

EVO

EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION



International Performance Measurement and Verification Protocol

(Protocollo internazionale di verifica e
misura delle prestazioni)

Concetti Base

A cura di Efficiency Valuation Organization
www.evo-world.org

Giugno 2014

EVO 10000 – 1:2014 (IT)



Visione EVO

Un mercato globale che valorizzi correttamente l'uso efficiente delle risorse naturali e utilizzi l'efficienza negli usi finali come valida alternativa alla fornitura di energia.

Missione di EVO

Sviluppare e promuovere l'uso di protocolli, metodi e strumenti standardizzati per quantificare e gestire i rischi e i benefici delle prestazioni legate a transazioni commerciali riguardanti l'efficienza energetica negli usi finali, le energie rinnovabili e l'efficienza idrica.

Riconoscimenti	iii
Premessa	iv
1 Ambito	1
2 Riferimenti normativi	1
3 Termini e definizioni	1
4 Principi	1
4.1 Generale	1
4.2 Accuratezza	1
4.3 Completezza	2
4.4 Prudenza	2
4.5 Coerenza	2
4.6 Pertinenza	2
4.7 Trasparenza	2
5 Struttura dello IPMVP	2
5.1 Generale	2
5.2 Verifica operativa	2
5.3 Verifica dei risparmi	3
6 Opzioni IPMVP	6
6.1 Panoramica delle opzioni IPMVP	6
6.2 Opzione A, Isolamento dell'AMEE	9
6.3 Opzione B, Isolamento dell'AMEE: misura di tutti i parametri	11
6.4 Opzione C, Intero impianto/struttura	13
6.5 Opzione D, Simulazione calibrata	15
7 Piano di M&V	19
7.1 Generale	19
7.2 Scopo dell'AMEE	19
7.3 Scelta dell'opzione IPMVP e confine di misura	19
7.4 Riferimento: periodo, energia e condizioni	19
7.5 Periodo di rendicontazione	20
7.6 Base di aggiustamento	20
7.7 Procedura d'analisi	20
7.8 Prezzi dell'energia	20
7.9 Caratteristiche del contatore	20
7.10 Responsabilità di controllo	20
7.11 Accuratezza attesa	20
7.12 Budget	20
7.13 Formato del rapporto	20
7.14 Controllo della qualità	20
7.15 Ulteriori requisiti del Piano di M&V per l'Opzione A	20
7.16 Ulteriori requisiti del Piano di M&V per l'Opzione D	21
8 Rapporti di M&V	21
9 Conformità allo IPMVP	21
Allegato A (informativo) Schema di processo di selezione delle opzioni	23
Allegato B (informativo) Caratteristiche del progetto dell'AMEE	24

Riconoscimenti

Lo IPMVP è sostenuto principalmente dai seguenti volontari. EVO ne apprezza il lavoro nel ricevere commenti e nell'apportare modifiche all'edizione 2014 di Concetti Base. EVO apprezza il sostegno e l'impegno dei datori di lavoro di tutti i volontari EVO.

Consiglio d'amministrazione e funzionari EVO (2014)

Thomas Dreessen, **Presidente** (USA), EPS Capital
Pierre Langlois, **Vicepresidente** (Canada) Econoler
John Stephen Kromer, **Tesoriere** (USA), Independent Consultant
John Cowan, **Segretario** (Canada), Environmental Interface Limited
Anees Iqbal, (UK), Maicon Associates Ltd.
Patrick Jullian (Francia), GIMELEC
Tienan Li (Cina), Center for Industrial Energy Efficiency (CIEE)

Comitato IPMVP (2014)

Ellen Franconi, **Presidente** (USA), Rocky Mountain Institute
David Jump, **Vicepresidente** (USA,) Quantum Energy Services & Technologies, Inc. (QuEST)
Thomas Adams (USA), AFCESA
Raja Chirumamilla (USA), Sain Engineering Associates, Inc.
Shankar Earni (USA), Lawrence Berkeley National Laboratory
LJ Grobler (Sudafrica), Energy Cybernetics Pty Ltd.
Sami Khawaja (USA), Cadmus Group Inc.
Raj Khilnani (India), Freelance Energy Consultant
David Korn (USA), Cadmus Group Inc.
Ken Lau (Canada), BC Hydro
Daniel Magnet (Svizzera), IBTECH
Fernando Milanez (Brasile), INEE
Tracy Phillips (USA), 7th Gen Energy Solutions
Rafael Poquet (Spagna), Freelance Energy Consultant
Guruprakash Sastry (India), Infosys Limited
Vilnis Vesma (Regno Unito), Degrees Days Direct Limited
Phil Voss (USA), National Renewable Energy Lab
Kevin Warren (USA), Warren Energy Engineering
Lia Webster (USA), Portland Energy Conservation Inc. (PECI)
Max Zhang (Cina), SGS-CSTC Standards Technical Services Co., Ltd.

Sottoscrittori organizzativi:

EVO apprezza anche il sostegno finanziario da parte delle organizzazioni sottoscrittrici, il cui elenco aggiornato è riportato sul retro di questo documento.

Versione italiana

La versione italiana di Concetti Base è stata tradotta da Daniele Forni e Dario Di Santo (FIRE - Federazione italiana per l'uso razionale dell'energia) e controllata da Alessandra Caccamo e Michele Liziero (Energy Team S.p.A.). EVO ringrazia tutte le persone che hanno contribuito alla traduzione.

Premessa

Questo Protocollo internazionale di misura e verifica delle prestazioni (International Performance Measurement and Verification Protocol - IPMVP®) è di proprietà di EVO® (Efficiency Valuation Organization [Organizzazione per la valutazione dell'efficienza]), società privata senza scopo di lucro che ne cura anche la pubblicazione. EVO prefigura un mercato globale che valorizzi correttamente l'uso efficiente delle risorse naturali e utilizzi l'efficienza negli usi finali come valida alternativa alla crescente richiesta di forniture energetiche. La missione di EVO è sviluppare e promuovere metodi standardizzati per quantificare e gestire i rischi e i benefici associati alle transazioni commerciali per l'efficienza energetica negli usi finali, per le energie rinnovabili e per l'efficienza idrica. EVO è un'organizzazione basata su sottoscrizioni, che si avvale di sostenitori in tutto il mondo.

EVO è grata ai suoi volontari che redigono e tengono aggiornati i documenti EVO.

EVO gestisce un sito web (www.evo-world.org) che contiene un'ampia varietà di risorse.

Lo IPMVP presenta principi e termini comuni che sono ampiamente accettati come base per qualsiasi valido processo di misura e verifica (M&V), ma non definisce le attività di M&V per ogni applicazione. Ciascun progetto deve essere studiato singolarmente per soddisfare gli obiettivi e l'accuratezza desiderata delle azioni volte al risparmio energetico e idrico. Questo studio ad hoc viene registrato nel Piano di M&V e i risparmi vengono rendicontati come stabilito da tale Piano di M&V.

Lo IPMVP promuove investimenti in efficienza attraverso le seguenti attività:

- a) Documentazione di termini e metodi comuni per valutare le prestazioni di progetti di efficienza per acquirenti, venditori e investitori. Alcuni di questi termini e metodi possono essere utilizzati in accordi di progetto, anche se lo IPMVP non fornisce una terminologia contrattuale.
- b) Messa a disposizione di metodi con livelli diversi di costo e accuratezza per determinare i risparmi sia per l'intero impianto sia per la singola azione di miglioramento dell'efficienza energetica (AMEE).
- c) Specifica dei contenuti di un Piano di Misura e Verifica (Piano di M&V). Questo Piano di M&V rispetta i principi fondamentali ampiamente accettati di M&V e dovrebbe fornire risparmi verificabili. Per ogni progetto deve essere sviluppato un Piano di M&V da parte di un professionista qualificato, come ad esempio un Professionista M&V certificato (CMVP®).
- d) Garanzia dell'applicabilità di un'ampia gamma di installazioni, inclusi edifici e processi industriali, esistenti e nuovi.

Il presente documento definisce i concetti e i principi base di M&V, descrive i requisiti del Piano di M&V e le opzioni e i metodi di "isolamento dell'AMEE" e dello "intero impianto/struttura". Infine, descrive i requisiti dei rapporti di M&V. Tali requisiti sono necessari per soddisfare i principi base dello IPMVP e affinché un progetto sia considerato conforme allo IPMVP.

1 Ambito

Efficiency Valuation Organization (EVO) (Organizzazione per la valutazione dell'efficienza) pubblica il Protocollo internazionale di verifica e misura delle prestazioni (International Performance Measurement and Verification Protocol - IPMVP) e relativi documenti per incrementare gli investimenti nei progetti di efficienza energetica e idrica, di gestione della domanda e di energie rinnovabili in tutto il mondo.

2 Riferimenti normativi

I seguenti documenti di riferimento sono indispensabili per l'applicazione del presente documento. Per i riferimenti datati è valida solo l'edizione citata. Per i riferimenti non datati si considera l'ultima edizione del documento cui si fa riferimento (incluse eventuali modifiche).

Questa sezione viene mantenuta per eventuali usi futuri. Al momento attuale non ci sono riferimenti normativi in Concetti Base IPMVP.

3 Termini e definizioni

Ai fini del presente documento si applicano i termini e le definizioni di seguito riportati.

3.1 Aggiustamenti

Incrementi del consumo o della domanda nei periodi di riferimento o di rendicontazione come conseguenza dell'applicazione di una serie comune di condizioni per consentire un semplice confronto della domanda o del consumo prima e dopo l'attuazione di una azione di miglioramento dell'efficienza energetica (3.2).

NOTA: Gli aggiustamenti devono tener conto delle differenze di condizioni tra i periodi di riferimento e di rendicontazione.

3.2 Azione di miglioramento dell'efficienza energetica - AMEE

Azione per migliorare l'efficienza o risparmiare energia o risorse idriche o gestire la domanda.

3.3 Misura e verifica - M&V

Processo che usa la misura per determinare in modo affidabile i *risparmi* (3.5) effettivi generati all'interno di un singolo impianto/struttura attuando un programma di gestione dell'energia. Noto anche come "MRV" - misura, rendicontazione e verifica.

3.4 Riferimento

Prestazioni energetiche misurate prima che siano attuati interventi di miglioramento delle prestazioni energetiche.

3.5 Risparmi

Quantità di energia, risorsa idrica o domanda determinata confrontando l'uso o la domanda misurati prima e dopo l'implementazione di un programma, introducendo aggiustamenti adeguati in funzione dei cambiamenti delle condizioni.

3.6 Variabile indipendente

Parametro che ci si aspetta che cambi regolarmente e che ha un impatto misurabile sul consumo energetico di un sistema o di un impianto.

3.7 Verifica operativa

Conferma dei potenziali risparmi ottenibili.

4 Principi

4.1 Generale

Le seguenti sezioni elencano i principi chiave dello IPMVP. Questi principi costituiscono la base per valutare la conformità di un processo di M&V allo IPMVP.

4.2 Accuratezza

I rapporti di M&V devono essere quanto più accurati sia possibile giustificare in base al valore del progetto. I costi di M&V devono normalmente essere contenuti rispetto al valore economico dei risparmi da valutare. Le spese di M&V devono essere coerenti con le implicazioni finanziarie di sovra o sottorendicontazione delle prestazioni di un progetto.

I compromessi sull'accuratezza devono essere accompagnati da una maggiore cautela all'aumentare dell'uso di stime e valutazioni. Inoltre, l'accuratezza può essere influenzata dal livello di aggiustamento delle quantità di energia apportato alle condizioni del periodo di rendicontazione o ad altri insiemi di condizioni. L'accuratezza può altresì essere influenzata dalla durata del periodo di riferimento e del periodo di rendicontazione.

4.3 Completezza

La rendicontazione dei risparmi energetici deve prendere in considerazione tutti gli effetti di un progetto. Le attività di M&V devono utilizzare misure per quantificare gli effetti significativi, stimando gli altri effetti.

4.4 Prudenza

Ove si facciano valutazioni su quantità incerte, le procedure di M&V devono essere studiate in modo da sottostimare i risparmi.

4.5 Coerenza

La rendicontazione dell'efficacia energetica di un progetto deve essere coerente con:

- diversi tipi di progetti di efficienza energetica;
- diversi professionisti della gestione dell'energia per ogni progetto;
- diversi periodi di tempo per lo stesso progetto; e
- progetti di efficienza energetica e nuovi progetti di approvvigionamento energetico.

4.6 Pertinenza

Per la determinazione dei risparmi si devono misurare i parametri di prestazione di interesse o quelli meno noti, mentre i parametri meno critici o quelli prevedibili possono essere stimati.

4.7 Trasparenza

Tutte le attività di M&V devono essere chiaramente e integralmente documentate. La divulgazione completa deve includere la presentazione di tutti gli elementi definiti rispettivamente per i contenuti di un Piano di M&V e di un rapporto sui risparmi.

5 Struttura dello IPMVP

5.1 Generale

La buona prassi di M&V è ben integrata nel processo di identificazione, sviluppo, approvvigionamento e implementazione dell'azione di miglioramento dell'efficienza energetica. La struttura dello IPMVP richiede che si attuino determinate attività in punti chiave di questo processo e descrive altre attività importanti che devono essere incluse nella buona prassi di M&V. Questa sezione descrive gli elementi della struttura dello IPMVP.

5.2 Verifica operativa

La verifica operativa serve come primo passo a basso costo per realizzare i risparmi potenziali e deve precedere le attività di verifica dei risparmi. La verifica operativa non è di responsabilità del verificatore indipendente, ma deve essere inclusa come parte di un contratto a prestazioni garantite.

La Tabella 1 riporta una serie di metodi di verifica operativa. La selezione di un determinato approccio dipende dalle caratteristiche dell'AMEE, come indicato in tabella.

Per la revisione indipendente dei risparmi rendicontati, il verificatore deve accertare che l'AMEE sia basata su solidi principi scientifici e che esistano prove indipendenti a sostegno delle richieste ex-ante presentate per la sua efficacia.

Tabella 1 — Approccio alla verifica operativa

Approccio alla verifica operativa	Tipica applicazione AMEE	Attività
Ispezione visiva	L'AMEE funzionerà come previsto se correttamente installata: la misura diretta delle prestazioni dell'AMEE non è possibile.	Esaminare visivamente e verificare l'installazione fisica dell'AMEE.
Misure sul campo di un campione	Le prestazioni dell'AMEE possono variare rispetto ai dati pubblicati in base alle caratteristiche di installazione o	Misurare i parametri principali di consumo energetico singoli o multipli per un campione rappresentativo delle AMEE

	al carico dei componenti.	realizzate.
Prove di prestazioni a breve termine	Le prestazioni dell'AMEE possono variare a seconda del carico effettivo, delle regolazioni o dell'interoperabilità dei componenti.	Prova di funzionalità e adeguata regolazione. Misurare i parametri principali di consumo energetico. Può essere necessario condurre una prova studiata per caratterizzare il componente nel suo intero campo di funzionamento o una raccolta di dati di prestazioni durante un periodo di tempo sufficiente a caratterizzare l'intero campo di funzionamento.
Analisi dell'andamento dei dati e revisione della logica di regolazione	Le prestazioni dell'AMEE possono variare a seconda del carico effettivo e delle regolazioni. Il componente o il sistema sono regolati e comandati attraverso il sistema di automazione dell'edificio o possono essere controllati tramite contatori indipendenti.	Calcolare le tendenze e revisionare i dati o la logica di regolazione. Il periodo di misura può durare da un paio di giorni ad alcune settimane, a seconda del periodo necessario per caratterizzare l'intera gamma di prestazioni.

5.3 Verifica dei risparmi

5.3.1 Confine di misura

I risparmi possono essere determinati per un intero impianto/struttura o semplicemente per una porzione di essa, a seconda delle finalità della rendicontazione.

- Se lo scopo della rendicontazione è aiutare a gestire solo le apparecchiature interessate dal programma di risparmio, si tratterà un confine di misura attorno a quelle apparecchiature. Poi, all'interno del confine, si potranno determinare i requisiti significativi di fabbisogno energetico delle apparecchiature. L'approccio utilizzato è l'Opzione di isolamento dell'AMEE. La determinazione del consumo di energia può essere effettuata mediante misura diretta del flusso di energia o mediante misura diretta di fattori correlati ai consumi energetici che forniscano un'indicazione diretta del consumo energetico.
- Se lo scopo della rendicontazione è aiutare a gestire le prestazioni energetiche dell'intero impianto/struttura, per valutare prestazioni e risparmi possono essere utilizzati i contatori che misurano la fornitura di energia all'intero impianto/struttura. Il confine di misura, in questo caso, comprende l'intero impianto/struttura. L'approccio utilizzato è l'Opzione C, Intero impianto/struttura.
- Se i dati del periodo di riferimento o del periodo di rendicontazione sono inaffidabili o non disponibili, i dati mancanti per una parte o per l'intero impianto/struttura possono essere sostituiti da dati energetici desunti da un software di simulazione calibrata. Il confine di misura può essere tracciato di conseguenza. L'approccio utilizzato è l'Opzione D, Simulazione calibrata.
- Alcuni dei fabbisogni energetici dei sistemi o delle apparecchiature in corso di valutazione possono emergere al di fuori di un confine di misura pratico. Tuttavia devono essere presi in considerazione gli effetti energetici dell'AMEE. Gli effetti energetici significativi devono essere determinati con misure, il resto stimato o ignorato.
- Qualsiasi effetto energetico che sia riscontrato al di là del confine di misura teorico viene definito effetto interattivo o perdita. L'entità di questi effetti interattivi deve essere stimata o valutata per determinare i risparmi. In alternativa, essi possono essere ignorati purché il Piano di M&V includa analisi relative a ciascun effetto e alla sua probabile entità.

5.3.2 Selezione del periodo di misura

5.3.2.1 Periodo di riferimento

Nel selezionare il periodo di riferimento occorre fare molta attenzione. Il periodo di riferimento deve essere determinato per:

- rappresentare le modalità di funzionamento dell'impianto/struttura: il periodo deve estendersi su un ciclo operativo completo dal massimo al minimo consumo energetico;
- rappresentare in modo attendibile le condizioni operative di un normale ciclo di funzionamento;
- includere soltanto i periodi di tempo per i quali siano noti i fattori fissi e variabili che influenzano il consumo energetico dell'impianto/struttura;

NOTA 1 L'estensione dei periodi di riferimento a ritroso nel tempo, per includere più cicli operativi, richiede anche la conoscenza dei fattori che controllano l'energia per tutto il prolungato periodo di riferimento al fine di ricavare correttamente gli aggiustamenti ordinari e straordinari dopo l'installazione dell'AMEE.

- coincidere con il periodo immediatamente precedente all'impegno di attuare l'AMEE;

NOTA 2 Periodi più lontani nel tempo non rifletterebero le condizioni esistenti prima dell'AMEE e potrebbero quindi non fornire un'adeguata base per misurare l'effetto della sola AMEE.

- contribuire alla pianificazione dell'AMEE.

NOTA 3 La pianificazione dell'AMEE può richiedere lo studio di un periodo di tempo più lungo di quello scelto per il periodo di riferimento. Periodi di studio più lunghi aiutano il progettista a comprendere le prestazioni dell'impianto/struttura e a determinare la normale durata reale del ciclo.

5.3.2.2 Periodo di rendicontazione

L'utente del rapporto sui risparmi deve determinare la durata del periodo di rendicontazione. Il periodo di rendicontazione deve comprendere almeno un ciclo di funzionamento normale dell'apparecchiatura o dell'impianto/struttura al fine di caratterizzare completamente l'efficacia dei risparmi nelle normali condizioni operative.

Alcuni progetti potrebbero cessare la rendicontazione dei risparmi dopo un periodo di prova definito che può spaziare da una lettura istantanea a uno o due anni.

La lunghezza di ogni periodo di rendicontazione deve essere determinata tenendo conto della vita dell'AMEE e della probabilità di degrado nel corso del tempo dei risparmi conseguiti originariamente.

Indipendentemente dalla durata del periodo di rendicontazione, la misura può essere protratta per fornire un riscontro sui dati di funzionamento ai fini della gestione ordinaria e specificamente per rilevare successive variazioni negative delle prestazioni.

Se si riduce la frequenza di misura delle prestazioni dopo la verifica iniziale dei risparmi, altre attività di controllo in loco possono essere intensificate per garantire che i risparmi attesi continuino a essere conseguiti.

I risparmi conformi allo IPMVP possono essere rendicontati solo per il periodo di riferimento che utilizza procedure conformi allo IPMVP. Se i risparmi conformi allo IPMVP vengono utilizzati come base per presumere risparmi futuri, i rapporti di risparmio futuri non sono conformi allo IPMVP.

5.3.2.3 Periodi di misura contigui (prova di attivazione/disattivazione)

Se una AMEE può essere attivata e disattivata facilmente, possono essere selezionati periodi di riferimento e rendicontazione contigui l'uno all'altro nel tempo. Il cambiamento della logica di regolazione è un esempio di una AMEE che può essere spesso facilmente rimossa e ripristinata senza compromettere l'impianto/struttura.

Questa "prova di attivazione/disattivazione" comporta misure di energia con AMEE attiva e poi, subito dopo, con AMEE disattivata, in modo che siano ripristinate le condizioni pre-AMEE (riferimento). La differenza di consumo energetico tra i due periodi di misura contigui è il valore dei risparmi generati dalla AMEE. I risparmi vengono calcolati senza aggiustamenti se i fattori che influenzano l'energia sono gli stessi nei due periodi contigui.

Risparmi = (Consumo o domanda del periodo di riferimento – consumo o domanda del periodo di rendicontazione)

Questa tecnica può essere applicata secondo entrambe le opzioni di "isolamento dell'AMEE" e "intero impianto/struttura". Tuttavia i confini di misura devono essere posizionati, in modo che sia possibile rilevare facilmente una differenza significativa del consumo energetico misurato quando le apparecchiature o i sistemi sono attivati e disattivati.

I periodi contigui utilizzati per la prova di attivazione/disattivazione devono essere sufficientemente lunghi da rappresentare un funzionamento stabile. I periodi devono coprire anche la gamma delle normali attività dell'impianto/struttura. Per coprire la gamma delle normali attività, potrà essere ripetuta la prova di attivazione/disattivazione in diverse modalità operative, come le varie stagioni o i vari tassi di produzione.

L'AMEE, che può essere disattivata per tali prove, può rischiare di essere accidentalmente o intenzionalmente disattivata quando invece dovrebbe essere attiva. Si devono adottare adeguate misure per garantire che tale AMEE rimanga attiva.

5.3.3 Base d'aggiustamento

Il termine di aggiustamento deve essere calcolato a partire da fattori fisici identificabili che caratterizzano il fabbisogno energetico delle apparecchiature all'interno del confine di misura. Sono possibili due tipi di aggiustamenti:

- a) **Aggiustamenti ordinari** – Per qualsiasi fattore che influenza il consumo di energia che si prevede normalmente cambi durante il periodo di rendicontazione (come il meteo o il volume di produzione), ci si può avvalere di un'ampia varietà di tecniche per definire la metodologia di aggiustamento. Le tecniche possono essere semplici, come un valore costante (nessun aggiustamento), oppure complesse, come diverse equazioni non lineari a parametri multipli, ciascuna delle quali correli l'energia con una o più variabili indipendenti. Per ricavare il metodo di aggiustamento per ogni Piano di M&V devono essere utilizzate tecniche matematiche valide.
- b) **Aggiustamenti straordinari** – Per i fattori che influenzano il consumo di energia che abitualmente non si prevede cambino (come ad esempio, le dimensioni dell'impianto/struttura, le caratteristiche progettuali e il funzionamento delle apparecchiature installate, il numero di turni di produzione settimanali o il tipo di occupanti), i fattori statici associati devono essere tenuti sotto controllo per rilevarne il cambiamento durante tutto il periodo di rendicontazione.

Pertanto i risparmi sono più compiutamente espressi come:

$$\text{Risparmi} = (\text{Energia del periodo di riferimento} - \text{Energia del periodo di rendicontazione}) \pm \text{Aggiustamenti ordinari} \pm \text{Aggiustamenti straordinari}$$

Gli aggiustamenti vengono utilizzati per modificare i dati energetici misurati in modo da riflettere la stessa serie di condizioni di riferimento. Il meccanismo di aggiustamento dipende dal fatto che i risparmi debbano essere rendicontati sulla base delle condizioni del periodo di rendicontazione oppure normalizzati a qualche altra serie di condizioni fissate.

5.3.4 Base del periodo di rendicontazione o consumo energetico evitato

Quando i risparmi vengono rendicontati alle condizioni del periodo di rendicontazione, possono anche essere definiti come consumo energetico evitato del periodo di rendicontazione. Il consumo energetico evitato quantifica i risparmi nel periodo di rendicontazione rispetto a quanto sarebbe stato il consumo energetico senza la AMEE. Quando si rendicontano i risparmi nelle condizioni del periodo di rendicontazione, l'energia del periodo di riferimento deve essere adattata alle condizioni del periodo di rendicontazione. Per questa tipologia comune di risparmi, la rendicontazione può essere così indicata:

$$\text{Risparmi (Consumo energetico evitato)} = (\text{Energia del periodo di riferimento} \pm \text{Aggiustamenti ordinari alle condizioni del periodo di rendicontazione} \pm \text{Aggiustamenti straordinari alle condizioni del periodo di rendicontazione}) - \text{Energia del periodo di rendicontazione}$$

L'equazione viene spesso così semplificata:

$$\text{Risparmi (Consumo energetico evitato)} = \text{Energia di riferimento adattata} - \text{Energia del periodo di rendicontazione} \pm \text{Aggiustamenti straordinari alle condizioni del periodo di rendicontazione}$$

Dove Energia di riferimento adattata è l'energia del periodo di riferimento cui vanno aggiunti gli eventuali aggiustamenti ordinari necessari per adeguarla alle condizioni del periodo di rendicontazione.

L'Energia di riferimento adattata si trova normalmente sviluppando prima un modello matematico che mette in correlazione i dati effettivi dell'energia di riferimento con i valori nel periodo di riferimento di appropriate variabili indipendenti. La variabile indipendente o le variabili indipendenti di ogni periodo di rendicontazione vengono poi inserite in questo modello matematico del periodo di riferimento per generare l'energia di riferimento adattata.

5.3.5 Condizioni fissate o risparmi normalizzati

Come base d'aggiustamento possono essere utilizzate condizioni diverse da quelle del periodo di rendicontazione. Le condizioni possono essere quelle del periodo di riferimento, di un altro periodo scelto arbitrariamente oppure un insieme di condizioni tipiche, medie o 'normali'.

L'adeguamento a una serie di condizioni fissate rendiconta una tipologia di risparmi che può essere definita dei risparmi "normalizzati" del periodo di rendicontazione. Secondo questo metodo, l'energia del periodo di rendicontazione ed eventualmente l'energia del periodo di riferimento vengono adattate dalle loro condizioni reali all'insieme di condizioni comuni fissate o 'normali' selezionate.

Risparmi normalizzati = (Energia del periodo di riferimento ± Aggiustamenti ordinari alle condizioni fissate ± Aggiustamenti straordinari alle condizioni fissate) – (Energia del periodo di rendicontazione ± Aggiustamenti ordinari alle condizioni fissate ± Aggiustamenti straordinari alle condizioni fissate)

Il calcolo degli aggiustamenti ordinari del periodo di rendicontazione di solito comporta lo sviluppo di un modello matematico che correla l'energia del periodo di rendicontazione con le variabili indipendenti del periodo di rendicontazione. Questo modello viene quindi utilizzato per adeguare l'energia del periodo di rendicontazione alle condizioni fissate e scelte. Inoltre, se l'insieme di condizioni fissate non è quello del periodo di riferimento, viene anche utilizzato un modello matematico dell'energia del periodo di riferimento per adeguare l'energia del periodo di riferimento alle condizioni fissate scelte.

5.3.6 Quale base per l'aggiustamento o quale tipo di risparmi?

I fattori da considerare nella scelta fra consumo di energia evitato e risparmi normalizzati includono:

- a) Risparmi presentati come consumo di energia evitato:
 - 1) Sono dipendenti dalle condizioni operative del periodo di rendicontazione. Anche se il risparmio può essere opportunamente adattato per fenomeni come il meteo, il livello di risparmi rendicontato dipende dal meteo effettivo.
 - 2) Non possono essere raffrontati direttamente con i risparmi previsti nelle condizioni di riferimento.
- b) Risparmi normalizzati:
 - 1) Non sono influenzati dalle condizioni del periodo di rendicontazione dal momento che l'insieme delle condizioni fissate viene stabilito una sola volta e non viene più modificato.
 - 2) Possono essere confrontati direttamente con i risparmi previsti in base allo stesso insieme di condizioni fissate.
 - 3) Possono essere rendicontati solo dopo un ciclo completo di consumo energetico di un periodo di rendicontazione in modo da poter derivare la correlazione matematica fra energia del periodo di rendicontazione e condizioni operative.

6 Opzioni IPMVP

6.1 Panoramica delle opzioni IPMVP

Lo IPMVP fornisce Opzioni per lo sviluppo e l'attuazione di un processo di M&V di qualità. Queste Opzioni sono relative al concetto di confine di misura descritto in precedenza. Sono inoltre disponibili diversi metodi di calcolo dei risparmi. Ognuno richiede dati di consumo energetico e altri parametri. Questa sezione descrive le Opzioni e metodi IPMVP per la determinazione dei risparmi energetici. Lo IPMVP propone quattro Opzioni per determinare i risparmi (A, B, C e D). La scelta delle Opzioni comporta molte considerazioni tra cui l'ubicazione del confine di misura della AMEE. Le quantità di energia nelle diverse equazioni di risparmio possono essere misurate mediante una o più d'una delle seguenti tecniche:

- a) Fatture del fornitore di energia elettrica o combustibile o lettura dei contatori del distributore applicando gli stessi adeguamenti alle letture effettuati dal distributore;
- b) Contatori speciali che isolino una AMEE o una porzione di impianto/struttura dal resto dell'impianto/struttura;
NOTA: Le misure possono essere periodiche per brevi intervalli o continue su tutti i periodi di riferimento o di rendicontazione.
- c) Misure separate di parametri utilizzati nel calcolo del consumo energetico;
- d) Misura di provati fattori correlati ai consumi energetici;
- e) Simulazione al computer calibrata con dati di prestazioni effettivi del sistema o dell'impianto/struttura modellati;
- f) Se il valore dell'energia è già noto con adeguata accuratezza o se risulta più costoso da misurare rispetto a quanto giustificato dalle circostanze, allora la misura dell'energia può non essere necessaria o opportuna. In questi casi, si possono stimare alcuni parametri dell'AMEE, ma altri parametri devono essere misurati (solo Opzione A);

- g) Lo IPMVP propone quattro Opzioni per determinare i risparmi (A, B, C, e D). La scelta tra le Opzioni coinvolge molte considerazioni tra cui l'ubicazione del confine di misura. Se si decide di determinare i risparmi a livello di impianto/struttura, le Opzione C o D possono essere preferibili. Tuttavia, se interessano solo le prestazioni dell'AMEE, l'isolamento dell'AMEE può essere più adatto (Opzioni A, B o D). La tabella 2 riassume le quattro Opzioni descritte in questa sezione.

Tabella 2 — Panoramica delle Opzioni IPMVP

Opzione IPMVP	Come si calcolano i risparmi	Applicazioni tipiche
<p>A. Isolamento dell'AMEE: misura dei parametri principali I risparmi sono determinati da misura sul campo del/i parametro/i chiave delle prestazioni, che definiscono il consumo energetico del sistema o dei sistemi interessati dall'AMEE o il successo del progetto. La frequenza di misura va da breve termine a continuativa, a seconda delle variazioni previste nel parametro misurato e della durata del periodo di rendicontazione. I parametri non selezionati per misure sul campo vengono stimati. Le stime possono essere basate su dati storici, specifiche del costruttore o valutazioni tecniche. È richiesta la documentazione della fonte o la giustificazione del parametro stimato. Viene valutato un plausibile errore sui risparmi derivanti da una stima invece che da una misura.</p>	<p>Calcolo tecnico dell'energia del periodo di riferimento e del periodo di rendicontazione da:</p> <ul style="list-style-type: none"> — misure a breve termine o continuative dei principali parametri operativi e valori stimati — aggiustamenti ordinari e straordinari necessari. 	<p>Un'AMEE per l'illuminazione dove: 1) l'assorbimento di potenza è il parametro chiave delle prestazioni che viene misurato periodicamente e 2) le ore di funzionamento dell'illuminazione sono stimate in base agli orari di funzionamento dell'impianto/struttura e al comportamento degli occupanti.</p>
<p>B. Isolamento dell'AMEE: misura di tutti i parametri I risparmi sono determinati dalla misura sul campo del consumo energetico del sistema interessato dall'AMEE. La frequenza di misura va da breve termine a continuativa, a seconda delle variazioni previste nei risparmi e della durata del periodo di rendicontazione.</p>	<p>Misure a breve termine o misura dell'energia del periodo di riferimento e del periodo di rendicontazione o calcoli tecnici che utilizzano misure di fattori correlati ai consumi energetici. Aggiustamenti ordinari e straordinari secondo necessità.</p>	<p>Applicazione di un azionamento a velocità variabile e di regolazioni ad un motore per regolare il flusso della pompa. Misurare la potenza elettrica tramite misuratore di kW installato sull'alimentazione elettrica al motore, che mostra il valore della potenza ogni minuto. Nel periodo di riferimento questo contatore è installato per una settimana per verificare il carico costante. Il contatore rimane in sede per tutto il periodo di rendicontazione per controllare variazioni della potenza assorbita.</p>
<p>C. Intero impianto/struttura I risparmi sono determinati misurando il consumo di energia a livello di intero impianto/struttura o di una sua parte. Per tutto il periodo di rendicontazione, vengono prese misure continuative del consumo energetico dell'intero impianto/struttura.</p>	<p>Analisi dei dati del contatore (del distributore) nel periodo di riferimento e rendicontazione dell'intero impianto/struttura. Aggiustamenti ordinari, secondo necessità, utilizzando tecniche come semplice confronto o analisi di regressione. Aggiustamenti straordinari secondo necessità.</p>	<p>Comprensivo programma di gestione dell'energia che interessa molti sistemi di un impianto/struttura. Misurare il consumo di energia con i contatori dei distributori di gas ed energia elettrica per un periodo di riferimento di dodici mesi e per tutto il periodo di rendicontazione.</p>
<p>D. Simulazione calibrata I risparmi sono determinati misurando il consumo di energia a livello di intero impianto/struttura o di una sua parte. È dimostrato che i programmi di simulazione modellano adeguatamente le prestazioni energetiche effettive nell'impianto/struttura. Questa opzione di solito richiede specifica competenza nella simulazione calibrata.</p>	<p>Simulazione del consumo di energia, calibrata con dati orari o mensili di fatturazione del venditore (la misura di alcuni consumi finali può essere utilizzata per affinare i dati di ingresso).</p>	<p>Comprensivo programma di gestione dell'energia che interessa molti sistemi di un impianto/struttura, in cui però non esistevano contatori nel periodo di riferimento. Per calibrare una simulazione viene utilizzata la misura del consumo energetico, dopo l'installazione dei contatori del gas e dell'energia elettrica. Il consumo energetico del periodo di riferimento, determinato utilizzando la simulazione calibrata, viene confrontato con una simulazione del consumo energetico nel periodo di rendicontazione.</p>

6.2 Opzione A, Isolamento dell'AMEE

6.2.1 Generale

L'isolamento dell'AMEE consente di restringere il confine di misura al fine di ridurre lo sforzo necessario per controllare le variabili indipendenti e i fattori statici, quando l'AMEE interessa solo una parte dell'impianto/struttura. Tuttavia confini di dimensioni inferiori all'intero impianto/struttura di solito richiedono contatori supplementari. I confini di misura più ristretti comportano anche la possibilità di 'perdite' dovute a effetti interattivi non misurati.

Poiché la misura si riferisce solo a una parte dell'intero impianto/struttura, i risultati delle tecniche di isolamento dell'AMEE non possono essere correlati al consumo totale di energia dell'impianto/struttura riportato sulle fatture dei venditori di gas ed energia elettrica. Le modifiche all'impianto/struttura oltre il confine di misura, ma non correlate all'AMEE, non sono rendicontate dalle tecniche di isolamento dell'AMEE. Esse saranno invece incluse nel consumo e nella potenza assorbita misurati dai contatori dei distributori.

Vengono proposte due Opzioni per isolare il consumo energetico dell'apparecchiatura interessata da un'AMEE dal consumo energetico del resto dell'impianto/struttura:

- a) Opzione A, Isolamento dell'AMEE: misura dei parametri principali
- b) Opzione B, Isolamento dell'AMEE: misura di tutti i parametri
- c) Il contatore dedicato viene collocato sul confine di misura fra l'apparecchiatura interessata dall'AMEE e quella non interessata.

Quando si traccia un confine di misura, occorre prestare attenzione a prendere in considerazione tutti i flussi di energia che risentono dell'AMEE, ma che sono situati al di là del confine. Occorre impostare un metodo per stimare tali effetti interattivi. Tuttavia, se il confine di misura può essere esteso fino a includere gli effetti interattivi, non c'è alcuna necessità di stimarli.

Oltre ai piccoli effetti interattivi stimati, il confine di misura definisce i punti di misura e lo scopo degli aggiustamenti, che possono essere utilizzati nelle varie forme delle equazioni di risparmio. Solo le modifiche ai sistemi energetici e alle variabili operative all'interno del confine di misura devono essere controllate per definire la condizione o le condizioni di adeguamento dell'equazione.

I parametri possono essere misurati continuamente o periodicamente per brevi periodi. La variazione prevista del parametro indirizzerà la decisione se misurare continuamente o periodicamente. Se non si prevede che un parametro cambi, potrà essere misurato immediatamente dopo l'installazione dell'AMEE e controllato di tanto in tanto per tutto il periodo di rendicontazione. La frequenza di questo controllo può essere determinata cominciando con misure frequenti per verificare che il parametro sia costante. Una volta dimostrato che è costante, la frequenza di misura può venir ridotta. Per mantenere il controllo sui risparmi, dato che si riduce la frequenza di misura, possono venire effettuate ispezioni più frequenti o altre prove per verificare che il funzionamento sia corretto.

Una misura continuativa offre maggiore certezza dei risparmi rendicontati e un maggior numero di dati sul funzionamento dell'apparecchiatura. Queste informazioni possono essere utilizzate per migliorare o ottimizzare il funzionamento dell'apparecchiatura in tempo reale, aumentando in tal modo i benefici offerti dall'AMEE stessa. I risultati di diversi studi mostrano che è possibile ottenere un risparmio energetico annuale dal cinque al quindici per cento grazie a un uso attento della registrazione continuativa dei dati.

Se la misura non è continuativa e i contatori vengono rimossi fra una lettura e l'altra, l'ubicazione e le specifiche del dispositivo di misura devono essere registrate nel Piano di M&V, insieme con la procedura di calibrazione del contatore in uso. Se si prevede che un parametro sia costante, gli intervalli di misura possono essere brevi e occasionali. Se un parametro può cambiare periodicamente, le misure occasionali del parametro devono essere effettuate in momenti rappresentativi del normale comportamento del sistema.

Se si prevede che un parametro cambi con frequenza giornaliera o oraria, come avviene nella maggior parte dei sistemi di riscaldamento o raffrescamento degli edifici, la misura continuativa può essere la soluzione più semplice. Per carichi dipendenti dal meteo, si potrà misurare su un periodo abbastanza lungo in modo da caratterizzare adeguatamente il profilo di carico in tutte le parti del suo normale ciclo annuale (cioè ogni stagione, giorni della settimana/fine settimana) e ripeterle, secondo necessità, per tutto il periodo di rendicontazione.

Se ci sono più installazioni della stessa AMEE nel confine di misura, si possono utilizzare campioni statisticamente validi come misure valide dell'entità totale di un parametro.

Se è necessaria solo la misura a breve termine, si possono utilizzare misuratori portatili, i cui costi possono essere condivisi da più attività. Tuttavia, i contatori installati in modo permanente forniscono anche un riscontro al personale operativo o ai dispositivi automatizzati di regolazione per l'ottimizzazione dei sistemi. Contatori aggiuntivi possono inoltre consentire la fatturazione a singoli utenti o reparti dell'impianto/struttura.

Le tecniche di isolamento dell'AMEE trovano le migliori applicazioni quando:

- a) Sono d'interesse solo le prestazioni dei sistemi interessati dall'AMEE, sia per le responsabilità assegnate alle parti in un contratto a prestazioni garantite, sia perché i risparmi dell'AMEE sono troppo esigui e quindi difficili da rilevare utilizzando l'Opzione C.
- b) Gli effetti interattivi dell'AMEE sul consumo energetico di altre apparecchiature dell'impianto/struttura possono essere ragionevolmente stimati o considerati irrilevanti.
- c) Eventuali modifiche all'impianto/struttura, oltre il confine di misura, sarebbero difficili da identificare o valutare.
- d) Le variabili indipendenti, che influenzano il consumo di energia, non sono eccessivamente difficili o costose da controllare.
- e) Esistono già sotto-contatori per isolare il consumo energetico dei sistemi.
- f) I contatori aggiunti a livello di confine di misura possono essere utilizzati per altri scopi come riscontro operativo o fatturazione del locatario.
- g) La misura dei parametri è meno costosa delle simulazioni dell'Opzione D o degli aggiustamenti straordinari dell'Opzione C.
- h) Non sono giustificate prove a lungo termine.
- i) Non vi è alcuna necessità di correlare direttamente i rapporti sui risparmi con le modifiche dei pagamenti ai fornitori di energia.

6.2.2 Isolamento dell'AMEE: misura dei parametri principali

Secondo l'Opzione A, Isolamento dell'AMEE, misura dei parametri principali, l'energia risparmiata è definita dalla seguente equazione:

$$\text{Risparmi} = (\text{Energia del periodo di riferimento} - \text{Energia del periodo di rendicontazione}) \pm \text{Aggiustamenti ordinari} \pm \text{Aggiustamenti straordinari}$$

I valori possono derivare da un calcolo che utilizzi una combinazione di misure di alcuni parametri e stime di altri. Tali stime devono essere usate solo quando si possa dimostrare che l'incertezza combinata di tutte queste stime non incide in maniera significativa sui risparmi complessivi rendicontati. Decidere quali parametri misurare e quali stimare considerando il contributo di ciascun parametro all'incertezza complessiva dei risparmi rendicontati. I valori stimati e l'analisi della loro significatività devono essere inclusi nel Piano di M&V. Le stime possono essere basate su dati storici, come ad esempio le ore di funzionamento registrate nel periodo di riferimento, i valori pubblicati dal costruttore dell'apparecchiatura, le prove di laboratorio o i dati meteorologici tipici.

Se un parametro, ad esempio le ore d'uso, è noto come costante e non suscettibile di essere influenzato dall'AMEE, allora sarà sufficiente misurarlo nel periodo di rendicontazione. La misura nel periodo di rendicontazione di tale parametro costante può anche essere considerata la misura del suo valore di riferimento.

Se un parametro, che è noto cambi in modo indipendente, non viene misurato nell'impianto/struttura sia nel periodo di riferimento sia in quello di rendicontazione, il parametro deve essere trattato come una stima.

Possono essere usati calcoli tecnici o modelli matematici per valutare la significatività degli errori nella stima di qualsiasi parametro nei risparmi rendicontati. L'effetto combinato delle stime deve essere valutato prima di determinare se le attività di misura siano sufficienti.

La scelta di quale fattore o di quali fattori misurare può anche essere considerata in rapporto agli obiettivi del progetto o ai doveri dell'appaltatore che si assume rischi in relazione alle prestazioni dell'AMEE. Quando un fattore è significativo per valutare le prestazioni, allora deve essere misurato. Altri fattori che esulano dal controllo dell'appaltatore possono essere stimati.

Se un calcolo di risparmio comporta la sottrazione di un parametro misurato da un parametro stimato, il risultato è una stima.

Se si pianifica una procedura di Opzione A, si devono considerare sia la variazione dell'energia nel periodo di riferimento sia l'impatto energetico dell'AMEE prima di stabilire quale parametro o quali parametri misurare. I tre esempi seguenti mostrano la gamma di scenari che possono presentarsi.

- a) L'AMEE riduce un carico costante senza modificarne le ore di funzionamento.
- b) L'AMEE riduce le ore di funzionamento, mentre il carico rimane invariato.
- c) L'AMEE riduce sia il carico dell'apparecchiatura sia le ore di funzionamento.

In generale, le condizioni di carico variabile o di ore di funzionamento variabili richiedono misure e calcoli più rigorosi.

6.2.3 Calcoli

Tuttavia, secondo l'Opzione A, potrebbero non essere necessari aggiustamenti, siano essi ordinari o straordinari, a seconda dell'ubicazione del confine di misura, della natura degli eventuali valori stimati, della lunghezza del periodo di rendicontazione o della quantità di tempo intercorso fra le misure del periodo di riferimento e le misure del periodo di rendicontazione.

Analogamente, le misure dell'energia del periodo di riferimento o del periodo di rendicontazione implicano la misura di un solo parametro secondo l'Opzione A e la stima dell'altro. Pertanto l'equazione corretta diventa la seguente:

Risparmi Opzione A = Valore stimato x (parametro misurato nel periodo di riferimento – parametro misurato nel periodo di rendicontazione)

6.2.4 Verifica d'installazione

Dal momento che alcuni valori possono essere stimati secondo l'Opzione A, occorre prestare molta attenzione nel controllare la progettazione e l'installazione al fine di garantire che le stime siano realistiche, realizzabili e basate su apparecchiature che effettivamente generino i risparmi previsti.

A intervalli definiti durante il periodo di rendicontazione, l'installazione deve essere nuovamente ispezionata per verificare che l'apparecchiatura sia ancora presente e che continui a funzionare e a essere mantenuta correttamente. Tali controlli successivi garantiranno il mantenimento del potenziale di generare i risparmi previsti e convalideranno i parametri stimati. La frequenza di questi successivi controlli è determinata dalla probabilità di variazioni delle prestazioni. Tale probabilità può essere stabilita mediante frequenti ispezioni iniziali per accertare la costanza delle prestazioni dell'apparecchiatura e quanto questa rimanga nella sua collocazione.

6.2.5 Costo

Le determinazioni di risparmio secondo l'Opzione A possono essere meno costose di altre Opzioni, in quanto il costo della stima di un parametro è spesso notevolmente inferiore al costo di misura. Tuttavia, in alcune situazioni in cui la stima è l'unica strada possibile, una buona stima può essere più costosa della misura diretta, se la misura fosse possibile. La pianificazione dei costi per l'Opzione A deve prendere in considerazione tutti gli elementi: analisi, stima, installazione del contatore e il costo vivo per la lettura e la registrazione dei dati.

6.2.6 Applicazioni ottimali

L'Opzione A si applica in modo ottimale quando:

- a) la stima di parametri secondari può evitare possibili aggiustamenti straordinari difficili quando si verificano successivi cambiamenti nell'ambito del confine di misura;
- b) l'incertezza creata dalle stime è accettabile;
- c) l'efficacia continuativa dell'AMEE può essere valutata con un semplice successivo controllo ordinario dei parametri principali;
- d) la stima di alcuni parametri risulta meno onerosa della loro misura secondo l'Opzione B o della simulazione secondo l'Opzione D;
- e) il parametro principale o i parametri principali, usati per valutare le prestazioni di un progetto o di un appaltatore nel calcolo dei risparmi, possono essere facilmente identificati.

6.3 Opzione B, Isolamento dell'AMEE: misura di tutti i parametri

6.3.1 Generale

L'Opzione B, Isolamento dell'AMEE, misura di tutti i parametri, richiede la misura delle quantità di energia o i parametri necessari per calcolare l'energia nell'equazione di seguito riportata.

$$\text{Risparmi} = (\text{Uso o domanda del periodo di riferimento} - \text{Uso o domanda del periodo di rendicontazione}) \pm \text{Aggiustamenti}$$

I risparmi realizzati dalla maggior parte dei tipi di AMEE possono essere determinati secondo l'Opzione B. Tuttavia, il grado di difficoltà e i costi aumentano con l'aumentare della complessità della misura. I metodi dell'Opzione B risultano generalmente più difficili e costosi di quelli dell'Opzione A. Tuttavia, l'Opzione B produce in generale risultati più certi nel caso in cui i profili di carico e dei risparmi siano variabili. Questi costi aggiuntivi possono essere giustificabili se l'appaltatore è responsabile di fattori che influenzano i risparmi energetici.

6.3.2 Calcoli

$$\text{Risparmi} = (\text{Uso o domanda del periodo di riferimento} - \text{Uso o domanda del periodo di rendicontazione}) \pm \text{Aggiustamenti}$$

Questa equazione viene usata nei calcoli conformi allo IPMVP. Tuttavia secondo l'Opzione B, potrebbe non esserci bisogno di aggiustamenti, ordinari o straordinari, a seconda dell'ubicazione del confine di misura, della durata del periodo di rendicontazione o della quantità di tempo che intercorre tra il periodo di riferimento e il periodo di rendicontazione. Pertanto, per l'Opzione B, si può semplificare così:

$$\text{Risparmi Opzione B} = \text{Energia del periodo di riferimento} - \text{Energia del periodo di rendicontazione}$$

6.3.3 Questioni relative alla misura

L'isolamento dell'AMEE di solito richiede l'aggiunta di contatori speciali sia a breve termine sia su base permanente. Questi contatori possono essere installati nel corso di un audit energetico per contribuire a caratterizzare il consumo energetico prima della progettazione dell'AMEE. Altrimenti possono essere installati contatori per misurare le prestazioni di riferimento per un Piano di M&V.

È bene seguire una buona prassi di misura per consentire il calcolo dei risparmi energetici con ragionevole accuratezza e ripetibilità. Le prassi di misura sono in continua evoluzione, così come migliorano gli strumenti di misura. Per valutare i risparmi occorre quindi servirsi delle più recenti prassi di misura.

6.3.3.1 Misure elettriche

Per misurare con accuratezza l'energia elettrica, si devono misurare la tensione, la corrente e il fattore di potenza o il vero valore efficace (true RMS) della potenza elettrica con un unico strumento. Tuttavia, la sola misura della tensione e della corrente può definire adeguatamente la potenza elettrica espressa in watt nei carichi puramente resistivi, come ad esempio lampade ad incandescenza e riscaldatori a resistenza senza motori di ventilazione. Quando si misura la potenza, assicurarsi che la forma d'onda elettrica di un carico resistivo non sia falsata da altri dispositivi presenti nell'impianto/struttura.

Misurare la potenza elettrica nello stesso momento in cui il distributore di energia elettrica determina la potenza di picco che viene usata per la fatturazione. Questa misura di solito richiede la registrazione continua della potenza a livello di sotto-contatore. Da questa registrazione, la potenza del sotto-contatore può essere letta nello stesso momento in cui il distributore di energia elettrica rendiconta la potenza di picco sul suo contatore. La potenza di picco è riportata sulle fatture del venditore di energia elettrica o può essere desunta dai dati orari forniti dal fornitore o dal distributore di energia elettrica.

I metodi di misura della potenza elettrica potrebbero variare tra i distributori. Il metodo di misura della potenza elettrica su un sotto-contatore dovrebbe replicare il metodo utilizzato dal distributore di energia elettrica per il corrispondente contatore usato dal venditore per la fatturazione.

Tuttavia, occorre prestare attenzione che l'impianto non contenga combinazioni insolite di apparecchiature che generano carichi di picco elevati in un minuto, che possono presentarsi in modo diverso in un intervallo mobile rispetto a un intervallo fisso. Dopo aver elaborato i dati secondo gli stessi intervalli del distributore di energia elettrica, convertirli in dati orari per l'archiviazione e ulteriori analisi.

6.3.3.2 Calibrazione

I contatori devono essere tarati secondo le raccomandazioni del costruttore dell'apparecchiatura, seguendo le procedure delle autorità riconosciute nel campo della misura. Per quanto possibile dovrebbero essere utilizzati strumenti di taratura tracciabili con standard primari o comunque non inferiori a standard di terzo ordine. I sensori e i gruppi di misura devono essere selezionati anche sulla base della facilità di taratura e della capacità di mantenere la taratura. Una soluzione interessante è la selezione di apparecchiature dotate di taratura automatica.

6.3.4 Applicazioni ottimali

L'Opzione B si applica in modo ottimale quando:

- a) i contatori aggiunti per l'isolamento vengono utilizzati per altre finalità, come ad esempio il controllo operativo o la fatturazione al locatario;
- b) la misura dei parametri costa meno della simulazione secondo l'Opzione D;
- c) i risparmi o le attività all'interno del confine di misura sono variabili.

6.4 Opzione C, Intero impianto/struttura

6.4.1 Generale

L'opzione C, Intero impianto/struttura, prevede l'utilizzo di contatori dei distributori, contatori dell'intero impianto/struttura o sotto-contatori per determinare le prestazioni energetiche di tutto l'impianto/struttura. Il confine di misura comprende l'intero impianto/struttura o una sua parte rilevante. Questa Opzione determina i risparmi cumulati dell'AMEE applicati alla parte della struttura a valle del contatore di energia. Inoltre, dal momento che vengono utilizzati contatori per l'intero impianto/struttura, i risparmi rendicontati nell'Opzione C includono gli effetti positivi o negativi di tutte le variazioni non legate all'AMEE realizzate nell'impianto/struttura.

L'Opzione C è destinata a progetti in cui risparmi previsti sono rilevanti rispetto alle variazioni casuali o inspiegabili dei dati energetici, che si possono verificare a livello dell'intero impianto/struttura. Se i risparmi sono rilevanti rispetto alle variazioni inspiegabili dei dati energetici di riferimento, l'identificazione dei risparmi sarà facile. Inoltre, più lungo è il periodo di analisi dei risparmi dopo l'installazione dell'AMEE, meno significativo è l'impatto delle variazioni inspiegabili a breve termine. Tipicamente, i risparmi dovrebbero superare il 10% dell'energia del periodo di riferimento se ci si aspetta di discriminare con sicurezza i risparmi dai dati di riferimento quando il periodo di rendicontazione è inferiore a due anni.

NOTA I valori RMS (Root Mean Squared - valori quadratici medi) o valori efficaci possono essere misurati da strumenti digitali con circuiti integrati che tengono correttamente conto delle distorsioni d'onda presenti nei circuiti in corrente alternata.

Identificare le modifiche apportate all'impianto/struttura che richiedono aggiustamenti straordinari è la sfida principale associata all'Opzione C, specialmente quando i risparmi vengono controllati per lunghi periodi. Pertanto, si devono eseguire ispezioni periodiche su tutte le apparecchiature e le attività dell'impianto/struttura nel periodo di rendicontazione. Tali ispezioni individuano i cambiamenti dei fattori statici rispetto alle condizioni di riferimento e possono far parte di un controllo regolare volto ad assicurare che si continuino a seguire le procedure operative prescritte.

6.4.2 Questioni relative ai dati energetici

Se la fornitura di energia viene misurata solo in un punto centrale di un gruppo di installazioni, sono necessari sotto-contatori in ciascun impianto/struttura o in ciascun gruppo d'impianti/strutture di cui si vogliono valutare le prestazioni individuali.

Possono essere usati vari contatori per misurare il flusso di un tipo di energia in un'impianto/struttura. Se un contatore fornisce energia ad un sistema che interagisce, direttamente o indirettamente, con altri sistemi energetici, i dati di questo contatore devono essere inclusi nella determinazione dei risparmi dell'intero impianto/struttura.

I contatori che misurano flussi di energia che non hanno interazioni, per i quali non devono essere determinati risparmi, possono venir ignorati. È necessario determinare, i risparmi separatamente per ogni contatore o sotto-contatore che serve un impianto/struttura, in modo che sia possibile valutare le variazioni di prestazioni per le parti dell'impianto/struttura dotate di misuratori separati. Tuttavia, se un contatore misura solo una piccola frazione del consumo totale di un tipo di energia, il dato potrà essere sommato a quello del contatore più grande o dei contatori più grandi, in modo da ridurre le attività di gestione dei dati. Se dei contatori elettrici sono combinati in questo modo, si può riscontrare che spesso i contatori di piccoli consumi non forniscono dati sulla potenza prelevata per cui i dati di consumo sommati di tutti i contatori non forniscono più informazioni significative sul fattore di carico.

Se più contatori vengono letti in giorni diversi, ciascun contatore con un proprio periodo di fatturazione deve essere analizzato separatamente. I risparmi che ne derivano possono essere combinati dopo l'analisi di ogni singolo contatore, se vengono indicate le date.

Se un dato energetico mancasse dal periodo di rendicontazione, per colmare le lacune del dato mancante si potrà creare un modello matematico relativo al periodo di rendicontazione. Tuttavia i rendiconti dei risparmi per il periodo in cui manca il dato dovrebbero identificare questi risparmi come "dati mancanti".

6.4.3 Questioni relative alle fatture per consumo energetico

I dati energetici per l'Opzione C sono spesso derivati da contatori del distributore, sia attraverso la lettura diretta del contatore sia tramite le fatture del venditore. Se la fonte dei dati è costituita dalle fatture del

venditore, si può riscontrare che la necessità del distributore/venditore di una regolare lettura del contatore generalmente non è pari alle esigenze della M&V. A volte le fatture del venditore contengono dati stimati, in particolare per quanto riguarda le piccole utenze. A volte può non essere determinabile dalla fattura stessa se i dati provengono da una stima o da una lettura effettiva del contatore. Le letture stimate del contatore che non vengono dichiarate come tali, creano errori ignoti per il mese/i stimato/i e anche per il mese successivo, quello di effettiva lettura del contatore. Tuttavia la prima fattura con una lettura effettiva dopo una o più stime correggerà i precedenti errori sulle quantità di energia. I rapporti sui risparmi devono indicare quando le stime fanno parte dei dati di fornitura.

Se un distributore/venditore di energia elettrica stima una lettura del contatore, non esistono dati validi per l'andamento della domanda di energia elettrica di quel periodo.

L'energia può essere fornita indirettamente ad un'impianto/struttura attraverso impianti di stoccaggio in loco, come ad esempio per quanto riguarda l'olio combustibile, il propano o il carbone. In queste situazioni, le fatture di consegna del fornitore del vettore energetico non rappresentano il consumo effettivo della struttura nel periodo compreso tra le consegne. Idealmente un contatore a valle dell'impianto di stoccaggio misura il consumo di energia. Tuttavia, in assenza di contatori a valle, le fatture dovrebbero essere integrate per ogni periodo di fatturazione da aggiustamenti che tengano conto delle scorte.

6.4.4 Variabili indipendenti

Le variabili indipendenti comuni sono il meteo, il volume di produzione e l'occupazione. Il meteo presenta molte grandezze, ma per l'analisi dell'intero impianto/struttura, spesso basta semplicemente il valore della temperatura a bulbo secco dell'aria esterna. La produzione ha molti aspetti, a seconda della natura del processo industriale. La produzione è solitamente espressa in unità di massa o di volume di ogni prodotto. L'occupazione è definita in molti modi, ad esempio occupazione di camere d'albergo, ore di occupazione dei locali degli uffici, giorni occupati (durante la settimana/fine della settimana) o pasti serviti al ristorante.

La modellazione matematica può valutare variabili indipendenti se sono cicliche. L'analisi di regressione e altre forme di modellazione matematica possono determinare il numero di variabili indipendenti da considerare nei dati di riferimento. I parametri che hanno un effetto significativo sul consumo energetico del periodo di riferimento devono essere inclusi negli aggiustamenti ordinari quando si determinano i risparmi utilizzando una delle seguenti equazioni:

Risparmi = (Energia del periodo di riferimento – Energia del periodo di rendicontazione) ± Aggiustamenti ordinari ± Aggiustamenti straordinari

Consumo energetico evitato (o Risparmi) = Energia del periodo di riferimento adattata – Energia del periodo di rendicontazione ± Aggiustamenti straordinari dell'energia di riferimento alle condizioni del periodo di rendicontazione

Risparmi normalizzati = (Energia del periodo di riferimento ± Aggiustamenti ordinari alle condizioni fissate ± Aggiustamenti straordinari alle condizioni fissate) – (Energia del periodo di rendicontazione ± Aggiustamenti ordinari alle condizioni fissate ± Aggiustamenti straordinari alle condizioni fissate).

Le variabili indipendenti devono essere misurate e registrate contestualmente ai dati energetici.

6.4.5 Calcoli e modelli matematici

Per l'Opzione C, il termine degli aggiustamenti ordinari, nell'equazione sotto riportata, viene calcolato sviluppando un modello matematico valido dell'andamento del consumo energetico di ciascun contatore:

Risparmi = (Energia del periodo di riferimento – Energia del periodo di rendicontazione) ± Aggiustamenti ordinari ± Aggiustamenti straordinari

Il modello può essere semplice come un elenco ordinato di dodici valori mensili misurati di energia senza alcun aggiustamento. Tuttavia il modello include spesso fattori derivati dall'analisi di regressione che correla l'energia a una o più variabili indipendenti come temperatura esterna, gradi giorno, durata del periodo di misura, produzione, occupazione o modalità di funzionamento. I modelli possono anche includere un diverso insieme di parametri di regressione per ciascuna serie di condizioni, come ad esempio periodo estivo o invernale in edifici con variazioni stagionali di consumo energetico.

L'Opzione C deve utilizzare anni completi (dodici, ventiquattro o trentasei mesi) di dati continuativi, durante il periodo di riferimento, e dati continuativi durante i periodi di rendicontazione (Fels 1986). I modelli che utilizzano altri numeri di mesi, (nove, dieci, tredici o diciotto mesi) possono creare un errore statistico sotto o sopra rappresentando delle normali modalità di funzionamento.

I dati del contatore possono essere orari, giornalieri o mensili per l'intero impianto/struttura. I dati orari dovrebbero essere combinati in dati giornalieri per limitare il numero di variabili indipendenti necessarie per produrre un modello di riferimento ragionevole, senza aumentare significativamente l'incertezza dei risparmi calcolati (Katipamula 1996, Kissock et al. 1992). Le variazioni dei dati giornalieri spesso derivano dal ciclo settimanale della maggior parte degli impianti/strutture.

Molti modelli matematici sono appropriati per l'Opzione C. Per selezionare quello più adatto all'applicazione, considerare gli indici di valutazione statistica come R^2 e t, oppure la letteratura statistica pubblicata, che può contribuire a dimostrare la validità statistica del modello selezionato.

6.4.6 Misura

Le misure di energia dell'intero impianto/struttura si possono avvalere dei contatori del distributore. I dati del contatore del distributore vengono considerati accurati al 100% per determinare i risparmi in quanto i dati definiscono il pagamento dell'energia. I dati del contatore del distributore sono soggetti alle norme locali di accuratezza commerciale per la vendita di materie prime energetiche.

Il contatore o i contatori del distributore d'energia possono essere dotati o modificati in modo da disporre di un'uscita a impulsi elettrici registrabile dalle apparecchiature di controllo dell'impianto/struttura. La costante di energia per impulso del trasmettitore di impulsi deve essere tarata a fronte di un riferimento noto come ad esempio dati analoghi registrati dal contatore del distributore.

Contatori separati installati dal proprietario dell'impianto/struttura possono misurare l'energia dell'intero impianto/struttura. L'accuratezza di questi contatori deve essere considerata nel Piano di M&V, insieme con un metodo di comparazione delle sue letture con le letture del contatore del distributore.

6.4.7 Costo

Il costo dell'Opzione C dipende dalla fonte dei dati energetici e dalla difficoltà di rilevare i fattori statici all'interno del confine di misura per consentire aggiustamenti straordinari durante il periodo di rendicontazione. Il contatore del distributore o l'eventuale sotto-contatore vanno bene se i dati del contatore sono registrati correttamente. Questa scelta non richiede costi aggiuntivi di misura.

Il costo di rilevare le variazioni dei fattori statici dipende dalle dimensioni dell'impianto/struttura, dalla probabilità di variazione dei fattori statici, dalla difficoltà di rilevarne le variazioni e dalle procedure di controllo già in atto.

6.4.8 Applicazioni ottimali

L'Opzione C si applica in modo ottimale quando:

- a) Vengono valutate le prestazioni energetiche dell'intero impianto/struttura e non solo dell'AMEE;
- b) ci sono più tipi di AMEE in un'impianto/struttura;
- c) l'AMEE comprende attività il cui consumo energetico individuale è difficile da misurare separatamente;
- d) i risparmi durante il periodo di rendicontazione sono considerevoli in rapporto alla variazione dei dati di riferimento;
- e) le tecniche di isolamento dell'AMEE (Opzione A o B) sono troppo complesse;
- f) durante il periodo di rendicontazione non sono previste variazioni significative all'impianto/struttura;
- g) può essere attuato un sistema per rilevare i fattori statici che permetta in futuro eventuali aggiustamenti straordinari;
- h) possono essere riscontrate correlazioni ragionevoli fra consumo energetico e altre variabili indipendenti.

6.5 Opzione D, Simulazione calibrata

6.5.1 Generale

L'opzione D, Simulazione calibrata, prevede l'utilizzo di software di simulazione computerizzata per predire l'energia dell'impianto/struttura per uno o entrambi i termini dell'equazione di risparmio. Il modello di simulazione deve essere "calibrato" in modo da predire un andamento del consumo di energia che corrisponda all'incirca ai dati misurati reali.

L'Opzione D può essere utilizzata per valutare le prestazioni dell'AMEE in un impianto/struttura, analogamente all'Opzione C. Tuttavia, lo strumento di simulazione dell'Opzione D consente di stimare anche i risparmi attribuibili a ciascuna AMEE all'interno di un progetto che comprende più AMEE.

l'Opzione D può anche essere utilizzata per valutare solo le prestazioni di singoli sistemi all'interno di un impianto/struttura, analogamente alle opzioni A e B. In questo caso, il consumo energetico del sistema deve essere isolato da quello del resto dell'impianto/struttura da contatori appropriati.

L'Opzione D è utile se:

- a) Non esistono o non sono disponibili dati energetici di riferimento. Questa situazione può verificarsi ad esempio per:
 - nuovo progetto di costruzione,
 - ampliamento dell'impianto/struttura che necessita di essere valutato separatamente dal resto dell'impianto/struttura, oppure
 - insieme di impianti/strutture dove non esistono contatori centrali e contatori delle singole installazioni nel periodo di riferimento, ma dove saranno disponibili contatori delle singole installazioni dopo la realizzazione dell'AMEE.
- b) I dati energetici del periodo di rendicontazione non sono disponibili o sono resi inutilizzabili a causa di fattori difficili da quantificare. A volte è troppo difficile prevedere come i cambiamenti futuri di un impianto/struttura potrebbero influenzare il consumo di energia. Modifiche ai processi industriali o nuove apparecchiature spesso rendono i calcoli degli aggiustamenti straordinari così imprecisi che le Opzioni A, B o C creerebbero errori eccessivi nella determinazione dei risparmi.
- c) Si desidera determinare i risparmi associati a singole AMEE, ma le misure con le Opzioni A o B sono troppo difficili o costose.
- d) Se l'energia del periodo di rendicontazione è stimata dal software di simulazione, i risparmi determinati persistono solo se le modalità operative simulate rimangono invariate. Ispezioni periodiche identificherebbero le variazioni dalle condizioni di riferimento e dalle prestazioni dell'apparecchiatura modellata. Le simulazioni devono essere adattate di conseguenza.
- e) L'Opzione D è l'approccio primario di M&V per valutare l'efficienza energetica in nuovi progetti di impianti/strutture. Lo IPMVP, volume III, parte I, dal titolo *Concepts and Options for Determining Savings in New Construction*, fornisce indicazioni su un'ampia varietà di tecniche di M&V applicabili a nuovi edifici.
- f) Un'accurata modellazione computerizzata e calibrazione dei dati energetici rilevati sono le principali sfide associate all'Opzione D. Per controllare i costi di questo metodo mantenendo al contempo un ragionevole grado di accuratezza, occorre prendere in considerazione i seguenti punti quando ci si avvale dell'Opzione D:
 - i. L'analisi di simulazione deve essere condotta da personale addestrato che abbia esperienza sia del software sia delle tecniche di calibrazione.
 - ii. I dati in ingresso dovrebbero rappresentare le migliori informazioni disponibili compresi, per quanto possibile, i dati disponibili sulle effettive prestazioni dei componenti chiave dell'impianto/struttura.
 - iii. I dati in ingresso della simulazione devono essere adattati in modo tale che i risultati corrispondano sia alla potenza sia al consumo desunti dalle fatture mensili entro tolleranze accettabili (ovvero calibrate). Uno stretto accordo fra l'energia totale annua prevista e l'energia reale non è di solito sufficiente per dimostrare che la simulazione stima adeguatamente il comportamento energetico dell'impianto/struttura.
 - iv. L'Opzione D richiede una documentazione precisa. I risultati della simulazione, i dati d'indagine e i dati di misura o di monitoraggio utilizzati per definire i valori di ingresso e calibrare il modello di simulazione dovrebbero essere conservati in forma cartacea ed elettronica. Si deve riportare il numero di versione dei software disponibili al pubblico, in modo che un altro possa rivedere i calcoli.
 - v. Per i progetti di nuova costruzione, il lavoro di modellazione può essere semplificato avvalendosi dello stesso professionista di modellazione energetica degli edifici, che ha creato il modello "da progettato", per creare i modelli di riferimento calibrati, "as built" e adattati.

Tipi di edifici non facilmente simulabili:

- o grandi atrii;
- o rilevante frazione dello spazio sotterraneo o a contatto con il suolo;
- o configurazioni esteriori inusuali;

- configurazioni complesse di ombreggiamento; o
- un gran numero di zone distinte con regolazione della temperatura.

Alcune AMEE degli edifici non possono essere simulate senza grandi difficoltà, come ad esempio:

1. aggiunta di barriere radianti nei sottotetti; e
2. modifiche complesse al sistema HVAC

6.5.2 Tipi di programmi di simulazione

I software di simulazione dell'intero edificio di solito si avvalgono di tecniche di calcolo orarie. Tuttavia, si possono anche utilizzare modelli semplificati del sistema HVAC se le perdite e i guadagni di calore dell'edificio, i carichi interni e i sistemi HVAC sono semplici. Si possono utilizzare altri tipi di software dedicati per simulare il consumo energetico e il funzionamento di dispositivi o processi industriali.

Qualsiasi software utilizzato deve essere ben documentato e ben compreso da parte dell'utente. A causa della grande varietà di metodi disponibili, è buona norma, prima di iniziare l'analisi, ottenere l'approvazione del software di modellazione proposto da parte del proprietario o del responsabile di progetto.

6.5.3 Calibrazione

I risparmi determinati con l'Opzione D sono basati su uno o più stime complesse di consumo di energia. L'accuratezza dei risparmi dipende da quanto validamente la simulazione riproduce le prestazioni reali dell'apparecchiatura e da quanto è ben calibrata rispetto alle prestazioni energetiche misurate.

La calibrazione si ottiene verificando che il modello di simulazione preveda ragionevolmente l'andamento del consumo energetico dell'impianto/struttura confrontando i risultati del modello con un insieme di dati di calibrazione. Questi dati di calibrazione includono dati energetici misurati, le variabili indipendenti e i fattori statici.

La calibrazione delle simulazioni di edifici viene di solito effettuata con le dodici fatture mensili del venditore. Queste fatture devono essere riferite a un periodo di funzionamento stabile. In un nuovo edificio può passare un certo numero di mesi prima della piena occupazione e prima che il personale impari come gestire l'impianto/struttura in modo ottimale. I dati di calibrazione devono essere documentati nel Piano di M&V insieme con una descrizione delle fonti.

Dati operativi dettagliati dell'impianto/struttura agevolano la preparazione dei dati di calibrazione. Questi dati possono includere caratteristiche operative, occupazione, meteo, carichi ed efficienza delle apparecchiature. Alcune variabili possono venir misurate per brevi intervalli di tempo (giorno, settimana o mese) o estratte dai registri operativi esistenti. L'accuratezza degli strumenti di misura deve essere verificata per le misure critiche. Se le risorse lo consentono, devono essere misurati il sistema di ventilazione dell'edificio e le infiltrazioni perché questi spesso variano ampiamente rispetto ai valori attesi. Misure un tantum migliorano l'accuratezza delle simulazioni senza grossi costi aggiuntivi. Le prove di attivazione/disattivazione possono misurare l'illuminazione, i carichi attaccati alle prese e i sistemi di regolazione dei motori. Queste prove possono venir eseguite durante un fine settimana utilizzando un data logger o il sistema di automazione dell'edificio per registrare il consumo energetico dell'intero impianto/struttura, normalmente a intervalli di un minuto. A volte, data-logger portatili poco costosi, sincronizzati tra di loro, sono efficaci anche per misure a breve termine.

Raccolti quanti più dati di calibrazione possibile, si elencano qui di seguito i passaggi di calibrazione della simulazione.

- 1) Stimare altri parametri di ingresso necessari e documentarli.
- 2) Se possibile raccogliere dati meteo reali del periodo di calibrazione, soprattutto se le condizioni meteo variano in modo significativo rispetto ai dati meteorologici dell'anno tipo impiegati nelle simulazioni di riferimento. Tuttavia, raccogliere ed elaborare dati meteo reali da usare in una simulazione può essere oneroso in termini di tempo e in termini economici. Se l'elaborazione di un file di dati meteo reali è troppo difficile, adeguare un file meteo medio in modo che si avvicini il più possibile ai dati meteo reali utilizzando metodi statistici validi.
- 3) Eseguire la simulazione e verificare che preveda parametri di funzionamento come temperatura e umidità.
- 4) Confrontare i risultati energetici simulati con i dati energetici misurati nel periodo di calibrazione, su base oraria o mensile.
- 5) Valutare gli andamenti delle differenze tra i risultati della simulazione e i dati di calibrazione. Grafici a barre, grafici delle differenze percentuali delle serie storiche mensili e grafici di dispersione x-y

mensili aiutano a identificare gli andamenti dell'errore. L'accuratezza di calibrazione deve essere stabilita nel Piano di M&V per adattarsi al budget di M&V.

- 6) Rivedere i dati di ingresso al punto 1 e ripetere i punti 3 e 4 per portare risultati previsti entro i limiti delle specifiche di calibrazione di cui al punto 5 qui sopra. All'occorrenza, raccogliere più dati reali di funzionamento dall'impianto/struttura per soddisfare le specifiche di calibrazione.
- 7) La creazione e la calibrazione di una simulazione comporta un certo dispendio di tempo. L'impiego di dati di energia mensili anziché orari contribuisce a limitare lo sforzo richiesto per la calibrazione. Tuttavia, se l'Opzione D è utilizzata per determinare risparmi a livello di AMEE, si consiglia la calibrazione dei principali usi finali, sistemi, e/o apparecchiature influenzate dall'AMEE.

6.5.4 Calcoli

Si possono determinare risparmi utilizzando i risultati delle simulazioni calibrate che rappresentano l'energia del periodo di riferimento o l'energia del periodo di rendicontazione. Per i progetti con un riferimento fisico, i due modelli calibrati sono uno con AMEE e uno senza. Per i progetti con un riferimento ipotetico, i modelli calibrati possono includere il riferimento ipotetico e le condizioni "as-built" (periodo di rendicontazione), ma i dati misurati saranno disponibili per calibrazione solo in condizioni "as-built". In entrambi i casi, sia i modelli che i dati energetici misurati devono ricadere nello stesso insieme di condizioni operative.

I risparmi con l'Opzione D si possono stimare utilizzando due forme dell'equazione 'Risparmi'. Entrambe le forme presumono che l'errore di calibrazione incida in modo equivalente sia sui modelli del periodo di riferimento sia sui modelli del periodo di rendicontazione. Gli stessi risparmi saranno determinati dalle due equazioni per qualsiasi insieme di dati e di simulazioni.

Risparmi = Energia del periodo di riferimento dal modello calibrato [valore ipotetico o senza AMEE] – Energia del periodo di rendicontazione dal modello calibrato [con AMEE]

Nell'equazione sopra riportata uno dei termini di energia derivati dal modello calibrato può essere sostituito dall'energia effettivamente misurata. Tuttavia, il calcolo deve essere adeguato tenendo conto dell'errore di calibrazione per ciascun mese del periodo di calibrazione, utilizzando la seguente equazione.

Risparmi = Energia del periodo di riferimento dal modello calibrato [valore ipotetico o senza AMEE] – Energia effettiva del periodo di calibrazione ± errore di calibrazione nella lettura di calibrazione corrispondente

L'equazione 'Risparmi' di seguito riportata può essere più facilmente comprensibile da parte dei non tecnici, dal momento che i risparmi finali utilizzano dati misurati reali piuttosto che solo i risultati dei modelli di simulazione.

Risparmi = (Consumo o domanda del periodo di riferimento – Consumo o domanda del periodo di rendicontazione) ± Aggiustamenti

6.5.5 Rendicontazione continua dei risparmi

Se è necessaria la valutazione di prestazioni pluriennali, l'Opzione D può essere utilizzata per il primo anno dopo l'attuazione dell'AMEE. Negli anni successivi, l'Opzione C può risultare meno costosa dell'Opzione D se si utilizzano come riferimento i dati del contatore a partire dal primo anno di attività stabile dopo l'installazione. Quindi l'Opzione C verrà utilizzata per determinare se il consumo energetico varia rispetto al primo anno d'attività dopo l'attuazione dell'AMEE. In questa situazione, il primo anno di consumo energetico di attività stabile verrebbe utilizzato per:

- a) calibrare un modello di simulazione in base all'Opzione D, e
- b) fissare un riferimento in base all'Opzione C per misurare ulteriori risparmi (o perdite) nel secondo anno e oltre.

6.5.6 Applicazioni ottimali

L'Opzione D viene di solito utilizzata quando nessun'altra opzione è adatta. E' la soluzione ottimale quando:

- a) i dati energetici di riferimento oppure del periodo di rendicontazione, ma non entrambi, non sono disponibili o risultano inaffidabili;
- b) ci sono troppe AMEE da valutare con le Opzioni A o B;
- c) l'AMEE implica attività diffuse, non facilmente isolabili dal resto dell'impianto/struttura, come la formazione degli operatori o miglie a pareti e finestre;

- d) le prestazioni di ciascuna AMEE vengono valutate individualmente in un progetto che comprende più AMEE, ma i costi delle Opzioni A o B sono eccessivi;
- e) le interazioni tra le AMEE o gli effetti interattivi dell'AMEE sono complessi, rendendo le tecniche d'isolamento delle Opzioni A e B impraticabili;
- f) siano previsti imminenti cambiamenti significativi dell'impianto/struttura nel periodo di rendicontazione, senza contabilizzazione dei consumi o degli impatti energetici;
- g) un professionista di simulazione energetica di provata esperienza è in grado di raccogliere dati di ingresso adeguati per calibrare il modello di simulazione;
- h) l'impianto/struttura e l'AMEE possono essere modellate da software di simulazione ben documentato;
- i) il software di simulazione predice i dati di calibrazione misurati con un'accuratezza accettabile;
- j) vengano misurati dodici mesi di prestazioni, subito dopo l'installazione e la messa in servizio del programma di gestione dell'energia.

7 Piano di M&V

7.1 Generale

Una componente chiave di un progetto di M&V conforme è la documentazione di un Piano di M&V ben ponderato e personalizzato. Le seguenti sezioni descrivono i requisiti essenziali di un Piano di M&V.

7.2 Scopo dell'AMEE

Descrivere l'AMEE, il risultato previsto e le procedure di verifica operative che saranno utilizzate per verificare la corretta attuazione di ciascuna AMEE. Individuare tutte le modifiche previste alle condizioni di riferimento, come le impostazioni di temperatura degli edifici non occupati.

7.3 Scelta dell'opzione IPMVP e confine di misura

Specificare quale opzione IPMVP verrà utilizzata per determinare i risparmi. Identificare il confine di misura per la determinazione dei risparmi. Il confine può essere stretto come il flusso d'energia attraverso un tubo o un filo, oppure ampio come il consumo totale di energia di una o più impianto/struttura. Descrivere la natura di tutti effetti interattivi oltre il confine di misura con i loro possibili effetti.

7.4 Riferimento: periodo, energia e condizioni

Documentare le condizioni e i dati energetici dell'impianto/struttura nel periodo di riferimento all'interno del confine di misura.

La documentazione di riferimento deve includere:

- a) l'identificazione del periodo di riferimento;
- b) i dati di consumo e la domanda di energia del periodo di riferimento;
- c) i dati delle variabili indipendenti coincidenti temporalmente con i dati di energia (ad esempio, i dati di produzione, la temperatura ambiente);
- d) i fattori statici coincidenti temporalmente con i dati di energia;
 - 1) tipo di occupazione, densità e periodi;
 - 2) condizioni operative per ciascun periodo e stagione di riferimento diverse dalle variabili indipendenti;
 - 3) descrizione di eventuali condizioni di riferimento che non soddisfano le condizioni richieste;
- e) dettagli degli aggiustamenti necessari affinché i dati energetici di riferimento riflettano il miglioramento previsto del programma di gestione dell'energia;
- f) dimensioni, tipo e isolamento di ogni rilevante elemento di copertura dell'edificio come pareti, tetti, porte, finestre;
- g) inventario delle apparecchiature;
- h) procedure operative delle apparecchiature;
- i) qualsiasi progettazione, installazione, calibrazione e messa in opera di apparecchiature e qualsivoglia apparecchiatura speciale di misura che sia richiesta nell'ambito del piano;
- j) importanti problemi o interruzioni di funzionamento di apparecchiature durante il periodo di riferimento.

La documentazione della situazione di riferimento richiede in genere attività di misura a breve termine ben documentate. L'entità di queste informazioni è determinata dal confine di misura scelto o dallo scopo della determinazione dei risparmi. Se vengono impiegati metodi di M&V per l'intero impianto/struttura devono essere documentate tutte le apparecchiature e le condizioni dell'impianto/struttura.

7.5 Periodo di rendicontazione

Identificare il periodo di rendicontazione, che può essere breve quanto una misura istantanea durante la messa in opera di un'AMEE o lunga quanto il tempo di ritorno dell'investimento dell' AMEE.

7.6 Base di aggiustamento

Dichiarare l'insieme delle condizioni alle quali saranno adattate le misure di energia. Le condizioni possono essere quelle del periodo di rendicontazione o un altro insieme di condizioni fissate. Le condizioni di base dell'adeguamento determinano se i risparmi saranno rendicontati in termini di consumo energetico evitato o di risparmi normalizzati.

7.7 Procedura d'analisi

Specificare le esatte procedure di analisi dei dati, algoritmi e ipotesi da utilizzare in ogni rapporto sui risparmi. Per ogni modello matematico utilizzato, descrivere i termini e la gamma di variabili indipendenti per i quali è valido.

7.8 Prezzi dell'energia

Specificare i prezzi dell'energia che saranno utilizzati per valutare i risparmi e se e come i risparmi saranno adeguati se i prezzi dell'energia varieranno durante l'AMEE o in futuro.

7.9 Caratteristiche del contatore

Specificare i punti di misura e il periodo di misura se la misura non è continua. Per contatori non del distributore, specificare:

- le caratteristiche del contatore;
- la lettura del contatore e il protocollo di lettura;
- la messa in opera del contatore o la procedura di calibrazione;
- il processo di calibrazione di routine;
- il metodo di trattamento dei dati mancanti e del trasferimento dei dati.

7.10 Responsabilità di controllo

Assegnare le responsabilità di rendicontazione e registrazione durante il periodo di rendicontazione di:

- a) dati energetici;
- b) variabili indipendenti;
- c) fattori statici all'interno del confine di misura.

7.11 Accuratezza attesa

Valutare il grado di accuratezza atteso associato alla misura, all'acquisizione dati, al campionamento e all'analisi dei dati. Questa valutazione deve includere le misure qualitative e tutte le misure quantitative fattibili del livello di incertezza nelle misure e negli aggiustamenti da utilizzarsi nel rapporto sui risparmi pianificati.

7.12 Budget

Definire il budget e le risorse necessarie per la determinazione dei risparmi, sia i costi iniziali di installazione, sia i costi durante tutto il periodo di rendicontazione.

7.13 Formato del rapporto

Specificare come saranno rendicontati e documentati i risultati.

7.14 Controllo della qualità

Specificare le procedure di controllo della qualità che saranno utilizzate per i rapporti sui risparmi e tutti i passaggi intermedi nella redazione dei rapporti.

7.15 Ulteriori requisiti del Piano di M&V per l'Opzione A

7.15.1 Giustificazione dei valori stimati

Descrivere i valori da utilizzarsi per i valori stimati. Spiegare l'origine di questi valori stimati. Mostrare la complessiva significatività di tali stime in rapporto al totale dei risparmi attesi rendicontando la gamma dei possibili risparmi connessi con la gamma dei valori plausibili dei parametri stimati.

7.15.2 Ispezioni periodiche

Definire i controlli periodici che verranno eseguiti nel periodo di rendicontazione per verificare che l'apparecchiatura sia ancora presente e che funzioni come ipotizzato per la determinazione dei valori stimati.

7.16 Ulteriori requisiti del Piano di M&V per l'Opzione D

7.16.1 Nome del software

Riportare nome e numero di versione del software di simulazione da utilizzare.

7.16.2 Dati di ingresso/uscita

Fornire copia cartacea ed elettronica dei file d'ingresso, dei file d'uscita e dei file meteo utilizzati per la simulazione.

7.16.3 Dati misurati

Descrivere il processo seguito per ottenere tutti i dati misurati. Registrare quali parametri di ingresso sono stati misurati e quali invece stimati.

7.16.4 Calibrazione

Descrivere i dati energetici e operativi utilizzati per la calibrazione. Descrivere l'accuratezza con la quale i risultati della simulazione corrispondono ai dati energetici di calibrazione.

7.16.5 Modifiche future

Ove possibile, definire il metodo per effettuare gli appropriati aggiustamenti straordinari.

8 Rapporti di M&V

I rapporti di M&V sono preparati come definito dal Piano di M&V. Il rapporto comprenderà come minimo quanto segue:

- a) esigenze degli utenti del rapporto di M&V (o dei rapporti di M&V);
- b) scelta del metodo o della tecnica;
 - se l'utente è focalizzato sul controllo globale dei costi, i metodi dell'intero impianto/struttura possono essere i più adatti,
 - se l'utente è focalizzato su particolari AMEE, le tecniche di isolamento dell'AMEE possono essere quelle più adatte,
- c) dati osservati del periodo di rendicontazione;
 - 1) punto iniziale e finale del periodo di misura,
 - 2) dati energetici,
 - 3) valori delle variabili indipendenti,
- d) descrizione e giustificazione di tutte le correzioni apportate ai dati osservati;
- e) per l'Opzione A, i valori stimati concordati;
- f) tabella dei prezzi dell'energia utilizzata;
- g) dettagli di tutti gli aggiustamenti straordinari rispetto alla situazione di riferimento;
- h) risparmi calcolati in termini energetici;
- i) risparmi calcolati in termini economici;
- j) suggerimenti dal riesame del rapporto con il personale operativo dell'impianto/struttura.

9 Conformità allo IPMVP

Lo IPMVP è un quadro di definizioni e metodi per la corretta valutazione dei risparmi dei consumi energetici o idrici o della loro domanda. Lo IPMVP guida gli utenti nello sviluppo di Piani di M&V per progetti specifici. Lo IPMVP è stato redatto per consentire la massima flessibilità nella creazione di Piani di M&V, nel rispetto dei principi di accuratezza, completezza, prudenza, coerenza, pertinenza e trasparenza (vedi Principi).

Gli utenti che richiedono la conformità allo IPMVP devono:

1. Identificare la persona responsabile dell'approvazione del Piano di M&V specifico per sito e che faccia in modo che il Piano di M&V sia seguito per tutta la durata del periodo di rendicontazione.
2. Sviluppare un Piano di M&V completo che:

- definisca chiaramente la data di pubblicazione o il numero di versione dell'edizione e del volume IPMVP seguiti;
- utilizzi una terminologia coerente alle definizioni della versione di IPMVP citata o la fonte della terminologia;
- includa tutte le informazioni menzionate nel capitolo Piano di M&V (capitolo 5 della presente edizione);
- sia stato approvato da tutte le parti interessate alla conformità allo IPMVP e
- sia coerente con i principi di M&V.

3. Seguire il Piano di M&V aderente allo IPMVP che è stato approvato.

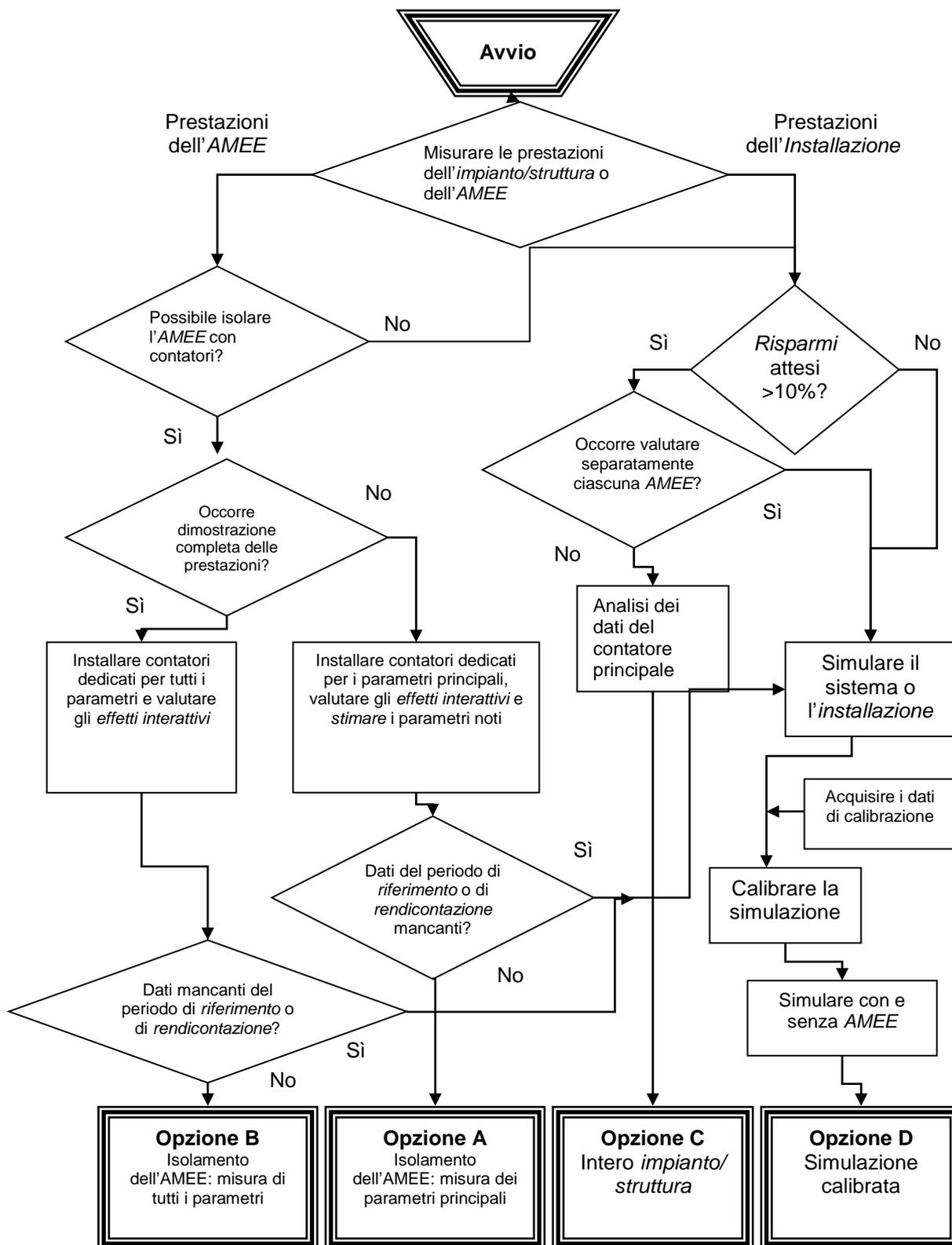
4. Preparare i rapporti di M&V contenenti le informazioni di cui alla sezione 8.

Gli utenti che desiderano specificare l'utilizzo dello IPMVP in un contratto a prestazioni garantite o di emission trade possono utilizzare frasi come "La determinazione degli effettivi risparmi energetici ed economici seguirà le migliori prassi correnti, come definite nel volume I dello IPMVP".

Le specifiche possono inoltre includere "Il Piano di M&V deve essere conforme allo IPMVP ed essere approvato da" e possono altresì aggiungere, se noto al momento dell'approvazione del contratto, "seguendo l'Opzione IPMVP....".

Allegato A (informativo)

Schema di processo di selezione delle opzioni



Allegato B (informativo)

Caratteristiche del progetto dell'AMEE

Caratteristica del progetto dell'AMEE	Opzione suggerita			
	A	B	C	D
Necessità di valutare le <i>AMEE</i> singolarmente	X	X		X
Necessità di valutare solo le prestazioni dell'intero impianto/struttura			X	X
<i>Risparmi attesi</i> inferiori al 10% del contatore del distributore	X	X		X
Significatività non chiara di alcune variabili che influenzano il consumo dell' <i>energia</i>		X	X	X
<i>Effetti interattivi</i> dell'AMEE significativi o non misurabili			X	X
Previsione di molte future variazioni nell'ambito del confine <i>di misura</i>	X			X
Necessità di valutazione a lungo termine delle prestazioni	X		X	
Non disponibilità di dati di riferimento				X
Il personale non tecnico deve comprendere i rapporti	X	X	X	
Disponibilità di personale con competenza nella misura	X	X		
Disponibilità di personale con competenza in programmi di simulazione				X
Disponibilità di personale con esperienza di lettura delle fatture del venditore e di analisi di regressione			X	



EVO ringrazia le organizzazioni sottoscrittrici:

Organizzazioni Principali:

BC Hydro
Services Industriels de Genève

Organizzazioni Senior:

EDF Electricité de France
Pacific Gas & Electric
Southern California Edison
Schneider- Electric

Grandi organizzazioni Governative:

Ontario Power Authority
Bonneville Power
Administration

Piccole organizzazioni Governative:

ADENE – Agência para a
Energia (Portuguese
Energy Agency)

Settore Educativo:

Université de Genève

Organizzazioni associate dell'Allegato 1:

Navigant Consulting Inc.
Quantum Energy Services
& Technologies, Inc. (QuEST)

EEVS – Energy Efficiency
Verification Specialists

HEP-ESCO d.o.o.

Organizzazioni Non Profit Non Allegato 1:

Taiwan Green Productivity
Foundation (TGPF)