa.

Per quanto riguarda l'isolamento termico della parete (ΔK), allo scopo di poter associare i contributi in raffrescamento con quelli in riscaldamento, si fa riferimento ai limiti di isolamento minimi indicati nella scheda standardizzata n. 6 (delibera n. 111/04) per il calcolo dei risparmi in riscaldamento con interventi di isolamento termico dei componenti opachi. Da tale scheda vengono ripresi i limiti minimi degli spessori di "polistirolo equivalente" variabili tra circa 4 cm in zona A,B e circa 6 cm in zona F. Il valore minimo ammissibile per il quale si giustifica un intervento di isolamento è stato determinato considerando, in via approssimata, il rispetto del coefficiente globale di dispersione C_d (riscaldamento), stabilito nel DPR 412/93.

Sulla base dei valori di trasmittanza termica conseguente alla applicazione dei suddetti spessori di isolante ed alla trasmittanza prima dell'intervento si sono ricavati i valori ΔK (W/m^2K), prima e dopo l'intervento stesso, in relazione alla zona climatica.

Applicando alla relazione [6] i valori dei parametri di I_{glob} e di ΔK specifici per pareti verticali e i parametri ritenuti validi in generale per i tamponamenti opachi (α_{assorb} , h_e , k_u , k_{imp}), si ottiene il risparmio di energia primaria per pareti verticali, per unità di superficie di intervento riportato nella tabella seguente.

Zona climatica	K parete prima dell'intervento [W/m^2K]					
	0,7÷0,9	0,9÷1,1	1,1÷1,3	1,3÷1,6	1,6÷1,8	>1,8
A, B	0,17	0,24	0,32	0,40	0,53	0,66
C	0,18	0,26	0,34	0,42	0,55	0,68
D	0,18	0,25	0,32	0,40	0,52	0,65
E	0,17	0,24	0,32	0,39	0,51	0,63
F	0,18	0,25	0,33	0,40	0,52	0,64

Tabella 1: Risparmio di energia primaria per interventi di isolamento dall'esterno o nell'intercapedine di pareti verticali (10^{-3} tep/ m^2 /anno) al variare della zona climatica

Tenendo conto del modesto effetto prodotto dalla zona climatica si utilizzeranno nel seguito i valori medi di tabella 2, calcolati indipendentemente dalla zona climatica.

K parete prima dell'intervento [W/m^2K]					
0,7÷0,9	0,9÷1,1	1,1÷1,3	1,3÷1,6	1,6÷1,8	>1,8
0,18	0,25	0,32	0,40	0,53	0,65

Tabella 2: Risparmio di energia primaria (RSL) in 10^{-3} tep/ m^2 anno per interventi di isolamento dall'esterno o nell'intercapedine di pareti verticali

4. Isolamento di coperture e sottotetti

Per quanto concerne l'isolamento di coperture e sottotetti, si ricorda che non si applica la limitazione sulla posizione del coibente fissata per le pareti verticali. Si distinguono due configurazioni diverse:

- isolamento di tetto a contatto diretto con l'ambiente climatizzato (es. mansarde, tetti piani);
- isolamento di tetto non a contatto diretto con l'ambiente climatizzato (es. coibentazione del tetto in presenza di solaio sottotetto, isolamento del solaio sottotetto).

4.1 Isolamento di copertura a contatto diretto con l'ambiente climatizzato

In questo caso il tetto si comporta come una parete verticale con la sola differenza che i valori medi di irraggiamento sono notevolmente superiori sul piano delle coperture rispetto alle pareti verticali. Facendo riferimento ai dati climatici riportati nella Norma UNI 10349, il rapporto medio tra

l'irraggiamento su una copertura (piana o anche leggermente inclinata) e quello per le pareti verticali, è stato valutato pari a 1,8, senza significative variazioni rispetto alla zona climatica.

I risparmi connessi ad interventi di isolamento di tetti a contatto con l'ambiente climatizzato riportati nella sottostante tabella 3, sono stati valutati moltiplicando direttamente i valori di risparmio di energia primaria delle pareti verticali per il rapporto tra irraggiamento su copertura e irraggiamento medio su parete verticale (rapporto = 1,8).

K copertura prima dell'intervento [W/m²K]					
0,7÷0,9	0,9÷1,1	1,1÷1,3	1,3÷1,6	1,6÷1,8	>1,8
0,32	0,45	0,58	0,73	0,95	1,17

Tabella 3: Risparmio di energia primaria in $10^3 \text{ tep/m}^2 \text{ anno}$ per interventi di isolamento di coperture a contatto con ambienti climatizzati

4.2 Isolamento di solaio sottotetto

Per quanto concerne l'isolamento dei solai sottotetto l'effetto ottenuto con l'applicazione dell'isolamento non consiste nella limitazione diretta dei guadagni solari che incidono sulla superficie (che è in ombra), quanto nella riduzione dello scambio termico tra ambiente interno e ambiente sottotetto che presenta una temperatura media più alta della temperatura esterna.

Complessivamente nel corso della stagione estiva le minori dispersioni attraverso il solaio sottotetto per effetto di un isolamento, producono una riduzione dei consumi di energia primaria che può essere stimata con la seguente relazione:

$$\Delta E = \Delta K \Delta T_{\text{sottotetto}} n_{\text{ore estive}} k_u k_{\text{imp}} \quad (2)$$

dove:

ΔK riduzione della trasmittanza termica del sottotetto dovuta alla coibentazione (W/m²K)
 $\Delta T_{\text{sottotetto}}$ differenza media tra temperatura sottotetto e temperatura esterna (°C)
 $n_{\text{ore estive}}$ ore di raffrescamento della stagione estiva

Applicando una relazione utilizzata nella Norma UNI 10375 per il calcolo di $\Delta T_{\text{sottotetto}}$, e adottando opportune semplificazioni, l'equazione finale per il calcolo di ΔE assume la stessa forma dell'equazione utilizzata per un solaio di copertura a diretto contatto con l'esterno, con la presenza di un coefficiente riduttivo, funzione dei ricambi orari e della trasmittanza termica del tetto. Ai fini di questa analisi, si è ritenuto sufficiente fissare come costanti questi valori, ottenendo in tal modo un rapporto dei risparmi tra sottotetto e tetto direttamente esterno pari a 0,76.

La tabella successiva riporta i risparmi connessi a soluzioni di isolamento dei sottotetti così ottenuti.

K sottotetto prima dell'intervento [W/m²K]					
0,7÷0,9	0,9÷1,1	1,1÷1,3	1,3÷1,6	1,6÷1,8	>1,8
0,24	0,34	0,44	0,55	0,72	0,89

Tabella 4: Risparmio di energia primaria in $\text{tep}10^{-3}/\text{m}^2 \text{ anno}$ per interventi di isolamento di sottotetti

Per l'isolamento dei solai di copertura in presenza di sottotetto, che si è ritenuto sufficiente assimilare ai solai sottotetto, il valore del solaio di copertura cui fare riferimento per la trasmittanza termica è sempre quella del sottotetto.

5. Quadro riepilogativo per i tamponamenti opachi

I valori di risparmio di energia primaria derivanti dall'isolamento termico dei componenti opachi dell'involucro edilizio, esposti nelle tabelle precedenti, vengono mediati ed espressi come funzione delle caratteristiche di isolamento della struttura prima dell'intervento, indipendente dal tipo di struttura opaca oggetto dell'intervento. Risultano i valori di risparmio di energia primaria per unità di superficie, riportati in tabella 5.

K parete/copertura prima dell'intervento [W/m²K]					
<i>0,7÷0,9</i>	<i>0,9÷1,1</i>	<i>1,1÷1,3</i>	<i>1,3÷1,6</i>	<i>1,6÷1,8</i>	<i>>1,8</i>
0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9

Tabella 5: Risparmi di energia primaria in 10⁻³ tep/m²/anno per interventi di isolamento di componenti opachi

6. Titoli di efficienza energetica (TEE) riconosciuti

Per questo intervento vengono riconosciuti TEE di tipo I, sulla base del fatto che la tecnologia considerata come riferimento (impianti di condizionamento) è alimentata, nella grande maggioranza dei casi, da energia elettrica.

Scheda tecnica n. 9 – Installazione di caldaia centralizzata alimentata a gas a 4 stelle di efficienza in ambito residenziale

1. ELEMENTI PRINCIPALI

1.1 Descrizione dell'intervento

Tipologia di intervento:	Dispositivi per la combustione delle fonti energetiche non rinnovabili
Decreto ministeriale elettrico 20 luglio 2004:	Tabella B, tipologia di intervento n. 9
Decreto ministeriale gas 20 luglio 2004:	Tabella A, tipologie di intervento n. 1 e n. 2
Sotto-tipologia di intervento:	Interventi per la sostituzione di dispositivi esistenti con altri a più elevata efficienza; Installazione di sistemi e prodotti per la riduzione delle esigenze di acqua calda
Settore di intervento:	Domestico
Tipo di utilizzo:	- Riscaldamento dei locali - Riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria

1.2 Calcolo del risparmio di energia primaria

Metodo di valutazione ¹	Valutazione standardizzata	
Unità fisica di riferimento:	appartamento tipo riscaldato	
Risparmio lordo (RL) di energia primaria conseguibile per ogni caldaia installata:	$RL = RSL \cdot N$ (tep/anno/caldaia)	
Dove:	<ul style="list-style-type: none"> - RSL si ricava dalla tabella sottostante in funzione del tipo di utilizzo - N: numero di appartamenti serviti dalla caldaia 	
Risparmio specifico lordo di energia primaria conseguibile per singola unità fisica di riferimento (RSL)	Zona climatica	RSL (tep/app.to/anno) differenziato per tipo di utilizzo
		Riscaldamento Riscaldamento + acqua calda sanitaria (acs)
	A/B	$10 \cdot 10^{-3}$ $34 \cdot 10^{-3}$
	C	$15 \cdot 10^{-3}$ $39 \cdot 10^{-3}$
	D	$30 \cdot 10^{-3}$ $55 \cdot 10^{-3}$
	E	$52 \cdot 10^{-3}$ $76 \cdot 10^{-3}$
F	$73 \cdot 10^{-3}$ $97 \cdot 10^{-3}$	
Tipi di Titoli di Efficienza Energetica riconosciuti all'intervento ²	<p>Tipo II per risparmi ottenuti da caldaie a 4 stelle installate in edifici nuovi e in edifici esistenti dotati di sistemi di riscaldamento alimentato a gas naturale (centralizzato o autonomo).</p> <p>Tipo III per risparmi ottenuti da caldaie a 4 stelle installate in edifici esistenti dotati di sistemi di riscaldamento alimentato con altri combustibili.</p>	

¹ Si veda: articolo 3, delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, 18 settembre 2003, n. 103/2003.

² Si veda: articolo 17, delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, 18 settembre 2003, n. 103/2003.

2. NORME TECNICHE DA RISPETTARE E CONDIZIONI DI AMMISSIBILITA'

2.1 Norme tecniche da rispettare

- DPR n. 412 del 1993: Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n. 10.
- DPR n. 660 del 15 novembre 1996: Regolamento per l'attuazione della Direttiva 92/42/CEE concernente i requisiti di rendimento delle nuove caldaie ad acqua calda, alimentate con combustibili liquidi o gassosi.
- DPR n. 551 del 1999: Regolamento recante modifiche al decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, in materia di progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia.

2.2 Condizioni di ammissibilità

L'installazione ex-novo o la sostituzione dell'esistente è ammessa solo per caldaie con 4 stelle di efficienza (DPR 660/96).

Nel caso di installazione della caldaia in edifici nuovi o in edifici esistenti dotati di riscaldamento autonomo è richiesta la predisposizione di un opportuno sistema di contabilizzazione del calore.

3. DOCUMENTAZIONE SUPPLEMENTARE³ DA CONSERVARE

- Nome, indirizzo e recapito telefonico di ogni cliente partecipante.
- Marca, tipo e n° di matricola della caldaia installata.
- Rapporto di controllo tecnico come da fac-simile di cui al DPR n. 551 del 1999.

³ Rispetto a quanto specificato all'articolo 14 comma 3, delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, 18 settembre 2003, n. 103/2003.

ALLEGATO ALLA SCHEDE TECNICA N. 9: PROCEDURA PER IL CALCOLO DEL RISPARMIO DI ENERGIA PRIMARIA

1. Definizione dei parametri rilevanti

I consumi energetici di un appartamento sono legati al riscaldamento degli ambienti ed alla produzione di acqua calda sanitaria.

L'installazione di una caldaia condominiale ad alta efficienza implica anche, per il suo buon funzionamento, l'utilizzo di fan coil⁴ ai quali è inevitabilmente associato un consumo di energia elettrica.

I parametri rilevanti per il calcolo dei risparmi energetici sono i seguenti:

- Rendimenti medi stagionale % (con riferimento al Potere Calorifico Inferiore del combustibile):
 - caldaia standard $\eta_{st,e}$
 - caldaia a quattro stelle $\eta_{st,n}$
- Parametri di utilizzo:
 - E_{Fc} energia elettrica consumata dai fan coil (kWh/anno)
 - $E1$ fabbisogno termico dell'appartamento medio servito dalla caldaia nella zona climatica di appartenenza (Mcal/anno)
 - $E2$ consumo giornaliero di acqua calda (a 60 °C) per persona (l/giorno)
 - $E3$ numero di occupanti dell'appartamento medio
 - F_{el} fattore di energia primaria (tep/kWh)
 - T_i temperatura dell'acqua di rete (°C)
 - T_u temperatura di produzione dell'acqua calda sanitaria (°C)

2. Calcolo del risparmio di energia primaria

Il risparmio lordo annuo di energia primaria per ogni appartamento servito dal nuovo impianto può essere valutato con la formula seguente:

$$RSL = F1 + F2 - F3 \quad [\text{tep/appartamento/anno}]$$

dove:

F1 Riduzione di consumo di energia primaria dovuto alla variazione di rendimento di caldaia:

$$F1 = [(1/\eta_{st,e} - 1/\eta_{st,n}) * E1] * 10^{-4} \quad [\text{tep/appartamento/anno}]$$

F2 Riduzione di consumo di energia primaria dovuto alla variazione di rendimento nella produzione di acqua calda sanitaria:

$$F2 = E2 * 365 * (T_u - T_i) * E3 * (1/\eta_{st,e} - 1/\eta_{st,n}) * 10^{-7} \quad [\text{tep/appartamento/anno}]$$

⁴ I fan coil sono necessari per assicurare la funzionalità dell'impianto a bassa temperatura alimentato da caldaia a quattro stelle.

F3 Incremento di consumo di energia primaria dovuto ai fan coil:

$$F3 = [E_{Fc} * F_{el}] \quad [\text{tep/appartamento/anno}]$$

Nel caso di impianto "a pavimento", $F3 = 0$ ed il risparmio specifico lordo si calcola sommando ai valori di Tabella 2 il valore di F3 ricavabile utilizzando i dati di Tabella 1.

La quantificazione del risparmio avviene utilizzando i seguenti valori dei parametri:

- Rendimento medio stagionale % (riferito al Potere Calorifico Inferiore del combustibile):
 - caldaia sostituita 82 per caldaie standard⁵
 - caldaia sostitutiva 94 per caldaie a quattro stelle
- Parametri di utilizzo:
 - energia elettrica consumata dai fan coil (E_{Fc}): valori di riferimento in Tabella 1;
 - fabbisogno termico dell'appartamento medio servito dalla caldaia nella zona climatica di appartenenza ($E1$): valori di riferimento in Tabella 1;
 - consumo giornaliero di acqua calda, a 60 °C, per persona ($E2$): 35 l/giorno/persona;
 - numero di occupanti dell'appartamento medio ($E3$): 2,7 persone;
 - fattore di energia primaria (F_{el}): $0,22 \cdot 10^{-3}$ tep/kWh;
 - temperatura dell'acqua di rete (T_i): 15 °C;
 - temperatura di produzione dell'acqua calda sanitaria (T_u): 60 °C.

Tabella 1 - Parametri di riferimento per appartamento medio (82 m²)

Zona climatica	Fabbisogno termico dell'appartamento (Mcal/anno)	Fabbisogno elettrico fan coil (kWh/anno)
A/B	1,903	90
C	3,225	160
D	5,071	220
E	7,290	280
F	9,769	360

L'applicazione di questi valori dei parametri nella procedura sopra descritta fornisce i valori di risparmio lordo (RSL) mostrati in Tabella 2.

⁵ La ricognizione sul parco nazionale ha mostrato che le caldaie con 2 stelle di rendimento rappresentano la quasi totalità del mercato italiano. Per queste caldaie, che rappresentano la tecnologia di riferimento, si è assunta un'efficienza media stagionale pari a 82 %.

Tabella 2 - Risparmi energetici conseguibili in impianti con l'utilizzo di dispositivi di combustione a elevata efficienza (caldaie a quattro stelle, settore domestico)

Tipo di utilizzo	Zona	Riduzione consumo (tep/app.to/anno)
Riscaldamento	A/B	$10 \cdot 10^{-3}$
Riscaldamento	C	$15 \cdot 10^{-3}$
Riscaldamento	D	$30 \cdot 10^{-3}$
Riscaldamento	E	$52 \cdot 10^{-3}$
Riscaldamento	F	$73 \cdot 10^{-3}$
Riscaldamento + acs	A/B	$34 \cdot 10^{-3}$
Riscaldamento + acs	C	$39 \cdot 10^{-3}$
Riscaldamento + acs	D	$55 \cdot 10^{-3}$
Riscaldamento + acs	E	$76 \cdot 10^{-3}$
Riscaldamento + acs	F	$97 \cdot 10^{-3}$

4. Tipi di titoli di efficienza energetica (TEE) riconosciuti

Vista la rilevanza dell'intervento considerato, i tipi di TEE da riconoscere vengono definiti caso per caso, sulla base del combustibile di alimentazione utilizzato nella situazione precedente (nel caso di sostituzione) o che sarebbe utilizzato nel caso di nuova installazione di un diverso sistema di riscaldamento (caso di nuova installazione).

Scheda tecnica n. 10 - Installazione di sistemi di termoregolazione e contabilizzazione del calore al servizio di impianti di riscaldamento centralizzato per il settore residenziale

1. ELEMENTI PRINCIPALI

1.1 Descrizione dell'intervento

Tipologia di intervento:	Climatizzazione ambienti e recuperi di calore in edifici climatizzati con l'uso di fonti energetiche non rinnovabili
Decreto ministeriale elettrico 20 luglio 2004:	Tabella B, tipologia di intervento n. 11
Decreto ministeriale gas 20 luglio 2004:	Tabella A, tipologia di intervento n. 3
Sotto-tipologia di intervento:	Sistemi di termoregolazione e contabilizzazione del calore per impianti di riscaldamento centralizzato
Settore di intervento:	Residenziale
Tipo di utilizzo	Riscaldamento ambienti

1.2 Calcolo del risparmio di energia primaria

Metodo di valutazione ¹	Valutazione standardizzata		
Unità fisica di riferimento	Appartamento tipo riscaldato		
Risparmio specifico lordo di energia primaria conseguibile per appartamento riscaldato, RSL	zona	RSL tep/app.to/anno	
	A/B	44·10 ⁻³	
	C	62·10 ⁻³	
	D	83·10 ⁻³	
	E	105·10 ⁻³	
	F	112·10 ⁻³	
Tipi di Titoli di Efficienza Energetica riconosciuti all'intervento ²	Tipo II	70%	
	Tipo III	30%	

¹ Si veda: articolo 3 dell'Allegato A della delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, 18 settembre 2003, n. 103/2003.

² Si veda: articolo 17 dell'Allegato A della delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, 18 settembre 2003, n. 103/2003.

2. NORME TECNICHE DA RISPETTARE

- DPR n. 412 del 1993 Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n. 10.
- DPR n. 551 del 1999 Regolamento recante modifiche al decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, in materia di progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia.

3. DOCUMENTAZIONE SUPPLEMENTARE³ DA CONSERVARE

- Nome, indirizzo e recapito telefonico di ogni cliente partecipante.

³ Rispetto a quanto specificato all'articolo 14, comma 3, delibera dell'Autorità per l'energia elettrica e il gas, 18 settembre 2003, n. 103/2003.

ALLEGATO 1 ALLA SCHEDA TECNICA N. 10: PROCEDURA PER IL CALCOLO DEL RISPARMIO DI ENERGIA PRIMARIA

1. Premessa

La metodologia proposta ha lo scopo di:

1. consentire una valutazione ex-ante di tipo standard;
2. minimizzare la quantità di dati e informazioni forniti dal proponente.

Entrambi questi vincoli impongono l'assunzione di ipotesi che se da un lato rispondono all'esigenza di avere una metodologia semplice nelle fasi di elaborazione, verifica e controllo, dall'altro implicano forzatamente una maggiore approssimazione dei valori di energia risparmiata.

Per il caso in esame le assunzioni fatte che presentano criticità riguardano le stime dei parametri che concorrono al calcolo delle percentuali di risparmi per ognuno dei singoli interventi proposti; in particolare si segnalano:

- la formulazione adottata per il calcolo dei singoli contributi del risparmio percentuale in funzione delle sovratemperature evitate (che tiene conto del discontinuo utilizzo di alcune zone riscaldate);
- i valori utilizzati per le percentuali di non utilizzo dei locali e per le sovratemperature evitate;
- il valore del risparmio percentuale dovuto all'ottimizzazione dei tempi di intervento.

2. La tecnologia

La termoregolazione nell'ambito del riscaldamento degli ambienti permette di mantenere costante la temperatura desiderata, adattando l'erogazione di calore dai corpi scaldanti in dipendenza dalle condizioni climatiche esterne e dagli apporti gratuiti interni. Essa dà inoltre la possibilità di differenziare la temperatura dei locali a seconda dei tempi di occupazione e della destinazione d'uso dei locali stessi. Questo consente, ad esempio, di fissare temperature ridotte, rispetto ai valori di comfort, durante le assenze e negli ambienti normalmente meno frequentati. Per consentire le funzioni sopra descritte, un sistema di termoregolazione opera in risposta alla temperatura desiderata in funzione del tempo (ora del giorno, giorno della settimana, ecc.) per ciascuna delle zone controllate.

I sistemi di contabilizzazione del calore misurano la quantità di calore consumata in ogni appartamento; negli impianti centralizzati essi rappresentano il complemento naturale ai sistemi di termoregolazione poiché consentono di ripartire le spese di riscaldamento in base al consumo reale, beneficiando quindi coloro i quali, grazie alla termoregolazione, sono in grado di utilizzare in modo più corretto il riscaldamento.

3. I requisiti

Questa scheda si riferisce a sistemi di termoregolazione e contabilizzazione del calore da installare in edifici con impianto centralizzato dove siano garantiti i seguenti requisiti minimi:

- Regolazione indipendente della temperatura ambiente di ciascuna zona, dove per zona si intende il locale servito dal corpo scaldante termoregolato.
- Controllo automatico dell'erogazione di calore dei corpi scaldanti.
- Contabilizzazione del consumo di calore ai fini del riparto spese.

4. Procedura di calcolo

Il sistema di termoregolazione ambientale qui considerato sostituisce la regolazione attualmente in uso, che limita la sua operatività al controllo della temperatura di mandata sulla base delle rilevazioni della temperatura esterna e che programma l'erogazione di calore sulla base delle fasce orarie.

L'unità fisica di riferimento per il calcolo dei fabbisogni, consumi e risparmi è un appartamento medio di riferimento di 82 m².

Il RSL di energia primaria che deriva dall'adozione del sistema di termoregolazione ambientale, è determinato dall'apporto cumulato degli effetti delle regolazioni elencate nel successivo paragrafo 4.1.

4.1 Individuazione dei fattori di risparmio

4.1.1 Programmazione specifica di zona non utilizzata

Il sistema qui considerato consente all'utente finale di abbassare la temperatura dei corpi scaldanti nei periodi di assenza in maniera autonoma rispetto alla restante parte dell'edificio (assenze occasionali, ferie, fine settimana). Si stima che questa operazione porti, per un edificio completamente climatizzato, a un abbattimento stimato del 17% dei tempi di utilizzo dell'impianto di diffusione.

Per il calcolo dei risparmi conseguenti a questa valutazione viene proposta la seguente formula:

$$r_a = a \cdot \delta / (20 - T_E)$$

dove:

a = percentuale di assenza per fine settimana e festività (17%)

δ = scarto tra temperatura di comfort e temperatura di risparmio (2 °C)

T_E = temperatura media esterna stagionale.

4.1.2 Equilibratura termica dell'edificio

In un edificio generico coesistono zone che sono termicamente favorite rispetto ad altre che, per il loro posizionamento o per maggiori dispersioni, risultano sfavorite.

Per poter garantire anche nelle zone sfavorite la temperatura di 20 °C prevista dalla norma come temperatura di comfort, è possibile si raggiungano, nelle zone favorite, temperature superiori ai 20 °C.

Si ipotizza una sovratemperatura media di 2 °C relativamente al 50% del volume climatizzato; ciò equivale a 1 °C medio sull'intero volume.

Con la termoregolazione ambientale di zona questa situazione tende a essere eliminata.

Il fattore di riduzione dei consumi, conseguente alle valutazioni di sopra, può essere stimato con la seguente formula:

$$r_b = \sigma / (20 - T_E)$$

dove:

σ = sovratemperatura media evitata (1 °C)

T_E = temperatura media esterna stagionale.

4.1.3 Programmazione specifica di zona occupata

Il sistema consente che in ciascuna zona venga effettuata una programmazione specifica, espressione dell'autonomia termica del residente.

I parametri che caratterizzano tale programmazione sono l'orario e il valore di temperatura.

Si considera una percentuale media di locali non occupati pari al 30% e una erogazione termica differenziata fra zone occupate stabilmente e quelle non occupate stimata in -2 °C. Si ritiene inoltre che questo intervento non venga effettuato nei periodi di assenza già considerati in precedenza. Con queste ipotesi si ricava:

$$r_c = (1 - a) \cdot z \cdot \delta / (20 - T_E)$$

dove:

a = percentuale di assenza per fine settimana e festività (17%)

z = quota di locali mediamente non occupati (30%)

δ = scarto tra temperatura di comfort e temperatura di risparmio (2 °C)

T_E = temperatura media esterna stagionale.

4.2 Sintesi dei risparmi percentuali conseguibili

Utilizzando le formule sopra ricavate e sommando i vari contributi ottenuti si perviene alla seguente tabella che fornisce il risparmio percentuale complessivo "r" in funzione delle zone climatiche

Zona climatica	(20 - T_E) °C	r_a %	r_b %	r_c %	r %
A/B	10	3,4	10,0	5,0	18,4
C	12	2,8	8,3	4,2	15,3
D	14	2,4	7,1	3,6	13,1
E	16	2,1	6,3	3,1	11,5
F	20	1,7	5,0	2,5	9,2

4.3 Calcolo dei consumi di energia primaria per zona climatica

Per il calcolo dei consumi annuali per il riscaldamento si sono adottati i fabbisogni termici F, espressi in Mcal/anno, ricavati dalla procedura di calcolo adottata per la Scheda n° 3 allegata alla delibera n. 111/04. Il rendimento medio stagionale dell'impianto termico η è stato posto pari all'80%, mentre la superficie di riferimento è di 82 m².

L'energia primaria consumata E espressa in tep/anno per appartamento si ottiene come

$$E = 10^{-4} \cdot F / \eta \quad [\text{tep/app.to/anno}]$$

Riportando in tabella i valori ottenuti si ha

Zona	F Mcal/anno	E tep/app.to/anno
A/B	1.903	0,238
C	3.225	0,403
D	5.071	0,634
E	7.290	0,911
F	9.769	1,221

4.4 Quantificazione del risparmio energetico

Utilizzando i valori di sintesi dei risparmi percentuali e quelli dei consumi di energia primaria ricavati sopra si ottengono le stime dei risparmi specifici lordi RSL per il riscaldamento, conseguibili dall'applicazione del sistema proposto di termoregolazione per il settore domestico.

$$RSL = E \cdot r \quad [tep/app.to/anno]$$

zona climatica	r %	E tep/app.to/anno	RSL tep/app.to/anno
A/B	18,4	0,238	$44 \cdot 10^{-3}$
C	15,3	0,403	$62 \cdot 10^{-3}$
D	13,1	0,634	$83 \cdot 10^{-3}$
E	11,5	0,911	$105 \cdot 10^{-3}$
F	9,2	1,221	$112 \cdot 10^{-3}$

5. Titoli di efficienza energetica (TEE) riconosciuti

I tipi di titoli riconosciuti vengono differenziati in base all'utilizzo del calore e ripartiti in proporzione ai consumi di combustibili statisticamente misurati per questi tipi di utilizzo ("Rapporto Energia e Ambiente 2003", ENEA 2004):

Solo riscaldamento:

0% Tipo I

70% Tipo II

30% Tipo III