

INDICE

INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI.....	2
CAPITOLO 1 INTRODUZIONE ALL'EFFICIENZA ENERGETICA E AUDIT ENERGETICO.....	3
1.1 L'EFFICIENZA ENERGETICA COME FONTE ALTERNATIVA.....	3
1.2 GLI OSTACOLI AL PROCESSO D' EFFICIENZA ENERGETICA	4
1.3 FUNZIONE E FINALITA DELL' AUDIT ENERGETICO.....	4
1.4 TIPOLOGIE DI ANALISI.....	5
1.4.1 AUDIT ENERGETICO PRELIMINARE.....	5
1.4.2 AUDIT ENERGETICO DI DETTAGLIO	6
1.5 LE ENERGY SERVICE COMPANY (E.S.CO.).....	7
1.6 SOGGETTI A CUI E' RIVOLTO L'AUDIT ENERGETICO	8
CAPITOLO 2 COME SI REALIZZA UN AUDIT ENERGETICO PRELIMINARE.....	9
2.1 INTRODUZIONE	9
2.2 RACCOLTA DEI DATI PRELIMINARI AL SOPRALUOGO	9
2.3 SOPRALLUOGO SUL SITO IN ESAME	10
2.3.1 ANALISI DELLO STATO DI FATTO DELL' INVOLUCRO EDILIZIO	10
2.3.2 ANALISI DELLO STATO DI FATTO DEGLI IMPIANTI TERMICI.....	11
2.3.3 ANALISI DELLO STATO DI FATTO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI	11
2.4 ANALISI DEI DATI RACCOLTI E STESURA DELLA RELAZIONE FINALE.....	12
2.5 STRUMENTI DI MISURA DI SUPPORTO ALL'ANALISI ENERGETICA	12
2.5.1 TERMOCAMERE AD INFRAROSSI	13
2.5.2 ANALIZZATORI DI RETE ELETTRICA	15
2.5.3 FLUSSOMETRI AD ULTRASUONI	15
CAPITOLO 3 POSSIBILI AREE D' INTERVENTO IN UNA PICCOLA E MEDIA IMPRESA TIPO.....	17
3.1 INTRODUZIONE	17
3.2 MOTORI ELETTRICI	17
3.2.1 INTRODUZIONE.....	17
3.2.2 COME RIDURRE I CONSUMI ELETTRICI DEI MOTORI ASINCRONI	18
3.2.3 MOTORI ASINCRONI AD ELEVATA EFFICIENZA	19
3.2.4 CONVERTITORI DI FREQUENZA.....	23
3.2.5 RICHIAMO SULLA NUOVA NORMATIVA RIGUARDANTE I MOTORI ELETTRICI IN VIGORE DAL 2011.....	25
3.2.6 ESEMPI NUMERICI TRATTI DALLE RELAZIONI FINALI SUI SOPRALUOGHI EFFETTUATI	26
3.3 RIFASAMENTO DELL'IMPIANTO ELETTRICO	27
3.3.1 ACCENNI TEORICI.....	27
3.3.2 COME RIFASARE	30
3.3.3 ESEMPI NUMERICI TRATTI DALLE RELAZIONI FINALI SUI SOPRALUOGHI EFFETTUATI	32
3.4 STRUTTURE E LEGISLAZIONE VIGENTE IN TEMA DI EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI INDUSTRIALI.....	33
3.4.1 DECRETO LEGISLATIVO del 29 dicembre 2006 n.311.....	33
3.4.2 DECRETO MINISTERIALE 26 GIUGNO 2009.....	38
CAPITOLO 4 CONCLUSIONI FINALI.....	40

INTRODUZIONE E SCOPO DELLA TESI

Negli ultimi decenni la “gestione dell’energia” ha assunto un peso sempre maggiore sia per la grande industria ma ancor più per la piccola e media impresa, sia a livello nazionale che europeo. L’andamento scostante del prezzo delle fonti fossili e il sempre più accentuato aumento della richiesta di energia per gli usi finali, fanno sì che gestire al meglio i propri consumi generi benefici sia all’azienda stessa in termini di minori costi di gestione sia alla collettività in quanto il risparmio di energia è spesso riconducibile in modo proporzionale ad un abbattimento delle emissioni di CO₂ in atmosfera, uno dei gas imputati a generare l’effetto serra.

Di recente è stata introdotta nelle aziende la figura professionale denominata “Energy manager” la cui funzione è quella di gestire gli aspetti energetici dell’attività produttiva dell’azienda, in particolare:

- Analisi dei consumi di energia elettrica e termica ripartiti per ogni settore dell’azienda;
- Valutazione e stipula dei contratti di fornitura di servizi energetici;
- Supervisione sulla manutenzione degli impianti produttivi.

La possibilità di analizzare lo stato di fatto degli impianti di produzione e i relativi consumi energetici facilita gli interventi di miglioramento dell’efficienza energetica, sia per quanto riguarda gli interventi tecnici come ad esempio la sostituzione di un elemento con uno a più elevata efficienza, sia per quanto riguarda gli interventi di tipo amministrativo come miglioramento di un contratto di fornitura dell’energia elettrica.

Lo scopo di questa tesi come del tirocinio che ho svolto presso “Galileia s.r.l.” è approfondire il concetto di “**analisi energetica**” o “**audit energetico**”, descrivendone la sua funzione, il suo sviluppo ed identificare alcune aree di intervento prendendo in esame un’azienda produttiva “tipo” facente parte della piccola e media impresa.

Durante il mio tirocinio ho seguito assieme al mio tutor, il progetto “Intelligent Energy” sviluppato dal partenariato costituito dalla Camera di Commercio di Padova, Galileia srl ed altre realtà produttive della provincia di Padova con l’obiettivo di verificare gli attuali consumi energetici, valutare le opportunità di realizzare interventi di efficienza energetica e/o di utilizzo di energia da fonte rinnovabile da parte delle aziende.

La proposta di lavoro si articola in 2 fasi distinte tra loro:

- Sopralluogo per la raccolta dei dati;
- Redazione di una relazione preliminare che descriva lo stato di fatto dell’impianto visionato e proponga degli interventi di risparmio energetico subito applicabili e con tempi di ritorno dell’investimento nel medio-breve periodo.

Nella quasi totalità dei sopralluoghi effettuati si sono riscontrati punti critici per quanto riguarda i consumi energetici spesso da imputare alla poca conoscenza del settore e non sempre superabili causa impossibilità tecnica di poter apportare modifiche a quegli impianti di fondamentale importanza per il ciclo produttivo proprio dell’azienda.

A ciò fa da contraltare la sempre più presa di coscienza nei piccoli medi imprenditori del fatto che abbattere, dove è possibile ed economicamente vantaggioso, gli sprechi energetici può essere una modalità da subito applicabile per aumentare la competitività della propria azienda, soprattutto in momenti dove l’economia è stagnante.

Capitolo 1 INTRODUZIONE ALL'EFFICIENZA ENERGETICA E AUDIT ENERGETICO

1.1 L'EFFICIENZA ENERGETICA COME FONTE ALTERNATIVA

La rivoluzione tecnologica, che ha radicalmente cambiato la vita dell'uomo, abbinata ad una continua espansione delle economie dei paesi in via di sviluppo degli ultimi due secoli, ha comportato un sempre crescente utilizzo di energia.

Oggi però è diventato indispensabile limitarne i consumi il che non significa una diminuzione degli utilizzi, che si tradurrebbe in un abbassamento dell'attuale tenore di vita, ma una razionalizzazione degli stessi, in modo che siano evitati gli sprechi e le esternalità negative.

Un aumento della produzione energetica comporta inoltre un inevitabile incremento delle emissioni inquinanti, che aggravano una situazione ambientale tuttora molto critica.

Il risparmio energetico è nel nostro tempo una "pratica" necessaria ed imprescindibile, dal momento che la richiesta di energia nel nostro paese e nel mondo sta aumentando in modo pressoché costante.

Il risparmio energetico è una considerevole fonte di energia rinnovabile ed anche la più immediata e accessibile a tutte le imprese e le realtà imprenditoriali, spesso con tempi di recupero dell'investimento inferiori a qualunque tecnologia energetica, a cominciare da scale di investimento minime, anche di poche centinaia di euro.

Le possibili forme di intervento per poter conseguire l'obiettivo del risparmio energetico sono:

- i recuperi e i risparmi energetici;
- la razionalizzazione degli usi finali;
- la diversificazione energetica (energy mix);
- i miglioramenti tecnologici.

Una strategia orientata su queste quattro direttrici a forte potenziale di riduzione del fabbisogno energetico avrebbe effetti positivi non solo sullo sfruttamento ambientale, dove in un momento in cui gli alti e crescenti prezzi del greggio creano uno svantaggio competitivo ed un elevato costo a carico delle imprese italiane, ma contribuirebbe alla riduzione della nostra dipendenza energetica dall'estero, con una conseguente stabilizzazione dei prezzi dell'energia e del carico inflattivo che essa ha sull'economia, nonché alla riduzione dei "costi esterni" a carico dello Stato e della "collettività".

Con il termine "efficienza energetica" facciamo riferimento a tutta quella serie di azioni di programmazione, pianificazione, progettazione e realizzazione che permettono, a parità di servizi offerti, di consumare meno energia il cui obiettivo finale è la riduzione dei consumi e quindi dei costi mantenendo costante il livello produttivo.

L'efficienza è quella del sistema energetico nel suo complesso, ossia la capacità di garantire un determinato processo produttivo o l'erogazione di un servizio (ad esempio il riscaldamento) attraverso l'utilizzo della minor quantità di energia possibile.

Il mercato futuro sarà sempre più caratterizzato da una crescente domanda di nuovi servizi energetici, conseguenza della sensibilità acquisita dagli utilizzatori rispetto ad un più razionale uso finale dell'energia.

1.2 GLI OSTACOLI AL PROCESSO D' EFFICIENZA ENERGETICA

L'ostacolo principale all'incremento dell'efficienza energetica risulta la mancanza di informazioni (sulla disponibilità e sui costi di nuove tecnologie e sui costi dei propri consumi), così come l'insufficiente formazione dei tecnici ad una corretta manutenzione ed il fatto che questi aspetti non siano sufficientemente presi in considerazione dagli operatori del mercato.

La realizzazione di azioni per il miglioramento dell'efficienza energetica richiede competenze ed esperienza.

Sono infatti necessarie una "diagnosi", che individui le richieste energetiche dell'azienda o dell'edificio (presenti e, possibilmente, future) e le opportunità di intervento offerte dalla recente tecnologia adattabili alla situazione in esame, "un'analisi di fattibilità" tecnico-economico-finanziaria dei possibili progetti individuati ed "un'opera di convincimento" dei decisori.

Questi interventi, fino a qualche tempo fa, erano però difficilmente implementabili nelle imprese per la carenza di fondi rispetto alle esigenze complessive, riguardo alle quali l'energia detiene spesso un ruolo secondario al cospetto delle esigenze di mercato e della logica del profitto di "breve periodo".

La creazione di soggetti economici che si affacciano nel nuovo mercato dei servizi energetici e di nuovi strumenti finanziari, quali l'FTT (finanziamento tramite terzi), hanno consentito il ricorso da parte delle imprese a quei servizi necessari per percorrere la strada dell'efficienza economica, con tutti i benefici che ne conseguono in termini di risparmi e di investimenti.

I nuovi servizi più largamente diffusi, in grado di far ottenere alle imprese un sensibile risparmio energetico e, di conseguenza, economico, possono essere individuati in:

- assistenza nella manutenzione degli impianti energetici;
- outsourcing della gestione degli impianti di produzione o di utilizzo dell'energia;
- ottimizzazione dei consumi elettrici e dei contratti di fornitura dell'energia stessa.

1.3 FUNZIONE E FINALITA DELL' AUDIT ENERGETICO

L'Energy Audit è una delle componenti chiave all'interno di un programma di efficienza energetica la cui importanza nasce dal fatto che viene utilizzato per stabilire dei parametri per le misurazioni da effettuare, la tipologia di interventi da mettere in atto ed il ritorno economico degli investimenti.

Il termine 'audit' deriva dalla lingua latina ed è entrato a far parte della lingua nazionale assumendo il significato di 'verifica'. Con 'Audit energetico' si intende un processo sistematico e documentato per ottenere un report sugli aspetti energetici dell'edificio; si tratta quindi di un'analisi più o meno approfondita condotta attraverso sopralluoghi presso l'unità produttiva e l'esame di documenti forniti dall'azienda quali bollette di fornitura di energia, planimetrie ed altro materiale.

L'audit energetico costituisce pertanto la fase preliminare che precede l'avvio di un qualsiasi progetto di Efficienza Energetica ovvero in base ad esso è possibile stabilire in anticipo se un intervento possa risultare fattibile e conveniente, sia dal punto vista tecnico che economico.

I suoi obiettivi sono quelli di:

- definire il bilancio energetico dell'edificio;
- individuare gli interventi di riqualificazione tecnologica;
- valutare per ciascun intervento le opportunità tecniche ed economiche;
- ridurre le spese di gestione.

Vengono successivamente raccolti i dati di consumo e i costi energetici ed inoltre dati sulle utenze elettriche, termiche, frigorifere (potenza, fabbisogno/consumo orario, fattore di utilizzo, ore di lavoro, etc.) e su questa base si procede alla ricostruzione dei modelli energetici. Da tali modelli sarà possibile ricavare la ripartizione delle potenze e dei consumi per tipo di utilizzo (illuminazione, condizionamento, freddo per processo e per condizionamento, aria compressa, altri servizi, aree di processo), per centro di costo, per cabina elettrica e per reparto, per fascia oraria e stagionale.

La situazione energetica, così inquadrata, viene analizzata criticamente ed in confronto con parametri medi di consumo al fine di individuare interventi migliorativi per la riduzione dei dispendi e dei costi e la valutazione preliminare di fattibilità tecnico-economica.

1.4 TIPOLOGIE DI ANALISI

In base alle richieste poste dall'azienda richiedente l'audit ci si avvia ad intraprendere due tipologie di analisi possibili, dove la complessità dei modelli energetici e dell'analisi dipendono dalla tipologia di studio più o meno approfondito che si vuole portare a termine.

Si possono identificare quindi due tipologie di intervento:

- Audit preliminare;
- Audit di dettaglio.

Al fine di incrementare la conoscenza e l'attenzione sui temi di risparmio energetico e di aumento dell'efficienza da parte delle aziende è opportuno aggiungere all'interno dell'audit informazioni relative al sistema di distribuzione dell'energia elettrica nel nostro paese e soprattutto informazioni e dati relativi alla possibilità di utilizzare fonti energetiche alternative quali l'energia solare, sia come solare termico (solo dove vi sono elevati consumi di acqua calda sanitaria) sia come fotovoltaico.

Ove se ne ritiene la necessità è buona norma fornire informazioni a livello di normative vigenti e in procinto di divenire operative in modo da poter fornire all'azienda un migliore quadro della situazione per quanto concerne gli interventi da eseguire.

1.4.1 AUDIT ENERGETICO PRELIMINARE

Lo studio preliminare predilige l'analisi energetica dei macrosistemi in generale, come lo stato di fatto dell'impianto elettrico (sia la parte di illuminazione che quella di forza motrice), di quello termico (sia per il riscaldamento/raffrescamento sia per il processo produttivo) e dell'involucro edilizio.

Il suo scopo principale è quello di fornire il maggior numero di informazioni per quanto riguarda il macro argomento dell'efficienza energetica, evidenziare i punti critici principali nella gestione ed utilizzo delle diverse forme di energia impiegate dall'azienda e fornire proposte di intervento efficaci per ridurre i consumi e quindi i costi energetici a carico dell'impresa stessa.

Il sopralluogo sul sito produttivo ed il reperimento dei dati sui consumi energetici permettono di identificare le possibili aree di intervento e di valutare il ritorno in anni degli investimenti necessari da effettuare. Gli interventi possono essere di natura tecnica, come ad esempio la sostituzione di impianti obsoleti, oppure amministrativa, come l'adozione di una nuova tariffazione dell'energia più conveniente.

In generale questi interventi portano a compiere investimenti più o meno importanti, ma con "Pay back" non superiori a 2/3 anni.

Le tempistiche di un'analisi di questo tipo sono abbastanza ridotte, nel termine di qualche settimana, valore indicativo poiché dipende dal tipo di azienda visionata.

Studi di questo livello sono indicati a quelle aziende che desiderano avere un quadro generale della situazione energetica della propria azienda, e sono spesso proposti da enti come camere di commercio (come nel mio caso specifico), da aziende regionali per l'ambiente (arpa) o da fondazioni di istituti di credito che intendono incentivare nei loro consociati lo sviluppo di tematiche inerenti a questi argomenti.

1.4.2 AUDIT ENERGETICO DI DETTAGLIO

L'audit energetico di dettaglio consiste in un'analisi puntuale dei sistemi e sottosistemi energetici del sito produttivo in esame.

I macrosettori analizzati nel audit preliminare vengono scorporati ed analizzati singolarmente al fine di ottenere un bilancio energetico del sito produttivo i cui al suo interno sono presenti tutte le voci di consumo e di costo in denaro.

Gli audit energetici di dettaglio e gli studi di fattibilità riguardano analisi singole e dettagliate di alcuni tra i seguenti aspetti:

- Produzione e distribuzione delle utilities (energia elettrica, energia termica, aria compressa, acqua);
- Cogenerazione;
- Impianti fotovoltaici;
- Linee elettriche di interconnessione;
- Impianti a biomasse;
- Perdite di calore verso l'esterno non imputabili allo stato di fatto dell'involucro edilizio (sfruttamento di tutte le fonti di calore non asservite a progetti di cogenerazione);
- Studio approfondito dei parametri caratterizzanti l'involucro edilizio (trasmissione, inerzia globale, coefficiente di assorbimento);
- Controllo e tipo di azionamenti;
- Analisi dei processi produttivi

Per conseguire gli obiettivi che un'analisi di dettaglio si impone non è più sufficiente un unico sopralluogo, ma sono indispensabili più monitoraggi in quanto, oltre all'analisi classica dello studio preliminare si deve far ricorso anche a strumenti di misura che verranno installati volta per volta su tutti i sottosistemi i quali per avere la quantità di dati necessari allo studio dell'efficienza energetica del sito produttivo in esame devono poter disporre di un adeguato range di misurazioni.

Da una precisa e voluminosa raccolta di dati ne consegue una relazione tecnica alquanto dettagliata sotto tutti i livelli, dalla presentazione della situazione attuale in termini di consumi e costi sostenuti alle proposte di intervento che valutano più alternative e ne descrivono le possibili criticità all'analisi economica dove vengono analizzati singolarmente ogni investimento e valutata la sua realizzabilità.

Frequentemente è previsto un piano degli interventi dove avvengono le determinazioni delle priorità, delle tempistiche, delle coperture finanziarie degli interventi e delle procedure necessarie per una corretta gestione dell'energia.

Prevedibilmente la tempistica per la realizzazione di uno studio così compresso soffre di molte variabili ma si può stimare in circa un mese per quanto riguarda l'acquisizione dei dati ed ad un tempo analogo per la rielaborazione dei dati raccolti e la stesura della relazione finale.

Terminata la fase di audit si prospetta un'attività di monitoraggio e verifica, fasi complementari al normale esercizio dell'impianto, ma che diventano fondamentali se si considera che il risparmio conseguito durante la gestione genera ritorno economico.

I principali obiettivi del monitoraggio sono due:

- A. Rilevazione di malfunzionamenti che richiedano manutenzione o scostamenti dai livelli di risparmio previsti.
- B. Raccolta dei dati relativi alla nuova struttura impiantistica e raffronto con quelli raccolti prima dell'intervento in sede di audit energetico.

Il secondo punto è estremamente importante: esso consente un'analisi comparata tra la situazione reale e quella prevista nello studio di fattibilità, in modo da accorgersi di eventuali scostamenti e apportare correzioni all'iter gestionale e contrattuale.

Da una accurata misurazione del risparmio ottenuto dai flussi energetici post-installazione, deriva la possibilità di una gestione del ritorno dell'investimento il più in linea possibile con lo studio di fattibilità, con la possibilità quindi di apportare le correzioni adeguate, onde evitare perdite di profitto o di incorrere eventualmente in penali previste per il non rispetto delle promesse contrattuali.

Questa tipologia di analisi è rivolta sia a quelle aziende in possesso di informazioni inerenti all'efficienza energetica e non; e che comunque vogliono intraprendere un'analisi approfondita sui propri consumi energetici. Spesso tali analisi vengono richieste direttamente dalle aziende alle società che si occupano di analisi energetiche e non solo e non dirado dopo che suddette aziende hanno concluso un percorso di studio energetico preliminare.

1.5 LE ENERGY SERVICE COMPANY (E.S.CO.)

Una delle possibilità per le piccole e medie imprese che intendono approntare analisi sull'efficienza energetica e sviluppare poi i progetti di riduzione dei consumi/costi energetici è quella di richiedere la consulenza ad una E.S.Co.

Tra le imprese che svolgono i servizi audit energetico ci sono le così dette Energy service company (E.S.Co.) le quali sono in grado di effettuare l'Audit Energetico e di implementare le soluzioni emerse a valle dell'Audit stesso; di particolare interesse per le PMI che offrono soluzioni d'efficienza energetica ripagandosi con i risparmi d'energia realizzati, "preservando" l'imprenditore dal rischio inerente all'adozione di tecnologie e tecniche d'avanguardia e dalla loro ripercussione economica e finanziaria sull'impresa stessa.

Le E.S.Co. o società di servizi energetici, sono soggetti specializzati all'interno delle quali lavorano persone con un bilanciato mix tra conoscenze tecniche ed economico-finanziarie; l'unione di queste due discipline di studio permette di effettuare molteplici tipologie di intervento nel settore dell'efficienza energetica, sollevando in genere il cliente dalla necessità di reperire risorse finanziarie per la realizzazione dei progetti e dal rischio tecnologico, in quanto gestiscono sia la progettazione/costruzione, sia la manutenzione per la durata del contratto (compresa usualmente fra i cinque ed i dieci anni).

Uno degli aspetti più innovativi e promettenti di una E.S.Co. è la possibilità di offrire un servizio globale a "costo zero" per il cliente. Infatti, nonostante i progetti richiedano in genere notevoli investimenti iniziali, la E.S.Co. si impegna a:

- Coprire il costo iniziale dell'installazione;
- Coprire i costi dei servizi annessi all'installazione;
- Coprire i costi di gestione, manutenzione, monitoraggio e verifica per tutta la durata del contratto.

La E.S.Co., dunque, si occupa di reperire il capitale necessario ad effettuare l'investimento e a recuperarlo secondo diverse modalità di finanziamento, in particolare modo attraverso lo sfruttamento di incentivi statali regionali od europei oppure attraverso un finanziamento tramite terzi.

Il cliente, da parte sua, ripaga i servizi forniti dalla E.S.Co. tramite la cessione parziale o totale del risparmio ottenuto rispetto alla spesa energetica media pre-intervento.

1.6 SOGGETTI A CUI E' RIVOLTO L'AUDIT ENERGETICO

L'audit energetico è rivolto in modo generale a qualsiasi soggetto, pubblico o privato la cui guida sia sensibile e lungimirante rispetto ai temi di riduzione dei propri consumi energetici; il servizio di Audit energetico è rivolto quindi a tutte le Organizzazioni che vogliano conoscere se vi siano miglioramenti possibili nell'ambito dell'utilizzo dell'energia (elettrica - termica) presso le proprie unità operative e quali siano le potenziali aree di maggiore risparmio energetico.

In generale il servizio di Audit energetico è rivolto a Enti e Aziende che vogliano avere una verifica "super-partes" dello stato dell'efficienza della propria infrastruttura e dei propri impianti produttivi e non, sia dal punto di vista tecnico che procedurale.

Nella pubblica amministrazione l'analisi energetica è rivolta maggiormente a quei siti il cui numero di ore di utilizzo è maggiore come uffici ed istituti scolastici.

Per quanto riguarda invece l'area dell'impresa privata si inseriscono nello studio tutti gli edifici, produttivi e non, al fine di poter disporre di un quadro completo sulla prestazione energetica dell'intero sito produttivo.

Capitolo 2 COME SI REALIZZA UN AUDIT ENERGETICO PRELIMINARE

2.1 INTRODUZIONE

In questo capitolo verrà descritto l'iter che conduce alla realizzazione di un audit energetico preliminare, che è anche in mio obbiettivo dell'attività di tirocinio che ho svolto presso "Galileia s.r.l."

Come già citato durante l'attività di stage ho seguito assieme al mio co-relatore lo sviluppo del progetto "intelligent Energy" sviluppato dalla collaborazione tra Camera di Commercio di Padova, Galileia s.r.l. ed altri soggetti produttivi e non della provincia di Padova.

Per poter soddisfare a pieno le esigenze dell'impresa richiedente lo studio di verifica in campo energetico è necessario adattare il lavoro di audit in base alle necessità che l'impresa richiede, poiché ogni soggetto in esame può presentare caratteristiche diverse e può presentare capacità di manovra, rispetto agli interventi che verranno poi consigliati, più o meno ridotte.

Un esempio può essere un'impresa il cui involucro edilizio non è di sua proprietà ma è in locazione;

ciò limita di molto le possibilità di intervento soprattutto qual ora il proprietario non è intenzionato a riqualificare l'edificio.

2.2 RACCOLTA DEI DATI PRELIMINARI AL SOPRALUOGO

Avviata la procedura di richiesta da parte di un'azienda di un'analisi energetica l' "auditor" incaricato provvederà a raccogliere una serie di informazioni preliminari riguardanti il tipo di impresa dell'azienda, gli edifici del sito produttivo in esame e gli attuali consumi energetici.

Queste informazioni viste nel dettaglio sono:

- Numero di dipendenti;
- Numero di ore lavorative settimanali e se previsti numero ed ore dei turni di lavoro (suddivise per ogni reparto di lavorazione);
- Tipo di attività produttiva dell'azienda;
- Tipologia e numero di allacciamenti alla rete elettrica (cabina in MT o allacciamento in BT);
- Tipologia e numero di allacciamenti alla rete del gas metano;
- Planimetrie generali del sito produttivo;
- Raccolta delle fatture di acquisto dell'energia elettrica dell'anno in corso e dell'anno precedente;
- Tipologia del contratto di fornitura dell'energia elettrica;
- Raccolta delle fatture di acquisto del gas metano dell'anno in corso e dell'anno precedente;
- Se presente raccolta delle fatture di acquisto del combustibile liquido dell'anno in corso e dell'anno precedente.

Tutte queste informazioni sono utili al fine dei calcoli sui consumi effettivi in KWh che incideranno sull'analisi economica degli investimenti (se necessari) atti ad intervenire sulla riduzione dei consumi energetici.

Si fa presente che i possibili interventi saranno di due tipi;

- Intervento di tipo strutturale (ad esempio sull'involucro edilizio);
- Interventi di tipo impiantistico.

Per poter avere un quadro più ampio dei consumi e quindi dei costi che l'azienda deve sopportare è necessarie poter disporre di un numero di “bollette energetiche” almeno sufficiente a coprire un intero anno solare. Ciò comporta in oltre di poter evidenziare eventuali anomalie o discrepanze rispetto alla tipologia di attività produttiva in corso.

2.3 SOPRALLUOGO SUL SITO IN ESAME

Il sopralluogo in azienda è un passaggio fondamentale al fine dell'analisi energetica. L' auditor può in questo modo prendere visione dello stato di fatto del sito produttivo.

Espletate le operazioni di rito (ricevimento da parte di un responsabile dell'azienda, presa coscienza degli eventuali rischi all'interno degli edifici in cui si svolge l'attività produttiva ecc...) ci si appresta ad iniziare il sopralluogo.

Risulta molto importante poter parlare con responsabili del settore della manutenzione degli impianti o se presente nell'organigramma dell'azienda con l'energy manager poiché essendo figure a più stretto contatto con gli impianti possono fornire informazioni aggiuntive e di enorme rilevanza; è quindi necessario che colui che svolge il sopralluogo riceva la massima collaborazione possibile in termine di dati e di eventuale appoggio a tutto vantaggio dell'azienda. Di norma si parte dall'analisi dello stato di fatto dell'involucro edilizio per poi passare ad analizzare i settori imputati al consumo di energia come gli impianti termici ed elettrici. Risulta una buona abitudine e a volte fondamentale reperire una buona quantità di materiale fotografico sia per quanto riguarda gli ambienti e gli impianti sia soprattutto per quanto riguarda i dati di targa di apparecchiature quali caldaie, motori elettrici, forni ecc.

2.3.1 ANALISI DELLO STATO DI FATTO DELL' INVOLUCRO EDILIZIO

Come primo passo ci si sofferma sulle caratteristiche del sito quali:

- Età;
- Numero fabbricati;
- Quantità e tipologia dei locali;
- Area riscaldata/raffrescata ed illuminata;
- Tipologia costruttiva;
- Qualità e tipologia degli infissi;
- Estensione della finestratura;
- Orientazione geografica dell'edificio.

Nel caso si volesse sviluppare in modo più approfondito il settore dell'involucro edilizio si può in oltre effettuare la stratigrafia delle pareti dell'edificio, e ricavare così i valori di trasmittanza in $[W/m^2k]$.

L'orientazione assume carattere rilevante per quanto riguarda l'illuminazione dell'edificio, per massimizzare gli apporti solari nella stagione di riscaldamento e minimizzarli nella stagione del raffrescamento e risulta un dato discriminante sulla possibilità di poter installare impianti fotovoltaici sul tetto dello stabile.

2.3.2 ANALISI DELLO STATO DI FATTO DEGLI IMPIANTI TERMICI

Successivamente ci si appresta a visionare gli impianti di produzione e distribuzione del calore rilevando le caratteristiche dei vari impianti quali:

1. Caldaia:
 - Età;
 - Equipaggiamento tecnico;
 - Dati di targa;
 - Contatori installati;
 - Tipologia locale caldaia;
 - Controllo;
 - Eventuali programmi di accensione.

2. Sistemi di distribuzione del calore:
 - Età;
 - Tipologia di impianto;
 - Condizioni generali di utilizzo;
 - Condizione dell'isolamento;
 - Rilevazione di eventuali perdite di calore;

3. Sistemi di riscaldamento e raffrescamento:
 - Età;
 - Tipologia ed equipaggiamento tecnico;
 - Condizioni dell'isolamento;
 - sistemi di controllo e regolazione presenti;
 - sistemi di trattamento aria/acqua eventuali;
 - eventuali programmi di accensione.

2.3.3 ANALISI DELLO STATO DI FATTO DEGLI IMPIANTI ELETTRICI

I sistemi elettrici che vengono presi in esame sono principalmente l'impianto di illuminazione ed i motori elettrici proprio perché sono quei sistemi il cui monte ore di funzionamento annuo è il più elevato e soprattutto sono quei sistemi sui quali si può intervenire senza modificare l'impianto e la tipologia di produzione.

Per questi sistemi si raccolgono sul campo le seguenti informazioni:

1. Sistemi per l'illuminazione:
 - Disposizione dei corpi illuminati;
 - Modalità di accensione dei corpi illuminanti;
 - Tipologia dei corpi illuminanti;

- Tipologia di manutenzione effettuata;
- Eventuali sistemi di controllo del flusso luminoso e dell'accensione.

2. Motori elettrici:

- Raccolta dei dati di targa (Potenza nominale in [KW] , corrente nominale in [A] , tensione nominale in [V] e fattore di potenza $\cos\phi$);
- Numero di motori elettrici installati;
- Classificazione in merito all'efficienza energetica se presente;
- Tipologia del carico meccanico applicato;
- Numero di ore di funzionamento annue;
- Eventuali sistemi di controllo presenti.

2.4 ANALISI DEI DATI RACCOLTI E STESURA DELLA RELAZIONE FINALE

Una volta portato a termine il sopralluogo giunge il momento di raccogliere ed elaborare i dati ottenuti in modo da poter conseguire gli obiettivi dell'analisi energetica che per l'appunto sono quelli di riduzione dei consumi energetici e dei costi che essi comportano rimanendo fedeli alle eventuali specifiche poste dall'azienda richiedente.

La procedura da seguire identifica tre aree di studio che andranno poi ad identificare altrettanti capitoli nella stesura della relazione finale; tali aree sono:

- Individuazione delle aree di intervento;
- Definizione degli interventi di risparmio energetico;
- Analisi economica dei costi/benefici;
- Conclusioni del lavoro di audit.

La relazione finale sarà improntata sulla descrizione dell'attività svolta durante il sopralluogo in azienda identificando gli eventuali punti di criticità riscontrati e proponendo la tipologia di intervento più adatta alla realtà dei fatti andando ad analizzare i consumi ed i costi attuali, confrontandoli successivamente con i dati ottenuti simulando la messa in pratica dell'intervento.

I criteri che stanno alla base della valutazione sono sia tecnici che economici poiché vengono analizzati tutti gli aspetti dell'investimento identificabili come l'acquisto, la messa in opera, gli eventuali costi di gestione ed il ritorno economico calcolato con il metodo del "Pay Back".

2.5 STRUMENTI DI MISURA DI SUPPORTO ALL'ANALISI ENERGETICA

La realizzazione di un audit energetico preliminare non richiede di norma il supporto di strumenti di misura poiché per la raccolta dei dati inerenti alle apparecchiature si fa riferimento in genere ai valori riportati sui dati di targa o su cataloghi; tali valori si riferiscono sempre ai dati nominali dell'apparecchiatura presa in esame.

Nel caso di specifica richiesta da parte del richiedente risulta comunque opportuno avere a disposizione alcuni strumenti atti alla misura di parametri fondamentali per la determinazione dei consumi energetici degli impianti in cui è richiesta un'analisi più approfondita.

Gli strumenti di supporto all'auditor più importanti sono:

- Termo camere ad infrarossi;
- Analizzatori di rete elettrica;
- Flussometri ad ultrasuoni.

2.5.1 TERMOCAMERE AD INFRAROSSI

Le termo camere ad infrarossi permettono di eseguire analisi di tipo termografica.

La termografia è una tecnica per la visualizzazione delle radiazioni infrarosse su di un monitor. La strumentazione è costituita da una macchina da ripresa che converte, mediante una fotocellula, la radiazione infrarossa in segnali elettronici, poi amplificati e inviati allo schermo di visualizzazione.

Tale strumento è la termo camera, che permette di visualizzare immagini con toni di grigio, in monocromatico o in falsi colori; l'immagine, che può essere elaborata e salvata in un file, è chiamata termogramma o immagine termica.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO:

L'energia radiante di un materiale dipende dalla temperatura superficiale, i diversi materiali assumono differenti temperature superficiali in funzione della conduttività termica e del calore specifico, grandezze che caratterizzano l'attitudine del materiale stesso a trasmettere calore o a ritenerlo. Ogni oggetto emette energia dalla propria superficie sotto forma di onde elettromagnetiche, quando queste onde colpiscono un corpo che non sia trasparente, vengono in parte assorbite, e l'energia si trasforma in calore. L'energia E liberata da un corpo sotto forma di radiazione è funzione della lunghezza d'onda secondo la legge di Plank (1):

$$(1) \quad E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

$h =$ costante di Planck $= 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ W} \cdot \text{sec}^2$
 $c =$ velocità della luce $= 3 \cdot 10^8 \cdot \text{m/sec}$
 $\lambda =$ lunghezza d'onda (μm)

I fenomeni di scambio termico per energia raggianti differiscono tra loro in funzione della capacità dei corpi di assorbire e riflettere energia; per semplicità di formulazione, si usa confrontare le caratteristiche dei corpi reali con quelle di un corpo ideale di riferimento denominato *corpo nero*, capace di assorbire la totalità delle radiazioni ricevute. I corpi reali sono in grado invece di assorbire soltanto una parte della radiazione incidente, mentre la parte restante viene comunque riflessa.

Lo scambio termico per irraggiamento è influenzato inoltre anche dal mezzo in cui l'onda elettromagnetica si propaga, in quanto questo può assorbire parte dell'energia coinvolta.

Lo spettro delle radiazioni emesse dal corpo nero viene descritta dalla legge di Plank (2):

$$(2) \quad E(\lambda, T) = \frac{c_1}{\lambda^5} \left(\frac{1}{e^{c_2/\lambda T} - 1} \right) \quad \left[\frac{W}{m^2 \cdot \mu m} \right]$$

c_1 = prima costante di radiazione = $3,7411 \cdot 10^8 \text{ W} \cdot \mu\text{m}^4/\text{m}^2$

c_2 = seconda costante di radiazione = $1,4388 \cdot 10^4 \mu\text{m} \cdot \text{K}$

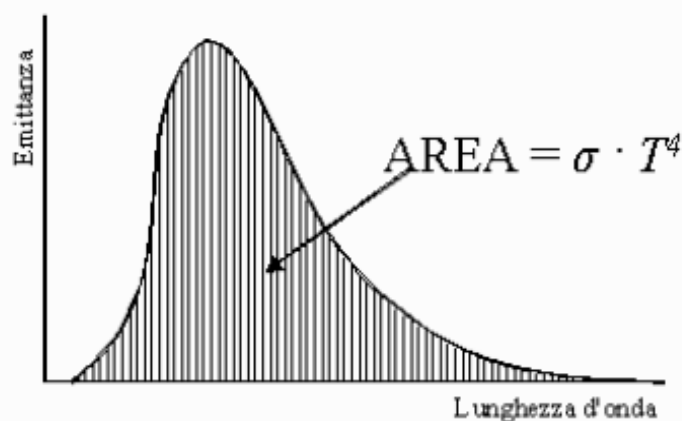
λ = lunghezza d'onda misurata in μm

T = temperatura assoluta in $^\circ\text{K}$

Sommando i valori della funzione $E(\lambda, T)$ lungo tutto lo spettro, si ottiene, per il corpo nero, la legge di Stefan-Boltzmann (3):

$$(3) \quad E = \int_0^{\infty} E(\lambda, T) \cdot d\lambda = \sigma T^4$$

σ = costante di Stefan-Boltzmann = $5,67 \cdot 10^8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$



Nello studio dello scambio termico per radiazione è necessario conoscere le caratteristiche di emissione, riflessione e assorbimento dei corpi reali coinvolti: solo se i corpi fossero neri si avrebbero caratteristiche note e definite secondo le predette leggi matematiche.

Per semplicità di formulazione quindi si usano alcuni coefficienti adimensionali, quali il *fattore di emissività*, che consentono di rapportare le caratteristiche di emissività dei corpi indagati con quella del corpo nero.

L'*emissività* è data dal rapporto tra l'energia emessa dal corpo considerato e quella del corpo nero (4), dunque:

$$(4) \quad \varepsilon = \frac{E_{\text{attuale}}}{E_{\text{corpo nero}}}$$

ε = fattore di emissività
 E_{attuale} = energia del corpo considerato
 $E_{\text{corpo nero}}$ = energia del corpo nero

La termografia permette l'individuazione di anomalie termiche così come può essere di ausilio nell'ottimizzazione dei rendimenti in processi o situazioni statiche che abbiano una rilevanza termica.

Nell'ambito dell'analisi energetica si ricorre all'utilizzo di termo camere per l'analisi di impianti elettrici come motori o quadri, al fine di poter rilevare anomalie termiche che spesso comportano problemi di natura elettrica come sovraccarichi o corto circuiti.

L'utilizzo maggiore delle termo camere però si riscontra nell'analisi dell'involucro edilizio poiché permette di rilevare ponti termici, perdite di calore causate da un'inefficiente sistema di isolamento e anomalie dei sistemi di trasporto e distribuzione del calore.

2.5.2 ANALIZZATORI DI RETE ELETTRICA

Grazie alla tecnologia è stato possibile inglobare in unico strumento tutta quella serie classica di strumenti di misura per parametri elettrici.

Tale strumento è l'analizzatore di rete, esso consente oltre la misurazione dei parametri fondamentali di una rete elettrica quali:

- Tensione [V];
- Frequenza [Hz];
- Corrente [A];
- Potenza attiva [W];
- Potenza reattiva [Var].

anche la misurazione di parametri come:

- Consumo di energia [KWh];
- Fattore di potenza $\cos\phi$;
- Simmetria delle fasi;
- Cali di tensione;
- Sovratensioni;
- Distorsioni dovute alle armoniche.

Tutte queste funzioni possono essere registrate per permettere una sessione di misura che si evolve nel tempo, fornendo in oltre la possibilità di analizzare anche i transitori.

Per quanto riguarda l'audit energetico il parametro più importante è senza dubbio quello dei consumi di energia elettrica.

Un'analisi accurata dei consumi permette di poter disporre di dati più precisi per quanto concerne i costi che tali consumi comportano o la valutazione se l'apparecchiatura installata è più o meno idonea al lavoro che deve compiere.

2.5.3 FLUSSOMETRI AD ULTRASUONI

Un altro parametro rilevante da analizzare in un audit energetico è la portata effettiva di condotti o tubazioni comandate da pompe.

Spesso i dati delle prestazioni della pompa di per se non sono sufficienti, soprattutto per quanto riguarda impianti di una certa dimensione e quindi si fa ricorso ad uno strumento in grado di misurare la portata, sia volumetrica che massica, tale strumento è il flussometro ad ultrasuoni.

La sua caratteristica principale, oltre ad una discreta facilità d'uso, è quella di poter effettuare le misurazioni senza dover apportare modifiche alle tubazioni o alle condotte; ciò è possibile grazie al proprio principio di funzionamento.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO:

La misura si basa sul ritardo del treno di impulsi emesso e registrato dal trasduttore dovuto al passaggio dell'onda all'interno di un fluido in movimento.

I due trasduttori posizionati all'esterno della tubazione emettono in modo alternato onde ultrasoniche all'interno della regione di fluido esaminato. La velocità media di scorrimento del fluido è misurata registrando la differenza tra i tempi necessari perché gli ultrasuoni si propaghino nel verso controcorrente e secondo corrente.

Il prodotto tra velocità media del flusso ed area della sezione interna del tubo è pari alla portata volumetrica fornita a display dallo strumento.

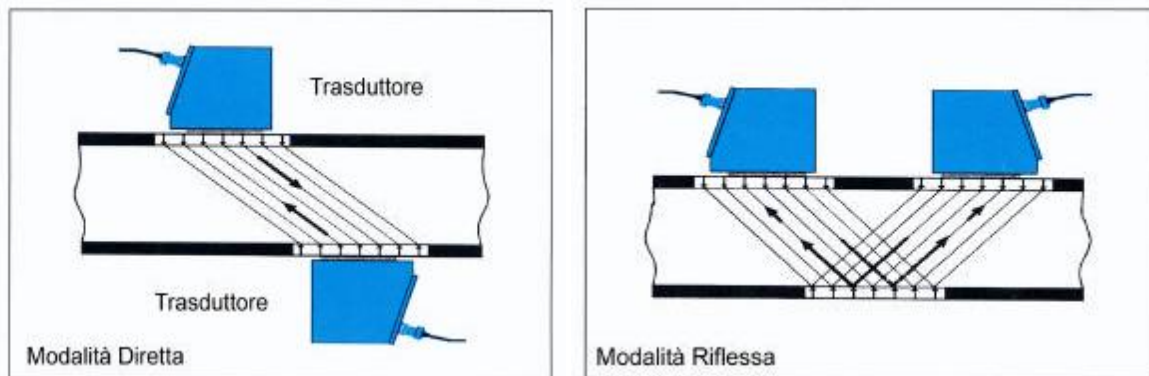


FIGURA .1disposizione dei sensori secondo diverse modalità

Vi sono ulteriori applicazioni che possono ritornare utili al fine di un' analisi di tipo energetico come:

- Controllo delle perdite di portata;
- Controllo delle perdite di carico;
- Verifica della corretta taratura degli strumenti presenti adibiti al controllo di portata.

Capitolo 3 POSSIBILI AREE D' INTERVENTO IN UNA PICCOLA E MEDIA IMPRESA TIPO

3.1 INTRODUZIONE

Nel seguente capitolo si tratterà delle possibili aree di intervento che possono facilmente essere individuate durante un'analisi energetica preliminare, che risulta poi essere il fulcro della mia attività di tirocinio presso l'azienda ospitante.

Essendo un' analisi preliminare, volta soprattutto a far avvicinare ai temi inerenti l'efficienza (e quindi il risparmio) energetica aziende ed imprenditori, si cerca di analizzare sistemi e componenti immediatamente identificabili, il cui funzionamento risulta continuo durante l'attività di lavoro (elevato numero di ore di lavoro l'anno), con potenze e consumi facilmente calcolabili e con la possibilità di poterli sostituire senza sconvolgere la produzione stessa.

L'attività di valutazione si soffermerà quindi principalmente sullo studio di motori elettrici, sul sistema di illuminazione e sul sistema di riscaldamento, nella fattispecie sul generatore di calore.

Per quanto concerne i calcoli sui consumi delle diverse apparecchiature si fa sempre riferimento ai valori nominali conferiti dai dati di targa delineando un metodo unico di calcolo, anche perché sono gli unici dati che possiamo rilevare senza una misurazione accurata.

Come è capitato durante i sopralluoghi può verificarsi che il richiedente abbia l'intenzione di voler espandere la propria azienda costruendo un nuovo edificio industriale.

In questo caso l'attività di analisi può svilupparsi anche sulla qualità dell'edificio che si andrà a realizzare indicando le normative di riferimento ed i parametri costruttivi riguardanti l'efficienza energetica dell'involucro edilizio che si dovranno implementare in sede di progettazione.

3.2 MOTORI ELETTRICI

3.2.1 INTRODUZIONE

È noto che, nell'industria, il 70-80% circa dei consumi di energia elettrica è da addebitarsi ai motori elettrici (figura 4.1). Una voce di costo indispensabile, per l'attività di molte aziende, ma che grava sui bilanci delle attività stesse.

Vi è una sensibilità crescente verso le problematiche di tutela dell'ambiente e di sviluppo sostenibile; ma spesso sfugge il fatto che molti dei provvedimenti utili e necessari per raggiungere importanti obiettivi in questi campi comportano anche significativi vantaggi per le singole aziende, oltre che per la collettività.

Proprio i motori elettrici sono, in questo senso, un caso emblematico: un loro più efficiente utilizzo consente di ottenere, in tempi brevi, inattesi benefici economici, grazie ai risparmi sulle bollette energetiche, anche quando ciò debba richiedere delle sostituzioni.

Basta considerare un semplice fatto: il costo totale legato al ciclo di vita del motore (tipicamente superiore a 10 anni) è composto per il 98% dal suo consumo di energia elettrica, mentre solo il 2% è dato dal costo iniziale (acquisto più installazione) e dalla manutenzione (figura 4.2).

È evidente che, alla luce di queste considerazioni, nella maggior parte dei casi risulterà più proficuo adottare motori e sistemi di controllo tecnologicamente evoluti piuttosto che concentrarsi unicamente sull'incidenza dei costi d'acquisto o di sostituzione dell'esistente.

Il rinnovamento del parco dei motori elettrici per quanto riguarda le macchine ed i loro sistemi di controllo è uno degli interventi più diffusi ed efficaci per ridurre i costi aziendali dovuti ai consumi energetici con tempi di ritorno sugli investimenti generalmente compresi tra i 12 ed i 36 mesi.

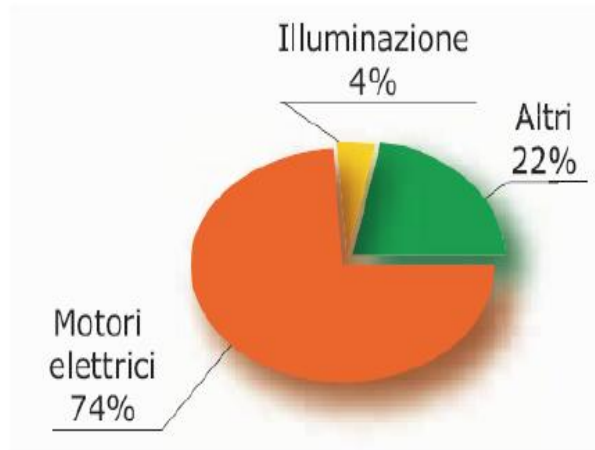


Figura 4.1 ripartizione dei principali consumi energetici nel settore industriale [fonte:centro studi ABB]

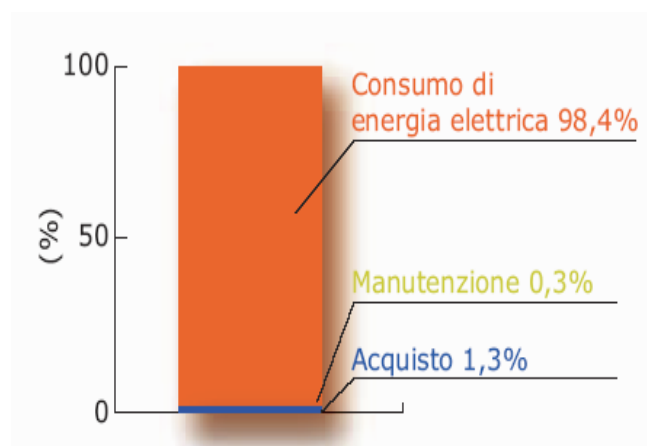


Figura 4.2 costi di acquisto e di esercizio di un motore elettrico [fonte:centro studi ABB]

3.2.2 COME RIDURRE I CONSUMI ELETTRICI DEI MOTORI ASINCRONI

I modi per ridurre i consumi legati ai motori elettrici sono essenzialmente due: aumentarne l'efficienza intrinseca e ottimizzarne il funzionamento.

Per quanto riguarda il primo caso, la maggiore attenzione va rivolta ai motori di bassa tensione; i motori di media tensione, infatti, hanno normalmente un rendimento intorno al 94-96%, mentre quelli di bassa tensione hanno un'efficienza media ben inferiore, intorno all'80-85%.

Con l'utilizzo di motori a maggiore efficienza, i risparmi ottenibili consentono un ritorno d'investimento in tempi assolutamente ragionevoli e interessanti, variabili tipicamente tra 1 e 2 anni.

Questo vale sia quando si tratta di nuove installazioni, dove il costo aggiuntivo è calcolato in base alla differenza tra il costo del motore ad alta efficienza e il costo del motore tradizionale, sia

nella revisione di vecchi impianti, dove il costo aggiuntivo del nuovo motore, che sostituisce il vecchio, è compensato da un più importante beneficio energetico, considerando che i vecchi motori possono avere rendimenti spesso inferiori all'80% e che, ad ogni intervento di riavvolgimento effettuato durante la vita del motore, si ha un calo di rendimento di almeno un 3% del valore precedente.

Un secondo modo per risparmiare energia elettrica consiste nell'ottimizzazione del funzionamento dei motori, in particolare quando si tratta di pompe e ventilatori.

In questi casi la tradizionale regolazione di portata, mediante sistemi meccanici fortemente dissipativi (valvole, serrande, bypass), può essere sostituita dalla regolazione mediante convertitori di frequenza.

I risparmi ottenibili, in questo caso, possono raggiungere un ordine di grandezza del 50% e oltre, con rientri di investimento medi spesso inferiori ad un anno.

3.2.3 MOTORI ASINCRONI AD ELEVATA EFFICIENZA

I motori più moderni, costruiti con materiali tecnologicamente evoluti e secondo criteri progettuali che ne ottimizzano le parti attive, presentano valori di efficienza molto più elevati che in passato.

Le peculiarità che possiedono i motori ad elevata efficienza riguardano principalmente la minore energia persa sotto forma di calore. Le principali migliorie apportate sono le seguenti:

1. PERDITE NEL FERRO:
 - Migliore qualità dell'acciaio;
 - Lamine più sottili, pacchi più lunghi;
 - Minore traferro:

2. PERDITE NEL RAME DI STATORE:
 - Ottimizzazione della forma delle cave statori che;
 - Aumento del volume del rame di statore.

3. PERDITE NEL RAME DI ROTORE:
 - Maggiore sezione delle sbarre di conduzione e degli anelli di cortocircuito.

4. PERDITE ADDIZIONALI A CARICO:
 - Ottimizzazione geometria delle cave.

5. PERDITE PER ATTRITO E VENTILAZIONE:
 - Migliori cuscinetti;
 - Rotore bilanciato dinamicamente;
 - Ventole di raffreddamento più piccole.

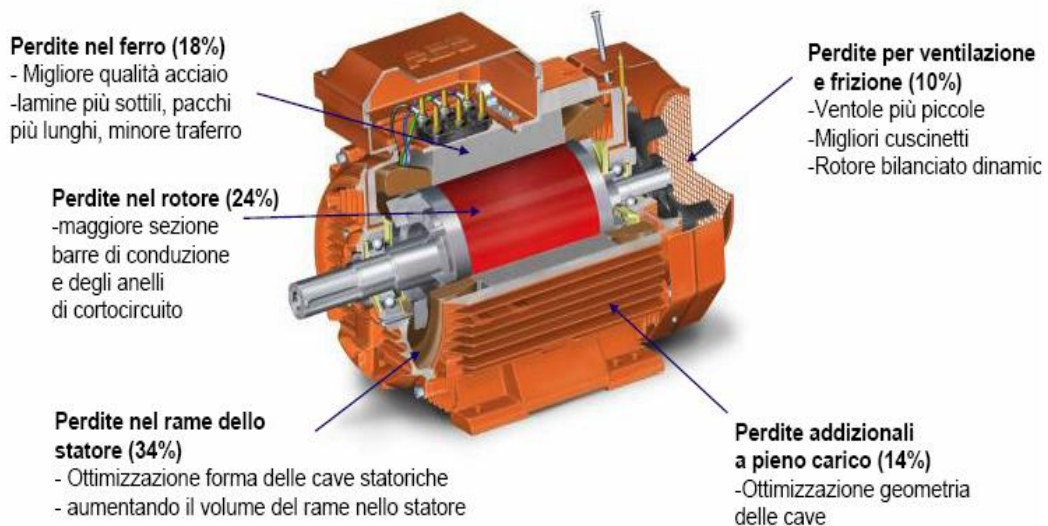


Figura 4.3 migliorie apportate ai motori asincroni [fonte: centro studi ABB]

In base ad un accordo volontario tra i principali produttori europei (CEMEP) è stata definita una classificazione dei motori in tre diverse classi di efficienza: Eff1, Eff2, Eff3. Come si può notare dalla figura 4.4, i motori a più elevata efficienza sono quelli in classe Eff1 e su questi dovrebbe concentrarsi l'attenzione da parte degli utenti in caso di acquisto, ricordando quanto già precedentemente sottolineato che, pur essendo il costo di un motore Eff1 ancora superiore di circa il 20-30% rispetto a un Eff2 equivalente (gli Eff3 si possono ormai considerare scomparsi dalle nuove forniture), il costo preponderante nella vita utile di un motore tradizionale è quello legato ai consumi di energia, che si attesta intorno a circa il 98%, ed è quello che è più importante e vantaggioso abbattere.

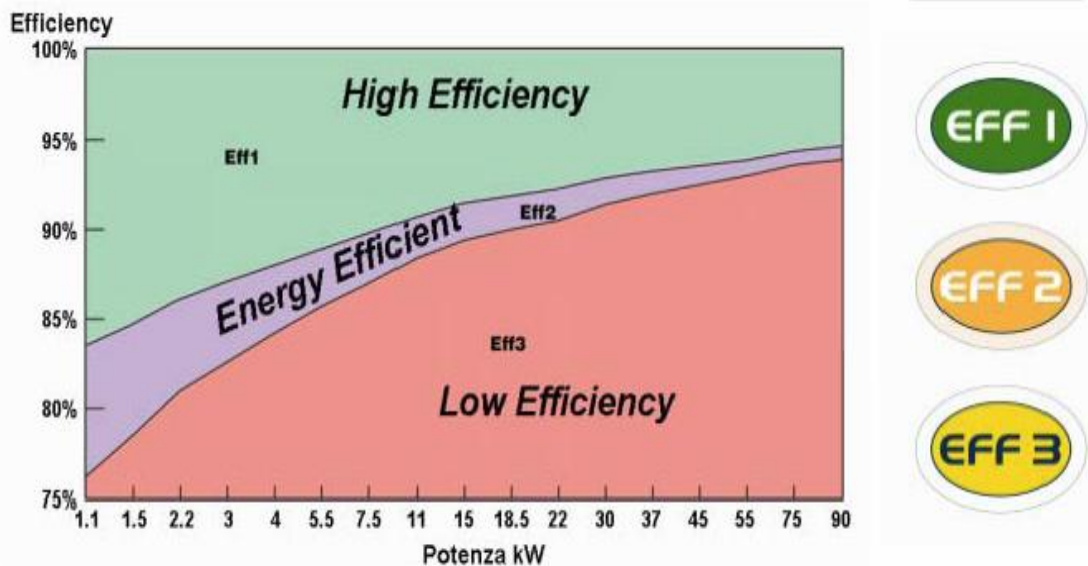


Figura 4.4 definizione delle categoria di appartenenza secondo il CEMEP

Il calcolo del risparmio energetico dipende dalla potenza, dalle ore di funzionamento annuo e dal rendimento del motore, pertanto la convenienza o meno ad utilizzare un motore ad alta efficienza va verificata ogni volta in funzione di questi parametri.

Secondo la legislazione vigente (legge 27 numero 296 facente parte della finanziaria 2007) è possibile beneficiare di una detrazione dall'imposta lorda pari al 20 per cento della spesa effettivamente sostenuta e documentata per l'acquisto di un motore classificato Eff1.

I beneficiari, ovviamente, sono soprattutto imprese e società ma possono esserlo in generale tutti i contribuenti, siano essi persone fisiche o professionisti. Condizione essenziale è che questi siano comunque gli utilizzatori finali interessati a ridurre i consumi e migliorare la propria competitività.

Per poter accedere ai suddetti benefici si dovrà compilare un apposito documento (figura 4.5) ed inviarlo agli uffici preposti dell'ENEA e acquisire e conservare copia del certificato del produttore che attesti, tramite prova di tipo, che il motore ha un rendimento a pieno carico conforme ai valori minimi indicati nelle tabelle sotto riportate (figura 4.6)

Tabella 4 – Facsimile scheda riepilogativa sui motori ad alta efficienza installati da inviare all'ENEA.

Foglio ____

Dati Richiedente: Nome Cognome o Ragione Sociale _____

Comune _____ CAP _____ tel _____

Via e numero civico _____

CF o Partita IVA se persona giuridica _____

Tipologia attività utente: (contrassegnare, nelle caselle sottostanti, la categoria di appartenenza)

Industria a un turno di lavoro	Industria a due turni di lavoro	Industria a tre turni di lavoro	Industria stagionale	Impresa artigiana
Grande distribuzione	Edificio pubblico o privato	Ospedale	Utente privato	Altro

Sito di installazione finale dei componenti di cui al presente elenco: _____

Pos	Codice d'identificazione motore ad elevata efficienza	Potenza nominale (kW)	Nuovo acquisto o sostituzione (1)	Spesa acquisto (€) (2)	Spesa installazione (€) (3)	Spesa totale (€)	Spesa detraibile (€) (4)
				A	B	A+B	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
TOTALE							

Risparmio energetico totale annuo stimato a seguito dell'utilizzo dei componenti sopra riportati: _____ kWh.

Il sottoscritto _____ in qualità di _____ attesta sotto la propria responsabilità che i motori ad elevata efficienza di cui alla presente scheda rispondono ai requisiti di cui all'articolo 2 e per essi è in possesso della documentazione tecnica richiesta nell'allegato A, dichiara inoltre che i componenti sostituiti sono stati trattati secondo quanto riportato nell'articolo 9.

Firma _____

(1) scrivere N per nuovo motore, S per motore sostituito; (2) riportare la spesa di acquisto del motore come da articolo 3; (3) riportare la spesa forfettaria di installazione come da articolo 3; (4) riportare la spesa detraibile calcolata come da articolo 3.

Figura 4.5 scheda riepilogativa sui motori ad alta efficienza installati da inviare all' ENEA

Potenza nominale kW	2 poli	4 poli
5,5	88,6%	89,2%
7,5	89,5%	90,1%
11	90,5%	91,0%
15	91,3%	91,8%
18,5	91,8%	92,2%
22	92,2%	92,6%
30	92,9%	93,2%
37	93,3%	93,6%
45	93,7%	93,9%
55	94,0%	94,2%
75	94,6%	94,7%
90	95,0%	95,0%

Figura 4.6 valori minimi di rendimento per motori di classe Eff1

Per dare un'informazione indicativa sull'entità dei costi di sostituzione dei motori esistenti con motori a più elevata efficienza possiamo far riferimento alla seguente tabella (figura 4.7). Tuttavia il decreto fissa tetti massimi di acquisto per ciascun motore o inverter per ogni fascia di potenza, avendo come riferimento i prezzi di mercato e anche un costo massimo di installazione a forfait (figura 4.7). In nessun caso la detrazione potrà superare i 1.500 euro per ciascun apparecchio.

Potenza nominale (kW)	Spesa massima ammissibile per acquisto singolo motore (euro)	Spesa ammissibile per installazione singolo motore (euro)	Spesa massima ammissibile totale per singolo motore (euro)
5,5	700	100	800
7,5	850	100	950
11	1000	100	1100
15	1200	100	1300
18,5	1500	150	1650
22	1800	150	1950
30	2200	150	2350
37	2600	150	2750
45	3300	200	3500
55	4000	200	4200
75	5300	200	5500
90	6100	200	6300

Figura 4.7 tabella delle spese massime per ogni motore installato

3.2.4 CONVERTITORI DI FREQUENZA

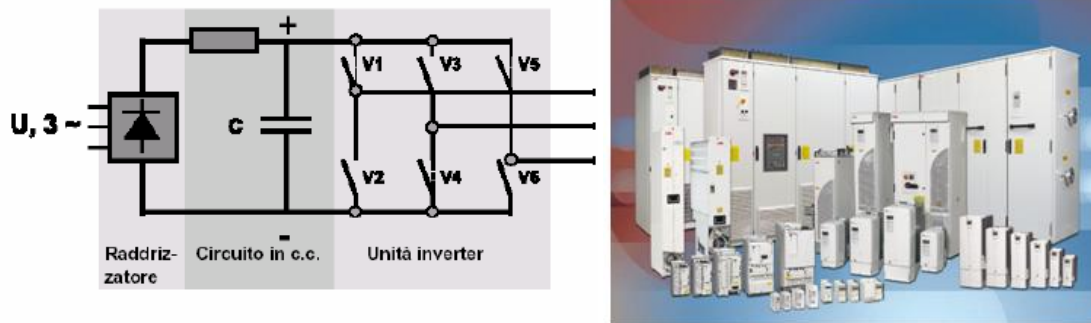


Figura 4.8 schema elettrico di principio di un inverter

Oltre che con l'applicazione di motori ad alta efficienza, notevoli risparmi sui costi energetici si ottengono con gli azionamenti a velocità variabile, in cui il funzionamento dei motori viene controllato dai convertitori di frequenza, noti anche come inverter, che ne variano il numero di giri secondo le reali esigenze di ogni applicazione, evitando il funzionamento alla massima potenza quando non è richiesto.

In particolare, si ottengono risparmi energetici molto rilevanti quando si utilizzano gli inverter per controllare pompe e ventilatori a servizio di utenze caratterizzate da una portata variabile. Se, per esempio, in alcuni periodi di funzionamento un impianto richiede la metà della portata nominale, l'inverter comanderà al motore di dimezzare la sua velocità e, siccome la potenza richiesta dal carico varia con il cubo della velocità, l'assorbimento energetico scenderà dal 100% a solo un ottavo di quello nominale.

Nelle figure 4.9 e 4.10 si evidenzia la differenza di energia elettrica necessaria a monte del trasformatore per fornire pari lavoro utile a una pompa centrifuga, valutando la soluzione con regolazione a valvola (a sinistra) rispetto quella ad inverter (a destra).

Tenendo conto delle efficienze di tutti i componenti e delle relative perdite di carico, risulta che, posto 100% il lavoro che in entrambi i casi la pompa deve erogare, con la soluzione a valvola sarà impiegata un'energia pari al 285% contro il 160% necessario nel caso della soluzione con Inverter; si tratta, quindi, di una differenza del 44%, tutt'altro che trascurabile.

I convertitori di frequenza permettono di ridurre anche i costi di manutenzione, abbattere la rumorosità dell'impianto e rifasare il carico ad un valore di \cos prossimo a 1 (tipicamente 0,98), aggiungendo in tal modo un ulteriore fattore di efficienza energetica.

La già citata legge 27 favorisce anche l'acquisto di tali dispositivi; le modalità di fruizione rimangono le stesse, così come i limiti di validità dell'incentivo che fanno a capo con le tabelle sottostanti (figura 4.11).

Pompa con controllo a Valvola

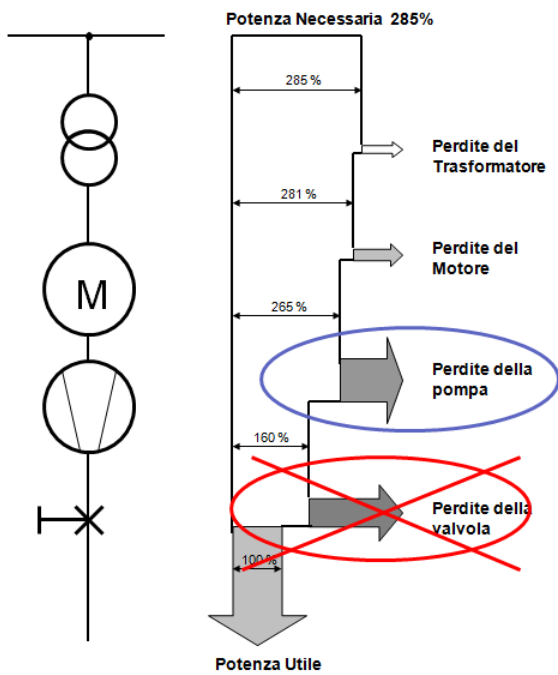


Figura 4.9 pompa con controllo a valvola [fonte:ABB]

Pompa con inverter

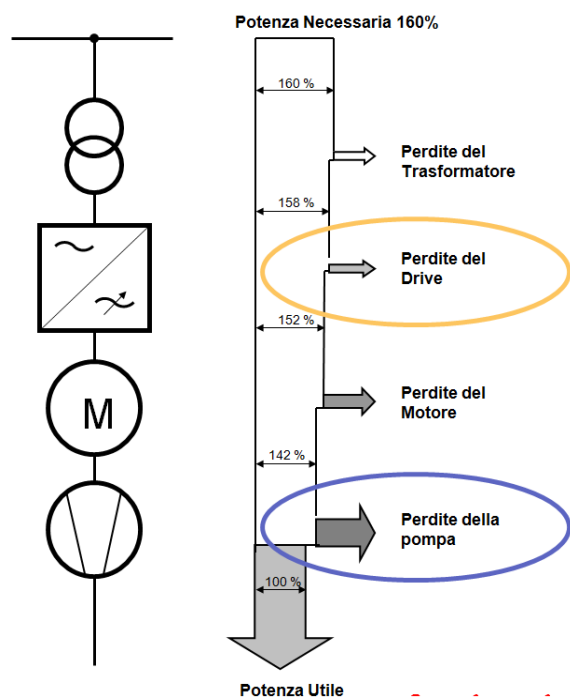


Figura 4.10 pompa con controllo a inverter

Potenza nominale (kW)	Spesa massima ammissibile per acquisto singolo variatore di velocità (inverter) (euro)	Spesa ammissibile per installazione singolo variatore di velocità (inverter) (euro)	Spesa massima ammissibile totale per singolo variatore di velocità (inverter) (euro)
7,5	1200	200	1400
11	1450	200	1650
15	1850	200	2050
18,5	2400	300	2700
22	2700	300	3000
30	3400	300	3700
37	3800	400	4200
45	4600	400	5000
55	5300	400	5700
75	6200	500	6700
90	7700	500	8200

Figura 4.11 tabella massime spese per ogni inverter

3.2.5 RICHIAMO SULLA NUOVA NORMATIVA RIGUARDANTE I MOTORI ELETTRICI IN VIGORE DAL 2011

L'unione europea ha emanato una normativa denominata EU MEPS che è l'acronimo di European Union Minimum Energy Performance Standards.

È una normativa europea che introduce livelli di efficienza minimi per i motori elettrici commercializzati all'interno dell'unione europea. Questa normativa fa parte del progetto Eu eco-design, il cui scopo è di ridurre il consumo di energia elettrica e di conseguenza diminuire i costi energetici e le emissioni di CO₂.

La nuova normativa riguarda la maggior parte dei motori singola velocità trifase fino a 375 kW (si veda l'ambito di applicazione in basso).

Diventerà effettiva in tre differenti fasi a partire da metà del 2011.

Il livello di efficienza e la classe di appartenenza IE (International Efficiency), che andrà da IE1 (meno efficiente) a IE3 (più efficiente), dovranno essere riportati in targa e nella documentazione di prodotto.

I produttori di motori dovranno determinare i livelli di efficienza dei loro motori utilizzando gli standard pubblicati dalla IEC (International Electrotechnical Commission). I metodi di prova sono, infatti, specificati dallo standard IEC 60034-2-1: 2007, mentre le classi di efficienza sono definite dalla IEC 60034-30.

La nuova normativa basandosi su standard internazionali rappresenta un passo importante verso l'armonizzazione a livello globale delle diverse regolamentazioni in materia di efficienza.

L'EU MEPS si applica ai motori trifase 2, 4 e 6 poli singola velocità, con potenze da 0,75 kW a 375 kW compresi, tensione fino a 1000 V, operanti in servizio continuo.

Calendario

6 Luglio 2005	L'Unione Europea ha pubblicato la "Direttiva Eco-design" (2005/32/EC) per prodotti utilizzando energia (EUP), ovvero un quadro generale da completarsi con "Misure di esecuzione" per definite famiglie di prodotti, (es. i MEPS)
22 Luglio 2009	La Commissione Europea ha varato l' EU MEPS regolamento per implementare la Direttiva Eco-design nell' ambito dei motori elettrici, con effetto a partire da metà del 2011, dando circa due anni di tempo ai produttori per adeguarsi.
16 Giugno 2011	Fase 1 : Tutti i motori dovranno avere come livello minimo di efficienza IE2
1 Gennaio 2015	Fase 2: I motori con potenza da 7.5 a 375 kW dovranno avere efficienza IE3 o IE2 nel caso il motore sia alimentato da inverter.
1 Gennaio 2017	Fase 3: I motori con potenza da 0,75 a 375 kW dovranno avere efficienza IE3 o IE2 nel caso il motore sia alimentato da inverter.

Figura 4.12

3.2.6 ESEMPI NUMERICI TRATTI DALLE RELAZIONI FINALI SUI SOPRALUOGHI EFFETTUATI

Di seguito verranno ripostati dei casi riscontrati durante i vari sopralluoghi con l'obiettivo di poter dare una panoramica sugli interventi di sostituzione dei motori a bassa efficienza con motori di classe Eff1 e con l'introduzione di sistemi di controllo ad inverter evidenziando i consumi sostenuti prima e dopo l'installazione, l'esborso in denaro dovuto all'acquisto e alla messa in opera e al tempo di ritorno dell'investimento.

A. Sostituzione di motori a minor rendimento con motori di classe Eff1:

Sono installati cinque motori con le seguenti caratteristiche:

- $P_n=5,5$ kW
- $\eta=0,84$
- $P_{e\text{ ass}}=6,548$ kW
- $n_{\text{poli}}=4$
- numero ore di funzionamento stimate: 8.760 ore/anno

Considerando che i motori operino alle condizioni nominali (massima potenza erogata) possiamo quindi ricavare il consumo annuo che risulterà di 57,4 MWh e quindi anche il costo annuo pari a 7.455 €/anno. Il contributo di questi motori all'emissione di CO₂ in atmosfera è di circa 33,3 tonnellate annue.

Tali motori non rientrano nella categoria eff1 quindi si ipotizza una loro sostituzione.

Dai riferimenti normativi risulta che un motore da 5,5 kW a 4 poli alimentato a 400 V, per rientrare nella categoria eff1, debba avere un rendimento minimo di 0,892, il che porta a ricavare una potenza elettrica assorbita pari a 6,166 kW. Da ciò si ricava un consumo di 54 MWh, un costo annuo di 7.022 € ed un contributo all'emissione di CO₂ in atmosfera pari a 31,3 tonnellate annue.

Il risparmio annuo risulta di 430 € e di 2 ton di anidride carbonica.

L'investimento per la sostituzione dei 5 motori è di circa 2.850 € per l'acquisto e, stimando circa il 40% per i costi di installazione, la spesa totale risulta di circa 3.990 €.

Il tempo di ritorno dell'investimento risulterebbe quindi pari a $3.990 / (430 \cdot 5) =$ circa 1,9 anni

Per quanto riguarda l'installazione di inverter, questa sarà da valutare in funzione delle caratteristiche di funzionamento delle CTA, dell'impianto di diffusione e dei fluidi termovettori che alimentano le batterie di scambio termico.

B. Utilizzo di un controllo ad inverter per l'azionamento di pompe per trattamento acqua

Due motori con caratteristiche:

- $P_n=22$ KW
- $\eta=0,922$ (rendimento eff1)
- $P_{e\text{ ass}}=23,861$ kW

- $P_n=15$ KW
- $\eta=0,913$ (rendimento eff1)
- $P_{e\text{ ass}}=16,429$ KW

L'energia annua necessaria per questo processo si calcola considerando l'accensione per le 8.760 ore annue di una pompa filtri e una pompa rilancio. La potenza totale risulta essere pari a 40,290 KW che, moltiplicati per il numero di ore di lavoro annue, risultano in un consumo di 353 MWh/anno, a cui corrisponde un esborso di 45.890 €.

I motori appartengono entrambi alla categoria eff1, che rappresenta la categoria dei motori asincroni più efficienti dal punto di vista energetico, quindi non sostituibili con motori a più alta efficienza.

Verificata la qualità dell'impianto si procede a valutarne il controllo.

Il committente impone che l'impianto di trattamento acque non possa mai essere fermato, per evitare la creazione di fanghi o alghe; la proposta è quella di mantenere in funzionamento l'impianto riducendone pressione e portata nei periodi di chiusura dello stabilimento, attraverso l'utilizzo di un controllo ad inverter.

Al variare del numero di giri di un motore elettrico varia anche la potenza assorbita e di conseguenza quella erogata. Nello specifico, al variare del numero di giri corrisponde una variazione della portata (Q) e della prevalenza (H). Nell'ipotesi in cui fosse possibile ridurre fino al 50% la potenza assorbita per almeno 80 giorni di chiusura dell'impianto, il risparmio ottenibile risulterebbe di circa 38 MWh di energia che corrispondono ad un mancato costo annuo di 4.940 €.

Considerando i valori di spesa massima di acquisto ed installazione di due inverter di potenze 22KW e 15KW ,reperiti dalle tabelle di figura 4.11, pari a 5050 € (2050 + 3000) si deduce un tempo di ritorno dell'investimento di circa un anno.

3.3 RIFASAMENTO DELL'IMPIANTO ELETTRICO

3.3.1 ACCENNI TEORICI

Per rifasamento si intende quella pratica che permette di ridurre lo sfasamento introdotto nella linea da un carico reattivo. Il parametro più significativo è lo sfasamento φ tra la tensione e la corrente di alimentazione. Rifasare vuol dire fornire in loco, tutta (rifasamento totale), o parte (rifasamento parziale) della potenza reattiva necessaria al carico.

Gli apparecchi elettrici assorbono dalla rete di alimentazione una certa quantità di corrente che dipende dalle caratteristiche elettriche degli apparecchi stessi. Il prodotto di tale corrente (I) per la tensione applicata (V) si chiama potenza apparente (S) ed è in base a questa potenza che gli impianti elettrici devono essere dimensionati.

La corrente I è composta da due componenti, in base alla tipologia di impianto o di apparecchiatura, tale componenti sono la corrente attiva I_a e la corrente reattiva I_r ; le relazioni che legano la corrente I alle sue componenti sono le seguenti:

$$I_a = I \cdot \cos\varphi$$

$$I_r = I \cdot \sin\varphi$$

$$I = \sqrt{I_a^2 + I_r^2}$$

La potenza apparente sarà composta anch'essa da due componenti, una potenza attiva (P che è l'unica in grado di trasformare l'energia elettrica in lavoro utile) ed una potenza reattiva (Q) descritte dalle relazioni seguenti:

$$P = \sqrt{3} * V * I * \cos\varphi$$

$$Q = \sqrt{3} * V * I * \sin\varphi$$

$$S = \sqrt{(P^2 + Q^2)}$$

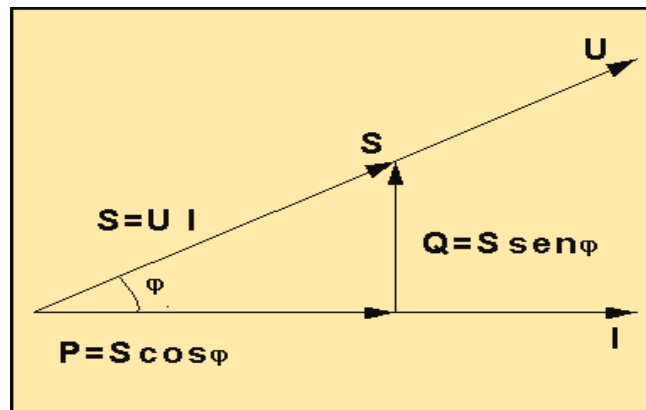


figura 4.3.1 triangolo delle potenze

La potenza reattiva Q non da consumi ma è un' energia di scambio tra la linea e le apparecchiature (come motori asincroni o trasformatori) che per il loro funzionamento devono richiamare energia per eccitare i propri circuiti magnetici.

Il Fattore di potenza, che si indica anche come $\cos\varphi$, è il rapporto tra la potenza attiva e la potenza apparente riferita alla fondamentale; tale rapporto può variare tra 0 (molto sfasato) ed 1(in fase).Il fattore di potenza quindi è quel valore che permette di valutare la possibilità (spesso il “dovere”) di rifasare l'impianto.

Per bassi valori di $\cos\varphi$ l'utente va in contro a due tipi di problematiche che riguardano lo sfruttamento dei propri impianti ed il pagamento di una penale sottoforma di tariffe ai propri fornitori di energia elettrica.

Esempio pratico:

- Utenza A: $\cos\varphi=1$
 $I_A=P/(\sqrt{3}*V*1)$
- Utenza B: $\cos\varphi=0.5$
 $I_B=P/(\sqrt{3}*V*0.5)$

Confrontando le due correnti I_A ed I_B si nota che la seconda è pari al doppio della prima;ciò comporta una maggiore perdita di potenza sulla linea,maggiori cadute di tensione sulla linea stessa e quindi un sovradimensionamento degli impianti di trasformazione e distribuzione che comportano un maggiore immobilizzo di capitali.

Lo sfruttamento degli impianti non riguarda solo l'utente ma anche il distributore, poiché si renderebbero necessari impianti di generazione, trasformazione e trasmissione più generosi ed il transito in rete di energia reattiva farebbe lievitare in oltre gli oneri di utilizzo e manutenzione da parte del gestore della rete elettrica.

Per evitare ciò i fornitori di energia elettrica impongono di rifasare l'impianto per quelle utenze il cui $\cos\phi$ risulta inferiore a 0.7.

Per $\cos\phi$ compresi tra 0.8 e 0.9 non vi è alcun obbligo da parte dell'utenza di rifasare il proprio impianto, però il fornitore di energia si riserva contrattualmente di imporre penali sulla potenza reattiva prelevata.

Le penali prevedono l'addebito dell'energia reattiva secondo due diversi scaglioni:

- Tra il 50 % e il 75 % dell'energia attiva prelevata ($0.8 < \cos \phi < 0.9$) addebito al kvarh pari a circa il 65 % del prezzo del kWh;
- Oltre il 75 % dell'energia attiva prelevata ($\cos\phi < 0.8$) addebito al kvarh pari circa il 85 % del prezzo del kWh;

Per $\cos\phi$ maggiori di 0.9 non vi sono né obblighi di rifasamento né penali.

ENTE DISTRIBUTORE	$0,8944 > \cos\phi > 0,8$	$\cos\phi < 0,8$
	[c€/Kvarh]	[c€/Kvarh]
ENEL DISTRIBUZIONE	1,5184	1,8954
AEM MILANO	1,5100	1,9000
MPE Energia SpA	3,2300	4,2100

Figura 4.3.2 esempi di tariffe per prelievo di energia reattiva

Oltre ai carichi induttivi di cui sopra esiste un'altra categoria di carichi cosiddetti capacitivi (condensatori).

Anche questi carichi assorbono energia reattiva ma, in questo caso, la corrente assorbita risulta sfasata in anticipo rispetto alla tensione.

Per questi carichi l'espressione della potenza reattiva capacitiva è simile a quella relativa alla potenza reattiva induttiva con la differenza che, poiché la corrente ha segno opposto, la potenza è negativa. L'inserimento di un condensatore determina la riduzione della componente reattiva della corrente e la conseguente diminuzione della corrente complessiva assorbita dal circuito.

A tutto questo fa seguito una diminuzione complessiva della potenza reattiva necessaria e un miglioramento del fattore di potenza.

E' possibile sfruttare il fenomeno appena descritto introducendo di proposito nell'impianto dei carichi capacitivi operando quell'operazione che prende appunto il nome di rifasamento.

Si pone a questo punto il problema di calcolare la potenza reattiva capacitiva necessaria per riportare il fattore di potenza a valori accettabili.

La potenza reattiva capacitiva Q_c necessaria per ridurre la potenza reattiva dal valore Q_0 al valore Q_1 vale :

$$Q_c = Q_0 - Q_1$$

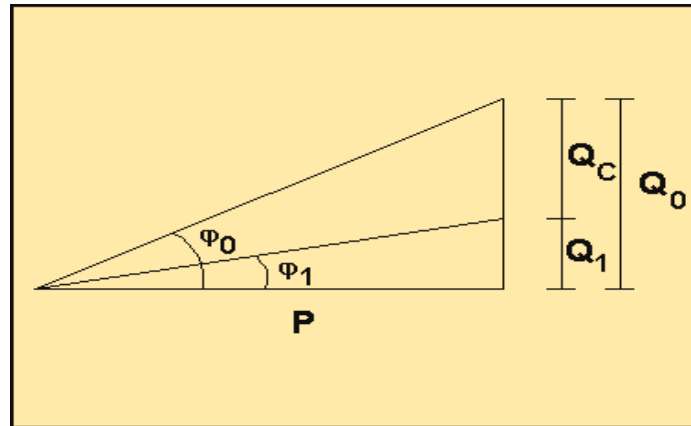


figura 4.3.3 triangolo delle potenze reattive

essendo tali potenze descritte dalle seguenti relazioni:

$$Q_0 = P \cdot \tan \varphi_0$$

$$Q_1 = P \cdot \tan \varphi_1$$

È possibile definire Q_c come:

$$Q_c = P \cdot (\tan \varphi_0 - \tan \varphi_1)$$

Tale relazione permette in generale, nota la potenza attiva richiesta dai carichi ed il relativo fattore di potenza, di ottenere direttamente il valore della potenza capacitiva della batteria di condensatori, per ottenere un determinato fattore di potenza $\cos \varphi$.

3.3.2 COME RIFASARE

Le modalità secondo cui effettuare il rifasamento sono molteplici e la loro scelta è funzione della natura e dell'andamento giornaliero dei carichi, della loro distribuzione nell'impianto e del tipo di servizio.

La scelta va effettuata tra rifasamento distribuito e rifasamento centralizzato.

Nel caso di rifasamento distribuito, le unità rifasanti sono disposte nelle immediate vicinanze di ogni singolo carico che si vuole rifasare. Questa è la soluzione migliore in quanto permette non solo di ridurre la potenza reattiva richiesta alla rete di alimentazione ma anche di migliorare lo sfruttamento dell'impianto, riducendone le correnti e conseguentemente anche le perdite e le cadute di tensione. È una soluzione piuttosto costosa e risulta solitamente conveniente per grossi carichi concentrati che funzionano molte ore al giorno. Si preferisce quindi effettuare un rifasamento distribuito per gruppi o per settori dell'impianto. Un altro vantaggio di questo tipo di rifasamento, oltre alla facile installazione, è che condensatore e carico sono inseriti e disinseriti contemporaneamente e possono usufruire delle stesse protezioni contro i sovraccarichi ed i corto circuiti.

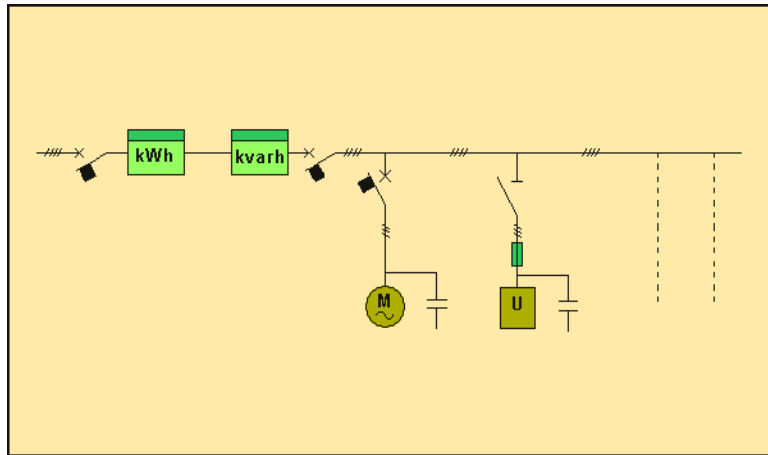


figura 4.3.4 rifasamento distribuito

Nel caso di rifasamento centralizzato, si installa un'unica batteria di condensatori a monte di tutti i carichi da rifasare (ad esempio nella cabina di trasformazione M.T./B.T. o nel Quadro di Distribuzione Principale). E' il metodo in assoluto più economico e può essere considerato l'opposto del rifasamento distribuito in quanto non determina uno sfruttamento ottimale dell'impianto. E' senz'altro il sistema migliore se installato in impianti in cui si ha un assorbimento pressoché costante di potenza reattiva. Negli impianti in cui invece le condizioni di carico sono piuttosto variabili e si adotta il rifasamento centralizzato è comunque possibile regolare l'erogazione della potenza reattiva in funzione del carico. Per ovviare alla sovrapproduzione di potenza reattiva (vietata per non creare problemi agli impianti adiacenti) vengono impiegati sistemi di rifasamento automatici che, per mezzo di un sistema di rilevamento di tipo varmetrico, permettono l'inserzione o la disinserzione automatica di diverse batterie di condensatori, seguendo in tal modo le variazioni della potenza reattiva assorbita e mantenendo costante il fattore di potenza dell'impianto.

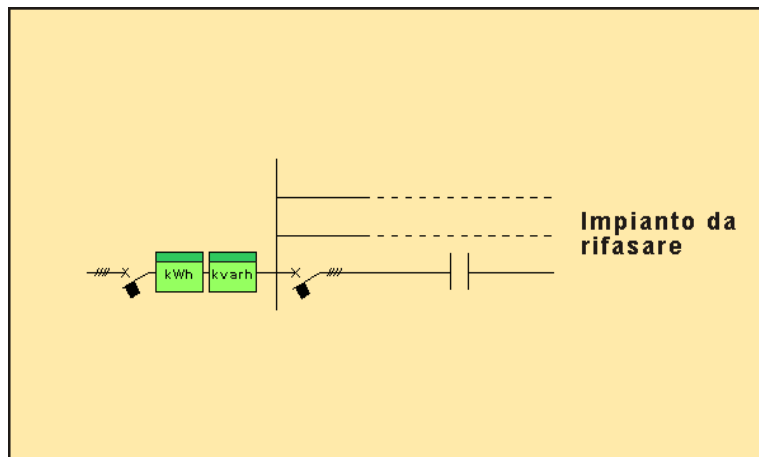


figura 4.3.5 rifasamento centralizzato

3.3.3 ESEMPI NUMERICI TRATTI DALLE RELAZIONI FINALI SUI SOPRALUOGHI EFFETTUATI

Essendo le aziende visitate appartenenti tutte alla piccola-media impresa, composte da non più di uno/due edifici produttivi di modeste dimensioni e con un numero non eccessivamente elevato di impianti installati la tipologia di rifasamento centralizzato risulta spesso la più attuabile sia da un punto di vista impiantistico che economico.

Durante uno dei sopralluoghi (unico caso) è risultato che l'azienda consumasse una consistente parte di energia reattiva, sintomo che il valore del fattore di potenza $\cos\phi$ fosse inferiore al valore di 0.9.

L'analisi dei dati ricavati si riferisce al periodo febbraio-agosto 2009 poiché prima di tale periodo non si effettuavano controlli in merito da parte dell'azienda e il controllo viene effettuato solo nelle prime due fasce tariffarie F1 ed F2.

tariffa trioraria	energia reattiva		penale pagata
	F1 [Kvarh]	F2 [Kvarh]	Totale [€]
anno 2009			
gen-09	0	0	0
feb-09	2022	574	84
mar-09	3384	574	71
apr-09	2259	852	100
mag-09	3151	1181	140
giu-09	3165	1135	137
lug-09	4767	1841	213
ago-09	906	487	45
TOTALE	19654	6644	790

Figura 4.3.6 tabella valori di potenza reattiva e penale pagata

I prelievi di energia reattiva tra il 50 ed il 75% dei valori di energia reattiva registrati nelle fasce considerate sono soggetti al pagamento di un corrispettivo fissato in 3,23c€/kvarh.

Completando i calcoli, risulta che l'azienda ha pagato una penale per basso fattore di potenza in F1 ed F2 pari a 790 € per i mesi da febbraio 2009 ad agosto 2009.

Considerando il valore medio mensile risultante, in un anno si stima una spesa di circa 1.350 € ; a tali corrispettivi in euro vi è da aggiungere l'IVA (imposta valore aggiunto).

La potenza necessaria per garantire un $\cos\phi$ maggiore di 0,9, che cautelativamente consideriamo di 0,95, è di circa 60 kvar. La spesa per l'acquisto di un quadro con tale potenza è di circa 1.200 €, il costo della manodopera dovrà essere valutato ma potrebbe essere considerato pari al 50% della spesa del materiale, la spesa totale risulta quindi di 1.800 €.

Considerato che le penali annue risulta che tale soluzione abbia un pay-back di circa 1,5 anni, anche inferiore se si decide di optare per valori di rifasamento a $\cos\phi$ prossimi al valore classico di 0,9, cosa sconsigliata in quanto in futuro tale valore sarà aumentato a 0.92.

3.4 STRUTTURE E LEGISLAZIONE VIGENTE IN TEMA DI EFFICIENZA ENERGETICA NEGLI EDIFICI INDUSTRIALI

Come accennato in precedenza le proposte di intervento spesso si concentrano in procedimenti di riqualificazione degli impianti già presenti con la sostituzione di apparecchi ed impianti più accurati sotto il profilo dei consumi.

Per quanto riguarda le tematiche inerenti all'involucro edilizio (che nella maggior parte dei casi è costituito da uno o più capannoni industriali) il raggio d'azioni per interventi di miglioramento dell'efficienza energetica è più ristretto e si focalizza principalmente sulla riqualificazione dei serramenti (anche se nella maggioranza dei siti visitati è stato riscontrato un forte utilizzo di doppi vetri isolanti con spessori superiori al centimetro) e del grado di isolamento termico dell'involucro stesso, migliorando dove è possibile la coibentazione soprattutto in quelle aree in cui il salto termico tra zona e zona è maggiore.

Durante l'attività di tirocinio ci è stato richiesto anche di valutare quali sono le leggi di riferimento per quanto riguarda il tema dell'efficienza energetica degli edifici al fine di poter utilizzare le disposizioni previste per la progettazione di un nuovo edificio produttivo.

Tale approccio permette di poter svolgere l'attività di riduzione dei consumi energetici ancor prima che l'attività produttiva prenda inizio.

L'attuale legislazione vigente in tema di efficienza energetica nell'edilizia si basa essenzialmente sul DECRETO LEGISLATIVO del 29 dicembre 2006 n. 311 che corregge il precedente DECRETO LEGISLATIVO del 19 agosto 2005 n. 192 recante l'attuazione della direttiva europea 2002/91/CE e sul DECRETO MINISTERIALE del 26 giugno 2009 (in vigore dal 25 LUGLIO 2009) inerente alle linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici.

3.4.1 DECRETO LEGISLATIVO del 29 dicembre 2006 n.311

Il presente decreto disciplina in particolare la metodologia per il calcolo delle prestazioni energetiche integrate degli edifici, l'applicazione di requisiti minimi in materia di prestazioni energetiche degli edifici, i criteri generali per la certificazione energetica degli edifici ed le ispezioni periodiche degli impianti di climatizzazione.

Al fine del contenimento dei consumi energetici degli edifici il presente decreto si applica:

- a) alla progettazione e realizzazione di edifici di nuova costruzione e degli impianti in essi installati, di nuovi impianti installati in edifici esistenti, delle opere di ristrutturazione degli edifici e degli impianti esistenti con le modalità e le eccezioni previste ai commi 2 e 3;
- b) all'esercizio, controllo, manutenzione e ispezione degli impianti termici degli edifici, anche preesistenti, secondo quanto previsto agli articoli 7, 9 e 12;
- c) alla certificazione energetica degli edifici, secondo quanto previsto all'articolo 6.

Sono escluse dall'applicazione del presente decreto i fabbricati industriali, artigianali e agricoli non residenziali quando gli ambienti sono riscaldati per esigenze del processo produttivo o utilizzando reflui energetici del processo produttivo non altrimenti utilizzabili.

Alcune definizioni importanti specificate dal decreto:

edificio di nuova costruzione: è un edificio per il quale la richiesta di permesso di costruire o denuncia di inizio attività, comunque denominato, sia stata presentata successivamente alla data di entrata in vigore del presente decreto;

prestazione energetica, efficienza energetica ovvero rendimento di un edificio: è la quantità annua di energia effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare i vari bisogni connessi ad un uso standard dell'edificio, compresi la climatizzazione invernale e estiva, la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari, la ventilazione e l'illuminazione. Tale quantità viene espressa da uno o più descrittori che tengono conto della coibentazione, delle caratteristiche tecniche e di installazione, della progettazione e della posizione in relazione agli aspetti climatici, dell'esposizione al sole e dell'influenza delle strutture adiacenti, dell'esistenza di sistemi di trasformazione propria di energia e degli altri fattori, compreso il clima degli ambienti interni, che influenzano il fabbisogno energetico;

attestato di qualificazione energetica: il documento predisposto ed asseverato da un professionista abilitato, non necessariamente estraneo alla proprietà, alla progettazione o alla realizzazione dell'edificio, nel quale sono riportati i fabbisogni di energia primaria di calcolo, la classe di appartenenza dell'edificio, o dell'unità immobiliare, in relazione al sistema di certificazione energetica in vigore, ed i corrispondenti valori massimi ammissibili fissati dalla normativa in vigore per il caso specifico o, ove non siano fissati tali limiti, per un identico edificio di nuova costruzione. Al di fuori di quanto previsto all'articolo 8, comma 2, l'attestato di qualificazione energetica è facoltativo ed è predisposto a cura dell'interessato al fine di semplificare il successivo rilascio della certificazione energetica. A tal fine, l'attestato comprende anche l'indicazione di possibili interventi migliorativi delle prestazioni energetiche e la classe di appartenenza dell'edificio, o dell'unità immobiliare, in relazione al sistema di certificazione energetica in vigore, nonché i possibili passaggi di classe a seguito della eventuale realizzazione degli interventi stessi. L'estensore provvede ad evidenziare opportunamente sul frontespizio del documento che il medesimo non costituisce attestato di certificazione energetica dell'edificio, ai sensi del presente decreto, nonché, nel sottoscriverlo, qual è od è stato il suo ruolo con riferimento all'edificio medesimo;

indice di prestazione energetica EP parziale: esprime il consumo di energia primaria parziale riferito ad un singolo uso energetico dell'edificio (a titolo d'esempio: alla sola climatizzazione invernale e/o alla climatizzazione estiva e/o alla produzione di acqua calda per usi sanitari e/o illuminazione artificiale) riferito all'unità di superficie utile o di volume lordo, espresso rispettivamente in kWh/m² anno o kWh/m³ anno;

indice di prestazione energetica EP: esprime il consumo di energia primaria totale riferito all'unità di superficie utile o di volume lordo, espresso rispettivamente in kWh/m² anno o kWh/m³ anno;

L'attestato relativo alla certificazione energetica, rilasciato ai sensi del comma 1, ha una validità temporale massima di dieci anni a partire dal suo rilascio, ed è aggiornato ad ogni intervento di ristrutturazione che modifica la prestazione energetica dell'edificio o dell'impianto.

L'attestato di certificazione energetica comprende i dati relativi all'efficienza energetica propri dell'edificio, i valori vigenti a norma di legge e valori di riferimento, che consentono ai cittadini di valutare e confrontare la prestazione energetica dell'edificio. L'attestato è corredato da suggerimenti in merito agli interventi più significativi ed economicamente convenienti per il miglioramento della predetta prestazione.

La conformità delle opere realizzate rispetto al progetto e alle sue eventuali varianti, ed alla relazione tecnica di cui al comma 1, nonché l'attestato di qualificazione energetica dell'edificio come realizzato, devono essere asseverati dal direttore dei lavori, e presentati al comune di competenza contestualmente alla dichiarazione di fine lavori senza alcun onere aggiuntivo per il committente.

La dichiarazione di fine lavori è inefficace a qualsiasi titolo se la stessa non è accompagnata da tale documentazione asseverata.

Fino alla data di entrata in vigore delle Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici, di cui all'articolo 6, comma 9, l'attestato di certificazione energetica degli edifici è sostituito a tutti gli effetti dall'attestato di qualificazione energetica rilasciato ai sensi dell'articolo 8, comma 2 o da una equivalente procedura di certificazione energetica stabilita dal Comune con proprio regolamento antecedente alla data dell'8 ottobre 2005.

Trascorsi dodici mesi dalla emanazione delle Linee guida nazionali di cui all'articolo 6 comma 9, l'attestato di qualificazione energetica e la equivalente procedura di certificazione energetica stabilita dal Comune perdono la loro efficacia ai fini di cui al comma 1-bis.

Le metodologie di calcolo e di espressione, attraverso uno o più descrittori, della prestazione energetica degli edifici sono definite dai decreti di cui all'articolo 4 comma 1, tenendo conto di:

- a) clima esterno e interno;
- b) caratteristiche termiche dell'edificio;
- c) impianto di riscaldamento e di produzione di acqua calda sanitaria;
- d) impianto di condizionamento dell'aria e di ventilazione;
- e) impianto di illuminazione;
- f) posizione ed orientamento degli edifici;
- g) sistemi solari passivi e protezione solare;
- h) ventilazione naturale;
- i) utilizzo di fonti energetiche rinnovabili, di sistemi di cogenerazione e di riscaldamento e condizionamento a distanza.

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA PER LA CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

Valori limite dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale inerenti a tutti gli edifici esclusi edifici residenziali classe E1. Si ricorda che la provincia di Padova è classificata come zona climatica E. Per la precisione i GG medi della provincia di Padova sono 2.383.

Rapporto di forma dell'edificio S/V	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
	<i>fino a 600 GG</i>	<i>a 601 GG</i>	<i>a 900 GG</i>	<i>a 901 GG</i>	<i>a 1400 GG</i>	<i>a 1401 GG</i>	<i>a 2100 GG</i>	<i>a 2101 GG</i>	<i>a 3000 GG</i>	<i>oltre 3000 GG</i>
$\leq 0,2$	2,5	2,5	4,5	4,5	6,5	6,5	10,5	10,5	14,5	14,5
$\geq 0,9$	9	9	14	14	20	20	26	26	36	36

Tabella 4.3.1 indice prestazione energetica al 31 dicembre 2009 [kWh/m³anno]

Rapporto di forma dell'edificio S/V	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
	<i>fino a 600 GG</i>	<i>a 601 GG</i>	<i>a 900 GG</i>	<i>a 901 GG</i>	<i>a 1400 GG</i>	<i>a 1401 GG</i>	<i>a 2100 GG</i>	<i>a 2101 GG</i>	<i>a 3000 GG</i>	<i>oltre 3000 GG</i>
$\leq 0,2$	2,0	2,0	3,6	3,6	6	6	9,6	9,6	12,7	12,7
$\geq 0,9$	8,2	8,2	12,8	12,8	17,3	17,3	22,5	22,5	31	31

Tabella 2 indice prestazione energetica dal 1 gennaio 2010 [kWh/m³anno]

I valori limite riportati nelle tabelle sono espressi in funzione della zona climatica, così come individuata all'articolo 2 del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, e del rapporto di forma dell'edificio S/V, dove:

- S, espressa in metri quadrati, è la superficie che delimita verso l'esterno (ovvero verso ambienti non dotati di impianto di riscaldamento), il volume riscaldato V;
- V è il volume lordo, espresso in metri cubi, delle parti di edificio riscaldate, definito dalle superfici che lo delimitano.

VALORI LIMITE DI TRASMITTANZA

Dalla lettura delle tabelle si nota come il valore minimo di trasmittanza delle strutture diminuisca con cadenza biennale. La modifica dei valori di trasmittanza minimi, impone di conseguenza il raggiungimento di determinati standard energetici.

Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m ² K)	Dall' 1 gennaio 2008 U (W/m ² K)	Dall' 1 gennaio 2010 U (W/m ² K)
A	0,85	0,72	0,62
B	0,64	0,54	0,48
C	0,57	0,46	0,40
D	0,50	0,40	0,36
E	0,46	0,37	0,34
F	0,44	0,35	0,33

Tabella 3 trasmittanza pareti verticali

Tabella 3.1 Valori limite della trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura espressa in W/m ² K			
Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m ² K)	Dall' 1 gennaio 2008 U (W/m ² K)	Dall' 1 gennaio 2010 U (W/m ² K)
A	0,80	0,42	0,38
B	0,60	0,42	0,38
C	0,55	0,42	0,38
D	0,46	0,35	0,32
E	0,43	0,32	0,30
F	0,41	0,31	0,29

Tabella 4 trasmittanza solai e tetti

Tabella 3.2 Valori limite della trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali di pavimento espressa in W/m ² K			
Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m ² K)	Dall' 1 gennaio 2008 U (W/m ² K)	Dall' 1 gennaio 2010 U (W/m ² K)
A	0,80	0,74	0,65
B	0,60	0,55	0,49
C	0,55	0,49	0,42
D	0,46	0,41	0,36
E	0,43	0,38	0,33
F	0,41	0,36	0,32

Tabella 5 trasmittanza pavimento

Tabella 4a. Valori limite della trasmittanza termica U delle chiusure trasparenti comprensive degli infissi espressa in W/m ² K			
Zona climatica	Dall' 1 gennaio 2006 U (W/m ² K)	Dall' 1 gennaio 2008 U (W/m ² K)	Dall' 1 gennaio 2010 U (W/m ² K)
A	5,5	5,0	4,6
B	4,0	3,6	3,0
C	3,3	3,0	2,6
D	3,1	2,8	2,4
E	2,8	2,4	2,2
F	2,4	2,2	2,0

Tabella 6 trasmittanza di porte e finestre

Rendimento globale medio stagionale dell'impianto termico

$$\eta_g = (75 + 3 \log P_n) \%$$

dove $\log P_n$ è il logaritmo in base 10 della potenza utile nominale del generatore o dei generatori di calore al servizio del singolo impianto termico, espressa in KW.

Per valori di P_n superiori a 1000 kW la formula precedente non si applica, e la soglia minima per il rendimento globale medio stagionale è pari a 84%.

3.4.2 DECRETO MINISTERIALE 26 GIUGNO 2009

Il presente decreto definisce:

- le Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici;
- gli strumenti di raccordo, concertazione e cooperazione tra lo Stato e le Regioni.

Il decreto definisce degli elementi essenziali del sistema di certificazione degli edifici qui sotto elencati:

- a) i dati informativi che debbono essere contenuti nell'attestato di certificazione energetica, compresi i dati relativi all'efficienza energetica dell'edificio, i valori vigenti a norma di legge, i valori di riferimento o classi prestazionali che consentano ai cittadini di valutare e raffrontare la prestazione energetica dell'edificio in forma sintetica e anche non tecnica, i suggerimenti e le raccomandazioni in merito agli interventi più significativi ed economicamente convenienti per il miglioramento della predetta prestazione;
- b) le norme tecniche di riferimento, conformi a quelle sviluppate in ambito europeo e nazionale;
- c) le metodologie di calcolo della prestazione energetica degli edifici, compresi i metodi semplificati finalizzati a minimizzare gli oneri a carico dei cittadini, tenuto conto delle norme di riferimento;
- d) la validità temporale massima dell'attestato;
- e) le prescrizioni relative all'aggiornamento dell'attestato in relazione ad ogni intervento che migliori la prestazione energetica dell'edificio.

Per quanto riguarda la validità temporale dell'attestato essa è pari a dieci anni, tale validità è confermata solo se sono rispettate le prescrizioni normative vigenti per le operazioni di controllo di efficienza energetica.

L'attestato di certificazione energetica è aggiornato ad ogni intervento di ristrutturazione, edilizio e impiantistico, che modifica la prestazione energetica dell'edificio nei termini seguenti:

- ad ogni intervento migliorativo della prestazione energetica a seguito di interventi di riqualificazione che riguardino almeno il 25% della superficie esterna dell'immobile;
- ad ogni intervento migliorativo della prestazione energetica a seguito di interventi di riqualificazione degli impianti di climatizzazione e di produzione di acqua calda sanitaria che prevedono l'installazione di sistemi di produzione con rendimenti più alti di almeno 5 punti percentuali rispetto ai sistemi preesistenti;
- ad ogni intervento di ristrutturazione impiantistica o di sostituzione di componenti o apparecchi che, fermo restando il rispetto delle norme vigenti, possa ridurre la prestazione energetica dell'edificio;
- facoltativo in tutti gli altri casi.

Finalità

Le presenti Linee guida definiscono un sistema di certificazione energetica degli edifici in grado di:

- fornire informazioni sulla qualità energetica degli immobili e strumenti di chiara ed immediata comprensione;
- per la valutazione della convenienza economica a realizzare interventi di riqualificazione energetica delle abitazioni;
- per acquisti e locazioni di immobili che tengano adeguatamente conto della prestazione energetica degli edifici;

- contribuire ad una applicazione omogenea della certificazione energetica degli edifici coerente con la direttiva 2002/91/CE e con i principi desumibili dal decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192 le disposizioni contenute nelle Linee guida si applicano per le regioni e province autonome che non abbiano ancora provveduto ad adottare propri strumenti di certificazione energetica degli edifici in applicazione della direttiva 2002/91/CE e comunque sino alla data di entrata in vigore dei predetti strumenti regionali di certificazione energetica degli edifici.

Campo di applicazione

Ai sensi del decreto legislativo la certificazione energetica si applica a tutti gli edifici delle categorie di cui all'articolo 3, del decreto Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, quindi anche agli edifici di categoria E8 (edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili).

Prestazione energetica degli edifici

La prestazione energetica complessiva dell'edificio è espressa attraverso l'indice di prestazione energetica globale EPgl.

$$EPgl = EPI + EPacs + EPe + EPill$$

dove:

- EPI: è l'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale;
- EPacs: l'indice di prestazione energetica per la produzione dell'acqua calda sanitaria;
- Epe: l'indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva;
- EPill: l'indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale.

Nel caso di edifici residenziali tutti gli indici sono espressi in kWh/m²anno.

Nel caso di altri edifici (residenze collettive, terziario, industria) tutti gli indici sono espressi in kWh/m³anno.

L'indice di prestazione energetica globale EPgl tiene conto:

- del fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale ed estiva, per la produzione di acqua calda sanitaria e per l'illuminazione artificiale;
- dell'energia erogata e dell'energia ausiliaria dei sistemi impiantistici, incluso i sistemi per l'autoproduzione o l'utilizzo di energia.

Capitolo 4 CONCLUSIONI FINALI

La situazione energetica attuale impone forti cambiamenti sugli stili di vita e sui consumi energetici a tutti i livelli, dall'abitazione familiare alle strutture pubbliche e per il terziario fino al settore industriale.

Lo stato di difficile congiuntura economica in cui ci troviamo può senz'altro acuire lo stato di difficoltà di imprese ed imprenditori, soprattutto medio piccoli, i quali spesso devono fare i conti tra l'altro con costi energetici maggiori rispetto a quelli di altri paesi concorrenti, riducendo di molto la competitività dell'azienda su di un mercato sempre più globale.

Un serio ed imparziale lavoro di valutazione sulle scelte in materia di politiche energetiche fatte in passato deve portare alla redazione di un piano di sviluppo per gli anni a venire che inglobi maggiormente energie ricavate da fonti rinnovabili e per il lungo termine da energia nucleare di quarta generazione e più avanti da fusione nucleare.

Come sappiamo i tempi di sviluppo, progettazione e installazione di apparati energetici (soprattutto per quelli riguardanti l'energia elettrica) sono molto lunghi e disseminati di insidie e contrattempi di vario genere e di varia natura, ma quello che veramente conta è che la "crisi" è adesso e che i problemi legati all'inquinamento alla salvaguardia dell'ambiente ,caratterizzati appunto da una notevole inerzia, non sono più rimandabili.

E' necessario cominciare subito ad intervenire dove è possibile, magari con interventi rapidamente attuabili (in confronto alla tempistica sopracitata) e che comportino investimenti remunerativi nel brevissimo periodo.

Ciò si può fare, sviluppando l'efficienza energetica di ciò che già utilizziamo con il dovere di migliorarla fin tanto che la tecnologia via via ci concede di migliorarla.

Individuato lo scopo che tutti noi ci dobbiamo prefiggere è necessario focalizzare l'attenzione sul come agiamo e sugli strumenti che possono venire in aiuto, soprattutto alle aziende.

L' audit energetico è lo strumento principale per conoscere e quindi intervenire efficacemente sulla situazione energetica di un'azienda.

Fare un audit energetico significa capire quanto consuma l'impresa: le apparecchiature utilizzate nel ciclo produttivo e non, gli impianti installati per la climatizzazione, l'involucro edilizio e le abitudini di esercizio e manutenzione.

È un ottimo metodo per individuare criticità e soluzioni correttive per risparmiare e ridurre gli sprechi, ed in oltre permette di stabilire in anticipo se un intervento è fattibile e conveniente, sia dal punto di vista tecnico che economico.

Come già descritto vi sono due tipi di analisi, quella preliminare e quella di dettaglio; la prima ha quasi uno scopo ludico nei confronti dell'azienda che spesso non possiede una informazione adeguata in merito e che fornisce le informazioni principali e le azioni immediatamente applicabili e con un ritorno degli investimenti da effettuare in inferiore a 2-3 anni.

La seconda analizza a fondo la situazione energetica del sito produttivo a tutti i livelli fornendo un bilancio energetico dettagliato, maggiori proposte di intervento ed un azione di monitoraggio nel tempo degli impianti stessi e dei risultati acquisiti.

Questa duplice possibilità permette all'azienda di acquisire una maggiore formazione sulle tematiche del risparmio energetico e di sviluppare applicativamente le informazioni assimilate con una certa gradualità a tutto vantaggio dell'azienda stessa poiché è essa che decide, di concerto con chi le fornisce lo studio quali e quanti interventi affrontare.

Durante l'attività di tirocinio mi è stato permesso di seguire il percorso di creazione di un audit energetico, dall'attività di sopralluogo alla redazione della relazione tecnica finale, che anche se di tipo preliminare, mi ha permesso di capire come tale strumento abbia la possibilità di creare beneficio sia dal punto di vista delle aziende che lo richiedono come precedentemente illustrato sia dal punto di vista di nuove opportunità di lavoro per quelle imprese o società che sviluppano i temi dell'energia in generale e quelli dell'efficienza energetica in particolare.

Tali opportunità di lavoro permettono l'assunzione di personale in possesso di un'alta formazione tecnica ed economica, il cui binomio permette all'azienda di fornire tutte le informazioni necessarie al fine di soddisfare ogni esigenza richiesta.

Ho potuto notare in oltre che l'audit energetico non è molto diffuso come pratica tra le aziende, per questo ritengo che progetti come quello della camera di commercio di Padova, di altri enti camerali o di varie fondazioni di istituti di credito vadano sempre più proposti, sviluppati e per così dire pubblicizzati alle aziende in modo tale da far aderire sempre più imprese, proprio perché i vantaggi si estendono fino alla comunità stessa che beneficia della diminuzione dell'inquinamento sotto forma di tonnellate di CO₂ non emesse in atmosfera e di un minor utilizzo di energia primaria.