



**FEDERCHIMICA**  
CONFINDUSTRIA

**Collana Editoriale del Comitato Energia**

**N. 1**

**Il Manuale CARE+  
per l'Efficienza Energetica  
nelle PMI Chimiche**

**Volume 2°:  
Le 8 Migliori Prassi per l'Efficienza Energetica**

**gennaio 2011**

## Premessa



, la Federazione Nazionale dell'Industria Chimica, rappresenta oltre 1.300 Imprese per un totale di circa 90.000 addetti. La Federazione si articola in 16 Associazioni di settore e 40 Gruppi merceologici ed ha tra gli obiettivi primari il coordinamento e la tutela del ruolo dell'Industria Chimica operante in Italia e l'assistenza alle Imprese Associate.

Federchimica gestisce per l'Italia il Programma volontario mondiale "Responsible Care", attraverso il quale l'Industria Chimica mette in atto principi e comportamenti volti a garantire la Sicurezza Industriale, la Salute dei Dipendenti e la Protezione dell'Ambiente.

## Il Comitato Energia

L'Industria Chimica è particolarmente interessata ai temi che riguardano il consumo di energia e le politiche climatiche. L'Industria Chimica è infatti consapevole di poter e dover svolgere un ruolo fondamentale per assicurare la sostenibilità, avendo dimostrato che all'impatto delle emissioni associate all'attività corrisponde un risparmio di tre volte superiore indotto dalle emissioni negli altri settori. Il ruolo dell'Industria Chimica infatti si basa anche sui contributi nelle aree dei biocombustibili, nell'utilizzazione di materie prime rinnovabili, nella fornitura all'industria delle rinnovabili e nella riduzione dell'impatto dei combustibili fossili.

All'interno di Federchimica, il Comitato Energia si occupa di tutto questo, ponendosi come obiettivi a medio termine risultati quali:

- correggere la diffusa convinzione secondo cui l'Industria Chimica contribuisce alle emissioni di gas serra
- rendere maggiormente competitivi il Mercato Elettrico e del Gas
- incrementare l'efficienza energetica all'interno delle Industrie Chimiche, anche tramite specifici corsi e metodologie
- sostenere le politiche di incentivazione, favorire la politica climatica e la competitività

## I Gruppi di Lavoro

L'attività del Comitato Energia si articola in 6 Gruppi di Lavoro per un'ottimale gestione delle varie iniziative:

G.d.L. Mercato Elettrico
G.d.L. Efficienza Energetica
G.d.L. Mercato Gas Naturale
G.d.L. Cambiamenti Climatici
G.d.L. Fonti Alternative
G.d.L. Fonti Rinnovabili



## Il programma T.A.C.E.C. – Towards a Carbon Efficient Chemistry

Per integrare maggiormente nel nostro Paese scienza, industria, management, istituzioni pubbliche e private verso la chimica a migliore efficienza energetica e sostenibile, Federchimica, insieme a Confindustria Veneto, ha avviato a fine 2008 il Programma “T.A.C.E.C. – Towards A Carbon Efficient Chemistry”.

Il Programma è orientato su 3 assi di attività:

- R&S: con lo scopo di identificare e realizzare progetti di efficienza energetica e di mettere a punto nuovi prodotti e nuovi processi con fonti rinnovabili e alternative.
- Metodologie e Best Practices: la gestione razionale dei fattori di produzione è critica per il successo dell’Industria Chimica nel ridurre l’uso, diretto e indiretto, dell’energia. La messa a punto di metodi di analisi, di problem solving e di gestione della value chain e delle relative best practices è realizzata e affrontata nel Programma T.A.C.E.C.
- Analisi e Position Papers: il Programma T.A.C.E.C. è stato avviato anche utilizzando lo studio dell’ICCA: “Innovation for Greenhouse Gas Reductions”, che ha stimato come, per 1 tonnellata di CO<sub>2</sub> equivalenti emessi dall’Industria Chimica nell’atmosfera, essa ne fa risparmiare circa 3 ai settori di utilizzo di prodotti chimici. Altri studi e position papers sulla low carbon economy, sono in corso di preparazione.

La complessità della componente scientifica e delle esperienze industriali nell’affrontare la “low carbon economy” sono tali per cui il Programma T.A.C.E.C. è stato avviato con selezionati Partners:

- ❖ *EURIS Europe S.r.l.*: affianca le Imprese nell’elaborazione di progetti di sviluppo imprenditoriale e nella loro realizzazione attraverso l’accesso agli strumenti di finanza agevolata istituiti a livello europeo, nazionale e regionale. ([www.euris-europe.it](http://www.euris-europe.it)).
- ❖ *PVC Forum Italia*: riunisce le principali aziende di produzione di resina, additivi e trasformazione del PVC per promuovere la conoscenza del PVC e dei suoi vantaggi applicativi e per sviluppare la sostenibilità dei processi e dei prodotti. ([www.pvcforum.it](http://www.pvcforum.it))
- ❖ *Stazione Sperimentale per i Combustibili*: opera nell’ambito dei combustibili tradizionali ed alternativi ed è impegnata nell’impiego e nella valutazione dei combustibili rinnovabili, per un maggior uso di questi ultimi e per contenere le emissioni di gas climalteranti. ([www.ssc.it](http://www.ssc.it))
- ❖ *Suschem Italy*: Federchimica co-gestisce insieme all’Associazione IT-Suschem” la Piattaforma Nazionale “Suschem Italy”, collegata con la Piattaforma Europea Suschem, gestita dal CEFIC e da altre 5 Istituzioni Europee. ([www.itsuschem.it](http://www.itsuschem.it))



**Sviluppo chimica spa** è la società di servizi interamente controllata da Federchimica avente l'obiettivo di favorire e sostenere la competitività dell'Industria Chimica. Oltre a svolgere attività per conto di Federchimica e alle sue Associazioni di settore, propone un'articolata offerta di servizi alle Imprese Chimiche, alle Istituzioni Scientifiche e Tecnologiche in Italia e negli altri Paesi Europei, a Istituzioni private e pubbliche quali Associazioni, Enti di Certificazione, Centri di Ricerca e Pubbliche Amministrazioni. Tale offerta include, oltre alla consulenza e alla prestazione di servizi professionali nell'area della Ricerca, Sviluppo e Innovazione, la realizzazione e la commercializzazione di pubblicazioni, software gestionali e corsi di formazione per le Imprese Chimiche e per i settori utilizzatori di sostanze, preparati, intermedi e prodotti chimici. Le principali aree di servizio in cui opera sono: logistica; sicurezza impianti e processi; ambiente e energia; gestione prodotti e igiene industriale; *risk* e *crisis management*; normativa del lavoro.



Il **CARE+**, finanziato e supportato dalla Commissione Europea nell'ambito dell'Unità "Intelligent Energy Europe" (IEE), si propone di promuovere l'uso efficiente dell'energia nelle PMI Chimiche. Tra i partecipanti vi sono, oltre a SC Sviluppo Chimica S.p.A. (Società controllata da Federchimica), il CEFIC - Consiglio Europeo dell'Industria Chimica (Belgio), Challoch Energy (Belgio), Certiquality S.r.l. (Italia), PCCI - Polish Chamber of Chemical Industry (Polonia), Kape - Polish National Energy Conservation Agency (Polonia), BCCI - Bulgarian Chamber of Chemical Industry (Bulgaria) e EES - Energy Efficient Systems Ltd (Bulgaria).

Da molti anni l'Industria Chimica internazionale considera la gestione responsabile dell'ambiente parte integrante dei suoi doveri fondamentali, e Federchimica è parte attiva di questo impegno attraverso l'iniziativa *Responsible Care*.

Il Progetto CARE+ è una iniziativa focalizzata sull'utilizzo responsabile dell'Energia nelle numerose Piccole e Medie Imprese Chimiche in tutta Europa, e pertanto si propone di:

- sviluppare e offrire alle Piccole e Medie Imprese (PMI) dell'Industria Chimica una metodologia che consenta loro di migliorare le performance energetiche;
- diffondere tra le PMI Chimiche informazioni, conoscenze e competenze manageriali relative all'efficienza energetica, tramite la divulgazione delle *Best Practice* (o Migliori Prassi, come saranno presentate nel seguito del presente documento);
- dimostrare e rendere evidente alle PMI quali importanti vantaggi economici siano facilmente conseguibili grazie all'adozione delle Migliori Prassi;

- agevolare le PMI Chimiche nel reperire le risorse finanziarie disponibili e necessarie ad implementare gli interventi di miglioramento energetico identificati;
- migliorare il livello di Efficienza Energetica dell'intero comparto chimico.

Per raggiungere questo obiettivo, nell'ambito del Progetto CARE+ è stato realizzato "Il Manuale CARE+ per l'Efficienza Energetica nelle PMI Chimiche"<sup>1</sup>, lo strumento operativo principale di supporto alle PMI per aiutarle a migliorare le loro prestazioni energetiche.

Con il supporto di:

**Intelligent Energy**  **Europe**

La documentazione è stata elaborata da SC Sviluppo chimica S.p.A. con l'autorizzazione di CEFIC, il Consiglio Europeo dell'Industria Chimica (European Chemical Industry Council), sotto la propria responsabilità. Il contenuto di questa pubblicazione non riflette necessariamente l'opinione della Commissione Europea. La Commissione Europea non è responsabile dell'uso che dovesse essere fatto delle informazioni qui contenute.

**Progetto: CARE+ (Grant Agreement IEE/07/827/SI2.499212 D7286)**  
**Risultato: Deliverable D11 (WP 5)**

Nota: il Manuale CARE+ per l'Efficienza Energetica nelle PMI Chimiche" è composto di 2 volumi:  
- La Guida all'Auto-Diagnosi per l'Efficienza Energetica;  
- Le 8 Migliori Prassi per l'Efficienza Energetica.

---

<sup>1</sup> La documentazione tradotta in lingua italiana è liberamente scaricabile al seguente link:  
<http://www.federchimica.it/PRODOTTIESERVIZI/PerTutteLeImprese/ScSviluppoChimica/ProgettoCarePlus.aspx>  
Per scaricare la documentazione originale, in lingua inglese, andare al seguente link:  
<http://www.cefic.org/en/careplus-news-and-downloads.html>

## INDICE

Introduzione .....	8
Migliore Prassi 1: Come realizzare il Programma di Gestione dell'Energia .....	10
<i>Come si realizza un Programma di Gestione dell'Energia</i> .....	11
<i>Come si lavora con un Programma di Gestione dell'Energia</i> .....	15
<i>Bibliografia</i> .....	30
Migliore Prassi 2: Analizzare e contabilizzare il consumo di Energia .....	31
<i>Quali informazioni devono essere rese disponibili?</i> .....	31
<i>Capire quali dati riporta la fattura dell'Energia</i> .....	32
<i>Contabilità dell'Energia</i> .....	33
<i>Come standardizzare le diverse forme di energia</i> .....	36
<i>Fattori di conversione dell'Energia</i> .....	39
<i>Cosa si deve analizzare e come lo si deve fare?</i> .....	41
<i>Bibliografia</i> .....	46
Migliore Prassi 3: Come avviare e gestire un Sistema Informativo dell'Energia .....	47
<i>Trovare la soluzione appropriata</i> .....	47
<i>Le informazioni che il Sistema Informativo deve gestire e fornire</i> .....	48
<i>Gli elementi che compongono un sistema informativo</i> .....	49
<i>Bibliografia</i> .....	51
Migliore Prassi 4: Come migliorare la <i>performance</i> del Generatore di Vapore .....	52
<i>Confini, misure e definizioni</i> .....	52
<i>Risparmi energetici nella generazione e distribuzione del Vapore</i> .....	55
<i>Elenco degli interventi raccomandati</i> .....	70
<i>Bibliografia</i> .....	72

<b>Migliore Prassi 5:</b>	<b>Come risparmiare Energia nei Sistemi di Aria Compressa .....</b>	<b>73</b>
	<i>Determinare il consumo di Energia ed i costi dell'Aria Compressa .....</i>	<i>78</i>
	<i>Opportunità di riduzione del consumo di Aria Compressa .....</i>	<i>79</i>
	<i>Altre opzioni di Risparmio Energetico nel Sistema dell'Aria Compressa .....</i>	<i>83</i>
	<i>Elenco degli Interventi Raccomandati .....</i>	<i>84</i>
	<i>Bibliografia .....</i>	<i>86</i>
<b>Migliore Prassi 6:</b>	<b>Come ridurre il Consumo dell'Energia negli Edifici.....</b>	<b>87</b>
	<i>Uso dell'Energia Elettrica (Illuminazione e Apparecchiature d'Ufficio) .....</i>	<i>96</i>
	<i>Elenco degli interventi raccomandati.....</i>	<i>97</i>
	<i>Bibliografia .....</i>	<i>101</i>
<b>Migliore Prassi 7:</b>	<b>Migliorare l'Efficienza di Motori e Sistemi di Trasmissione .....</b>	<b>102</b>
	<i>Classi di Efficienza dei Motori Elettrici e Principi della Normativa dell'Unione Europea .....</i>	<i>103</i>
	<i>Programma di Gestione dei Motori.....</i>	<i>105</i>
	<i>Come Migliorare l'Efficienza dei Sistemi Sovradimensionati.....</i>	<i>108</i>
	<i>Tecnologie di Sistemi di Trasmissioni a Velocità Variabile .....</i>	<i>111</i>
	<i>Opportunità e Benefici delle Trasmissioni a Velocità Variabile .....</i>	<i>114</i>
	<i>Bibliografia .....</i>	<i>118</i>
<b>Migliore Prassi 8</b>	<b>Migliorare l'Efficienza Energetica dei Processi di Produzione .....</b>	<b>119</b>
	<i>Aree di processo con potenzialità di miglioramento dell'efficienza energetica .....</i>	<i>119</i>
	<i>Alternative di Risparmio Energetico: la Tecnologia delle Membrane .....</i>	<i>121</i>
	<i>Impianti per il Recupero del Calore .....</i>	<i>122</i>
	<i>Valutare il potenziale di Recupero di Calore con l'Analisi Pinch .....</i>	<i>124</i>
	<i>Elenco degli interventi raccomandati.....</i>	<i>128</i>
	<i>Bibliografia .....</i>	<i>129</i>
<b>Referenze .....</b>		<b>130</b>

## Introduzione

L'Energia costituisce una componente importante dei costi di esercizio dell'Industria Chimica ed il suo elevato costo e l'aumentata competizione globale hanno stimolato gli operatori economici a ricercare maggiore Efficienza Energetica nell'ambito delle proprie *operations*. Tuttavia si ritiene che il margine di miglioramento conseguibile dalle PMI sia ancora molto elevato, specialmente là dove spesso il consumo di Energia non viene percepito come un fattore di costo significativo e non risulta essere oggetto di analisi ed interventi prioritari.

Nell'ambito del CARE+, che si propone di assistere le PMI Chimiche per far conseguire loro significativi miglioramenti delle performance Energetiche e risparmi di costo tangibili, colmando la distanza esistente fra la teoria dell'Efficienza Energetica e la pratica attuale, i *partners* del Progetto hanno sviluppato il "Manuale CARE+ per l'Efficienza Energetica nelle PMI Chimiche", che si articola nei seguenti 2 documenti principali:

- **"Volume 1°: la Guida all'Auto-Diagnosi per l'Efficienza Energetica"**, avente lo scopo di assistere l'utente nell'eseguire l'analisi energetica a monte e le necessarie verifiche *in loco*, valutando le prestazioni energetiche con un approccio semplice e guidato, passo dopo passo;
- **"Volume 2°: le 8 Migliori Prassi per l'Efficienza Energetica"**, ovvero il presente documento, che focalizza l'attenzione sugli argomenti principali con riferimento all'uso dell'Energia nelle PMI Chimiche, descrivendo le migliori soluzioni tecnologiche e metodologie (*best-in-class*) disponibili per fare conseguire all'Utilizzatore i risparmi energetici attesi.

### Volume 1°: la Guida all'Auto-Diagnosi per l'Efficienza Energetica

La Guida all'Auto-Diagnosi dell'Efficienza Energetica" (in seguito "GAD") fornisce alle PMI Chimiche Europee gli strumenti per tenere sotto controllo il consumo energetico dei processi produttivi e misurare le relative prestazioni energetiche. Si consiglia vivamente di utilizzare questa GAD in combinazione con il Manuale delle Migliori Prassi, in quanto quest'ultimo offre una grande quantità di informazioni utili all'esecuzione di una efficace Auto-Diagnosi.

### Volume 2°: le 8 Migliori Prassi per l'Efficienza Energetica

Il 2° Volume individua otto aree tematiche chiave da approfondire per andare a ricercare i potenziali risparmi di Energia. Questo Manuale fornisce un *benchmark* per ciascuna di queste aree, indicando quali strumenti e modalità potrebbero essere adottati per ottimizzare l'uso interno dell'Energia; tra le differenti opportunità di intervento e miglioramento energetico viene operata una differenziazione tra azioni a costo zero o comunque basso (come ad esempio le attività relative alla diligente manutenzione di

apparecchiature e strumentazioni) e le misure che richiedono un investimento importante, o comunque un esborso significativo iniziale.

A causa della estrema differenziazione che caratterizza le Imprese del comparto Chimico, questo Manuale include in via prioritaria misure generiche, ed in seconda battuta, anche alcuni tra i più ricorrenti interventi specifici a disposizione delle Imprese per il miglioramento dell'Efficienza Energetica. Si consiglia di valutare attentamente e criticamente tutti gli interventi suggeriti, sia quelli cosiddetti "generici" sia quelli più specifici, in quanto tutti sono potenzialmente adatti a far conseguire significativi risparmi nei consumi di Energia (come ad esempio la suddivisione in zone di distribuzione per la consegna del Vapore o dell'Aria Compressa; il monitoraggio e l'Analisi Energetica; l'isolamento termico; i provvedimenti volti all'ottimizzazione della gestione degli uffici con riferimento all'illuminazione, al riscaldamento, etc.).

Le 8 Migliori Prassi illustrate nel presente Volume sono:

MP 1:	Come realizzare il Programma di Gestione dell'Energia
MP 2:	Analizzare e contabilizzare il consumo di Energia
MP 3:	Come avviare e gestire un Sistema Informativo dell'Energia
MP 4:	Come migliorare la <i>performance</i> del Generatore di Vapore
MP 5:	Come risparmiare Energia nei Sistemi di Aria Compressa
MP 6:	Come ridurre il Consumo dell'Energia negli Edifici
MP 7:	Migliorare l'Efficienza di Motori e Sistemi di Trasmissione
MP 8:	Migliorare l'Efficienza Energetica dei Processi di Produzione

Le prime 3 Migliori Prassi si riferiscono esclusivamente al Programma di Gestione dell'Energia, alla misurazione dei consumi e al monitoraggio delle *performance* complessive e dei singoli Impianti: si ritiene che quest'area rappresenti la spina dorsale di qualunque impegno rivolto all'Efficienza Energetica.

Dalla 4<sup>a</sup> alla 8<sup>a</sup> Migliore Prassi il Documento illustra alcuni temi specifici di particolare rilievo per l'Industria Chimica, in quanto si ritiene rappresentino un impatto economico significativo con riferimento ai costi dell'Energia; alla fine di ogni capitolo si danno alcuni suggerimenti, indicazioni ed esempi di quali siano gli interventi dai quali ci si aspetta maggiori benefici in termini di riduzione dei consumi e risparmi di costo associati.

Infine, per rendere più agevole il compito e accompagnare l'Utente nel percorso di Analisi Energetica è stato elaborato infine il "*Workbook*"<sup>2</sup>, ovvero un *file excel* composto da n. 15 fogli di calcolo contenenti informazioni e tabelle per la raccolta di dati qualitativi e quantitativi, con algoritmi di calcolo preimpostati.

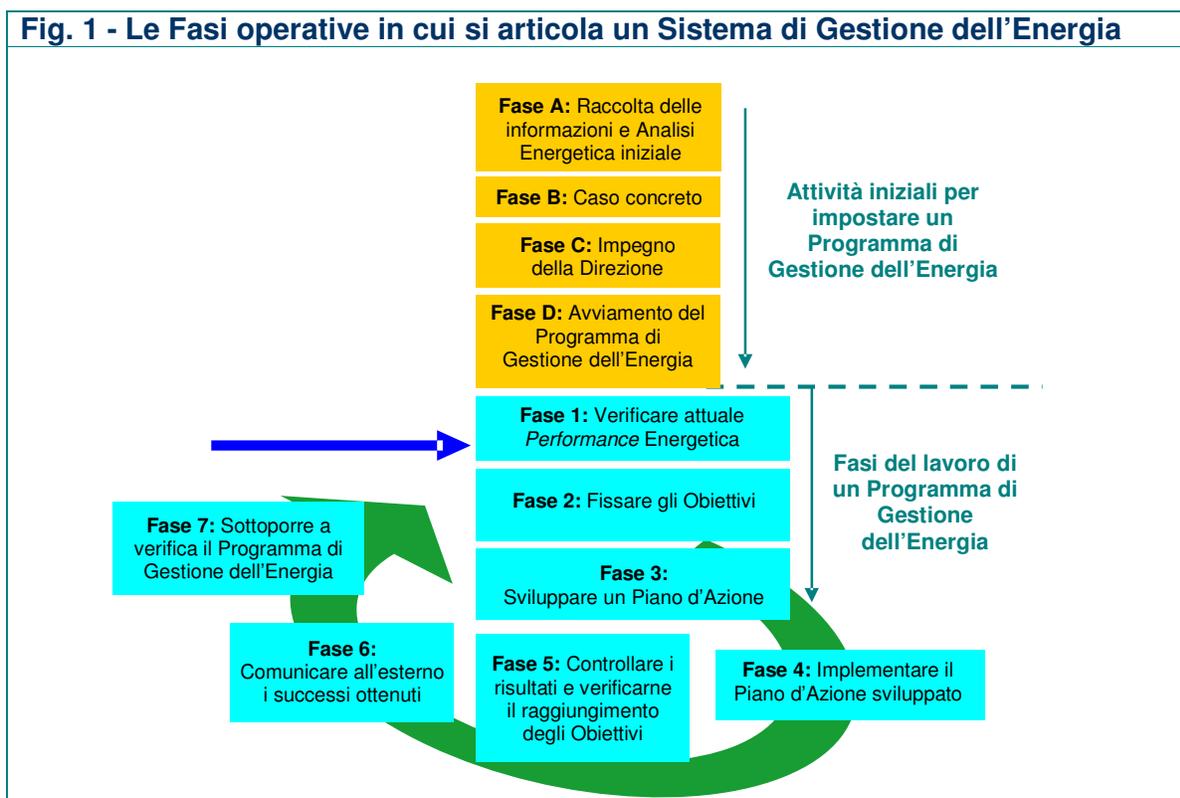
<sup>2</sup> Per richiedere l'invio gratuito del file Excel tradotto in lingua italiana, si prega di contattare SC Sviluppo chimica S.p.A. Riferimenti: Tel.: +39 02 34565.373 - Email: p.manes@sviluppochimica.it

## Migliore Prassi 1: Come realizzare il Programma di Gestione dell'Energia

### Perché un Programma di Gestione dell'Energia?

Gestire l'Energia significa riservare una costante attenzione agli usi dell'Energia, e quindi dedicare risorse (umane e tecniche) a studiare ed analizzare le modalità e l'intensità del suo consumo allo scopo di migliorare la *performance* energetica e ridurre il costo associato. Il Programma di Gestione dell'Energia affonda le proprie radici nel *business* dell'Impresa e costituisce una parte importante dell'attività manageriale quotidiana.

La Fig. 1 qui di seguito dà una visione globale del Programma di Gestione dell'Energia.



Fonte: EPA EnergyStar

Il Programma di Gestione dell'Energia si articola nelle seguenti componenti:

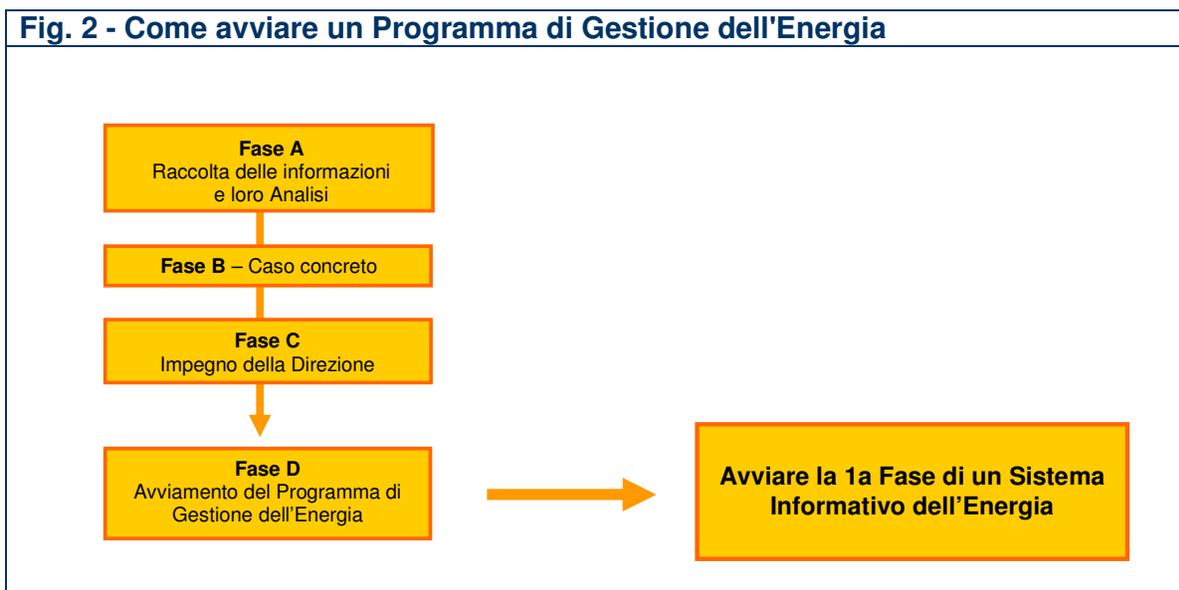
- Fasi A, B, C e D, relative all'avviamento del Programma;
- Fasi dalla 1 alla 7, che si riferiscono invece alla modalità operativa di utilizzo del Programma.

Ciascuna Fase verrà illustrata in dettaglio nei prossimi capitoli.

## Come si realizza un Programma di Gestione dell'Energia

L'elemento fondamentale ed imprescindibile per la realizzazione di un efficace Programma di Gestione dell'Energia è rappresentato dall'impegno riconosciuto del *Management* e del personale chiave che gestisce l'impianto, i suoi consumi di Energia ed il loro costo, in un processo continuo e strutturato. Per ottenere ciò è necessario definire in maniera appropriata e condivisa il perimetro di operatività e le finalità del Programma di Gestione dell'Energia, integrandone la gestione ed il controllo del sistema nell'attività quotidiana del personale e del *Management*.

Per tale motivo il Programma di Gestione dell'Energia inizia con le attività di preparazione per ottenere l'impegno formale e sostanziale a partire dai più alti livelli del *Management* dell'organizzazione. Nella seguente Fig. 2 sono rappresentate le diverse Fasi per definire, predisporre, avviare e gestire un Programma di Gestione dell'Energia.



Fonte: EPA EnergyStar

### Fase A: Raccolta delle informazioni e analisi energetica iniziale

Le attività di preparazione iniziano con la raccolta delle informazioni per fornire, attraverso una prima indagine iniziale, una fedele rappresentazione delle modalità e dell'intensità con cui si consuma l'Energia in azienda, al fine di consentire una buona comprensione della situazione attuale. A titolo esemplificativo, nella GAD viene descritta sommariamente la modalità operativa con cui si svolge tipicamente un *audit* energetico.

L'indagine deve comprendere i seguenti punti:

- il grado attuale di controllo e gestione esercitato sul sistema energetico da parte dell'Impresa;
- l'attuale livello di misura e registrazione dei dati (vedere la “Migliore Prassi n.3: Come realizzare, avviare e gestire un Sistema Informativo dell'Energia”);
- l'attuale livello di comprensione e controllo delle fatture dell'Energia;
- i processi, le attrezzature e gli altri punti di consumo maggiormente energivori;
- gli effetti della legislazione e della tassazione connessi all'Energia;
- i dati attuali e storici (possibilmente degli ultimi 3 anni) relativi al consumo di Energia;
- i dati operativi di produzione attuale e relativi agli ultimi tre esercizi.

Sulla base delle informazioni raccolte durante l'indagine preliminare è possibile farsi una prima idea di quanto si potrebbe risparmiare in bolletta a seguito dei minori impieghi di Energia potenzialmente conseguibili. È anche possibile stabilire il punto di partenza per cominciare a formalizzare un Piano di Azione finalizzato a realizzare un Sistema di Gestione dell'Energia per la propria Impresa, purché sia possibile ottenere informazioni sufficientemente dettagliate circa le modalità di utilizzo dell'Energia (dove, come, quando e quanto) per una parte consistente del consumo energetico complessivo (almeno l'80%).

L'indagine preliminare dovrebbe fornire le informazioni sufficienti per procedere alla fase successiva: lo studio di un caso concreto.

I risultati permetteranno di capire se la strumentazione che misura i parametri relativi all'Efficienza Energetica sia sufficiente a supportare la realizzazione e l'avvio di un efficace ed avanzato Piano di Gestione.

## **Fase B: Un caso concreto**

Sulla base delle informazioni raccolte è possibile sviluppare un'analisi di fattibilità relativa alla introduzione di un Programma di Gestione dell'Energia, allo scopo di sottoporlo agli organi della Direzione competente perché lo valutino e lo approvino, e soprattutto si impegnino anche formalmente a sostenere l'avvio delle attività per la realizzazione del Programma stesso e l'implementazione delle raccomandazioni da esso derivanti.

Qualora si intenda procedere con l'analisi di fattibilità, si dovrebbero affrontare i seguenti argomenti:

- quantificazione e stima dei risparmi in termini di minor costo dell'Energia imputabili alla riduzione dei consumi energetici conseguibili grazie alla introduzione del Programma di Gestione dell'Energia;
- definizione di un progetto per il Programma di Gestione dell'Energia adeguato alle caratteristiche dell'Impresa;

- modifiche all'organizzazione necessarie per lavorare con il Programma di Gestione dell'Energia;
- adozione di infrastrutture informatiche per la gestione dei dati (*database*) e di strumenti di valutazione adeguati perché il Programma di Gestione dell'Energia sia efficace;
- stima degli investimenti e dei costi annui necessari per implementare un programma di Gestione dell'Energia;
- valutazione economico-finanziaria (attraverso la stima del tasso interno di rendimento) dell'investimento associato alla realizzazione del Programma;
- definizione del crono-programma (o GANTT) e stima del tempo necessario per consentire al Programma di andare a regime;
- riconoscimento dell'impegno formale del *Management* per l'introduzione di un Programma di Gestione dell'Energia.

Il caso concreto deve diventare anche un punto di riferimento per misurare a consuntivo i risultati raggiunti una volta che il Programma di Gestione dell'Energia sia stato avviato. Per maggiori dettagli su come si presenta un caso concreto, fate riferimento all'impostazione riportata nella GAD.

### **Fase C: Impegno della Direzione**

Le informazioni contenute nel caso concreto devono consentire alla Direzione di prendere le proprie decisioni in merito all'avvio o meno dell'implementazione del Programma di Gestione dell'Energia.

Questo impegno deve risultare da:

- una ferma decisione sulla Politica dell'Energia ed una strategia di risparmio dell'Energia altrettanto chiara;
- la nomina di un *Energy Manager* responsabile del funzionamento del sistema di Gestione dell'Energia;
- l'attribuzione delle deleghe operative al personale facente parte del Programma;
- l'allocazione dei fondi necessari per l'avanzamento del Programma e l'esecuzione degli interventi definiti da esso;
- la promozione di una cultura dell'Efficienza Energetica nell'Impresa;
- la decisione di discutere su base regolare l'agenda del *team* di Direzione ed i risultati raggiunti.

Tutta l'organizzazione aziendale deve essere informata della decisione di implementare il Programma di Gestione dell'Energia e della strategia di lungo termine definita dalla Direzione.

## Fase D: Impostare un programma di Gestione dell'Energia

In questa fase, costituita dalla stesura del programma di Gestione dell'Energia e dalla creazione della necessaria struttura organizzativa, l'*Energy Manager* gioca un ruolo fondamentale, e le sue responsabilità comprendono:

- coordinare e dirigere il Programma di Gestione dell'Energia;
- creare la coscienza dell'Efficienza Energetica dell'organizzazione;
- sviluppare una Politica Energetica Aziendale;
- valutare i potenziali benefici della Gestione dell'Energia;
- creare e guidare dei gruppi di autocontrollo;
- ottenere credibilità ed impegno da parte dei responsabili;
- sviluppare il Sistema Informativo dell'Energia;
- definire gli Indicatori di *Performance* Energetica e gli obiettivi da conseguire;
- coordinare l'identificazione di opportunità di miglioramento;
- assicurare che gli interventi concordati vengano implementati;
- formare le persone-chiave;
- monitorare e stimare l'andamento dei consumi di Energia;
- tenere informata la Direzione;
- adoperarsi affinché la Direzione riconosca, premi e diffonda notizia dei traguardi di miglioramento eventualmente raggiunti;
- periodicamente, verificare e analizzare criticamente l'operato e l'architettura del Sistema di Gestione dell'Energia.

### Suggerimento

**Sebbene sia importante individuare un *Energy Manager* Responsabile del Programma di Gestione dell'Energia, dello sviluppo dei progetti e dell'esecuzione degli interventi di miglioramento energetico, andrebbe evitato che questi temi importanti siano attribuiti alla responsabilità di una sola risorsa.**

Affinché il Programma di Gestione dell'Energia possa far conseguire concreti risparmi energetici ed i relativi benefici economici è necessario che l'*Energy Manager*:

- indichi con chiarezza le priorità nella Gestione dell'Energia e le modalità operative finalizzate a ricercare in modo sistematico le opportunità di risparmio energetico;

- definisca il perimetro del Programma di Gestione dell'Energia (ampiezza dell'organizzazione coinvolta; i servizi, gli strumenti e/o le attrezzature facenti parte del sistema energetico dell'Impresa, etc.);
- identifichi e definisca congiuntamente agli interessati ruoli e responsabilità delle persone chiave dell'organizzazione a supporto della Gestione dell'Energia, costituendo un *team* ristretto di persone responsabili a livello decisionale e disponibili ad assolvere quotidianamente i compiti affidati;
- assicuri l'avvio del Sistema Informativo dell'Energia (vedere Migliore Prassi n.3), avvalendosi della struttura di raccolta dei dati di consumo energetico correntemente in uso. Una volta avviato il sistema, questo potrà essere migliorato volta per volta, secondo quanto previsto dal Piano di Azione (Fasi 3 e 4). Il sistema informativo dell'Energia deve fornire informazioni accurate e coerenti per permettere una gestione razionale del consumo e dei costi dell'energia. Deve inoltre fornire le informazioni necessarie per valutare i miglioramenti delle performance che sono stati eventualmente raggiunti;
- definisca un Programma di sviluppo temporale e un elenco delle risorse necessarie.

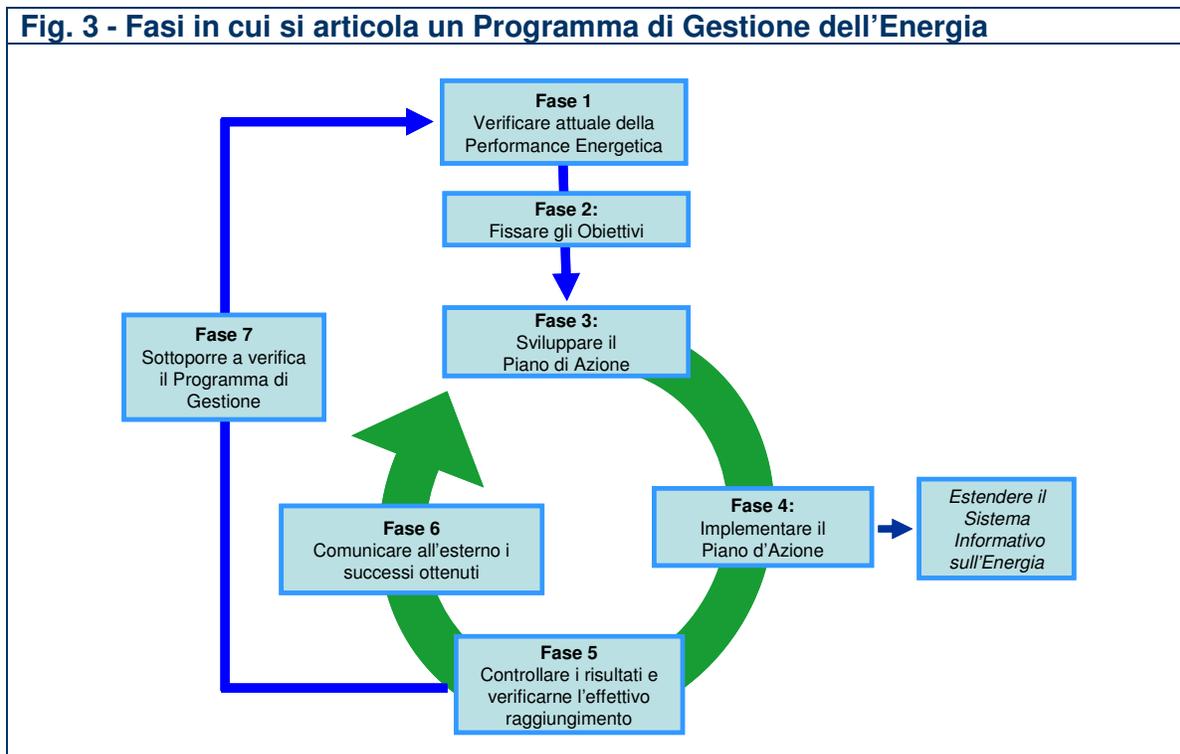
La struttura organizzativa deve far parte della documentazione del Programma di Gestione dell' Energia.

La politica e le strategie di risparmio energetico vanno comunicate a tutto il personale per aumentarne la sensibilità. Il personale deve essere informato e ricevere i dati relativi all'andamento del programma e sollecitato a contribuire al miglioramento delle prestazioni energetiche.

### ***Come si lavora con un Programma di Gestione dell'Energia***

Una volta creata l'organizzazione è possibile cominciare a lavorare con il Programma di Gestione dell'Energia, fissando gli obiettivi, implementando le misure di miglioramento dell'Efficienza Energetica e definendo gli obiettivi di dettaglio del Piano di Azione proposto e concordato. Una volta avviato il Programma di Gestione dell'Energia è necessario inoltre assicurare il monitoraggio e controllo delle attività sviluppate, comunicare all'interno e all'esterno i successi eventualmente ottenuti e procedere alla modifica della strategia e degli obiettivi nel caso ve ne fosse bisogno.

L'organizzazione del lavoro nell'ambito di un Programma di Gestione dell'Energia è rappresentato dalla seguente Fig. 3.



Fonte: EPA EnergyStar

### Fase 1: Analisi delle *performance* energetiche attuali

Innanzitutto si deve concentrare l'attenzione sulla raccolta dati e sul conseguente sviluppo di indicatori di *performance* energetica significativi. Molti dati sono stati raccolti e messi insieme durante la fase di avvio del Programma di Gestione dell'Energia, ma qualora si decida di approfondire, analizzare e sviluppare un Sistema Informativo e di Gestione con un maggiore grado di dettaglio, si dovrà procedere con l'ulteriore:

- a) acquisizione dei dati sull'uso corrente e sui costi dell'Energia;
- b) definizione degli Indicatori di Prestazione Energetica (*Energy Performance Indexes*);
- c) analisi dell'andamento delle prestazioni energetiche.

#### a) **Acquisizione dei dati sull'uso corrente e sui costi dell'Energia**

L'acquisizione dei dati deve contenere informazioni dettagliate su quando, dove, come e quanto l'Energia viene utilizzata nella fabbrica.

Occorre raccogliere informazioni sul costo dell'Energia. La GAD contiene suggerimenti su come effettuare il processo di acquisizione dei dati, o *audit*, indicando la lista dei parametri da prendere in considerazione.

Per quanto possibile il Sistema Informativo dell'Energia deve essere la fonte di tali dati (la Migliore Prassi n.3 fornisce istruzioni e suggerimento su come realizzare un buon Sistema Informativo).

Qualora non sia stato ancora realizzato, le informazioni possono essere reperite da:

- fatture e contratti di acquisto dell'Energia;
- altre diverse fonti (quali, ad esempio, prove, collaudi, rottamazioni, autorizzazioni di attrezzature relative al processo, manuali d'uso e di manutenzione, etc.).

Per procedere alla realizzazione di un Sistema Informativo dell'Energia è necessario avviare la raccolta organizzata delle informazioni relative al sistema energetico di Impresa. In particolare vanno preliminarmente verificate tutta una serie di informazioni riportate - a titolo di esempio, non esaustivo - nei punti di seguito elencati:

1. la eventuale presenza di un Programma di Gestione dell'Energia;
2. la eventuale disponibilità di un sistema di raccolta dati, misure, registrazioni e analisi energetica (maggiori dettagli sull'argomento sono presenti nel capitolo delle Migliori Prassi n. 3);
3. il livello attuale di comprensione delle fatture energetiche e consapevolezza dei costi;
4. le attrezzature ed i processi maggiormente energivori;
5. l'impatto della normativa e della fiscalità sulle questioni energetiche;
6. i dati relativi al consumo di Energia attuali e degli ultimi (tre) anni;
7. i dati di produzione attuali e degli ultimi (tre) anni;
8. i flussi energetici in entrata (elettricità, carburante) su base mensile;
9. flussi mensili di energia provenienti da conversioni sul posto (vapore, acqua calda, etc.);
10. consumi di Energia dei principali processi ed attrezzature su base mensile;
11. consumi di Energia da picchi di carico;
12. dati mensili di produzione, ore di funzionamento dell'impianto, dati di processo;
13. dati di produzione e ore di funzionamento delle principali attrezzature (compressori, refrigeranti e torri di raffreddamento, etc.);
14. altri fattori che influenzano il consumo di Energia (ad esempio dati climatici).

Alcuni contenuti informativi delle rilevazioni di cui sopra dovrebbero essere già stati resi disponibili a seguito della raccolta avvenuta durante la prima fase; in questo caso, si dovrà soltanto verificare che non vi siano parti deficitarie nella disponibilità dei dati.

## b) Definizione degli Indicatori di Prestazione o *Performance Energetica*

Il monitoraggio e la contabilizzazione dei valori assoluti non rivestono particolare interesse nella Gestione dell'Energia. L'Energia consumata infatti deve essere correlata ai fattori che ne condizionano l'uso in maniera importante. La seguente Tab. 1 mostra un esempio di correlazione fra il consumo specifico di Gas e i volumi di produzione.

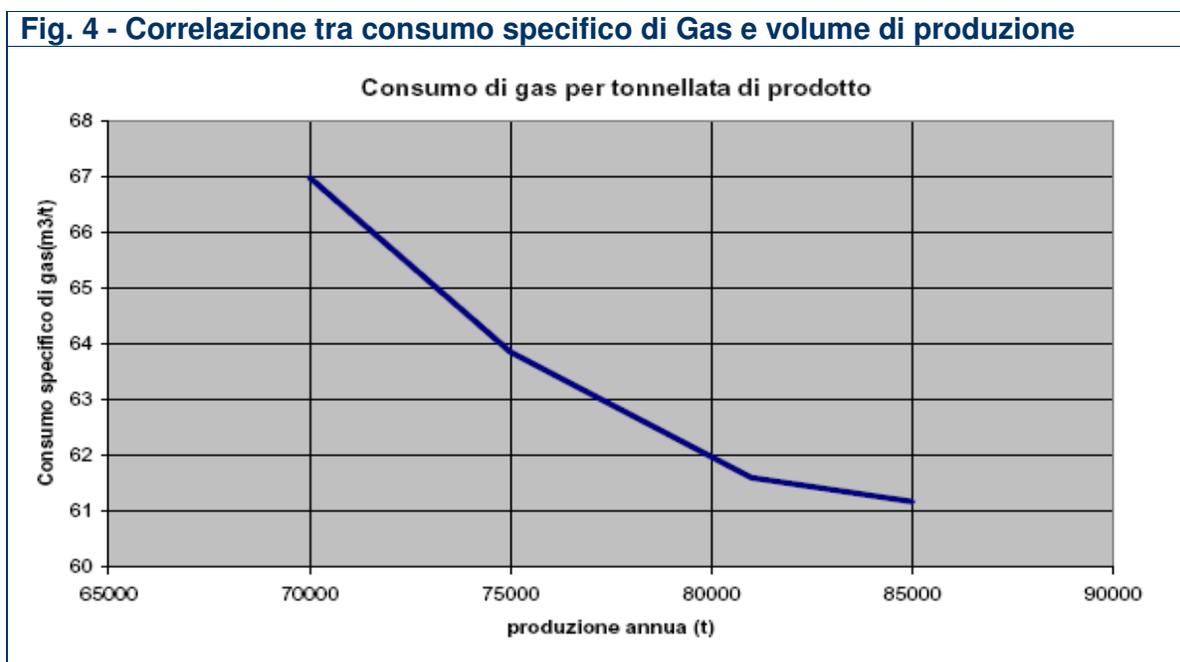
Anno		2005	2006	2007	2008
Consumo di gas	m <sup>3</sup> x1000/a	4990	4790	4690	5200
Volume di produzione	t/a	81000	75000	70000	85000
Consumo specifico di gas	m <sup>3</sup> /t prod	61,6	63,9	67,0	61,2

Nella tabella si è indicato inizialmente, a scopo esemplificativo, il Consumo annuo di gas (migliaia di metri cubi di gas/anno) di una tipica media Impresa Chimica, per un periodo di 4 anni, e per un costo energetico annuo che varia tra i 2 ed i 3 milioni di €.

Senza altre informazioni non sarebbe immediatamente evidente e chiaro quali fattori possano aver provocato le variazioni di consumo da un anno all'altro.

Qualora invece si indicino anche i volumi di produzione potremo ottenere l'indicatore "Consumo specifico di gas" nei vari anni di piano, correlando il consumo di gas alla produzione annuale realizzata (metri cubi di Gas/tonnellata prodotta). Tale indicatore di consumo specifico ci darebbe maggiori informazioni sull'andamento dell'Efficienza Energetica.

La seguente Fig. 4 mostra il consumo specifico di Gas in funzione dei volumi di produzione.



Un Programma di Gestione dell'Energia deve poter consentire di scoprire le ragioni di un tale cambio di efficienza e capire cosa si potrebbe fare per migliorarla.

Quindi oltre a monitorare il consumo di energia tal quale si dovrebbero ideare anche degli indicatori di *performance* che aiutino ad interpretare i fenomeni occorsi. Ciò andrebbe fatto in accordo con l'ampiezza e le priorità definite dal Programma di Gestione, con un appropriato monitoraggio dei risultati di Efficienza Energetica raggiunti. Ciò comporta la necessità di eseguire un'analisi dei fattori che influenzano il consumo di Energia e delle correlazioni che esistono tra le varie sezioni dell'Impianto.

Di seguito si propongono una serie di indicatori spesso utilizzati nella pratica:

- consumo specifico di Energia specifica per unità di prodotto, calcolato su base mensile, per l'intero Impianto;
- consumo specifico mensile per i punti di maggior consumo di Energia;
- parametri di carico ed eventuali indicazioni sui consumi di picco delle maggiori utenze energetiche;
- il consumo energetico destinato al riscaldamento, al condizionamento ed alla ventilazione degli edifici.

Andrebbero dunque sviluppati degli indicatori di *performance* per l'impiego quotidiano da parte degli Utenti del Programma di Gestione.

Ulteriori spiegazioni sono fornite nel capitolo Migliori Prassi n.2, che contiene alcuni esempi di indicatori di *performance* maggiormente impiegati nella prassi.

Specialmente in alcune aree del Paese le condizioni meteorologiche possono avere una grande influenza sul consumo di Energia, ciò che riguarda il riscaldamento e l'illuminazione. Pertanto si suggerisce di "normalizzare" i valori assunti dagli indicatori di *performance\_del consumo* in funzione delle condizioni atmosferiche che si sono verificate durante il periodo di analisi.

### **c) Analisi dell'andamento delle prestazioni**

Conoscendo l'andamento storico degli indicatori di *performance* dei consumi diventa possibile eseguire un'analisi approfondita dell'Efficienza Energetica degli stabilimenti di produzione. La prima volta che si svolge tale analisi, occorre definire l'anno di riferimento ed individuare i valori associati.

In genere vengono impiegati i dati rilevati nell'anno di avvio del Programma di Gestione dell'Energia. L'analisi del *trend* dei consumi e della produzione dovrebbe infine rendere evidenti dimensione, sostenibilità e ripetibilità dei risultati ottenuti, aiutando anche a fissare nuovi obiettivi realistici per il periodo successivo. Questi dati possono essere anche impiegati per stimare i fabbisogni energetici futuri dell'Impresa e quindi il *budget* di produzione.

## Fase 2: Definizione degli obiettivi di risparmio energetico

Innanzitutto è necessario definire gli obiettivi di risparmio energetico in maniera sistematica e coerente. Il punto di partenza devono essere informazioni attendibili (raccolte dati effettuate nella fase precedente) sulle modalità di impiego dell'Energia, sulle performance energetiche degli utilizzatori e sui relativi costi associati. Gli obiettivi devono essere misurabili, ambiziosi ma raggiungibili. Gli obiettivi devono essere realistici per non fare perdere credibilità al Programma.

Per definire obiettivi raggiungibili è necessario stimare l'entità del risparmio energetico che realisticamente si può e si vuole ottenere.

Successivamente si devono intraprendere le seguenti azioni:

- stimare il potenziale di miglioramento dell'Efficienza Energetica in differenti aree dell'Impianto;
- determinare quali miglioramenti sia possibile ottenere con gli impianti attuali;
- mettere insieme, sedute attorno ad uno stesso tavolo, le persone che lavorano nei diversi Dipartimenti di Produzione, Uffici e Reparti, per favorire lo scambio di idee ed identificare le modalità con cui conseguire gli obiettivi di risparmio energetico posti;
- verificare se il Sistema Informativo sia adatto a fornire le informazioni necessarie e le analisi richieste.

Nel pianificare il lavoro va tenuto conto della effettiva capacità di raggiungere gli obiettivi posti in sede di pianificazione.

Pertanto la valutazione dei fabbisogni finanziari necessari per gli investimenti associati agli interventi in teoria disponibili, rappresenta un momento di importanza strategica cruciale da tener ben presente durante il processo decisionale.

Con riferimento all'esborso finanziario associato alle azioni di intervento può risultare utile distinguere tra:

- a) Obiettivi della Diligente Manutenzione;
- b) Obiettivi di ritorno economico-finanziario degli investimenti;
- c) Obiettivi Strategici.

### a) Obiettivi di Diligente Manutenzione

In tale categoria rientrano le misure volte ad assicurarsi che l'utilizzo degli impianti e l'impiego di macchinari e attrezzature avvenga nel modo più efficiente possibile (manutenzione ordinaria).

Tra queste misure vanno incluse anche quelle relative ai miglioramenti conseguibili nelle procedure di acquisto dell'Energia e l'analisi delle fatture.

Le azioni basate sulla Diligente Manutenzione sono facili da adottare e costano poco o nulla. Pertanto, quando si avvia per la prima volta un Programma di Gestione dell'Energia, si raccomanda di cominciare da queste iniziative.

A titolo di esempio, operare secondo i principi di Diligente Manutenzione può far ottenere una riduzione di consumo dell'Energia pari al 5% riducendo le perdite di Vapore e condensa.

Nella Tab. 2 di cui alle pagine seguenti si riportano una serie di esempi di applicazione dei criteri di Diligente Manutenzione concentrati nelle aree seguenti:

- manutenzione generale dell'impianto;
- installazione dell'impianto;
- generazione di vapore e distribuzione;
- riscaldamento, ventilazione, aria condizionata e illuminazione;
- sistema di aria compressa;
- raffreddamento;
- motori elettrici.

È importante indicare quali siano le priorità da seguire nell'esecuzione della Diligente Manutenzione, invece di considerare tutti i temi in una sola volta.

Qui di seguito si danno, a titolo di esempio, i criteri sulla base dei quali si potrebbero assegnare le priorità e stilare così la lista delle azioni e degli interventi da condurre per primi:

- maggior risparmio conseguibile;
- velocità nell'esecuzione degli interventi, da realizzare in tempi brevi;
- minor disturbo al programma di produzione, per minimizzare il numero e la lunghezza delle fermate di Impianto.

Un elenco dei possibili interventi da realizzare nell'ambito della Diligente Manutenzione di macchinari, attrezzature ed impianti è riportato nella seguente Tab. 2.

<b>Tab. 2 - Diligente Manutenzione</b>	
<b>Area</b>	<b>Descrizione</b>
Generale	Viene eseguita regolare manutenzione sulle apparecchiature di processo, dell'energia e sulla strumentazione di servizio. Le procedure per la Manutenzione sono documentate in appositi manuali.
Processi	Le condizioni operative di processo e le impostazioni della strumentazione sono regolarmente controllate.
	Vengono verificate regolarmente le modalità di utilizzo dell'energia.
	I profili di carico sono controllati per verificare la possibilità di utilizzare una richiesta energetica più stabile.
	Sono state ottimizzate le operazioni a lotti sia per ciò che riguarda il fabbisogno, sia l'acquisto di energia; sono stati effettuati i controlli dei costi delle maggiori richieste addizionali di energia.
Vapore	Le caldaie vengono verificate e viene eseguita la manutenzione regolarmente, almeno annualmente. Deve essere messo in atto un sistema di manutenzione preventiva e tenga conto del tipo di bruciatore e di caldaie.
	La pressione del vapore è impostata al livello minimo accettabile per la distribuzione del vapore alle utenze. I picchi di fabbisogno di vapore (regolari o irregolari) sono stati analizzati attentamente e sono evitati, laddove possibile.
	Viene tracciata l'efficienza delle caldaie su base mensile
	Se è in funzione più di una caldaia in parallelo, viene effettuata una gestione dei carichi al fine di ottimizzare l'efficienza generale.
	Vengono minimizzate le perdite al camino della caldaia portando l'aria di combustione in eccesso al livello minimo richiesto (prendendo sufficienti margini di sicurezza per l'eccesso di O <sub>2</sub> nella canna fumaria della caldaia). Il sistema di sicurezza è conforme agli standard di sicurezza e viene testato regolarmente per permettere un controllo ottimale del minimo eccesso di aria di combustione.
	L'isolamento della caldaia, delle tubazioni e delle valvole (isolamento rimovibile) è in buone condizioni.
	Il trattamento chimico dell'acqua della caldaia e della condensa di ritorno è fissato ad uno standard tale da evitare corrosione ed incrostazioni, la quantità di spurgo di sicurezza della caldaia è calibrata sul minimo richiesto.
	La pressione del degasatore è impostata al livello minimo accettabile per la rimozione di gas non condensabili derivati dall'acqua di alimentazione della caldaia. Il funzionamento del degasatore è controllato regolarmente.
	Il sistema di disidratazione ( <i>De-watering</i> ) del sistema di distribuzione del vapore è installato correttamente e le valvole del vapore sono verificate regolarmente.
	Vengono effettuati controlli sulle perdite di vapore e le perdite sono riparate.
	Vengono eseguite regolari ispezioni e riparazioni sull'isolamento delle tubazioni.
	Le superfici degli scambiatori di calore sono controllate regolarmente per evitare la formazione di incrostazioni e sporcizia, pertanto vengono pulite se necessario.
	Aria Compressa (continua)
Si evita un utilizzo non necessario dell'aria compressa, e si introduce una lista di riscontro per le utenze.	
Vengono sostituiti i dispositivi per l'aria obsoleti (quali ugelli a spruzzo).	
La pressione nel sistema è tenuta ad un livello minimo accettabile, tenendo conto del tipo di fabbisogno e del volume dei recipienti di stoccaggio.	
Viene verificato l'incremento di piccole utenze che richiedono un'alta pressione così che la pressione del sistema possa essere ridotta.	

<b>Tab. 2 - Diligente Manutenzione.....(segue)</b>	
<b>Area</b>	<b>Descrizione</b>
Aria Compressa (continua)	Vengono misurati il volume e la pressione dell'aria.
	L'utilizzo energetico dei compressori ad aria è misurato e messo in relazione con il volume d'aria prodotto.
	Si verifica la gestione ottimale dei carichi con compressori multipli in funzione.
	Si verifica l'utilizzo dell'energia per il raffreddamento dei compressori
	Vengono eseguite regolari manutenzioni della strumentazione ad aria compressa e sostituiti i filtri.
Refrigerazione	Le unità di refrigerazione operano ad una corretta temperatura impostata.
	Sono regolarmente controllate eventuali perdite nel sistema di refrigerazione ed esse vengono riparate.
	Viene eseguita una manutenzione annuale sulle unità di refrigerazione.
	Gli evaporatori sono sbrinati regolarmente.
	I condensatori sono tenuti puliti.
Riscaldamento, condizionamento (HVAC) ed illuminazione	L'isolamento delle tubazioni è mantenuto in buone condizioni.
	Gli scambiatori sono ispezionati e soggetti a manutenzione periodicamente (almeno annualmente).
	Viene eseguita regolare manutenzione sulle apparecchiature. Ad esempio, ventilatori e condutture dell'aria sono puliti i filtri sostituiti periodicamente.
	Gli evaporatori ed i condensatori delle unità di condizionamento sono tenuti puliti e soggetti ad una buona manutenzione.
	Valvole termostatiche sono state installate sui radiatori, laddove appropriato
	Sono stati stabiliti i requisiti minimi di riscaldamento per le singole aree degli edifici e i termostati di sala sono impostati correttamente per il controllo del clima (riscaldamento, raffrescamento, umidificazione).
	Le unità di condizionamento sono impostate su parametri corretti di operatività, ad esempio, è escluso il funzionamento contemporaneo di riscaldamento e condizionamento.
	Sono state prese in esame le misure di conservazione dell'Energia, quali l'isolamento e la protezione dalla luce naturale proveniente dall'esterno.
	Gli elementi di riscaldamento non necessario vengono spenti.
	Le finestre rotte vengono riparate.
	Vengono spente le luci quando non sono necessarie.
	Vengono utilizzati degli interruttori a rilevamento di presenza per l'accensione e lo spegnimento delle luci.
	Sono state sostituite le lampadine al tungsteno con lampadine compatte fluorescenti più efficienti, laddove adeguato.
	Si valuta l'impiego di illuminazione fluorescente ad alta frequenza ove appropriato.
	L'illuminazione esterna è limitata alle ore di buio.
L'illuminazione esterna delle aree non frequentate è tenuta al minimo; dove appropriato sono utilizzati degli interruttori a rilevamento di presenza su tale luci.	
Si è considerata la suddivisione di aree di illuminazione per l'installazione di interruttori individuali.	
Motori ed azionamenti	Ventilatori, pompe, etc., vengono spenti qualora non necessari.
	Si è considerata l'applicazione di interruttori d'avvio per la strumentazione che viene accesa e spenta di frequente, per evitare picchi di fabbisogno non necessari.
	Si è considerata l'installazione di motori elettrici ad alta efficienza.
	Si è considerato il controllo della frequenza sui motori elettrici per risparmiare energia in operazioni a carico parziale.

Ulteriori e dettagliate informazioni su ciascuno di questi argomenti sono presenti e disponibili nei capitoli successivi.

## b) Obiettivi di Ritorno Economico (*pay back*)

Questi obiettivi richiedono che l'investimento associato ad un particolare intervento oneroso (a titolo di esempio, modifiche del processo nell'impianto, acquisto di nuovi macchinari, attrezzature, apparecchiature, etc.) assicuri all'investitore (l'Impresa) un adeguato e accettabile ritorno economico.

Per far ciò si richiede la definizione di una normale procedura di valutazione degli investimenti. Il criterio economico-finanziario che viene utilizzato nella prassi per rendere omogenei e confrontabili e quindi valutare e ordinare gli investimenti è il superamento di una soglia minima di Tasso Interno di Rendimento (TIR) o *Internal Rate of Return* (IRR) dell'investimento. Generalmente, le aziende utilizzano un IRR del 15% o più per gli investimenti in campo energetico. Questo equivale a completare l'ammortamento del bene in cui si è investito in un periodo inferiore ai 4 anni, e che comunque può variare da Impresa ad Impresa.

Ovviamente, per essere approvate, le misure di intervento richiedono innanzitutto che la redditività attesa dell'investimento associato superi la soglia minima attesa, e soprattutto che vi siano risorse finanziarie disponibili per l'intervento, in quanto tali interventi competono con le proposte (eventualmente valutate positivamente) dei vari reparti (produttivi, commerciali, logistici, etc.). In pratica, non è infrequente che l'Impresa abbia un vincolo alla disponibilità interna di risorse finanziarie che determini delle restrizioni all'investimento, anche per gli interventi giudicati fattibili e finanziariamente interessanti (IRR atteso sopra la soglia minima).

A titolo di esempio, altri interventi che si potrebbero eseguire sono l'installazione di:

- Economizzatori per il miglioramento dell' Efficienza Energetica delle Caldaie;
- Motori ad alta Efficienza Energetica in apparecchiature critiche.

Queste misure sono generalmente implementate per raggiungere ulteriori obiettivi di risparmio energetico dopo aver eseguito le misure *no-cost* di Diligente Manutenzione dell'Impianto e che sia stato raggiunto il corrispondente obiettivo di risparmio energetico.

## c) Obiettivi Strategici

Tali obiettivi implicano investimenti strategici sull'uso dell'Energia da parte dell'Impresa che sono legati, ad esempio, a questioni di licenze operative (cambio di combustibile, rinnovo della strumentazione di processo, sostituzione delle caldaie a causa delle norme sulle emissioni, etc.) oppure a causa di cambiamenti sostanziali nel consumo energetico dell'Impianto. Gli Obiettivi Strategici, inoltre, hanno un ruolo importante nelle decisioni per gli investimenti in nuovi processi e in nuove attrezzature di processo. Queste misure, che in genere richiedono investimenti significativi, potrebbero anche non soddisfare la soglia minima di ritorno atteso dell'investimento; nonostante ciò è possibile che debbano essere implementate comunque per motivazioni di ordine diverso (gestione strategica dell'approvvigionamento combustibili, previsioni normative, etc.).

Questa categoria potrebbe includere:

- miglioramento dell'Efficienza Energetica generale attraverso l'installazione di un sistema di ritorno della condensa all'impianto;
- produzione congiunta di Energia Elettrica e Termica.

L'elenco degli interventi, ordinati in funzione dei relativi costi di investimento, aiuta a valutare e determinare gli obiettivi che si vuole conseguire. Ricordate di analizzare ed eventualmente aggiornare periodicamente gli obiettivi (vedere più avanti la Fase 5).

### Fase 3: Sviluppo del Piano di Azione

Una volta definiti gli obiettivi, il passo successivo è quello di pianificare le azioni concrete necessarie per raggiungerli. Pertanto, per ciascuno di questi obiettivi deve definirsi una lista delle azioni programmate e necessarie per il suo raggiungimento. Si procede quindi documentando queste azioni in un Piano formalizzato, il cui aggiornamento *on-progress* consentirà a posteriori il monitoraggio dell'avanzamento delle attività e la verifica dell'effettivo avvicinamento all'obiettivo.

L'*Energy Manager* deve coordinare la programmazione di tali attività, organizzando incontri e scambi di opinioni ed esperienze per decidere quali azioni ed interventi siano da intraprendere o quantomeno proporre per l'implementazione alla Direzione. Le informazioni contenute in questo Manuale, in quanto presentate come *Best Practices*, dovrebbero consentire all'utente di verificare l'esistenza di opportunità di miglioramento energetico degli Impianti di interesse. Considerata la velocità con cui vengono introdotte sul mercato le innovazioni, anche con riferimento alle apparecchiature e gli assets energetici, si consiglia di approfondire di volta in volta gli argomenti tecnici qui presentati a livello introduttivo verificando le informazioni tecniche disponibili con riferimento alle cosiddette *Best Available Technologies* (BAT)<sup>3</sup>, a titolo di riferimento e comparazione.

Il Piano di Azione dovrebbe contenere le seguenti informazioni:

- gli obiettivi generali di performance energetica da raggiungere;
- l'attuale consumo energetico;
- i valori di riferimento degli indicatori di prestazione;
- una lista di tutte le azioni programmate e delle attività che sono state decise per soddisfare il Piano di Azione, con l'indicazione dei ruoli e delle responsabilità per la sua realizzazione;
- una breve descrizione di ogni azione di miglioramento, con i relativi budget e tempi per l'implementazione;
- le azioni programmate per migliorare le condizioni di approvvigionamento per l'Energia (costo di acquisto, termini, etc.);
- le azioni che sono in programma per la formazione del personale;

---

<sup>3</sup> I documenti di riferimento sulle *Best Available Technologies* (BREF), pubblicati dall'European IPPC Bureau (*Joint Research Centre* della Commissione Europea), sono disponibili sul sito: <http://eippcb.jrc.es/reference/>

- gli studi e le ricerche programmati riguardanti ulteriori misure tecniche e tecnologiche nelle varie sezioni dell'impianto.

Il Piano di Azione dovrebbe essere approvato dalla Direzione ed aggiornato periodicamente. Di consueto si farà un aggiornamento all'anno; in ogni caso, nel periodo di avviamento del Programma di Gestione dell'Energia, si potrebbero prevedere aggiornamenti più frequenti.

#### **Fase 4: Implementazione del Piano di Azione**

Una volta approvato il Piano di Azione è possibile cominciare a lavorare sui vari progetti e sulle azioni individuate. L'*Energy Manager* controlla e monitora periodicamente lo stato di esecuzione di tutte le attività pianificate, per cui elabora un rapporto di avanzamento. Inoltre coordina le seguenti attività di:

- sostegno all'adozione e diffusione delle Migliori Prassi e aumento della consapevolezza dell'intera organizzazione, mediante il coinvolgimento e la sensibilizzazione degli operatori e promuovendo la diffusione delle informazioni al suo interno;
- formazione delle persone chiave nell'organizzazione;
- rilevamento periodico delle informazioni relative alla *performance* energetica di macchinari, attrezzature e processi utilizzati di frequente;
- monitoraggio periodico (cadenza mensile) dell'avanzamento del Piano di Azione;
- rilevazione periodica dei dati energetici e dei relativi Indici di Prestazione Energetica;
- supporto alla definizione di una politica d'acquisto ottimizzata per l'approvvigionamento energetico.

#### **Fase 5: Monitoraggio e controllo dei risultati**

Mentre il Piano di Azione è in corso di svolgimento, si deve provvedere a monitorarne e valutarne l'avanzamento con cadenza periodica. A regime l'avanzamento dovrà essere verificato almeno una volta all'anno, ma nelle prime fasi del Programma è consigliabile fare il punto sulla situazione anche più spesso.

La fase di Monitoraggio e Valutazione comprende le seguenti attività:

- analisi periodica delle effettive modalità di utilizzo dell'Energia nell'Impresa, eseguendo - ad esempio - ispezioni di verifica in impianto,
- valutazione dei risultati delle azioni individuate ed implementate per il miglioramento dell'Efficienza Energetica e del corretto svolgimento del Piano di Azione;
- revisione formale dell'avanzamento, da condurre periodicamente (ad esempio una volta l'anno), con l'analisi critica dei risultati ottenuti e con riferimento agli obiettivi posti ad inizio piano.

La verifica periodica dell'effettivo consumo dell'Energia si concentra sulle operazioni quotidiane e sulla Diligente Manutenzione. Questo controllo consente anche di individuare velocemente eventuali problemi di deterioramento delle prestazioni energetiche di singoli macchinari (di processo), fornendo preziose informazioni a supporto delle operazioni quotidiane svolte dagli operatori di processo.

Tale verifica serve anche a monitorare il grado di raggiungimento degli obiettivi della Diligente Manutenzione. L'*Energy Manager* assicura l'esecuzione periodica di verifiche di ispezione sugli impianti, per accertarsi di persona e verificare lo stato di uso e conservazione dell'Energia. Nella GAD troverete una lista di riscontro (*check-list*) che potrà essere impiegata per l'organizzazione di questa attività.

L'avanzamento del Piano di Azione deve essere monitorato con regolarità, ad esempio una volta al mese. La revisione del Piano di Azione si articola nelle seguenti attività:

- valutazione dell'efficacia del Piano di Azione e approfondimento per capire cosa abbia funzionato bene e cosa no;
- documentare le Migliori Prassi identificate e proposte per l'intervento di miglioramento energetico, al fine della condivisione all'interno dell'Impresa;
- identificare le azioni correttive necessarie;
- avere dei riscontri con il personale chiave coinvolto nelle singole operazioni.

La revisione formale delle prestazioni energetiche conseguite inizia con l'analisi dei dati energetici e delle misure rilevate. In seguito, nella Migliore Prassi n.2, troverete indicazioni e suggerimenti su come sviluppare ed eseguire tale analisi. Obiettivo di tale attività è lo studio:

- delle tendenze relative ai dati mensili di consumo e acquisto dell'Energia;
- delle tendenze dell'andamento degli Indicatori di Prestazione Energetica;
- delle ragioni dell'utilizzo e di prestazioni variabili dell'Energia;
- evidenza dei risultati raggiunti in relazione agli obiettivi;
- verifica delle bollette dell'Energia acquistata.

L'*Energy Manager* dovrà redigere una relazione sull'andamento del progetto contenente tutte le informazioni rilevanti derivate dalla valutazione annua. La relazione servirà a:

- prendere delle decisioni su progetti futuri in ambito energetico;
- porre le basi per nuovi obiettivi;
- aggiornare il Piano d'Azione;
- proporre suggerimenti per il miglioramento del Sistema di Gestione dell'Energia.

## Fase 6: Valutazione e comunicazione dei risultati ottenuti

Oltre alla fase di implementazione delle azioni, al monitoraggio dell'avanzamento ed alla valutazione dei risultati ottenuti, va data la giusta importanza ed un'ampia visibilità anche al riconoscimento dei meriti per il raggiungimento degli obiettivi posti ad inizio piano con l'avvio del Sistema di Gestione dell'Energia. Poco importa che questo riconoscimento venga conferito all'individuo, alla squadra o alla Direzione.

Con l'introduzione del Sistema di Gestione dell'Energia l'Impresa potrebbe ritenere utile veicolare al mondo esterno le informazioni sui risultati ottenuti e obiettivi raggiunti, dando visibilità al progetto e utilizzandolo quale leva di *marketing*.

Una volta che il Programma di Gestione dell'Energia abbia raggiunto un livello di notevole complessità potrebbe valutarsi il caso di ricercare un riconoscimento di terze parti qualificate.

## Fase 7: Ri-verifica del Sistema di Gestione dell'Energia

Una volta all'anno l'*Energy Manager*, insieme al gruppo per l'energia dovrebbe ri-verificare il programma di gestione dell'energia. Questa ri-verifica costituisce una revisione ed un aggiustamento della politica energetica e dei relativi obiettivi, una revisione delle procedure di gestione dell'energia, il ri-esame degli strumenti utilizzati ivi compresa la struttura del *reporting*, e, da ultimo, la riconferma dell'impegno della Direzione per un nuovo giro di iniziative intese ad ottenere un'ulteriore fase di risparmio energetico.

## Ulteriori informazioni

Nella seguente Tab. 3 si riporta a titolo esemplificativo il testo impiegato per l'introduzione di un Programma di Gestione dell'Energia adottato da una delle Imprese partecipanti al Progetto CARE+, per il quale questa si è dotata di una struttura organizzativa adeguata ad affrontare il Piano di Azione a Lungo Termine per l'Efficienza Energetica.

**Tab. 3 - Elementi di un Programma di Gestione dell'Energia (esempio)**

### Programma di Gestione dell'Energia

#### **1. Obiettivo principale e ampiezza del Programma:**

- Obiettivo: risparmio energetico dei prossimi tre anni non inferiore al 6%
- Ampiezza: tutti i tipi di energia impiegata e tutti gli Utilizzatori

#### **2. Struttura organizzativa del Sistema di Gestione dell'Energia:**

- Definizione ruolo e compiti dell'Energy Manager
- Definizione ruolo e compiti dei soggetti identificati dal Sistema di Gestione

#### **3. Piano di Azione:**

- Risparmio energetico nel 2010: 1,5%
- Risparmio energetico nel 2011: 2,0%
- Risparmio energetico nel 2012: 2,5%

## Tasso Interno di Rendimento dell'Investimento (TIR, o *Internal Rate of Return*)

Nella GAD si è suggerito l'impiego, quale metodo per comparare gli interventi identificati in funzione della loro appetibilità economico e finanziaria, del *pay-back period*. Tuttavia la stima del Tasso Interno di Rendimento dell'Investimento (TIR) è una metodologia maggiormente apprezzata in ambiente finanziario in quanto tiene conto del valore intertemporale dei flussi di cassa in entrata ed uscita (tasso di interesse). Questo indice rappresenta pertanto un criterio più preciso per ordinare i progetti di investimento in funzione della redditività attesa degli stessi.

In termini generali la preferenza dell'investitore va accordata - *ceteribus paribus*, ovvero a parità di altre condizioni e quindi senza entrare nel merito del diverso profilo di rischio di ciascun investimento - al progetto che mostri il TIR più elevato. In sostanza, l'investitore impiega tale parametro per ordinare le diverse opportunità di investimento e assegnare così la propria preferenza. In pratica, si stimano nel tempo i flussi di cassa (*cash flow*) attesi in uscita (incluso l'investimento iniziale) ed entrata e associati ad un certo intervento. Nella seguente Tab. 4 si propone a titolo di esempio l'attualizzazione di una serie di flussi di cassa, per la misurazione del Tasso Interno di Rendimento (TIR) ad essi associato.

Tab. 4 - Attualizzazione dei flussi di cassa (esempio)								
	Anno 1	Anno 2	Anno 3	Anno 4	Anno 5	Anno 6	Anno 7	Anno 8
Investimento Iniziale	-3.000							
Risparmio	650	650	650	650	650	650	650	650
<b>Total Cash flow</b>	<b>-2.350</b>	<b>550</b>						

**Il Tasso Interno di Rendimento (TIR) dei flussi di cassa su indicati è pari al 14,1%.**

La formula da impiegare per il calcolo del TIR è la seguente: data una serie temporale di flussi di cassa associata agli interventi sviluppati (periodo, *cash flow*) ( $n, C_n$ ), dove  $n$  è un numero intero positivo,  $N$  il numero totale dei periodi, il Tasso Interno di Rendimento (TIR, o *IRR – Internal Rate of Return*) è quel tasso  $r$  che rende equivalenti temporalmente il Valore Attuale Netto (VAN, o *Net Present Value - NPV*) dei flussi di cassa futuri e la loro somma nominale:

$$NPV = \sum_{n=0}^N \frac{C_n}{(1+r)^n} = 0$$

I fogli di lavoro del software *Excel* di Microsoft offrono una funzione di semplice utilizzo per il calcolo del ritorno economico-finanziario di un investimento.

È sufficiente inserire i dati nella sequenza prevista e attivare la funzione **TIR.COST.** tra le **Funzioni** disponibili in Excel (vedi menù principale all'interno della funzione **Inserisci**).

## **Bibliografia**

1. *Energy Management Fact Sheet*, Pubblicazione “Carbon Trust” GIL136.  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
2. *Practical Energy Management*, Pubblicazione “Carbon Trust” CTV023.  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
3. *Guideline for Energy Management*, Pubblicazione EPA EnergyStar.  
[www.energystar.gov/index](http://www.energystar.gov/index)
4. *Step by step guidance for the implementation of Energy Management*, Manuale “Bess Project”.  
[www.bess-project.info](http://www.bess-project.info)
5. *The European standard EN 16001.2009 – Energy Management Systems – requisiti e linee guida per l’implementazione*.  
<http://www.cen.eu>
6. *Reference documents on Best Available Technologies (BREF)*, pubblicati dall’European IPPC Bureau (Joint Research Centre della Commissione Europea).  
<http://eippcb.jrc.es/reference/>

## **Migliore Prassi 2: Analizzare e contabilizzare il consumo di Energia**

Per gestire in maniera efficace i consumi energetici è essenziale capire bene dove, come, quando, quanto e perché viene utilizzata l'Energia. Come descritto dalla GAD, questo livello di comprensione va sviluppato attraverso l'analisi della modalità di impiego dell'Energia e delle fatture associate alla relativa spesa. La stessa procedura va svolta a consuntivo per l'analisi di quanto e come si sia risparmiato in bolletta a seguito della realizzazione di eventuali azioni di miglioramento energetico.

Per analizzare i dati di consumo dell'Energia e comprendere i fenomeni che stanno dietro alle informazioni raccolte bisogna realizzare un adeguato Sistema Informativo di contabilità energetica. Questo capitolo è dedicato a definire e proporre per l'uso una struttura ottimale ed efficace per la raccolta e l'archiviazione delle informazioni.

Nel corso dello svolgimento dell'analisi energetica non bisogna limitarsi a guardare il consumo effettivo verificatosi a consuntivo, ma bisogna anche tener conto della probabilità che si verifichino particolari condizioni o dell'esistenza di fattori critici in grado di influenzare la quantità e la qualità del consumo energetico dell'Impresa (per individuare, ad esempio, eventi o variabili operative che determinano il raggiungimento di picchi di consumo non desiderabili, etc.). La Migliore Prassi n. 8 illustra una serie di strumenti potenzialmente utili per condurre efficacemente tale analisi.

### ***Quali informazioni devono essere rese disponibili?***

I dati energetici "minimi" che debbono essere rilevati e registrati da un Sistema Informativo, per quanto snello lo si voglia configurare, sono:

- tutti i flussi energetici mensili, di qualsiasi tipo (consumi elettrici, combustibili, etc.). Il vostro fornitore potrebbe essere l'unica fonte di queste informazioni, o di parte di esse. Verificate col vostro fornitore in che misura possa assistervi nel rilevamento dei dati necessari;
- la fattura mensile associata ai consumi energetici;
- i dati quantitativi mensili relativi alla conversione di Energia (autoproduzione di elettricità, valore, acqua calda);
- il consumo mensile di Energia dei processi e degli impianti principali;
- le informazioni di dettaglio corrispondenti ai picchi di consumo e ai carichi di punta in un dato intervallo di tempo. Qualora si voglia analizzare il consumo energetico occorso al verificarsi di un picco di carico, il consumo deve essere rilevato ad intervalli di tempo brevi e regolari (ad esempio, con letture

sistematiche dell'energia elettrica da effettuarsi ogni mezz'ora). Verificate con il vostro fornitore se siano in grado di estrarre questi dati di dettaglio mediante la lettura dei contatori. Qualora ciò non fosse possibile dovrete utilizzare dei contatori portatili e registrare manualmente i dati di carico dei picchi (vedere Migliore Prassi n. 3);

- con riferimento all'operatività dell'Impresa, i dati di produzione su base mensile, le ore di funzionamento dei processi principali e degli impianti di processo nonché le attrezzature accessorie come i Compressori di Aria, le Torri di Raffreddamento e le Unità Refrigeranti. Inoltre, vanno raccolti tutti i dati relativi agli altri parametri che influiscono sull'uso dell'Energia, come la temperatura degli ambienti, etc.

### ***Capire quali dati riporta la fattura dell'Energia***

La fattura energetica o il contratto, in particolare per ciò che riguarda l'Energia Elettrica ed il Gas, contengono informazioni importanti per l'analisi dei consumi energetici.

Ad esempio il Gas Naturale è misurato attraverso il volume che passa dal contatore, e per calcolare la quantità corrispondente di Energia bisogna conoscere la qualità del Gas. Questo dato viene fornito dal produttore del Gas. Soprattutto per ciò che riguarda il Gas Naturale, fate attenzione alla differenza che corre tra Potere Calorifico Superiore e Inferiore (ulteriori informazioni nel paragrafo successivo). La differenza è del 10% circa. Verificate che questo dato sia specificato sulla fattura oppure chiedetelo al fornitore. Lo stesso principio vale per altri tipi di combustibile come Petrolio o Carbone.

Controllate quale sia l'intervallo temporale utilizzato nella fatturazione (giorno, mese o trimestre). Inoltre la fattura deve specificare la quantità massima oraria prelevata nel mese di riferimento. Questa informazione è utile per ottimizzare la domanda di picco ed i costi collegati alla capacità. Qualora il Sistema Informativo sia in grado di ricevere i dati di consumo *on-line*, chiedete al vostro fornitore di inviare le relative letture dei contatori.

La quantità di Elettricità si misura in kilowattora (kWh). La fattura normalmente riporta la domanda di picco nel mese di riferimento e la potenza reattiva (riferita al fattore di potenza) che voi avete prelevato. È importante capire la differenza tra kW, kVA, kVAr.

Cercate di rendervi conto del sistema tariffario usato dal fornitore e verificate che sia corretto. Verificate col vostro fornitore gli intervalli di tempo che intercorrono fra le letture. Se possibile le letture andrebbero effettuate ogni mezz'ora.

Discutete col fornitore se è in grado di comunicarvi queste letture, dato che vi consentirebbero di analizzare la vostra domanda di carichi di picco. Verificate le quantità di gas naturale e di elettricità e se il consumo si è mantenuto entro i limiti contrattuali per evitare l'applicazione di penali.

## Potere Calorifico Superiore (PCS) e Potere Calorifero Inferiore (PCI)

Il contenuto di Energia dei Combustibili può essere espresso in Potere Calorifico Superiore (in inglese *Higher Heating Value*, o HHV) o Inferiore (*Lower Heating Value*, o LHV). La differenza è costituita dal Calore di condensazione dell'Acqua che si forma durante la combustione. Normalmente l'Energia contenuta nei combustibili è espressa come PCI. La differenza per il Gas Naturale è circa il 10%. In aggiunta, i prezzi di mercato sono dati in €/MWh PCS, mentre la lettura del contatore è espressa in Nm<sup>3</sup> (Normal metri cubi). Sugeriamo di fare tutti i calcoli relativi all'Energia sulla base del PCI. La seguente Tab. 5 fornisce i fattori di conversione per il Gas Naturale.

	Da HHV	A LHV
	1 MWh	0.9 MWh
		3.24 GJ
	1 GJ	0.9 GJ

**Nota Bene:** per il Gas Naturale l'HHV è maggiore del 10 % circa rispetto al LHV. Il calore è normalmente espresso in MWh o GJ basati sul LHV (1 MWh = 3.6 GJ). Il Vapore può essere espresso in tonnellate o in contenuto di calore (MWh o GJ). Se è espresso in tonnellate, devono essere note anche Pressione e Temperatura per poter calcolare il calore contenuto.

## Contabilità dell'Energia

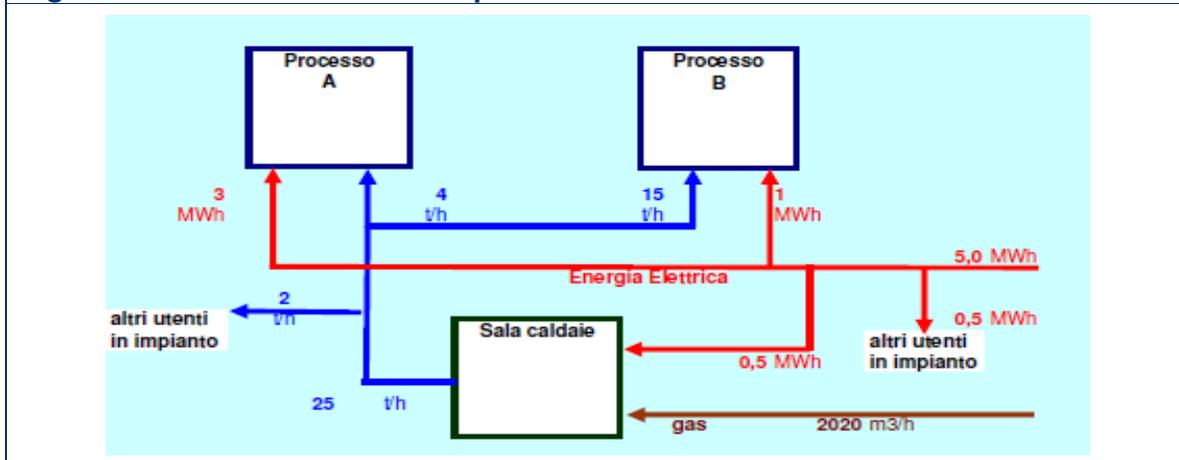
Nel creare il vostro sistema di contabilità, dovete selezionare le unità di misura appropriate con cui esprimere l'energia.

Raccomandiamo di usare le unità del Sistema Internazionale, cioè il Joule per l'Energia (trovate maggiori informazioni sul Sistema Internazionale nelle Miglior Prassi n. 9). Quale base dati per le vostre analisi dovrete misurare i consumi mensili di Energia.

Tali dati devono riportare gli acquisti, nonché le modalità di conversione e gli impieghi finali. Questo vi permetterà di identificare i maggiori punti di consumo ed i relativa *trend*.

Nei fogli di lavoro del *file Excel* che accompagnano la GAD troverete una proposta di modelli per contabilizzare l'Energia.

Nella Fig. 5 a pag. 34 si dà uno di schema di flusso semplificato relativo all'impianto energetico di una Impresa di medie dimensioni, per l'analisi contabile dell'Energia. Sulla base dei dati mensili e delle ore di utilizzo è possibile calcolare i flussi orari. Qualora non sia possibile determinare i flussi orari, si possono comunque utilizzare i dati mensili.

**Fig. 5 - Schema di flusso dell'Impianto**


A titolo illustrativo di un sistema di contabilità energetica, nelle seguenti Tab. 6 e Tab. 7 si riportano i dati economico-finanziari e quantitativi di acquisto mensile dell'Energia relativi ad una singola Utente (i dati non si riferiscono alla Fig. 5 di cui sopra).

**Tab. 6 - Dati economici mensili**

Mese	Produzione totale	Costi dell'energia	Costi totali di produzione	Fatturato	Margine di Contribuzione	Redditività delle vendite	Costi dell'energia/costi totali	Costo unitario energetico di produzione
	Tonnellate	€	€	€	€		€	€/ tonnellata
Gennaio	27.000	236.912	1.160.000	1.000.000	- 160.000	-16,0%	20,4%	8,77
Febbraio	28.000	237.224	1.130.000	1.750.000	620.000	35,4%	21,0%	8,47
Marzo	28.000	236.424	1.140.000	1.500.000	360.000	24,0%	20,7%	8,44
Aprile	28.000	248.102	1.190.000	1.500.000	310.000	20,7%	20,8%	8,86
Maggio	27.000	247.900	1.090.000	1.000.000	- 90.000	-9,0%	22,7%	9,18
Giugno	25.000	225.071	1.000.000	1.000.000	-	0,0%	22,5%	9,00
Luglio	12.000	128.255	750.000	900.000	150.000	16,7%	17,1%	10,69
Agosto	20.000	196.546	1.000.000	1.500.000	500.000	33,3%	19,7%	9,83
Settembre	25.000	222.016	1.100.000	2.000.000	900.000	45,0%	20,2%	8,88
Ottobre	26.000	222.576	1.050.000	1.500.000	450.000	30,0%	21,2%	8,56
Novembre	27.000	232.736	1.150.000	1.000.000	- 150.000	-15,0%	20,2%	8,62
Dicembre	20.000	194.645	900.000	750.000	- 150.000	-20,0%	21,6%	9,73
<b>TOTALE</b>	<b>293.000</b>	<b>1.665.407</b>	<b>12.660.000</b>	<b>15.400.000</b>	<b>2.740.000</b>	<b>17,8%</b>	<b>13,2%</b>	<b>5,68</b>

**Tab. 7 - Contabilità mensile degli Acquisti di Energia/Elettricità**

Mese	Quantità	Domanda di picco	Costo unitario	Totale altri addebiti	Costo Totale	Emissioni di CO2
	Tonnellate	MWe	€/ MWh	€	€	Tonnellate
Gennaio	402	0,94	42,00	1.500	18.384	251,99
Febbraio	410	0,94	42,00	1.500	18.720	257,01
Marzo	408	0,95	40,00	1.600	17.920	255,75
Aprile	399	0,90	48,00	1.400	20.552	250,11
Maggio	380	0,90	50,00	1.400	20.400	238,20
Giugno	382	0,90	45,00	1.400	18.590	239,46
Luglio	225	0,88	43,00	1.350	11.025	141,04
Agosto	350	0,89	48,00	1.350	18.150	219,40
Settembre	388	0,91	52,00	1.400	21.576	243,22
Ottobre	396	0,93	52,00	1.500	22.092	248,23
Novembre	410	0,94	53,00	1.500	23.230	257,01
Dicembre	325	0,95	56,00	1.600	19.800	203,73
<b>TOTALE</b>	<b>4.475</b>		<b>47,58</b>	<b>17.500</b>	<b>230.439</b>	<b>2.805</b>

Il passo successivo prevede di includere nel *report* tutta l'Energia impiegata, nelle sue diverse forme (quali ad esempio Calore o Acqua calda), debitamente convertite. La seguente Tab. 8 illustra la quantità di Energia convertita.

Mese	Vapore	Vapore calcolato	Entalpia	Calore	Quantità di combustibile		Efficienza caldaia	Costo totale vapore	Costo vapore per tonn.
	tonnellate	tonnellate	MJ	MWh	Nm3	MWh	%	€	€
Gennaio		3.577	9.178.333	2.549,54	300.000	3.109,19	82,00%	70.250	n.d.
Febbraio		2.981	7.648.611	2.124,61	250.000	2.590,99	82,00%	58.542	n.d.
Marzo		3.577	9.178.333	2.549,54	300.000	3.109,19	82,00%	70.250	n.d.
Aprile		2.981	7.648.611	2.124,61	250.000	2.590,99	82,00%	58.542	n.d.
Maggio		2.981	7.648.611	2.124,61	250.000	2.590,99	82,00%	58.542	n.d.
Giugno		2.981	7.648.611	2.124,61	250.000	2.590,99	82,00%	58.542	n.d.
Luglio		1.192	3.059.444	849,85	100.000	1.036,40	82,00%	23.417	n.d.
Agosto		2.385	6.118.889	1.699,69	200.000	2.072,79	82,00%	46.833	n.d.
Settembre		3.577	9.178.333	2.549,54	300.000	3.109,19	82,00%	70.250	n.d.
Ottobre		2.981	7.648.611	2.124,61	250.000	2.590,99	82,00%	58.542	n.d.
Novembre		2.981	7.648.611	2.124,61	250.000	2.590,99	82,00%	58.542	n.d.
Dicembre		2.981	7.648.611	2.124,61	250.000	2.590,99	82,00%	58.542	n.d.
<b>TOTALE</b>	<b>0</b>	<b>35.177</b>	<b>90.253.612</b>	<b>25.070.45</b>	<b>2.950.000</b>	<b>30.573.72</b>	<b>82,00%</b>	<b>690.792</b>	<b>n.d.</b>

In seguito si richiede di mettere insieme tutta l'Energia convertita, inclusa quella acquistata, insieme con i dati di produzione (vedi seguente Tab. 9). I fogli *Excel* elaborati nell'ambito del CARE+ vi accompagneranno nello svolgimento di questo compito.

Modulo Calcolo mensile dell'utilizzo dell'energia in impianto												
Anno		2009										
Mese		Febb.										
Produzione:		Unità										
Prodotto A		15000 tonnellate										
Prodotto B		2000 tonnellate										
Condizioni Ambientali		Unità										
Gradi giorno		250										
Temp ambiente media		3°C										
	Quantità tot utilizzata	Unità	Unità 1		Unità 2		Unità 3		Unità 4		Bilancio	
			In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	In/Out	%
Produzione		ad es. tonnellate		15000		2000						
Energia Elettr.	2000	MWh el	500	0	600	0	200	0	500	0	200	10,0
Gas Naturale	1100	Nm <sup>3</sup> x 1000	0	0	380	0	720	0	0	0	0	0,0
	38270	GJ LHV	0	0	13566	0	25704	0	0	0	0	0,0
Olio Gas	0	litri	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
	0	GJ LHV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0,0
Vapore	14000	tonnellate	7000		5000			14000	1000		1000	7,1
	35000	GJ sec <sup>-1</sup>	17500		12500			35000	2500		2500	7,1
Ritorno di Condensa	8000	m <sup>3</sup>		6000		2000	8000			0	0	0,0
	3600	GJ sec <sup>-1</sup>		2700		900	3600			0	0	0,0

Le quantità di Energia vengono specificate nelle unità solitamente utilizzate (ad es. tonnellate, Nm<sup>3</sup>, etc.) e in GJ. In questa forma le quantità non possono essere sommate, in quanto si riferiscono a grandezze differenti. Allo scopo di rendere omogenei questi dati altrimenti non confrontabili, viene fatta una distinzione tra:

- Energia Primaria (tutti i combustibili) ed
- Energia Secondaria (cioè le differenti forme di Energia assorbite dalle utenze e provenienti dalla conversione dei combustibili). Per rendere confrontabili le due forme di Energia è necessario convertire tutte le varie forme di Energia Secondaria in Energia Primaria Equivalente (ulteriori dettagli nelle Miglior Prassi n.2).

L'ultimo passo suggerito in questo processo di analisi e contabilizzazione dei flussi energetici è costituito dalla elaborazione di una tavola di sintesi in cui vengono riassunti tipologia e quantità dei flussi energetici rilevanti e consumati, espressi in Energia Primaria Equivalente (vedere l'esempio illustrato nella seguente Tab. 10).

<b>Tab. 10 - Contabilizzazione dell'Energia Primaria</b>												
<b>Modulo</b> Utilizzo mensile in impianto di energia in equivalenti di energia primaria (Unità = GJ LHV)												
Anno	2009											
Mese	Febb											
<b>Produzione:</b>												
	Unità											
Prodotto A	15000											
Prodotto B	2000											
<b>Condizioni Ambientali</b>												
Gradi giorno	250											
Temp ambiente media	3 °C											
	<b>Totale Impianto</b>		<b>Q.tà tot. utilizzata</b>	<b>Unità 1</b>		<b>Unità 2</b>		<b>Unità 3</b>		<b>Unità 4</b>		<b>Note</b>
	In	Out		In	Out	In	Out	In	Out	In	Out	
Produzione (ad es. tonnellate)					15000		2000					
Energia Elettr.	18000		18000	4500	0	5400	0	1800	0	4500	0	1)
Gas Naturale	39270		39270	0	0	13566	0	25704	0	0	0	
Olio Gas	0		0	0		0		0		0		
Vapore			38889	19444		13889			38889	2778		2)
Ritorno di Condensa			4000		3000		1000	4000			0	2)
<b>Totale</b>	<b>57270</b>			<b>23944</b>	<b>3000</b>	<b>32855</b>	<b>1000</b>	<b>31504</b>	<b>38889</b>	<b>7278</b>	<b>0</b>	

### ***Come standardizzare le diverse forme di energia***

Come anticipato l'analisi energetica si trova a dover gestire dati relativi a differenti tipologie di Energia (elettricità, gas naturale, vapore, acqua calda, etc.), motivo per cui – come si è già detto – si è scelto di ricondurre tutti i flussi alle seguenti 2 categorie:

- Energia Primaria, ovvero i combustibili (impiegati ad esempio per la generazione di elettricità, calore o vapore, a seconda della tipologia di Utente a valle);
- Energia Secondaria, ovvero l'insieme delle varie forme energetiche consumate a valle dalle diverse Utente (come ad esempio l'elettricità, il calore o il vapore).

Queste forme di Energia non sono direttamente comparabili, e questo perché sono diverse la "qualità", il prezzo, etc. Per esempio, il costo dell'elettricità si aggira intorno ai 0,10 €/kWh, mentre il costo del vapore risulta essere minore (ca.0,02 €/kWh). La principale ragione di questa differenza è dovuta alla diversa quantità di Energia Primaria necessaria a produrre l'Energia Secondaria per cui si è operata la comparazione.

Nell'analisi energetica questa differenza dovrebbe essere contabilizzata convertendo le forme di Energia Secondaria, come l'elettricità ed il calore, in flussi di Energia Primaria equivalenti. Per far ciò si impiega un "fattore di conversione", ovvero la misura di efficienza energetica *standard* che riflette la *performance* energetica del processo di conversione comunemente impiegato per la generazione dell'Energia Secondaria.

Ad esempio, nel caso dell'Elettricità va impiegata l'efficienza media degli impianti di generazione dell'Elettricità, mentre nel caso del Vapore si impiega l'efficienza media delle Caldaie per la produzione di Vapore. Una volta che queste correzioni dei flussi di Energia sono state prese in considerazione, i flussi sono confrontabili ed omogenei, e possono essere quindi sommati per calcolare gli indicatori complessivi della *performance* energetica.

La Fig. 5 di pag. 34 mostra come si applica questo principio. Nell'esempio si fa l'ipotesi di un impianto alimentato da una caldaia centrale e due aree principali di processo. Lo schema di base mostra l'ingresso di quantità di Energia primaria e la distribuzione delle quantità di Energia secondaria utilizzata.

I flussi di Energia nella loro forma originaria sono indicati nella seguente Tab. 11.

Tab. 11 – Rilevazione flussi orari di Energia							
Energia	Unità di Misura	Acquisto	Sala Caldaie		Processo A	Processo B	Altri utenti
			in	out	in	in	
Gas	Nm <sup>3</sup> /h	2020	2020				
Elettricità	MWh	5,0	0,5		3	1	0,5
Vapore	tonnes/h			25	4	15	2

In queste unità le quantità di Energia non sono confrontabili ed il Vapore è ancora espresso in tonnellate/ora. Per calcolare il Calore contenuto nel Vapore Condensato e nel flusso di Acqua Calda, bisogna conoscere la Temperatura e la Pressione di questi flussi. Disponendo di queste informazioni si può trovare il valore dell'Entalpia (in quanto kJ/kg = MJ/tonnellata). Questi dati si trovano in letteratura (Proprietà dell'Acqua e del Vapore, Unità del Sistema Internazionale, Ernst Schmidt, Springer-Verlag). Conoscendo i valori dell'Entalpia il calore contenuto nel Vapore può essere calcolato in GJ (in questo esempio l'Entalpia di una tonnellata di Vapore è 2800 MJ). Anziché i GJ, per esprimere il calore contenuto si possono usare anche i MWh, a condizione di essere coerenti e di utilizzare tale unità di misura per esprimere il contenuto energetico degli altri vettori impiegati. La Tab. 12 di cui alla pag. 38 indica le quantità di Energia espresse in GJ (Primaria e Secondaria) riferita ai flussi di Energia oraria indicati nella tabella precedente.

**Tab. 12 - Flussi di Energia e loro conversione in unità di misura comuni**

Energia	Unità di Misura	Acquisto	Sala Caldaie		Processo A in	Processo B in	Altri utenti in
			in	out			
Gas	Nm <sup>3</sup> /h	2020	2020				
	GJ/h	72,1	72,1				
Elettricità	MWh	5	0,5		3,0	1,0	0,5
Vapore	GJ el/h	18,0	1,8		10,8	3,6	1,8
	tonnes/h			25	4	15	2
	GJ steam/h	0,0	73,9	70,0	11,2	42,0	5,6

Per il Gas Naturale il contenuto di Energia (espresso in MJ/Nm<sup>3</sup>) dipende dalla qualità del Gas. Chiedete al vostro fornitore una specifica regolare del contenuto di Calore del carburante. Nell'esempio riportato sopra, l'Entalpia del Vapore è pari a 2.800 MJ/tonnellata.

La seguente Tab. 13 indica invece le equivalenze tra le differenti forme di Energie e l'Energia Primaria, fornendo il rapporto di conversione tra la rispettiva unità di misura impiegata per quella forma e i GJ. Per i combustibili ovviamente i flussi energetici si misurano già con l'unità impiegata per l'Energia Primaria; la sola conversione necessaria riguarda il passaggio da Nm<sup>3</sup> a GJ. Inoltre l'Elettricità è convertita in Energia Primaria ed espressa in GJ, assumendo un'Efficienza del 40%. Il Vapore invece viene convertito in Energia Primaria ed espresso in GJ assumendo un tasso di Efficienza del 90% (vedi anche Tab. 14 a pag. 39).

**Tab. 13 - Flussi di Energia in unità primarie**

Energia	Unità di Misura	Acquisto	Sala Caldaie		Processo A in	Processo B in	Altri utenti in
			in	out			
Gas	GJprim/h	72,1	72,1				
Elettricità	GJprim/h	45,0	4,5		27,0	9,0	4,5
Vapore	GJprim/h			77,8	12,4	46,7	6,2
<b>Totale</b>	<b>GJprim/h</b>	<b>117,1</b>	<b>76,6</b>	<b>77,8</b>	<b>39,4</b>	<b>55,7</b>	<b>10,7</b>

Il risultato finale è che i flussi di Energia convertiti in Energia Primaria possono ora essere sommati ed utilizzati per l'analisi degli impieghi energetici. I fattori impiegati per la conversione dell'Energia Secondaria in Primaria sono riportati nella Tab. 14 di cui alla pag. 39.

**Tab. 14 - Fattori di Conversione**

Formula di calcolo per convertire l'en. elettrica ed il calore in energia primaria come GJ LHV			
	Dalla Forma Secondaria		In Forma Primaria
En. Elettrica 1)	<b>kWh el</b>		<b>MJ prim</b>
	1	x 9	9
Vapore 2)	<b>MJ vapore</b>		<b>MJ prim</b>
	1	x 1.1	1,1
Condensa 2)	<b>MJ cond</b>		<b>MJ prim</b>
	1	x 1.1	1,1
Acqua Calda	<b>MJ acqua calda</b>		<b>MJ prim</b>
	1	x 1.1	1,1

**Formula:**

1) Per l'energia elettrica viene utilizzato un'efficienza standard del 40 %:  
 $1 \text{ kWh el} = 3.6 \text{ MJ el} = 3.6/0.4 = 9 \text{ MJ energia primaria}$

2) Per Vapore, condensa e acqua calda viene utilizzata un'efficienza standard del 90 %:  
 $1 \text{ GJ vapore} = 1/0.9 = 1.1 \text{ GJ energia primaria}$

Questa conversione può essere facilmente effettuata con gli strumenti di analisi del Sistema Informativo. Per gli usi pratici si raccomanda di usare due fattori di conversione dell'efficienza:

- per l'Elettricità: 40%;
- per il Vapore: 90%.

### ***Fattori di conversione dell'Energia***

L'Energia si esprime in forme differenti, pertanto, in un Programma di Gestione dell'Energia, è auspicabile impiegare le Unità del Sistema Internazionale di misura:

- per la pressione il Bar è più facilmente utilizzabile del Pascal;
- per la temperatura si usa il grado Celsius invece del grado Kelvin.

Nelle seguente Tab. 15 si riportano le dimensioni comunemente impiegate del Joule quale Unità di Misura (per evitare di impiegare numeri troppo grandi con i quali sarebbe difficile lavorare si aggiunge un prefisso al 'J' per indicare l'ordine di grandezza relativo). Il livello minimo pratico è il KJ (= 1.000 J).

Tab. 15 - Fattori di Conversione Unitari		
Simboli	Prefisso	Dimensione
PJ	peta	10 <sup>15</sup> J 10 <sup>12</sup> kJ
TJ	tera	10 <sup>12</sup> J 10 <sup>9</sup> kJ
GJ	giga	10 <sup>9</sup> J 10 <sup>6</sup> kJ
MJ	mega	10 <sup>6</sup> J 10 <sup>3</sup> kJ
kJ	kilo	10 <sup>3</sup> J

La seguente Tab. 16 fornisce i Fattori di Conversione dell'Energia più diffusi.

Tab. 16 - Fattori di Conversione dell'Energia		
Da	A	Conversione
kcal	kJ	4,19
Btu	kJ	1,055
Therm	MJ	105,5
kWh	kJ	3600

La successiva Tab. 17 fornisce il differente contenuto di Calore dei vari combustibili. Questi valori possono cambiare sensibilmente in funzione della provenienza e del tipo di lavorazione subita. Pertanto dovrete verificare le vostre bollette oppure consultare il vostro fornitore a proposito delle specifiche dei vostri acquisti.

Tab. 17 – Potere calorifico di diversi combustibili			
Combustibile	Unità <sup>1)</sup>	Contenuto energ.	Note
Gas Naturale	kJ/Nm <sup>3</sup> <sup>2)</sup>	35670	
Gas/diesel oil	MJ/t	45500	Litri/t: 1155
LSFO <sup>3)</sup>	MJ/t	43600	l/t: 1014
Carbone	MJ/t	26900	

note:

1) tutte le cifre di contenuto calorifico espresse in LHV

2) Nm<sup>3</sup> = volume standardizzato a 25 C

3) Olio Combustibile a basso contenuto di Zolfo

Cercate di comprendere in quale forma l'Energia vi venga consegnata e le modalità di addebito del relativo costo. Nella Tab. 18 sono elencate le forme più comuni di Energia e le relative unità di misura:

<b>Tab. 18 - Forme comuni di Energia e relative unità di misura</b>		
<b>Tipo di energia</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Note</b>
Energia Elettrica	MWh o KWh	
Gas naturale	Nm <sup>3</sup> o MWh HHV	1)
Calore	MWh o GJ LHV	2)
Vapore	Tonnellate o MWh or GJ LHV	3)
Olio	M <sup>3</sup>	
Carbone	Tonnellate	

**Note:**

1) Come già indicato in precedenza la misura del contenuto energetico dei combustibili sono l'HHV (*Higher Heating Value*), che sta per Potere Calorifico Superiore, ed il LHV (*Lower Heating Value*), che sta per Potere Calorifico Inferiore. Per il gas naturale, HHV è approssimativamente maggiore del 10 % rispetto a LHV.

2) Il calore è normalmente espresso in MWh o GJ basati sul LHV; 1 MWh = 3.6 GJ.

3) Il vapore può essere espresso in tonnellate oppure in contenuto di calore (MWh o GJ). Se è specificato in tonnellate, anche la pressione e la temperatura devono essere note per poter calcolare il contenuto di calore.

### ***Cosa si deve analizzare e come lo si deve fare?***

Nei precedenti paragrafi si sono fornite le modalità suggerite per la raccolta e preparazione delle informazioni necessarie per effettuare l'analisi. Di seguito si tratterà nello specifico come vanno utilizzate tali informazioni e quali analisi possono condursi.

L'analisi dovrebbe fornire almeno i seguenti dati:

- volumi di acquisto e consumo dell'Energia su base annuale e mensile;
- trend degli indicatori di sviluppo della *performance* energetica;
- comprensione dei motivi di un consumo variabile dell'Energia nel tempo e misurazione delle relative prestazioni energetiche;
- evidenza dei risultati raggiunti rispetto agli obiettivi fissati;
- informazioni di dettaglio sul consumo individuale dell'Energia delle maggiori utenze, e determinazione dei costi associati a ciascuna di esse;
- verifica delle fatture di Energia e degli acquisti di Energia;
- obiettivi di riduzione dei consumi energetici.

Questo capitolo descrive una varietà di indicatori di *performance* da prendere in considerazione per la vostra analisi. Il vostro Sistema Informativo dell'Energia dovrebbe

essere in grado di effettuare i calcoli necessari e fornire il dato analitico quale base per le successive elaborazioni.

Nel seguito descriveremo in dettaglio i seguenti indicatori:

- consumo specifico di Energia per unità di prodotto finale (o di prodotti);
- consumo specifico di Energia riferito agli anni e ai valori di riferimento;
- profili di carico per identificare i picchi di consumo;
- consumo di Energia degli edifici in rapporto alla temperatura esterna.

### Consumi specifico di Energia per unità di prodotto (o di prodotti)

La quantità assoluta di Energia utilizzata è riferita a specifici volumi di produzione. Gli interventi di miglioramento dell'Efficienza Energetica producono (auspicabilmente) riduzioni dell'uso specifico di Energia, pertanto questo indicatore è ideale per rilevare i miglioramenti dell'Efficienza Energetica. Talvolta anche la variazione della qualità di una produzione può comportare cambiamenti importanti nei consumi energetici. Se ciò dovesse avvenire gli indicatori di prestazione energetica dovrebbero venire corretti per tenere in debito conto queste influenze. Gli Indicatori di *Performance* Energetica possono essere monitorati per intervalli di tempo differenti (un ora, un mese, un anno). Lo stesso indicatore può essere impiegato per monitorare un'intera area di processo o singole utenze energetiche.

#### Esempio n. 1

Un Impianto Chimico produce due prodotti finali, A e B. Il processo di produzione prevede per entrambi l'uso di vapore e di elettricità. Il grafico sotto riportato indica il consumo di Energia ed i volumi di produzione orari. Il consumo specifico di Energia per tonnellata di prodotto è la somma del consumo di energia elettrica e vapore espresso in Energia Primaria Equivalente (ad esempio 1MWh energia elettrica = 9 GJprim e 1 GJ vapore = 1.1 GJprim).

		Prodotto A	Prodotto B	Mix Prodotto (A+B)
<i>(cifre per ora)</i>				
<b>Energia in ingresso</b>				
Vapore	t	5,0	20,0	25,0
	GJ vapore	12,5	50	62,5
Energia El	MWh	3,0	1,0	4,0
Produzione	t	12	15	27
<b>Input totale come energia prima</b>	<b>GJ prim</b>	<b>40,9</b>	<b>64,6</b>	<b>105,5</b>
<b>Consumo energetico specifico</b>	<b>GJ/t</b>	<b>3,41</b>	<b>4,31</b>	<b>3,91</b>

Il consumo specifico di Energia per tonnellata di prodotto è la somma dell'Elettricità e del Vapore espressi in Energia Primaria equivalente.

## Consumo specifico di Energia in relazione agli anni e ai valori di riferimento

Questo Indicatore di *Performance* si chiama EPI (*Energy Performance Index*, o Indice di Prestazione Energetica). Il valore specifico nell'anno di riferimento è posto uguale a 100%. Per ogni anno il consumo specifico di Energia viene espresso come percentuale del valore di riferimento. L'EPI fornisce quindi una tendenza nel consumo specifico di Energia nei diversi anni.

### Esempio n. 2

Supponiamo a titolo di esempio che il **Consumo Specifico di Energia** del Prodotto B di cui all'Esempio 1 di pag. 42 possa essere distribuito su di un certo arco temporale (un certo numero di anni). Si riporta qui sotto l'andamento del relativo Indice di Prestazione Energetica. Questo è il consumo energetico specifico in relazione all'anno di riferimento.

Cons Spec en Prodotto B		
Anno	GJ prim./t	%
2000	5,40	100
2001	5,04	93
2003	4,68	87
2004	4,43	82
2005	4,25	79
2006	4,12	76
2007	4,07	75
2008	4,03	75

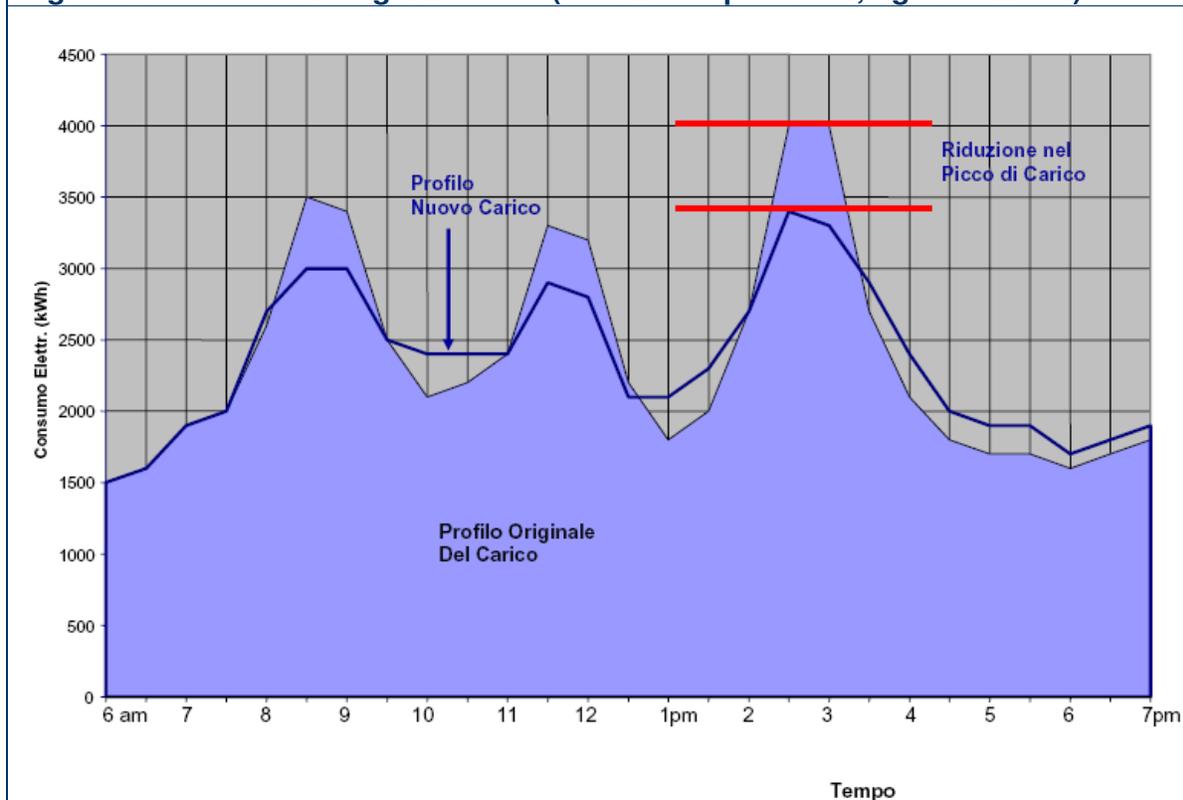
inizio gestione dell'energia nel 2000

## Profili di carico per identificare i picchi di consumo

Nel dar corso alla produzione le Imprese possono sperimentare dei carichi di picco nei prelievi di Vapore e/o Energia Elettrica. I carichi di picco possono essere causa di inefficienze e possono far aumentare sensibilmente il costo di acquisto dell'Energia. Ciò può accadere sia nel corso di approvvigionamento dell'Elettricità, sia del Gas Naturale. Pertanto, prestare attenzione al profilo di consumo ed evitare così che si verifichino dei carichi di picco (o quantomeno ridurli) può far conseguire all'Impresa sostanziali risparmi in bolletta. Per investigare il profilo di carico è necessario disporre di dati rilevati ad intervalli di tempo relativamente brevi (mezz'ora). I dati relativi al consumo di Energia vanno riportati in un grafico per visualizzare il profilo e investigare le correlazioni che esistono tra i processi di produzione ed il consumo dell'Energia, e quindi studiare il modo per (o gli accorgimenti che potrebbero far) ridurre i carichi di picco eventualmente identificati. Con questi profili di carico è anche possibile vedere se esistono altri fattori che possano influenzare il consumo di Energia, come ad esempio modifiche alle condizioni operative di conduzione dell'impianto, variazioni del livello qualitativo di materie prime e/o prodotti realizzati, etc.

Il grafico della seguente Fig. 6 visualizza il consumo di Elettricità di una PMI Chimica, rilevato ogni mezz'ora nell'arco di una giornata tipo, prima e dopo l'adozione delle misure di riduzione del carico di picco.

**Fig. 6 - Consumo di Energia Elettrica (rilevazione periodica, ogni mezz'ora)**



Come potete vedere nella nuova situazione il consumo di base dell'Elettricità è leggermente aumentato mentre il carico di picco si è sostanzialmente ridotto.

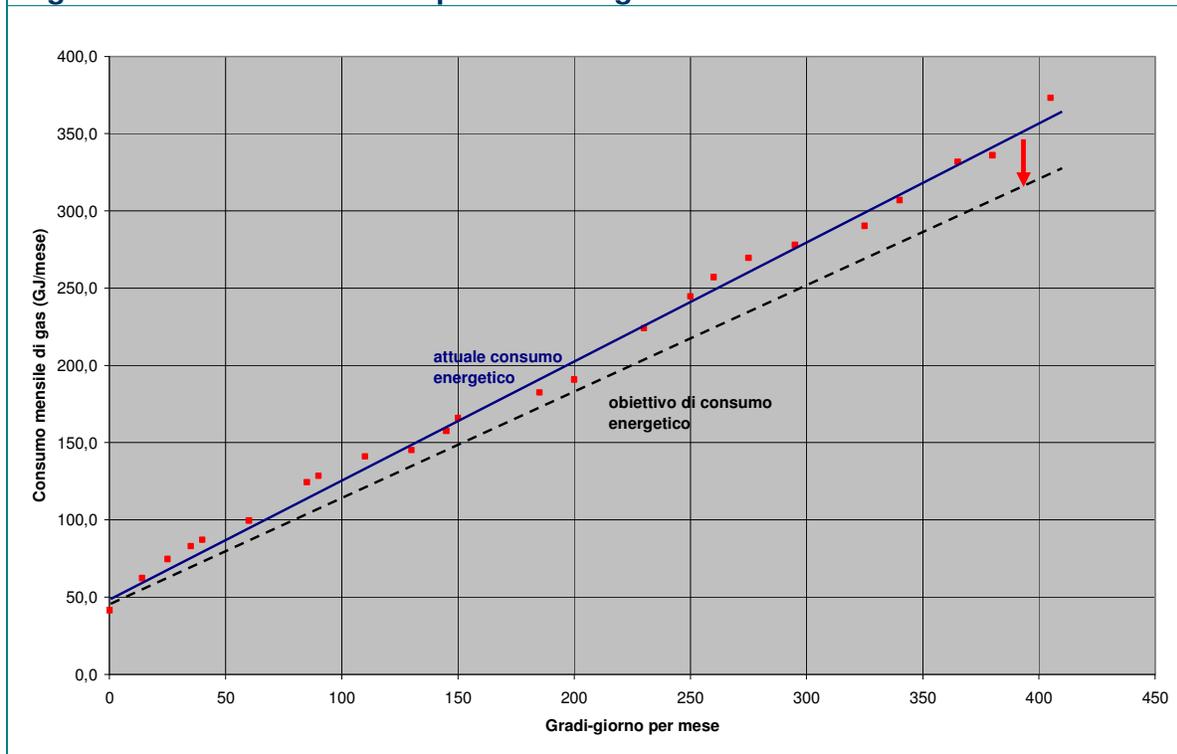
### Consumo di Energia degli edifici in relazione alla temperatura esterna

La quantità di Energia necessaria per il riscaldamento ed il condizionamento dell'Aria (raffrescamento) è influenzata dalle temperature esterne, ma è funzione del livello di isolamento e di altre misure di risparmio energetico implementate negli edifici. Un buon Indicatore di Prestazione per il Consumo Energetico degli edifici è il fabbisogno energetico correlato alla temperatura esterna.

Un sistema più sofisticato è quello chiamato il "Metodo dei Gradi-Giorno", dove i Gradi-Giorno rappresentano una misura dell'intensità e della durata del tempo freddo. In pratica il metodo richiede di sommare per un arco temporale determinato (di solito un mese) i differenziali tra la media giornaliera della temperatura esterna e quella di riferimento interna.

Quanto più freddo è il tempo in un mese tanto più è alto il numero di Gradi-Giorno, così l'uso di Energia degli edifici può essere riferito ai Gradi-Giorno, come mostrato nella seguente Fig. 7.

**Fig. 7 - Uso dei Gradi-Giorno per stabilire gli obiettivi**



In questo grafico si riporta il consumo di Energia di un edificio, riportato in relazione ai Gradi-Giorno del mese corrispondente. La linea blu rappresenta la situazione attuale, mentre la linea tratteggiata può essere usata per evidenziare la distanza dagli obiettivi di risparmio energetico posti a piano.

Per l'impiego di questo metodo verificate la disponibilità dei dati espressi in Gradi-Giorno nel vostro Paese.

Ulteriori informazioni su questo metodo sono disponibili nella Migliore Prassi n.6.

## Ulteriori informazioni

### Best Practice per la Contabilizzazione e Analisi dei Consumi di Energia

Utilizzare un apparecchio di misura per facilitare le operazioni di monitoraggio permette normalmente di identificare risparmi di Energia superiori al 5%, e pertanto l'investimento verrebbe ripagato in meno di un anno (*Carbon Trust*).

Gli *Audit* eseguiti nell'ambito del Progetto CARE+ hanno dimostrato che senza un adeguato sistema di contabilizzazione è difficile registrare il consumo energetico e pertanto è difficile poter individuare eventuali opportunità di risparmio esistenti. Una delle Imprese presso le quali è stato eseguito l'*Audit* di CARE + ha implementato un Sistema di Gestione dell'Energia che tiene sotto controllo, in maniera integrata, produzione, gestione tecnica, manutenzione, costi e consumi di Energia, qualità, ambiente, contabilità ed amministrazione.

Il fatto di coordinare l'uso dell'Energia tra diversi impianti in tutti i reparti evita, ad esempio, di essere passibili di penali a causa dei picchi di consumo, cosa che non sarebbe possibile senza un Sistema Informativo per la contabilizzazione energetica ben affermato. Questo metodo ha consentito all'Impresa di ottenere risparmi sui costi energetici pari al 43%.

## Bibliografia

1. Guida all'Auto-Diagnosi dell'Efficienza Energetica di CARE+.  
Fogli di lavoro - software Excel di Microsoft.  
<http://www.federchimica.it/PRODOTTIESERVIZI/PerTutteLeImprese/ScSviluppoChimica/ProgettoCarePlus.aspx>  
[www.cefic.org/careplus](http://www.cefic.org/careplus)
2. *How to monitor your energy use*, Carbon trust publication GIL157  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
3. *Monitoring and targeting; Techniques to help organisations control and manage their energy use*, Carbon Trust publication CTG008;  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
4. *Système International d'unité* – Bureau International des Poids et Mesures  
[www.bipm.org](http://www.bipm.org)

## Migliore Prassi 3: Come avviare e gestire un Sistema Informativo dell'Energia

L'Efficienza Energetica effettivamente conseguibile da un'Impresa è influenzata significativamente dalla disponibilità dei dati relativi al consumo di cui essa è in possesso. Le Migliori Prassi n.1 e n.2 hanno già fatto riferimento alla raccolta dei dati energetici. Tuttavia la presente Migliore Prassi n.3 entra maggiormente nel dettaglio e fornisce raccomandazioni e suggerimenti su come raccogliere e gestire in modo efficiente le informazioni relative all'impiego dell'Energia.

Il Sistema di Informazione dell'Energia deve essere concepito per assistere e supportare il Programma di Gestione dell'Energia, fornendo accurate e coerenti informazioni sui consumi dell'impianto, sia attuali che storici. Il Sistema mostrerà anche come l'Efficienza Energetica stia migliorando e quale sia l'impatto economico in bolletta (costi evitati); la disponibilità di una informazione di qualità rappresenta quindi un elemento indispensabile in un Programma di Gestione dell'Energia.

### *Trovare la soluzione appropriata*

Esiste un'ampia varietà di Sistemi Informativi dell'Energia: si va da semplici strumenti di lettura manuale dei consumi e dati energetici a supporto di calcoli sviluppati internamente (fogli elettronici), fino a ben più sofisticate elaborazioni operate grazie a database computerizzati e corredate da strumenti grafici di ausilio per la reportistica. Con riferimento alla scelta dello strumento adatto, non bisogna mai dimenticare le caratteristiche ed i componenti del Sistema Informativo dell'Energia che si intende implementare, e che dovrebbero essere coerenti con i bisogni specifici dell'azienda e del programma di gestione. La soluzione ottimale dipende da numerosi fattori, tra i quali vanno senz'altro ricordati i seguenti:

- le esigenze informative così come definite nel Piano di Gestione dalla particolare natura del sito, dalla complessità del sistema dell'Energia, dai processi produttivi e dalle attrezzature coinvolte;
- i costi energetici e loro incidenza sui costi totali di produzione;
- i risparmi conseguibili con riferimento a quanto indicato nel Programma di Gestione dell'Energia;
- le caratteristiche dell'infrastruttura informativa esistente con riferimento all'integrazione dei dati nel richiesto Sistema Informativo.

In molti casi la soluzione ottimale risulterà essere un compromesso fra i limiti di budget e la soddisfazione di tutte le esigenze informative.

È importante garantire che la soluzione di compromesso funzionerà e che consentirà il progressivo miglioramento del livello di soddisfacimento delle esigenze informative.

Qualora l'Impresa non abbia ancora implementato un Sistema Informativo è preferibile non partire fin da subito con Sistemi Informativi troppo complessi, in quanto lo strumento dovrebbe essere definito e sviluppato in modo organico, e procedere gradualmente e progressivamente verso una sua estensione insieme alle capacità di analisi e gestione disponibili nell'Impresa, per evitare il rischio di perdere la credibilità del sistema e minare così il successo dell'intera azione. Ciò significa fissare priorità e definire Indicatori di *Performance* nel Programma di Gestione dell'Energia coerenti con quanto possa e vada effettivamente misurato.

Da non scartare a priori l'ipotesi di consultare dei fornitori qualificati di Sistemi Informativi con la finalità di ottenere proposte per soluzioni adatte e appropriate alla singola realtà.

### ***Le informazioni che il Sistema Informativo deve gestire e fornire***

Il Sistema Informativo dovrebbe fornire le seguenti informazioni:

- dati reali sulle prestazioni energetiche di processi e attrezzature;
- rilevamento tempestivo in caso di deterioramento dei dati sulle prestazioni;
- dati di supporto per migliorare la regolazione dei processi;
- visione approfondita di dove, quando e come l'Energia viene utilizzata, cioè interruzioni di erogazione dell'Energia, costi energetici per unità di prodotto o per miscele di prodotti e parti del processo;
- analisi delle prestazioni storiche e evidenza dei miglioramenti acquisiti;
- dati di supporto per un efficace acquisto e contabilizzazione dell'Energia;
- dati storici di produzione e consumo dell'Energia, per l'analisi di correlazione che consenta di formulare stime previsionali sulla domanda futura di Energia;
- informazioni di supporto per valutare e approvare l'avanzamento di singoli progetti di miglioramento energetico;
- dati storici per indagini e verifiche sul sistema energetico.

Per poter fornire tutte queste informazioni il Sistema Informativo dovrebbe essere attrezzato con un *database* strutturato, con archiviate le informazioni storiche sull'Energia e i fattori che influenzano i dati di produzione, i dati ambientali e le condizioni ambientali.



interventi di risparmio. Quantificare cosa manchi e quali miglioramenti siano necessari;

- verificare se la strumentazione di analisi in essere sia adatta a fornire le informazioni richieste per monitoraggio energetico, ed eventualmente quantificare i miglioramenti necessari;
- controllare e aggiornare la documentazione dell'ingegneria (diagrammi elettrici, schemi di processo, diagrammi delle tubature e degli strumenti, etc.);
- controllare le procedure di taratura e manutenzione della strumentazione, in modo da assicurare il loro buono stato e la qualità delle misurazioni;
- prendere in considerazione l'uso di strumenti portatili, quali ad esempio misuratori di gas o di acqua. Amperometri portatili potrebbero essere installati temporaneamente per misurare il consumo di elettricità, generando informazioni supplementari in grado di far ottenere risparmi energetici. A partire da questi controlli è possibile realizzare un piano di informazioni sull'energia, fatto in modo tale da migliorare gli elementi del sistema passo dopo passo, ove necessario.

### **Componenti parziali del sistema di controllo dell'impianto**

Come indicato nella precedente Fig. 8 di cui alla pag. 49, un Sistema Informativo dell'Energia dovrebbe essere - per quanto possibile - integrato nel monitoraggio del processo e dei sistemi di controllo. Questo dovrebbe garantire un'informazione coerente con i dati operativi e rendere il controllo dell'energia un'attività naturale fra quelle quotidiane.

### **Qualità della raccolta dei dati**

La possibilità di raccogliere dati in tempo reale può rappresentare un aspetto importante da valutare con riferimento alla qualità del Sistema Informativo ed alla efficacia e tempestività di intervento che il monitoraggio può assicurare. I dati in tempo reale vengono raccolti automaticamente e regolarmente, ad intervalli di tempo predeterminati. Per poter fare ciò la strumentazione ed il sistema di monitoraggio devono essere opportunamente attrezzati. La raccolta di dati in tempo reale, in combinazione con delle procedure di calibrazione ben eseguite, è in grado di assicurare al Sistema Informativo una raccolta di dati coerente ed affidabile per l'analisi.

### **Quali dati sull'energia devono essere monitorati?**

I dati richiesti per il Sistema Informativo dell'Energia sono specificati nel Programma di Gestione dell'Energia. La frequenza della raccolta dipende da motivi specifici che devono essere evidenziati nella strutturazione e definizione del Programma di Gestione dell'Energia. Il Sistema Informativo deve essere dotato di flessibilità, per poter soddisfare le diverse esigenze di rilevazione e lettura dati. Ad esempio, per un processo di installazione che usa energia in quantità molto variabili il rilevamento dovrebbe essere effettuato ogni 15 minuti. Invece, per il carico di una unità di refrigerazione, potrebbe

essere sufficiente una lettura periodica mensile. Per individuare i carichi di picco di consumo energetico è importante effettuare la misura in intervalli temporali abbastanza brevi, per riuscire a cogliere l'informazione in maniera puntuale.

### **Analisi dei dati sull'Energia**

Il Sistema Informativo deve essere in grado di fornire i dati richiesti per le analisi, come specificato nel Programma di Gestione. Oltre a consentire l'analisi dei valori consuntivi, esso deve permettere anche l'analisi delle tendenze in atto, rendendo disponibili i dati e le informazioni sui quali elaborare le stime previsionali di evoluzione e andamento. Inoltre un Sistema Informativo dovrebbe essere abbastanza flessibile da consentire l'estrazione e l'elaborazione di qualsivoglia relazione possa essere misurata.

### **Bibliografia**

1. *Energy Management Information Systems, Office of Energy Efficiency of Natural Resources Canada*  
<http://www.oeenrcan.gc.ca/publications/industrial/EMIS/index.cfm?attr=24>

## **Migliore Prassi 4: Come migliorare la *performance* del Generatore di Vapore**

Il Vapore è uno dei vettori del Calore di uso più comune nell'Industria Chimica, e quindi è uno dei principali obiettivi dell'analisi per conseguire risparmi energetici.

Un'adeguata valutazione delle prestazioni energetiche del "Sistema Vapore" deve prevedere l'analisi delle seguenti fasi costituenti:

- Generazione del Vapore nella Caldaia;
- Distribuzione del Vapore;
- Impiego del Vapore da parte del processo che lo utilizza.

Questo capitolo permette di ottenere informazioni per il miglioramento dell'Efficienza Energetica nelle fasi di generazione, distribuzione, raccolta e recupero della condensa. L'opportunità di risparmiare Vapore nei processi sarà discussa separatamente, con particolare riferimento all'integrazione del Calore ed al recupero della condensa.

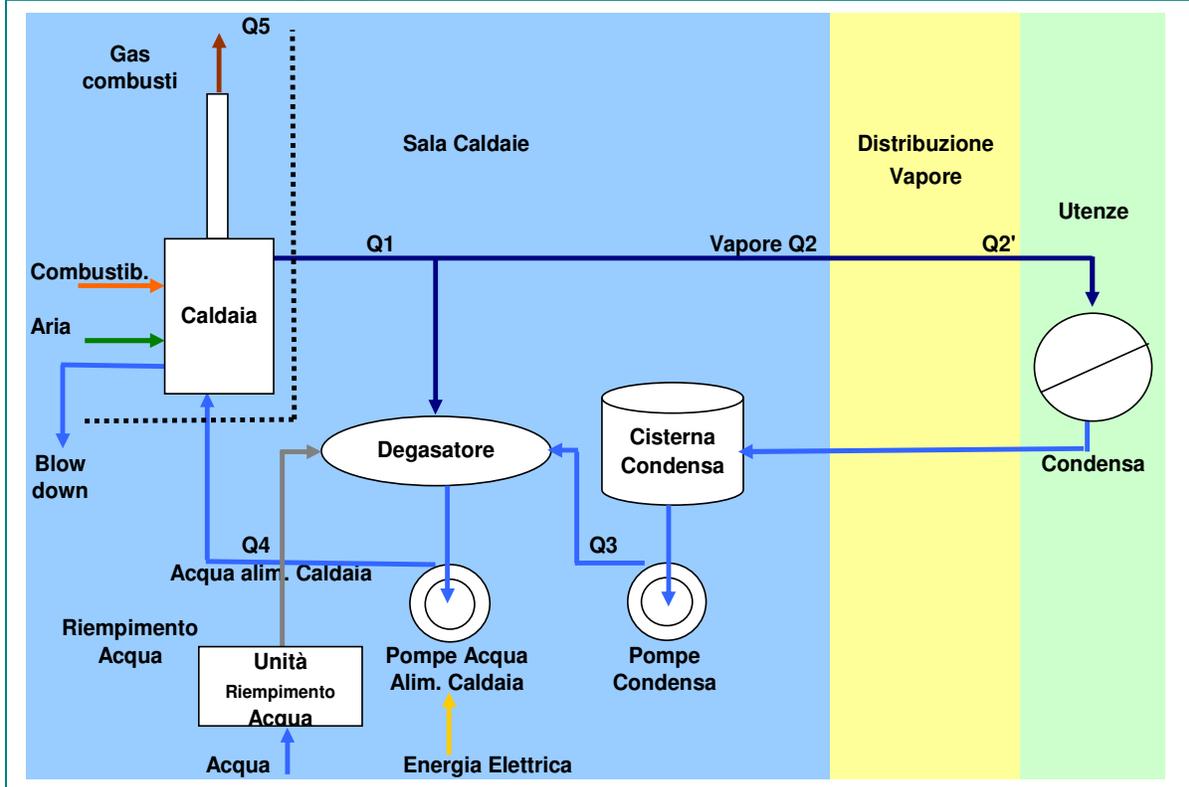
### ***Confini, misure e definizioni***

Per valutare le opportunità di risparmio energetico innanzitutto si deve approfondire la conoscenza di tutti i flussi energetici coinvolti nella Generazione del Vapore. È utile inoltre definire bene i confini delle aree specifiche che coinvolgono tali flussi, in modo da valutare e misurare i miglioramenti ottenibili su basi coerenti con l'architettura d'Impianto.

La Fig. 9 di cui alla pag. 53 illustra uno schema semplificato dei flussi di Energia che entrano ed escono dalla Caldaia.

Il confine delle singole Caldaie individuali è indicato con una linea tratteggiata, il confine dell'intero Sistema di Caldaie è indicato da un'area blu e la distribuzione del Vapore da un'area gialla. I punti di consumo sono inseriti nella parte verde del diagramma, in pratica potete usare il diagramma di processo per marcarne i confini.

**Fig. 9 - Ingressi e Uscite di Energia dalla Caldaia (Mappa del Processo di Generazione del Vapore)**



Per individuare e misurare i miglioramenti dell'Efficienza Energetica del Generatore di Vapore e del processo si deve essere in grado di misurare e quantificare i principali flussi di Energia (qui di seguito si farà sempre riferimento alla precedente Fig. 9):

- per calcolare il contenuto energetico del Vapore Q1 in uscita dalla Caldaia si devono misurare in quel punto Volume, Pressione e Temperatura del flusso di Vapore. Con questi dati è possibile calcolare le tonnellate di Vapore e l'Entalpia, e quindi calcolare il contenuto energetico del Vapore (tonnellate\*Entalpia = GJ);
- il contenuto di calore del Vapore in uscita dalla Caldaia Q2 è uguale a Q1 meno tutti gli impieghi interni, come ad esempio il Degasatore. Bisognerebbe almeno misurare Volume, Pressione e Temperatura del flusso al punto Q2;
- nei punti di utilizzo e consumo dovrete misurare il consumo di Vapore Q2' almeno delle principali aree di processo. Spesso il consumo di Vapore può calcolarsi anche da parametri di processo e misure del flusso della Condensa;
- il Calore della Condensa di ritorno Q3 (GJ), in ingresso nella Caldaia, è calcolato misurando i metri cubi di Condensa, la Temperatura e la Pressione;

- il contenuto di Calore e l'Acqua di alimentazione in ingresso della Caldaia può essere calcolato misurando il flusso dell'Acqua assieme alla Pressione e alla Temperatura (questi sono normalmente dei settaggi del Degasatore);
- pertanto, essendo nota la quantità di Energia in uso al Degasatore, è possibile calcolare la quantità di Vapore trattata dallo stesso;
- il consumo di Elettricità è usato principalmente per l'Acqua di alimentazione delle Caldaie, Ventilatori di Combustione e Pompe di Condensazione. Il consumo di Elettricità del Bollitore deve essere misurato separatamente;
- la perdita di Calore nel flusso di gas combustibili Q5 come GJ in uscita dalla Caldaia è calcolato dal flusso di gas combustibili e dalla loro Temperatura. L'Entalpia dei gas combustibili è proporzionale a questa Temperatura. Il flusso dei gas combustibili può essere ottenuto misurando il flusso dell'Aria di combustione e quello del Combustibile. Se la concentrazione di ossigeno dei gas combustibili viene misurata e la composizione dei gas è nota, si può determinare anche la quantità dei gas combustibili (vedi anche in seguito i suggerimenti relativi al controllo del rapporto Aria/Combustibile);
- l'Aria di combustione viene in genere misurata ai ventilatori;
- il flusso dei Combustibili dovrebbe essere misurato per ogni singola Caldaia e la loro composizione ed il potere calorifico dovrebbero essere noti;
- infine, altre perdite di Calore da prendere in considerazione sono:
  - perdite per irraggiamento, tubi, valvole ed attrezzature del parco Caldaie;
  - il sistema di *blow down* della Caldaia.

Queste fasi sono discusse in maggior dettaglio nelle sezioni seguenti. Si tenga presente che l'analisi può riferirsi a un Impianto o a tutti gli Impianti presenti nel sito produttivo

In ciascuna di queste aree c'è la possibilità di migliorare l'Efficienza Energetica e quindi di ridurre il consumo unitario di Combustibile per tonnellata di Vapore prodotto/richiesto.

Come già detto in questa Migliore Prassi non si discute dell'efficienza dei singoli processi nell'impiego del Vapore: tale argomento verrà trattato nella Migliore Prassi n. 8.

Per verificare i vostri miglioramenti sono di aiuto le seguenti definizioni di efficacia. L'efficienza totale della Sala Caldaie è definita come:

$$\eta_{BH} = (Q2 - Q3) / \text{Combustibile}$$

L'efficienza della singola Caldaia è definita come:

$$\eta_B = (Q1 - Q4) / \text{Combustibile}$$

## ***Risparmi energetici nella generazione e distribuzione del Vapore***

Nei successivi capitoli verrà descritto un elevato numero di possibili opzioni di risparmio del combustibile. La maggior parte di esse sono misure di diligenza che possono essere implementate autonomamente, a costi molto bassi o nulli. In altri casi risulterà necessario effettuare un intervento che implichi un significativo esborso iniziale, e questi investimenti normalmente presentano un tasso interno di rendimento economico-finanziario elevato, e *pay-back periods* ridotti. Dovete pertanto costruire il vostro caso concreto per valutare queste opzioni. Alcune analisi sono semplici, come ad esempio la valutazione del *revamping* di una Caldaia. In generale, la Caldaia e l'infrastruttura termica ad essa associata dovrebbero ricevere una manutenzione periodica. Qualora l'impianto sia ben tenuto, è possibile esplorare ulteriori opportunità di efficienza energetica.

### **Condizioni di Pressione e Temperatura alle quali viene generato il Vapore**

Verificare che il Generatore funzioni alla temperatura e alla pressione più bassa possibile. Va verificata la sussistenza delle seguenti situazioni:

- il Vapore in uscita dalla Caldaia deve essere leggermente surriscaldato per evitare che si formi la Condensa nella rete di distribuzione del Vapore, con gli associati problemi di corrosione e/o erosione;
- la pressione del Vapore dovrebbe essere regolata al livello minimo accettabile dalla rete di distribuzione, tenendo conto anche di come viene controllata la fornitura del Vapore inviata agli Scambiatori;
- se il Vapore viene generato per azionare turbine, quindi per la generazione di Potenza, allora il Vapore deve essere a Pressione e Temperatura corrette per il funzionamento ottimale delle turbine.

L'abbassamento della Pressione del Vapore prodotto da una Caldaia ne aumenta l'efficienza. Nella maggior parte dei casi il Calore derivante dal recupero della Condensa viene impiegato negli Scambiatori per riscaldare le correnti di processo. Si suggerisce di verificare nei vari punti di consumo quale sia livello minimo di Temperatura richiesto dagli Scambiatori di Calore, e se la Pressione di Vapore possa essere ulteriormente ridotta.

Nei casi in cui la domanda di Vapore risulta instabile può essere necessario installare delle Valvole di Regolazione a valle della Caldaia in modo da impostare la Pressione della Caldaia ad un livello leggermente superiore a quello richiesto in sede di distribuzione. Ciò permetterà alla Caldaia di rispondere rapidamente ai cambiamenti di domanda del Vapore ed eviterà il rischio di un blocco dovuto alle fluttuazioni di Pressione eccessive. È tuttavia possibile evitare il carico di picco operando a Pressione più bassa e risparmiando del Combustibile.

## Perdite di Calore nel camino della Caldaia

Nel processo di combustione il Combustibile viene bruciato insieme all'ossigeno contenuto nell'Aria di combustione, che è erogata da appositi ventilatori. Durante il passaggio sulle superfici dello Scambiatore di Calore della Caldaia, i gas caldi di combustione scambiano la maggior parte del loro contenuto di Calore con la parte Acqua/Vapore. Tuttavia, parte del calore di combustione esce dal camino della Caldaia inutilizzato insieme ai Gas combustibili. Minimizzando le perdite nel Camino è possibile risparmiare Combustibile. Ci sono due modi per ottenere questo risparmio, da considerare in ordine progressivo:

1. regolare adeguatamente il Bruciatore, e controllare che il rapporto aria/combustibile del sistema sia impostato sulla quantità minima di aria per minimizzare la quantità di Gas combustibili;
2. recuperare Calore anche a basse temperature dai gas combustibili.

## Regolazione del Bruciatore e controllo del rapporto ottimale Aria/Combustibile

Il flusso del volume di gas combustibili è determinato dalla quantità di Aria di combustione utilizzata nella Caldaia per bruciare il Combustibile. Normalmente si aggiunge un quantitativo supplementare di Aria di combustione per ottenere la combustione completa rispetto al quantitativo necessario teoricamente richiesto dalla reazione chimica (quantità stechiometrica). L'Aria in eccesso si esprime con il fattore  $n$ :  $n = 1.15$ ; ciò significa che rispetto alla quantità stechiometrica, viene utilizzato il 15% in più di Aria nella combustione. Questo quantitativo aggiuntivo di aria è un peso inutile, e dovrebbe essere mantenuto al livello minimo necessario per ottenere una combustione completa e sicura, il che significa anche che non si devono formare residui di idrocarburi incombustibili e CO nella zona di fiamma della Caldaia. È possibile ottenere questa situazione attraverso un corretto controllo della proporzione Aria/Combustibile in tutta la zona di alimentazione della vostra Caldaia.

La maggior parte delle Caldaie non opera a pieno carico, perciò è importante andare a verificare il rapporto Aria/Combustibile nel caso di carico parziale.

Le Caldaie possono avere diverse forme di controllo della proporzione Aria/Combustibile.

Il modo più semplice per impostare correttamente tale rapporto si ha quando il controllo dell'Aria di combustione è meccanicamente collegato con la valvola di controllo del Combustibile. In questo caso il rapporto Aria/Combustibile è impostato preventivamente su tutte le operazioni della Caldaia.

È necessario eseguire una regolare manutenzione di questo strumento di controllo per essere sicuri che il rapporto impostato venga mantenuto. Controlli più sofisticati lavorano separatamente sulla misurazione del flusso dell'Aria e del Combustibile.

Questi controlli permettono di ridurre il volume dell'Aria di Combustione sulla base del livello misurato dell'O<sub>2</sub> e della CO nei Gas combustibili.

Quindi, per essere in grado di ridurre il rapporto Aria/Combustibile sulla base dell'eccesso di O<sub>2</sub> nei gas combusti, si dovrà avere:

- una misurazione continua dell'ossigeno nei gas combusti e della CO;
- un controllo della riduzione del flusso dell'Aria al livello minimo accettabile di O<sub>2</sub> nei Gas combusti.

### Suggerimento

**È molto importante che la vostra Caldaia sia attrezzata con un Sistema di Gestione del Bruciatore che funzioni correttamente e con un Sistema di Sicurezza che monitorizzi continuamente il rapporto Aria/Combustibile per garantire un Processo di Combustione sicuro in tutte le circostanze.**

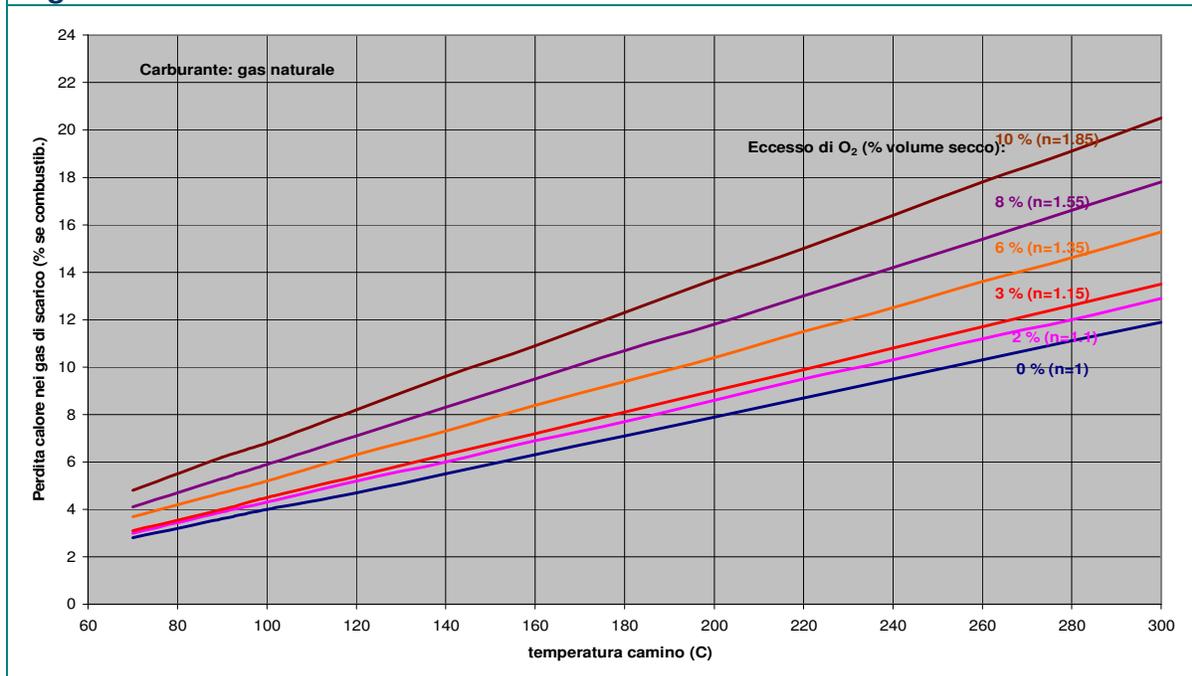
Il risparmio di Combustibile che può essere raggiunto con un controllo del rapporto Aria/Combustibile dipende in gran parte dal tipo di Combustibile e dal livello di Temperatura del camino.

Il grafico di cui alla seguente Fig. 10 consente di valutare i risparmi di Combustibile (in questo caso esemplificativo ci si riferisce al Gas Naturale) attraverso:

- la riduzione di Aria di combustione in eccesso (con una minima percentuale di O<sub>2</sub> in eccesso nei gas combusti), e
- recupero ulteriore di Calore (riducendo la temperatura del camino).

Nel grafico le perdite al camino sono indicate in percentuale del Combustibile in ingresso, come una funzione della Temperatura del camino a diverse percentuali di O<sub>2</sub> in eccesso (ed al fattore  $n$  relativo).

**Fig. 10 – Perdite di Calore al Camino**



Ad esempio: se la vostra Caldaia funziona attualmente con un eccesso di O<sub>2</sub> dell'8 % ed una temperatura del camino di 240°C, è possibile ridurre questi parametri a: 3% di O<sub>2</sub> e 180°C, così facendo ridurreste le perdite dal camino dal 14.1% al 8%, riducendo il combustibile in ingresso del 6%.

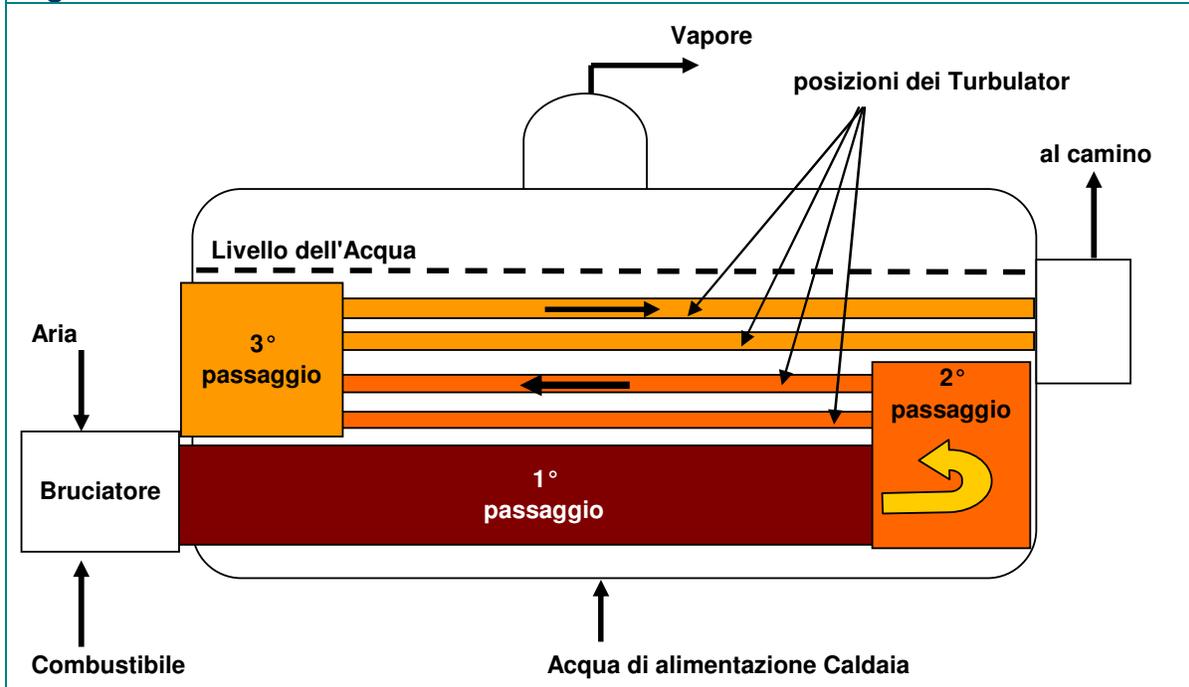
### **Riduzione della Temperatura al Camino della caldaia**

Ci sono diverse possibilità per la valorizzazione del Calore dei gas combusti, a seconda dell'attuale predisposizione della vostra Caldaia e della Temperatura attuale del camino:

- utilizzare un Economizzatore per riscaldare l'Acqua di alimentazione della Caldaia prima del suo ingresso (se la vostra Caldaia non ne è ancora provvista);
- installare un pre-riscaldatore per riscaldare l'Acqua di rabbocco prima che entri nel Degasatore. L'Acqua di rabbocco è normalmente a Temperatura ambiente, mentre il Degasatore opera sui 105÷110°C e oltre (a seconda del Combustibile);
- installare un pre-riscaldatore per pre-riscaldare la Condensa prima del suo ingresso nel Degasatore. Se la differenza di Temperatura tra Condensa e Degasatore è superiore a 30°C si può sfruttare il pre-riscaldamento della Condensa senza compromettere il funzionamento del Degasatore (vedi dopo);
- utilizzare un pre-riscaldatore per riscaldare l'Aria di combustione (a valle del Ventilatore dell'Aria). Questo può essere approntato nella forma di un sistema a doppia serpentina, che comprende uno Scambiatore di Calore dell'Aria di combustione. Il sistema Acqua/Glicole prende Calore dai gas combusti e lo trasferisce all'Aria di combustione.

Le Caldaie *Fire Tube* a pacchetto sono il tipo di Caldaia più comunemente utilizzato negli Impianti Chimici di piccole e medie dimensioni (capacità massima approssimativamente 25 tonnellate per ora e 20 bar di pressione del Vapore). Nelle Caldaie *Fire Tube* i Gas di combustione caldi passano attraverso lunghi tubi di piccolo diametro collocati nella zona dell'acqua della Caldaia. Il Calore è trasferito attraverso le pareti del tubo all'acqua della Caldaia per generare Vapore. Queste Caldaie sono classificate per numero di passaggi con i quali i Gas di combustione viaggiano attraverso la Superficie di Scambio di calore prima di uscire dalla Caldaia.

La Fig. 11 di cui alla seguente pag. 59 mostra una Caldaie *Fire Tube* a tre passaggi.

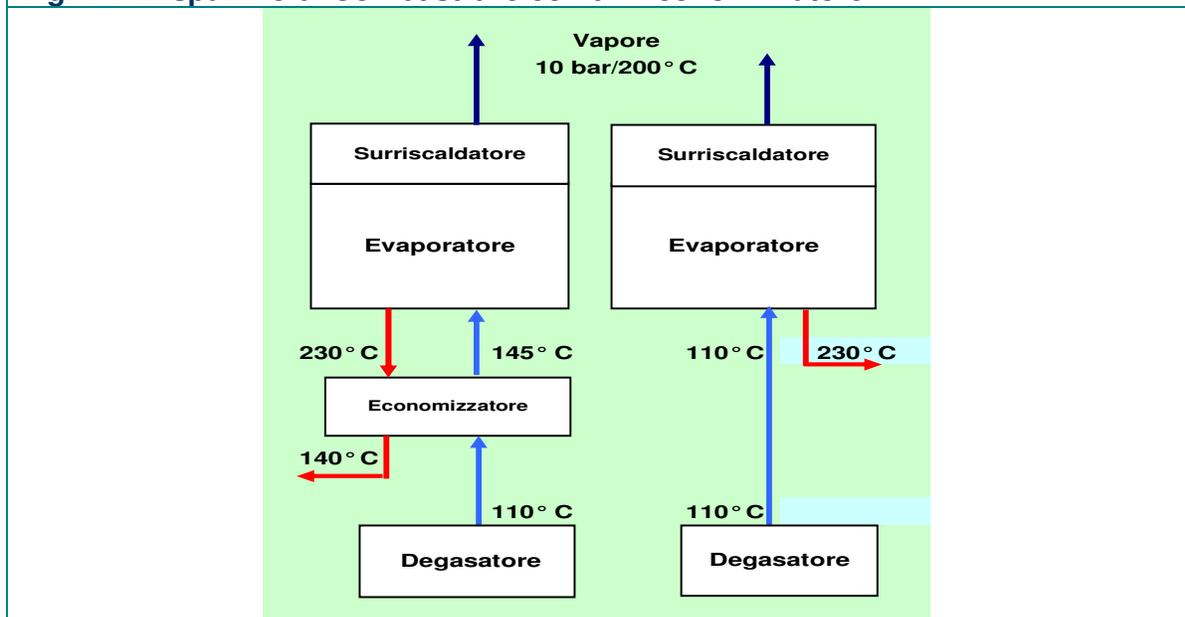
**Fig. 11 - Caldaia Fire Tube**


I Gas di combustione entrano nei tubi in un flusso turbolento, che è poi trasferito in un flusso laminare subito dopo essere entrati nel secondo passaggio; si forma così uno strato di confine di Gas più freddo che ritarda il trasferimento di Calore all'acqua.

Per mantenere un flusso più turbolento possono essere inseriti dei cosiddetti *Turbulators* nei tubi che aumentano il trasferimento di Calore. I *Turbulators* sono fasce di acciaio a serpentina che possono essere inserite nel 2° e 3° passaggio. Possono anche funzionare per equilibrare il trasferimento totale di Calore lungo i tubi. Esse aumentano l'efficienza della vostra Caldaia in quanto si genera più Vapore a parità di Combustibile impiegato, e temperature inferiori al Camino inferiori.

Di seguito si dà un esempio per quantificare il risparmio di Combustibile che è possibile ottenere mediante l'impiego di un Economizzatore.

La successiva Fig. 12 di cui alla seguente pag. 60 mostra due tipi di Caldaia che generano 20 t/h di vapore, a 10 bar, a 200 °C. Una di esse è senza Economizzatore: qui l'Acqua di alimentazione della Caldaia viene mandata dal Degasatore direttamente all'Evaporatore. Mentre l'altra Caldaia ha l'Economizzatore, per cui in questa l'Acqua di alimentazione della Caldaia viene pre-riscaldata approssimativamente a 145 °C. Senza Economizzatore la temperatura al Camino raggiunge i 230 °C; nel caso sia presente un Economizzatore, la temperatura è di 140 °C.

**Fig. 12 - Risparmio di Combustibile con un Economizzatore**


La seguente Tab. 15 fornisce la percentuale di risparmio di Combustibile con un Economizzatore per una Caldaia a Vapore di 20 t/h.

**Tab. 15 - Risparmi derivanti dall'Economizzatore**

			Snz Eco	Con Eco
<b>Vapore</b>		t	20	20
	pressione	bar	10	10
	temperatura	°C	200	200
<b>Acqua Aliment.Caldaia</b>		t	21	21
	temperature	°C	110	110
<b>temp.uscita Eco</b>		°C		145
<b>temperatura Camino</b>		°C	230	140
<b>Efficienza caldaia</b>		%	86	90
<b>Comb per tonn Vapore</b>		GJ/t	2,750	2,6
<b>Perc risparmio Comb</b>		%		4%

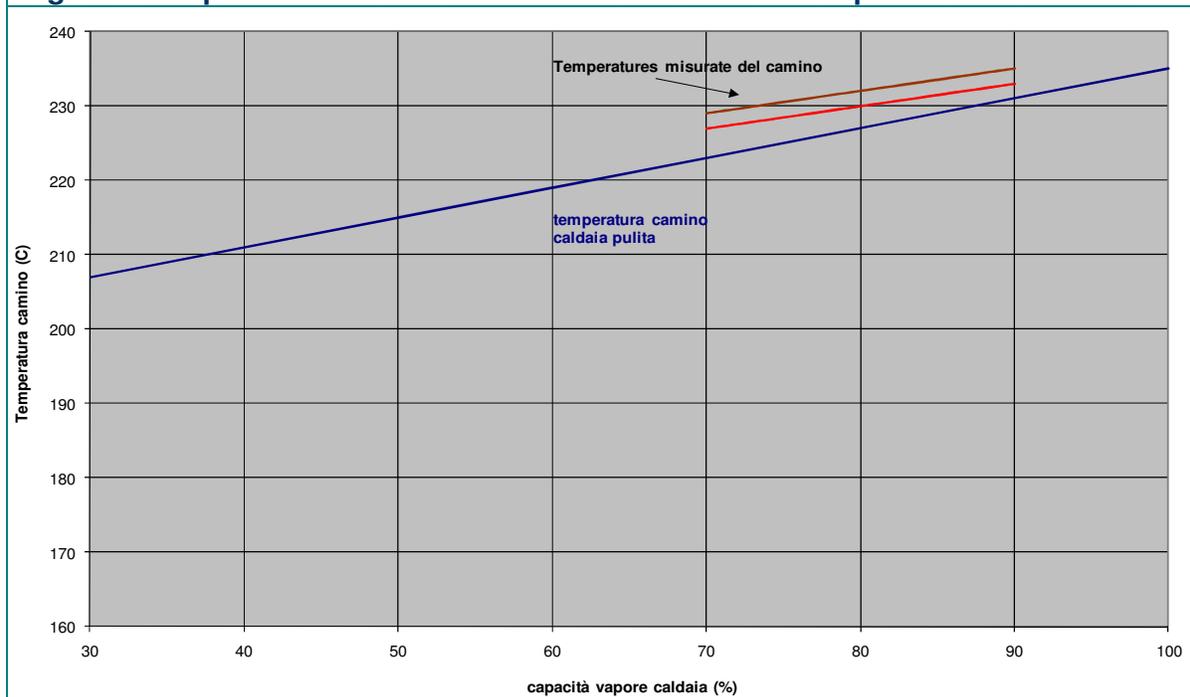
Nel caso fosse impiegato un Combustibile contenente Zolfo, la Temperatura Minima del Camino dovrebbe mantenersi al di sopra del punto di rugiada dello Zolfo ( $\text{SO}_2/\text{SO}_3$ ) presente nei gas di scarico (l'Acqua di alimentazione della Caldaia circa al di sopra dei 140°C), e per i Combustibili senza Zolfo, quali il Gas Naturale, al di sopra del punto di rugiada dell'Acqua dei gas di scarico (Acqua di alimentazione della Caldaia sopra i 70°C) onde evitare corrosioni consistenti negli Economizzatori e nei Pre-Riscaldatori.

Con il Gas Naturale come Combustibile, potreste anche considerare di installare degli Economizzatori condensanti di acciaio inossidabile, che sono in grado di utilizzare parte del Calore di Condensa dei Vapori dell'Acqua nei gas di scarico come Calore utile a Basse Temperature.

## Pulizia delle superfici di scambio della Caldaia e temperature del Camino

È importante conoscere la relazione tra la Temperatura dei Gas combustivi e la produzione di Vapore delle vostre Caldaie. Se sono presenti incrostazioni o sporco nella vostra Caldaia, questa Temperatura aumenterà, dandovi un chiaro segnale che la vostra Caldaia deve essere pulita. Ciò è mostrato nella seguente Fig. 13, che indica la Temperatura dei Gas combustivi di una Caldaia dopo l'Evaporatore (prima di entrare nell'Economizzatore).

**Fig. 13 - Temperatura dei Gas combustivi in relazione alla capacità della Caldaia**



## Consumo di Energia in Sala Caldaie

I maggiori consumatori di Energia sono le Pompe dell'Acqua di alimentazione alla Caldaia ed i Ventilatori dell'Aria di combustione. A causa della funzione così cruciale dello *stand-by*, normalmente si tengono in funzione 2 Caldaie al 100% o 3 Caldaie al 50% della capacità richiesta della Pompa, con elevate perdite dovute allo strozzamento. Per risparmiare Energia con le vostre Pompe di Acqua di alimentazione alla Caldaia, potete considerare di installare dei Motori a Velocità Variabile. Per maggiori informazioni vedere il capitolo del presente manuale sui Motori ed Azionamenti a Velocità Variabile. Verificate le efficienze delle diverse Pompe nella Sala Caldaie. Qualora esse operino con scarsa efficienza (al di sotto del 50%), sappiate che potreste conseguire importanti risparmi rinnovando l'attrezzatura con Pompa e Motore più efficienti.

## Perdite per Irraggiamento

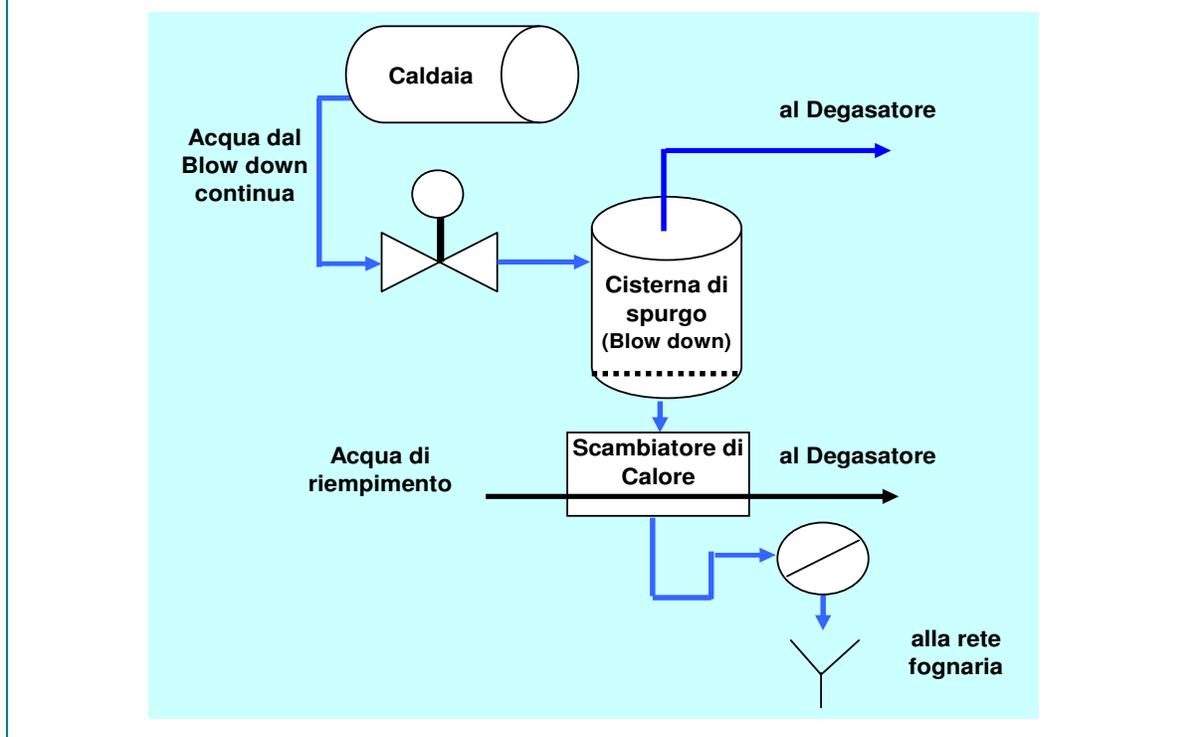
Si hanno delle Perdite per Irraggiamento dalle superfici calde delle Caldaie e dalle tubazioni, valvole ed altre apparecchiature, quali Serbatoi e Pompe. Per una Caldaia ben tenuta, le perdite per *irraggiamento* sono intorno all'1% della capacità termica della Caldaia stessa. Queste radiazioni sono una quantità fissa indipendente dal carico della Caldaia. Dal momento che molte caldaie lavorano a carico parziale, le perdite per *irraggiamento* non dovrebbero essere sottovalutate. Dovreste controllare con regolarità l'isolamento e fare le riparazioni necessarie. Utilizzate un isolamento rimovibile sulle valvole che vengono regolarmente utilizzate.

## Funzionamento del Degasatore

La Condensa di ritorno e l'Acqua di rabbocco sono inviate al Degasatore per rimuovere l'ossigeno e la CO<sub>2</sub> libera dall'Acqua di alimentazione della Caldaia, al fine di evitare la sua corrosione. Per ottenere ciò si spruzza Condensa e acqua di rabbocco nella parte superiore del Degasatore. Riscaldando l'Acqua, questi gas, insieme a parte del vapore, vengono scaricati dal Degasatore. Normalmente un incremento della Temperatura dell'acqua in ingresso di 10-15°C è sufficiente per raggiungere un contenuto residuo di ossigeno accettabile nell'Acqua di alimentazione della Caldaia di meno di 10 ppb (parti per miliardo). Il Degasatore funziona ad una Pressione (e Temperatura di Saturazione) fissa, attraverso l'erogazione di una quantità di Vapore controllata. La Pressione impostata non dovrebbe essere troppo elevata, perché ciò richiederebbe troppo Vapore per riscaldare l'Acqua in ingresso (che è un modo di scaldare l'Acqua di alimentazione della Caldaia piuttosto inefficiente). Un normale intervallo dei valori di impostazione della Pressione va da 1.2 a 1.5 bar (Temperatura da 105°C a 110°C).

## Spurgo della Caldaia

Per controllare la qualità dell'Acqua della Caldaia è necessario operare periodicamente uno spurgo della stessa (*blow-down*), al fine di evitare l'accumulo di sostanze contaminanti (quali ad esempio cloruri, solfati, etc.). La frequenza delle operazioni di Spurgo richieste può essere minimizzata con un buon trattamento della Acque di alimentazione della Caldaia (per maggiori dettagli vedere la sezione corrispondente). Il calore delle Acque di Spurgo non dovrebbe andare sprecato, pertanto se ne consiglia il recupero tramite un *flash tank* per la separazione dei liquidi e dei gas di Spurgo. Il Vapore *flash* può essere utilizzato nel Degasatore. Il Calore della restante Acqua di Spurgo può essere ulteriormente utilizzato per riscaldare l'Acqua di rabbocco. Nella Fig. 14 della seguente pag. 63 si dà uno schema di un sistema di Spurgo efficiente dal punto di vista energetico.

**Fig. 14 - Blow-down continuo**


### Immissione dell'Aria di combustione

Con Caldaie interne, il punto di immissione dell'Aria di combustione dovrebbe essere di preferenza in cima alla Sala Caldaie, al fine di immettere Aria calda. Se c'è ancora spazio per ulteriori riduzioni della Temperatura dei gas combusti, potete considerare di installare un pre-riscaldatore per riscaldare l'Aria di combustione. Questo aumenterà l'efficienza della Caldaia.

### Suggerimento

**Ogni aumento di 20°C della Temperatura dell'Aria di combustione, corrisponde ad una riduzione di fabbisogno della Caldaia pari all'1% circa del Combustibile.**

### Distribuzione del Vapore

Ai punti di consumo il Vapore deve essere erogato secco e pulito. Le linee di distribuzione dovrebbero essere dimensionate correttamente per evitare una caduta di Pressione eccessiva nel sistema e il rischio di erosione/corrosione, dovuto a velocità troppo alte. Il supporto della tubazione deve essere progettato adeguatamente per resistere alla dilatazione dovuta alle variazioni di Temperatura. Le linee di distribuzione

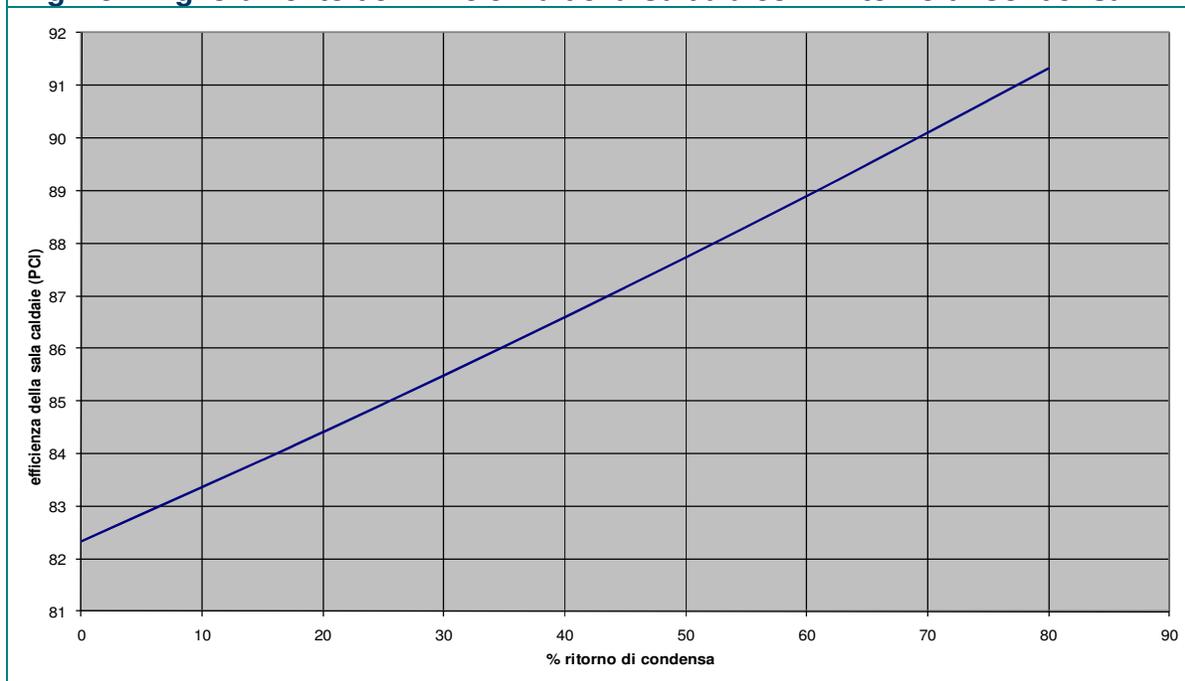
dovrebbero avere un adeguato isolamento ed avere un sufficiente numero di trappole per rimuovere qualsiasi formazione di condensa dalle linee. Isolate dal sistema le parti inutilizzate della distribuzione del vapore con valvole di isolamento adeguatamente posizionate.

## Ritorno di Condensa

La raccolta ed il ritorno della Condensa nella Caldaia determinano un risparmio energetico che può rivelarsi sostanziale. È necessario sapere da dove proviene la condensa di ritorno e che sia priva di contaminazioni (quali componenti organici, cloruri, etc.), per poterla riutilizzare nella Caldaia senza gravi rischi di corrosione. Quindi risulta essere una importante precauzione il monitoraggio della qualità della Condensa, specialmente per quanto riguarda i componenti organici.

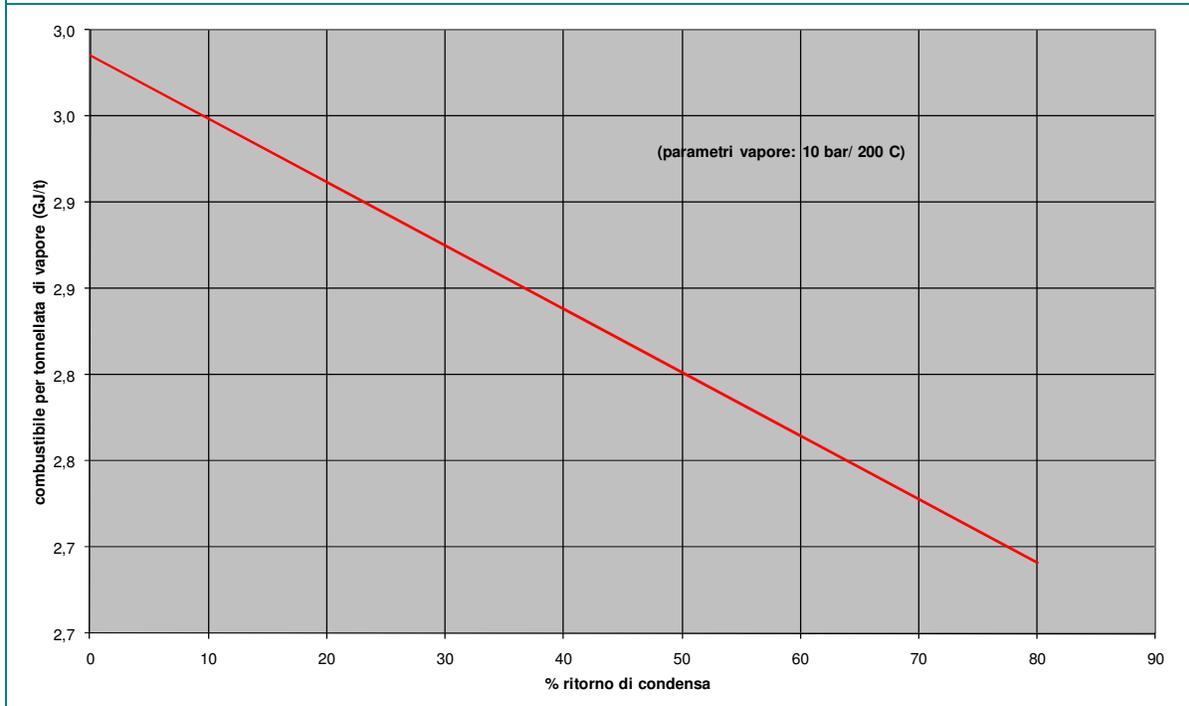
La seguente Fig. 15 illustra gli effetti positivi del Ritorno di Condensa sull'efficienza complessiva della Caldaia.

**Fig. 15 - Miglioramento dell'Efficienza della Caldaia con il ritorno di Condensa**



Come si può notare, quando si arriva a recuperare fino all'80% della Condensa l'efficienza generale della Caldaia può migliorare anche del 10%. Questo fenomeno può portare ad un consistente risparmio di Combustibile (vedere la Fig. 16 della seguente pag. 65).

**Fig. 16 - Risparmio di Combustibile per generare il Vapore con ritorno di Condensa**



Per permettere la raccolta e il ritorno di Condensa, è di grande importanza progettare dei sistemi di drenaggio e recupero. Un drenaggio scarso di Condensa può avere come risultati una scarsa prestazione degli Scambiatori di Calore, erosione e/o corrosione e colpi d'ariete nel sistema della Condensa.

La progettazione di dettaglio e l'ingegneria dei sistemi di Condensa non rientrano tra gli scopi di queste Migliori Prassi. Detto ciò, di seguito si indicano comunque alcuni consigli e suggerimenti per realizzare una "buona" progettazione:

- assicurarsi che le trappole per il Vapore e le linee di Condensa siano adeguatamente dimensionate. Le linee di ritorno della Condensa devono essere progettate sulla base di un flusso a due fasi (acqua + vapore *flash*);
- utilizzare Valvole del Vapore adeguate per le applicazioni. Consultate dei fornitori in grado di aiutarvi a fare la giusta scelta;
- non raggruppare mai Scambiatori di Calore controllati individualmente sulla stessa Valvola del Vapore, perché ciò può facilmente causare l'intasamento di Condensa ed il malfunzionamento degli Scambiatori di Calore;
- assicurarsi che la Condensa possa essere drenata facilmente dagli Scambiatori di Calore e che non si verificano intasamenti: le Valvole del Vapore dovrebbero

avere le giuste dimensioni, dovrebbe esserci un sufficiente Differenziale di Pressione sulla Valvola per spingere fuori la Condensa;

- assicurarsi che la disposizione delle tubazioni attorno agli Scambiatori di Calore (installazione di interruttori a vuoto, linee di equilibrio di Pressione, etc.) permetta alla Condensa di essere drenata liberamente;
- assicurarsi che la Pressione del Sistema del Vapore, il controllo del funzionamento degli Scambiatori e la Pressione nel Sistema di Condensa siano compatibili per consentire un adeguato drenaggio ed un adeguato ritorno di Condensa.

Gli allacciamenti delle linee di drenaggio della Condensa dovrebbero sempre essere sopra alla linea di ritorno della Condensa.

### **Ispezionare e riparare le trappole per la Condensa**

Quando il vapore viene utilizzato negli scambiatori, esso viene condensato nella fase ad acqua. Le valvole del vapore sono utilizzate negli impianti a vapore e sugli scambiatori di calore per rimuovere la condensa. Le valvole del vapore sono disponibili in un'ampia varietà di modelli. È importante utilizzare il tipo giusto di valvole per la giusta applicazione. Conviene consultare l'abituale fornitore delle valvole per il vapore per essere certi che le vostre siano del modello adatto e siano installate correttamente.

Su questo argomento esiste sufficiente letteratura, che potrete facilmente reperire ed utilizzare. Dovreste ispezionare con regolarità il funzionamento delle valvole del vapore, perché, se si guastano, del vapore vivo fuoriesce nel sistema della condensa oppure nell'atmosfera; oppure, se si intasano, potrebbero verificarsi dei colpi d'ariete nell'impianto della condensa.

Gli intasamenti possono essere individuati utilizzando delle misurazioni a Temperature infrarosse proprio a valle della Valvola di Controllo del Vapore e appena prima della Valvola del Vapore. Se vi accorgete di un sottoraffreddamento (superiore ai 20°C) questo potrebbe essere un segnale di malfunzionamento.

Le perdite di Vapore possono essere individuate spesso tramite una semplice ispezione visiva della Valvola. Un'altra possibilità è quella di utilizzare dei rilevatori ad ultrasuoni. Molte valvole del vapore funzionano a cicli, così con un'ispezione ad ultrasuoni potete sentire se stanno funzionando correttamente.

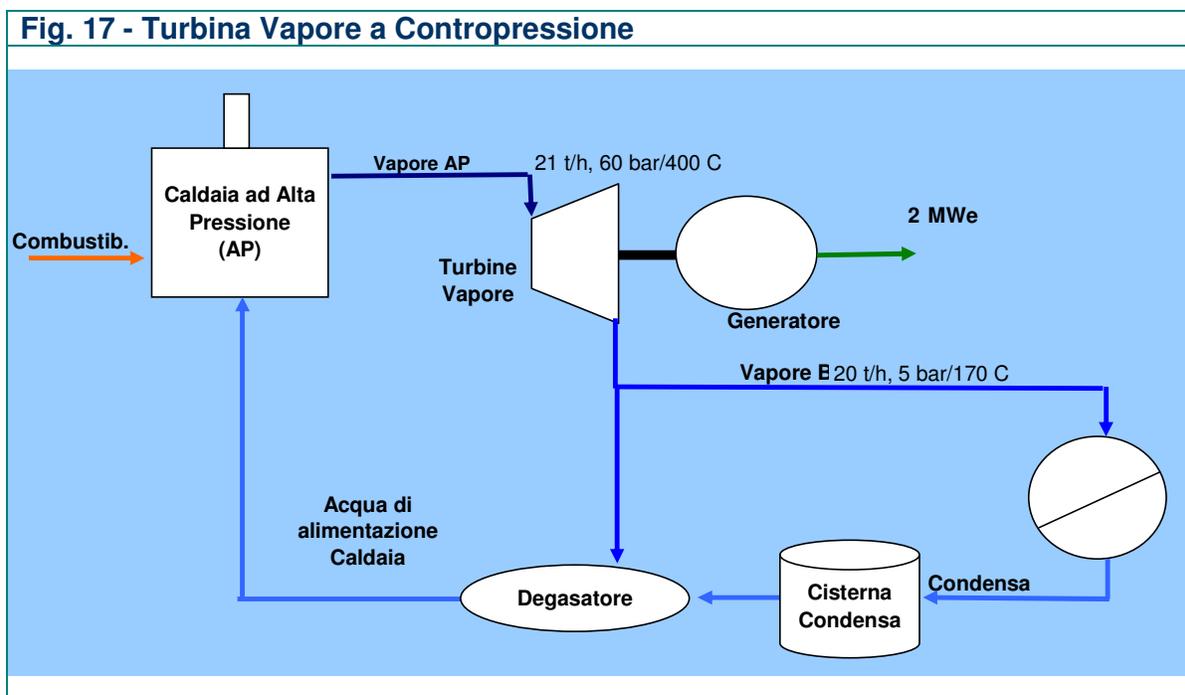
### **Impiegare il fabbisogno minimo di Vapore per soddisfare parte del consumo di Elettricità**

La maggior parte degli Impianti Chimici impiega Vapore a Bassa Pressione (BP), cioè ad una pressione pari o inferiore ai 10 bar. Nel caso un'Impresa abbia un fabbisogno minimo di 15 t/h di Vapore in BP, per oltre 6.000 ore all'anno, potreste prendere in considerazione l'ipotesi di soddisfare tale domanda energetica di base del Vapore BP con un impianto che generi anche della Elettricità.

Ciò può essere realizzato tramite l'installazione di una Caldaia per il Vapore ad Alta Pressione (AP) e di un Generatore della Turbina a Vapore di Contropressione. La caldaia AP produce il Vapore che viene mandato alla Turbina, dove si espande a Vapore BP, che viene a sua volta inviato all'impianto di distribuzione del Vapore (lo schema è illustrato nella seguente Fig. 17 di cui alla presente pagina).

L'Energia nel Vapore ad AP è utilizzata nel Generatore a Turbina per produrre Energia Elettrica. La generazione di Vapore ad AP anziché a BP richiede solo un quantitativo di Combustibile extra-marginale, così che l'Energia Elettrica viene generata con un'efficienza molto elevata e di conseguenza a costi variabili molto bassi. Con riferimento alla valutazione di questa opzione si dovrà tener conto del costo di investimento della Caldaia Vapore AP e dell'unità a Turbina. In situazioni di costruzione *ex-novo*, tale soluzione rappresenta sicuramente un'opzione economicamente interessante.

Nella seguente Fig. 17, in cui si illustra questa opzione, si mostra una situazione in cui vengono impiegate 20 t/h di vapore a 5 bar. Il Vapore è generato nella sala caldaie a 60 bar, 400°C. Questo vapore AP si espande nella Turbina Vapore in Contropressione a 5 bar. Il Generatore a Turbina può produrre 2 MWe.



La Tab. 16 di cui alla seguente pag. 68 mostra un confronto con le condizioni operative in una situazione in cui non sia stata installata la Turbina a Vapore.

**Tab. 16 - Benefici di una Turbina a Vapore**

		<b>Snz Turbina</b>	<b>Turbina</b>
<b>Condizioni Vapore ai punti di consumo:</b>			
Vapore	t/h	20	20
Pressione	bar	5	5
Temperatura	°C	170	170
Entalpia	MJ/t	2789	2789
<b>Condizioni Vapore in sala Caldaie:</b>			
Vapore	t	20,5	20,5
Pressione	bar	7	60
Temperatura	°C	190	400
Entalpia	MJ/t	2821	3180
<b>Produzione di Energia Elettrica:</b>			
Capacità	kW		2000
Elettricità Generata	kWh/h		2000
	kWh/t		100
<b>Consumo Combustibile:</b>			
Combustibile	GJ/h	56,4	64,6
<b>Combustibile extra per en. Elettrica</b>			
Combustibile en. Elettr.	GJ/h		8,2
Efficienza El.	%		<b>88</b>

Nella situazione “con Turbina” viene utilizzata una quantità maggiore di combustibile, perché viene generato del vapore con un’entalpia maggiore. A confronto con la situazione “senza Turbina” il combustibile extra è 8.2 GJ per ora. Con questo combustibile extra possono essere generati 2 MWh di Energia Elettrica, quindi l’efficienza elettrica è  $(2 \text{ MWh} = 2 \times 3.6 \text{ GJ el})/8.2 \text{ GJ combustibile}$  è pari all’88%. Supponiamo che il vostro combustibile sia gas naturale con un prezzo di €6/GJ, allora il prezzo variabile dell’Energia Elettrica è €25/MWh. Se i costi evitati per l’acquisto dell’energia elettrica sono €80/MWh, il vostro risparmio annuo su 7.000 ore di lavoro all’anno potrebbe essere  $(80 - 25) \times 2 \times 7.000 = €770.000/\text{anno}$ .

### Ottimizzare il Trattamento dell’Acqua

Nel ciclo Acqua/Vapore si richiede un continuo rabbocco dell’Acqua (*Make up water*) per compensare le perdite di Vapore e di Condensa, ad esempio nel caso in cui la Condensa sia troppo contaminata per essere riutilizzata, oppure quando il Vapore viene utilizzato nel processo, etc. L’Acqua non trattata contiene degli elementi contaminanti, quali il calcio, il magnesio, i cloruri e dei gas disciolti, quali O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub>, che provocherebbero seri problemi di corrosione e di incrostazioni negli impianti della Caldaia e della Condensa. Il trattamento dell’Acqua di Alimentazione della Caldaia e delle Acque della Caldaia è di fondamentale importanza per una generazione del Vapore affidabile ed efficiente.

I seguenti parametri del ciclo Acqua/Vapore dovrebbero essere verificati periodicamente al fine di escludere fenomeni di corrosione e assicurare una generazione del Vapore senza problemi:

- ridurre adeguatamente la durezza dall'Acqua di rabbocco: la presenza del bicarbonato di Calcio (Ca) e/o Magnesio (Mg) è tra le cause principali di incrostazioni nella Caldaia. Esso può essere rimosso dall'Acqua di riempimento aggiungendo un impianto di addolcimento: qui l'Acqua passa attraverso un *letto di resine a scambio ionico* che sequestra gli ioni di Calcio (Ca) e Magnesio (Mg) sostituendoli con ioni di Sodio (Na), molto più solubili, che riducono così la durezza dell'Acqua. Per le Caldaie a Vapore fino ai 20 bar questo processo è spesso sufficiente. Per Caldaie che funzionano ad una Pressione superiore è spesso richiesta una ulteriore de-mineralizzazione dell'Acqua di rabbocco;
- mantenere la conducibilità dell'Acqua della Caldaia al di sotto dello standard applicabile: nell'evaporatore si forma del vapore pulito che lascia dei contaminanti nell'Acqua della Caldaia. Per evitare concentrazioni troppo alte di questi componenti, in particolare dei Cloruri di Sodio (Na), un certo quantitativo di acqua viene costantemente drenato attraverso l'impianto;
- verificare con i parametri standard dell'Acqua disponibile se la vostra frequenza di *blow down* è correttamente impostata;
- mantenere il pH dell'Acqua della Caldaia entro i limiti di alcalinità richiesti: l'Acqua della Caldaia deve essere sufficientemente alcalina per formare uno strato di magnetite sui tubi di acciaio per prevenire la corrosione acida della Caldaia. È possibile realizzare ciò aggiungendo una piccola dose di NaOH;
- verificare la rimozione di CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> nel Degasatore: O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> libere nella condensa e nell'acqua di riempimento vengono rimosse nel Degasatore. Il restante quantitativo di O<sub>2</sub> nell'Acqua di alimentazione della Caldaia dovrebbe essere al di sotto dello standard applicabile per la vostra Caldaia;
- verificare le misure protettive per evitare la corrosione acida nel sistema della Condensa di ritorno: i bicarbonati (-HCO<sub>3</sub>) presenti nell'Acqua di alimentazione della Caldaia passano nel Degasatore dove si libera la CO<sub>2</sub> presente. Qualora non si prendano misure preventive, la CO<sub>2</sub> in uscita dalla Caldaia insieme al Vapore può causare corrosione nel sistema della Condensa. Per questa ragione vengono aggiunti all'Acqua degli alcalinizzanti volatili, quali l'ammoniaca;
- verificare la Condensa di ritorno per le contaminazioni, in particolare per la presenza di componenti organici che provocherebbero corrosione e presenza di sporco nella Caldaia. Tale controllo è una funzione preventiva. Qualora la Condensa sia contaminata, questa deve essere scaricata.

Qualora manchino all'interno dell'Impresa conoscenze e esperienze nel trattamento delle acque, potete considerare di affidare la loro gestione a imprese qualificate esterne.

## ***Elenco degli interventi raccomandati***

Di seguito si riportano alcuni interventi che fanno parte di un “comportamento diligente”:

- periodicamente, e almeno una volta all’anno, deve prevedersi un’ispezione ed una manutenzione della Caldaia e delle apparecchiature ad essa collegate;
- tracciare la tendenza dell’efficienza di tutte le Caldaie almeno mensilmente, in relazione al Vapore prodotto;
- qualora vi siano Caldaie multiple in parallelo, applicare una gestione dei carichi per ottimizzare l’efficienza complessiva;
- assicurare una combustione sicura ed affidabile nelle vostre Caldaie con un sistema di salvaguardia del Bruciatore conforme agli standard di sicurezza;
- misurare l’eccesso di O<sub>2</sub> nei gas combusti della Caldaia e regolare il rapporto Aria/Combustibile in modo da ridurre l’eccesso d’Aria di Combustione al livello quantitativo minimo accettabile, al fine di minimizzare le perdite del Camino;
- controllare e riparare l’isolamento di Caldaie, Tubazioni e Valvole se necessario;
- assicurarsi che il trattamento dell’acqua di alimentazione Caldaie e del ritorno di Condensa sia conforme alle norme, e che il sistema funzioni regolarmente;
- assicurarsi che vengano fatte analisi periodiche di campioni di acqua;
- controllare l’impostazione del Rapporto di Spurgo in relazione alla qualità dell’Acqua della Caldaia;
- controllare che il Degasatore funzioni alla pressione minima richiesta;
- verificare il funzionamento delle trappole del Vapore;
- controllare le perdite di Vapore nel sistema;
- controllare periodicamente la presenza di incrostazioni e sporco nelle caldaie;
- controllare periodicamente la presenza di sporco ed incrostazioni sulle superfici degli Scambiatori di Calore.

## Generazione del Calore

<b>Opportunità di breve termine / investimenti a basso costo</b>	
<b>Opportunità di risparmio energetico</b>	<b>Azioni da verificare</b>
1. Minimizzare l'eccesso di aria di combustione	1. Tenere sotto controllo il rapporto CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub>
2. Mantenere il grado di combustione al massimo livello (combustione completa)	2. Misurare la formazione di fuliggine/CO
3. Mantenere pulita la caldaia (fuliggine/incrostazioni)	3. Monitorare aumento temperatura gas combusti
4. Riparare (sostituire) l'isolamento della caldaia	4. Ispezionare periodicamente le condizioni dell'isolamento termico della caldaia.
5. Isolare termicamente il serbatoio dell'acqua di alimentazione e coprirlo	5. Verificare eventuali cali della temperatura dell'acqua di alimentazione
6. Isolare le linee di ritorno della condensa	6. Verificare eventuali perdite di calore dalle linee di ritorno della condensa.
7. Ottimizzare la qualità dell'acqua di rabbocco e di quella di alimentazione	7. Monitorare qualità acqua di rabbocco e alimentazione: durezza, acidità e concentraz. di O <sub>2</sub> .
8. Minimizzare lo spurgo	8a. Tenere sotto controllo la concentrazione dei solidi disciolti nell'acqua della caldaia. 8b. Migliorare i controlli sullo spurgo
9. Mantenere nelle condizioni previste dal manuale dell'impianto gli ugelli, le griglie, l'alimentazione del combustibile, la pressione e la temperatura	9°. Assicurarsi che le specifiche esistano e vengano applicate. 9b. Eseguire dei controlli regolari, reimpostando i parametri previsti dal manuale e la manutenzione.
10. Massimizzare la temperatura dell'aria di combustione	10. Prelevare l'aria dal punto più alto della sala caldaie.
11. Ridurre la pressione del vapore qualora superi i valori previsti dal processo	11. Controllare i requisiti richiesti dal processo/sistema; impostate i controlli.
12. Utilizzare un condotto per recuperare l'aria calda di combustione più calda	12. Installare un condotto per recuperare l'aria di combustione nella parte più alta della sala caldaie.
13. Installare un rilevatore automatico di perdite di gas.	-
14. Riparare i tubi del vapore che perdono.	-
<b>Opportunità di lungo termine / investimenti maggiori</b>	
<b>Opportunità di risparmio energetico</b>	<b>Azioni da verificare</b>
1. Convertire 1 o + caldaie in serbatoi tampone ( <i>buffer tanks</i> ) per far fronte a rapide variazioni di fabbisogno	1. Analizzare fabbisogno e valutare profili cambiamento.
2. Modificare i controlli in "Alto-Basso-Spento" oppure "Fiamma Modulante-Basso-Spento"	2. Analizzare fabbisogno e valutare profili cambiamento.
3. Installare il recupero istantaneo del calore del vapore	3. Considerare situazioni di elevata capacità con continui/frequenti scarichi dello spurgo.
4. Migliorare i controlli della combustione.	4a. Adeguare l'alimentazione al fabbisogno reale. 4b. Minimizzare l'inquinamento da combustibile. 4c. Proteggere il personale e le attrezzature.
5. Recuperare il calore di scarto	5a. Installare un economizzatore 5b. Installare un preriscaldatore dell'aria (recuperatore)
6. Installare un recupero del calore dello spurgo della caldaia.	6. Considerare situazioni di elevata capacità con continui/frequenti scarichi dello spurgo.
7. Utilizzare un processo integrato	7. Abbinare unità di processo che richiedono quantità di calore significativamente diverse (ad es. impiego del vapore a BP proveniente da un processo di produzione che utilizza vapore AP).

Fonte: [www.bess-project.info](http://www.bess-project.info)

## ***Ulteriori informazioni***

### **Esempio di *Best Practice* per migliorare le *performance* di un Generatore di Vapore**

Un'Impresa partecipante al Progetto CARE+ ha installato una nuova Caldaia del Vapore dotata di Economizzatore per il recupero del calore, risparmiando il 12% sui consumi annuali di Energia e risparmiando sulla bolletta del Gas Naturale (pari a circa 120.000 €/anno). Il periodo necessario all'Impresa per rientrare dell'investimento (*pay-back period*) è stato stimato in 2,05 anni.

## ***Bibliografia***

1. *Steam and high temperature hot water, introducing energy savings opportunities for business*, Pubblicazione "Carbon Trust" CTV018.  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
2. *Improving Steam System Performance - A Sourcebook for Industry*, Pubblicazione dell'U.S. Department of Energy (DOE), Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (EERE).  
[www.eere.energy.gov](http://www.eere.energy.gov)
3. *Steam System Opportunity Assessment for the Pulp and Paper - Chemical Manufacturing and Petroleum Refining Industries*, Pubblicazione dell'U.S. D.O.E., Office of EERE.  
[www.eere.energy.gov](http://www.eere.energy.gov)

## Migliore Prassi 5: **Come risparmiare Energia nei Sistemi di Aria Compressa**

Il Sistema dell'Aria Compressa richiede l'impiego di attrezzature energivore assai diffuse nell'Industria Chimica. Poiché l'Aria Compressa è facile e comoda da impiegare viene spesso utilizzata in modo improprio e scelta per applicazioni per le quali esistono ottime alternative più efficienti ed economiche dal punto di vista del consumo di Energia. L'Aria Compressa è percepita come un prodotto a costo trascurabile e non ci si rende conto dei costi di Energia ad essa associati, relativamente elevati. Per questo motivo per realizzare dei risparmi non è sufficiente ricercare l'efficienza nella produzione di Aria Compressa, ma è necessario investigare su come ridurre il consumo modificando il comportamento dei suoi utilizzatori.

Nel seguito di questa Migliore Prassi verranno presentate informazioni relative ai seguenti argomenti:

- elementi per la valutazione dell'uso attuale di Aria Compressa, con lo scopo di individuare eventuali alternative disponibili per ridurre il consumo;
- suggerimenti per la determinazione di quantità e costi associati al consumo dell'Energia da parte del Sistema dell'Aria Compressa;
- opportunità di riduzione del consumo di Aria Compressa;
- opportunità di ottimizzazione della fornitura di Aria Compressa;
- altre opzioni di risparmio di Energia nel Sistema dell'Aria Compressa.

### **Dove si usa l'aria compressa nel processo industriale?**

L'Aria Compressa viene impiegata in diverse applicazioni, quali ad esempio:

- nel trasporto di merci o per i cuscini ad aria negli utensili ad alta precisione;
- in numerose applicazioni nella tecnologia industriale del vuoto, ed in tutta una serie di attività di movimentazione dei componenti e imballaggi. In molti casi vengono usati gli eiettori ad aria compressa per creare il vuoto necessario;
- come aria degli strumenti in varie attività di controllo del processo;
- negli impianti può essere utilizzata per alimentare alcuni attrezzi;
- in alcuni altri processi quali l'essiccazione;
- in applicazioni speciali come aria di riserva per la respirazione.

## Analisi della produzione e impiego attuale dell'Aria Compressa

Verificate dove viene impiegata l'Aria Compressa nel vostro impianto e quali sono le condizioni di erogazione in termini di pressione e di punto di rugiada (*Dew point*). Il punto di rugiada è la temperatura ad una certa pressione alla quale il vapore acqueo nell'aria comincia a condensare. Il Punto di rugiada è normalmente specificato come una Temperatura (*Pressure Dew Point - PDP*) alla Pressione di erogazione. Il controllo del punto di rugiada dell'Aria Compressa è importante per evitare la Condensa nel sistema, che può causare seri problemi all'impianto di distribuzione e agli utilizzatori dell'Aria Compressa.

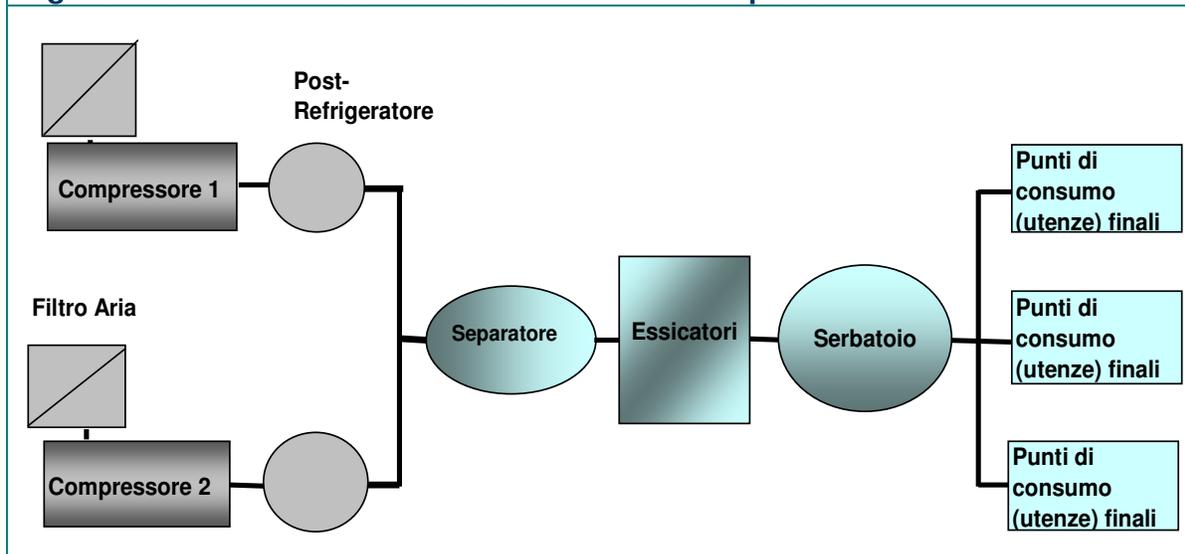
La qualità dell'Aria Compressa è classificata secondo lo standard ISO 8573-1. L'Aria Compressa dovrebbe essere prodotta preferibilmente in Compressori "non lubrificati" (*oil free*), per evitare contaminazioni di tracce di olio lubrificante che possono causare problemi di affidabilità negli strumenti ed in altri utilizzi finali (la separazione dell'olio dai Compressori a vite e dai Compressori alternativi non è mai completa al 100%, e necessita di una supervisione e manutenzione piuttosto frequenti).

## Sviluppare lo Schema a Blocchi con i principali componenti dell'Impianto

Per l'analisi dell'Impianto di Aria Compressa può essere utile sviluppare uno Schema a Blocchi (vedi seguente Fig. 18) che indichi i componenti principali dell'Impianto e le loro caratteristiche (capacità, etc.). Lo Schema a Blocchi deve contenere informazioni su:

- capacità dei componenti principali (Compressori, Essiccatori, Serbatoi);
- condizioni di erogazione dell'aria (pressione e punto di rugiada);
- dove siano posizionati i rilevatori di flusso e pressione;
- utilizzo massimo, medio e minimo dei punti di consumo finali in Nm<sup>3</sup>/h.

**Fig. 18 - Schema a Blocchi del Sistema di Aria Compressa**



I Compressori di Aria sono disponibili in una grande varietà di modelli. I tipi più comuni sono i Compressori alternativi, a vite e centrifughi.

I Compressori alternativi e a vite sono disponibili nelle versioni ad iniezione di lubrificante e senza lubrificante (oppure a secco). Per i modelli ad iniezione di lubrificante è richiesto un separatore d'aria/lubrificante per rimuovere la maggiore quantità di lubrificante possibile dall'Aria Compressa. Per un impianto affidabile ad Aria Compressa è preferibile utilizzare compressori senza lubrificante, perché potrebbero accumularsi delle tracce di lubrificante nel sistema che potrebbero causare gravi problemi per l'utilizzo finale (ad esempio con la strumentazione). L'Aria Compressa che esce dal Compressore è ancora calda e deve essere raffreddata nel post-refrigeratore. Riducendo la Temperatura dell'Aria, il Vapore presente in essa si Condensa. Questa Condensa viene separata e drenata dall'impianto. L'Aria che esce dal filtro/separatore è ancora satura. Per evitare un'ulteriore Condensa a valle dell'impianto, l'Aria viene disidratata tramite degli essiccatori. La loro funzione è quella di controllare il punto di rugiada dell'Acqua dell'Aria Compressa, attraverso la rimozione del Vapore acqueo. Il punto di rugiada richiesto determina quale tipo di essiccatore si deve impiegare.

I tipi di Essiccatori più comuni sono:

- i refrigeranti che, a causa del loro intervallo di punto di rugiada limitato, non possono essere utilizzati in Impianti che operano in condizioni di congelamento (non al di sotto dei 2°C);
- ad assorbimento rigenerativo, che utilizzano un elemento disidratante poroso che assorbe l'umidità dell'aria. Generalmente essi sono composti da due unità separate. L'Aria Compressa, per essere asciugata fluisce attraverso una delle unità, mentre l'essiccatore nell'altra viene rigenerato. Vengono anche utilizzati essiccatori deliquescenti. Essi utilizzano una sostanza di essiccazione assorbente, cioè la sostanza essiccante si consuma mentre cambia da solida a liquida e non può essere rigenerata. Questo tipo di essiccatori può raggiungere dei punti di rugiada fino a - 40°C.
- a membrana semipermeabile che utilizzano una tecnologia sofisticata e riescono ad operare fino a - 20°C.

## **Quantificare l'utilizzo di Aria Compressa e il consumo di Energia Elettrica**

Quanto accurata possa essere l'indagine sulla quantità dell'Aria e sul relativo consumo di Energia Elettrica, dipende da quali misurazioni siano svolte nel vostro impianto:

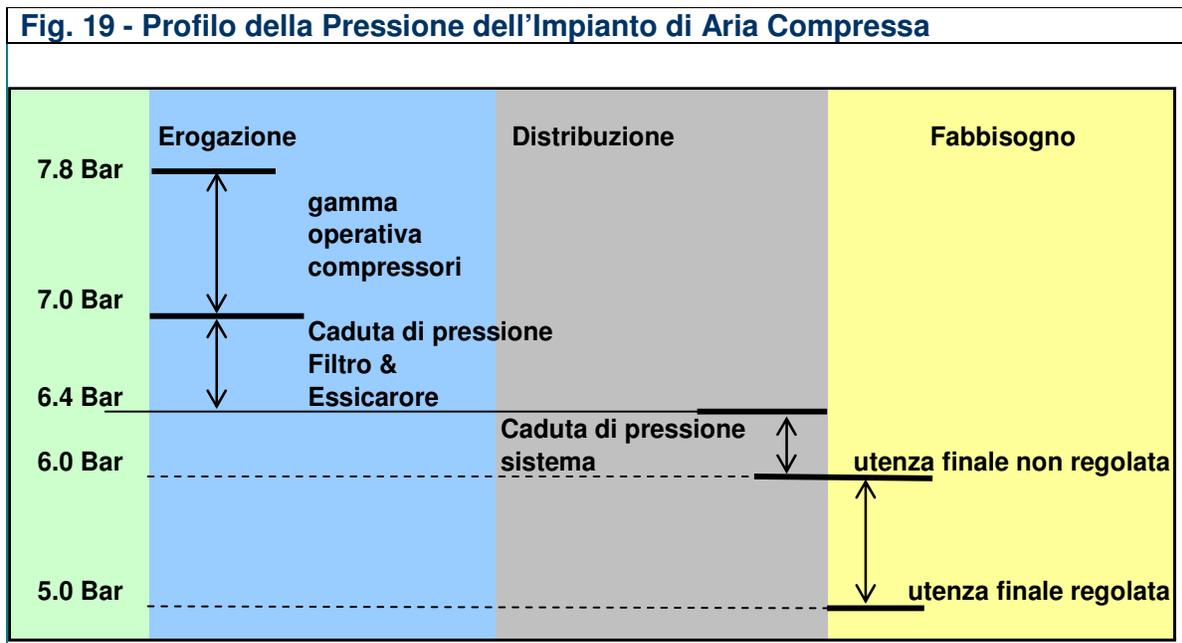
- se sono presenti dei misuratori di flusso installati lungo le linee di erogazione dell'Aria e viene misurato anche il consumo di Energia Elettrica dei Compressori, le rilevazioni vi daranno l'informazione richiesta sulla quantità di Aria e sul relativo consumo di Energia Elettrica;
- se non sono ancora presenti dei flussometri né delle misurazioni sull'Energia Elettrica, potete ricavare dei valori indicativi delle quantità di Aria erogate e del

relativo consumo di Energia Elettrica sulla base delle ore registrate di funzionamento a carico pieno dei Compressori e dalle specifiche (note) del Venditore sulla capacità (Nm<sup>3</sup>/h, oppure Nm<sup>3</sup>/min) e dal consumo di Elettricità. Se vengono registrate anche le ore a carico vuoto dei Compressori, potete includere questa informazione nel vostro calcolo sul consumo di Elettricità.

Come verifica, potete utilizzare degli ampèrometri provvisori per ricavare una misurazione indicativa del consumo di Energia Elettrica.

### Sviluppare il Profilo della Pressione del Sistema

Un altro strumento utile per l'analisi del vostro Impianto è tracciare un profilo di base della pressione. Questo profilo mostra le cadute di pressione nell'Impianto di un determinato flusso. Questa informazione fornirà un dato in ingresso per gli adeguamenti di controllo ed il monitoraggio delle cadute di pressione sui Filtri, Refrigeratori ed Essiccatori. Di seguito, nella Fig. 19, si riporta un esempio.



Tale analisi richiede siano operate una serie di misurazioni della pressione impostata e della pressione differenziale:

- pressione di mandata dell'aria ai compressori;
- pressione in uscita ai compressori (preferibilmente anche nelle fasi intermedie dei compressori a molte fasi);
- pressione differenziale sui refrigeratori, filtri ed essiccatori;
- pressioni rilevate in punti appropriati nella distribuzione ed alle utenze finali.

Dovrete eseguire le misurazioni della pressione in vari momenti al fine di comprendere come stia funzionando il vostro impianto. Preferibilmente dovrebbero essere utilizzati dei registratori di dati per tracciare la tendenza dei flussi dell'aria e delle pressioni dell'impianto. Queste informazioni vi aiuteranno ad ottimizzare il profilo di carico dei vostri compressori e, di conseguenza, il consumo di Energia Elettrica.

### Redigere un bilancio dell'utilizzo di Aria Compressa

Come terza fase per l'accertamento dell'utilizzo di Aria Compressa si consiglia di fare un bilancio dell'aria che fornirà informazioni significative per le indagini sulle opportunità di miglioramento. Un esempio di bilancio dell'aria è dato dalla seguente Tab. 17.

<b>Tab. 17 - Bilancio dell'aria compressa</b>					
<b>1) Produzione di aria compressa</b>					
		<b>Capacità</b>		<b>Ore di funzionamento per mese</b>	<b>Produzione per mese</b>
		Nm <sup>3</sup> /h			Nm <sup>3</sup>
Compressore 1		....		....	....
Compressore 2		....		.....	.....
<b>Produzione totale</b>					<b>X</b>
<b>2) Consumo di aria compressa (stimato)</b>					
<b>Area sito</b>	<b>Tipo di utilizzo</b>	<b>Quantità</b>	<b>Uso Specifico per tipo</b>	<b>Ore a settimana</b>	<b>Consumo a settimana</b>
			Nm <sup>3</sup> /h		Nm <sup>3</sup>
Processo A	Ugelli a spruzzo	10	12	30	3600
	Sistema Vuoto	1	20	40	800
Processo B	....				
.....					
<b>Consumo totale</b>					<b>Y</b>
<b>3) Bilancio</b>					<b>X - Y</b>

Includete nel vostro bilancio anche la pressione dell'aria ed il punto di rugiada minimo, misurato ai punti di consumo.

### Verificare le perdite

Il Bilancio di cui alla precedente Tab. 17 include anche le perdite. Queste possono essere individuate, ad esempio, attraverso un controllo dell'impianto con delle misurazioni ad ultrasuoni. Quantificare le perdite risulta invece più complicato. Una possibilità è quella di fare un test sulle perdite con uno dei compressori dell'aria, mentre tutti gli altri punti di consumo ufficiali sono spenti (almeno quelli per cui non può essere direttamente quantificato il consumo dell'aria). Durante questo test, viene registrato il tempo che il compressore dell'aria impiega per ripristinare la pressione dell'aria. Se, ad esempio, il compressore impiega 10 minuti in un'ora a piena capacità per ripristinare la pressione dell'aria, la perdita è di 1/6 della capacità del compressore. Una misurazione più accurata può essere presa durante questa operazione di test sulle perdite, se viene misurato anche il flusso dell'aria. Un'altra possibilità è quella di misurare il tempo che la pressione impiega nel recipiente di stoccaggio dell'aria nell'impianto a cadere di 1 o 2

bar, con i compressori spenti e con tutti i punti di consumo ufficiali dell'aria disconnessi dal sistema.

Il Volume delle Perdite pertanto risulterà essere dato dalla seguente funzione:

$$VP = VS \times (p1 - p2)/t$$

dove:

<i>VP</i>	=	Volume Perdite (m <sup>3</sup> /min)
<i>VS</i>	=	Volume Recipiente Stoccaggio (m <sup>3</sup> )
<i>p1</i>	=	pressione iniziale nel recipiente di stoccaggio (bar)
<i>p2</i>	=	pressione finale nel recipiente di stoccaggio (bar)
<i>t</i>	=	tempo (minuti)

### **Migliorare la Misurazione e la Registrazione dei Dati**

Considerate i vantaggi derivanti dal miglioramento della vostra misurazione. In alternativa, potreste considerare di usare provvisoriamente i misuratori di flusso e gli amperometri per monitorare la produzione di aria compressa ed il suo utilizzo durante determinati periodi.

### ***Determinare il consumo di Energia ed i costi dell'Aria Compressa***

I costi dell'Energia rappresentano la maggior parte dei costi totali dell'Aria Compressa. Generalmente può essere fatta la seguente suddivisione:

- costi dell'Energia: 75% dei costi totali del Sistema dell'Aria Compressa
- oneri finanziari: 13%
- manutenzione: 12%

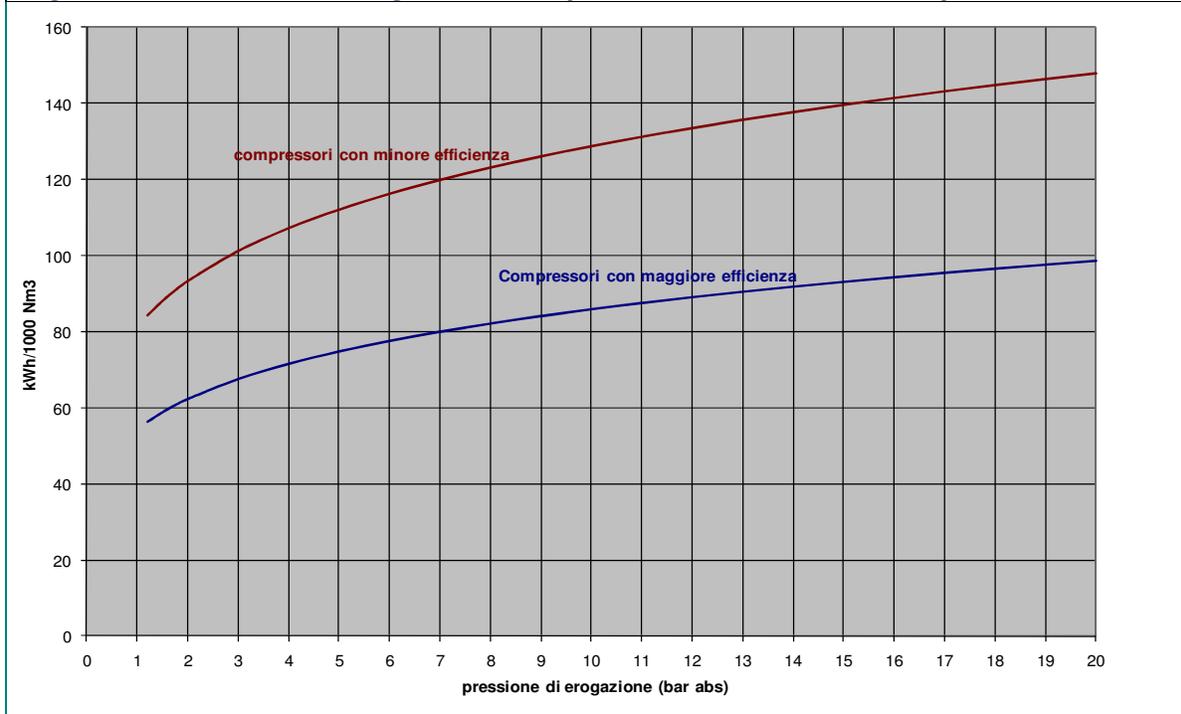
Qualora non siano noti, devono determinarsi innanzitutto quali siano i costi associati all'esercizio di un Sistema di Aria Compressa

Con le informazioni disponibili (descritte già nella Migliore Prassi n. 2) potrete quantificare l'utilizzo di Energia Elettrica in kWh per Nm<sup>3</sup> (oppure kWh per 1.000 Nm<sup>3</sup>) di Aria Compressa. Questo è l'indicatore di Prestazione Energetica più importante da utilizzare con le misure di Efficienza Energetica nell'ambito dell'Aria Compressa. Per ulteriori informazioni sugli Indicatori di *Performance* Energetica andare alla sezione corrispondente del Manuale nella Migliore Prassi n. 2.

Il quantitativo di Energia richiesto per produrre circa 1.000 Nm<sup>3</sup> di Aria Compressa dipende dal tipo di compressore, dalla sua efficienza e dalla pressione di erogazione dell'aria. La quantità di Aria Compressa è spesso espressa in metri cubi *normal* (Nm<sup>3</sup>). Questo è un volume standard ad una pressione di 1.013 bar e ad una temperatura 0°C.

La Fig. 20 di cui alla seguente pag. 79 illustra indicativamente il consumo di Elettricità associato alla produzione di 1.000 Nm<sup>3</sup> di Aria Compressa, in funzione della pressione di erogazione dell'Aria.

**Fig. 20 - Consumo di Energia Elettrica per 1.000 Nm<sup>3</sup> di Aria Compressa**



Come è facile intuire, c'è un significativo incentivo economico a lavorare con pressioni inferiori dell'Aria Compressa, considerato il miglioramento di Efficienza Energetica associato ad un tale comportamento.

## **Opportunità di riduzione del consumo di Aria Compressa**

### **Alternative all'uso di Aria Compressa**

Spesso le alternative sono più efficienti dal punto di vista energetico. Alcuni esempi di impiego non appropriato dell'Aria Compressa sono:

- per il soffiaggio, con tubi o tubazioni non regolabili per: raffreddamento, asciugatura, pulizia, pulizia dei nastri trasportatori, etc. Spesso questi usi possono essere evitati utilizzando delle alternative;
- per l'aspirazione, l'atomizzazione, l'imballaggio, etc. Nella maggior parte dei casi potrebbe essere utilizzato un getto d'aria (*blower*) a bassa pressione, più efficiente;
- per la movimentazione del materiale. In questo caso un getto d'aria a bassa pressione può rappresentare un'alternativa;
- per produrre il vuoto. Per questa applicazione l'Aria Compressa è utilizzata unitamente ad un eiettore (tubo venturi) per tutti i tipi di movimentazione. I

generatori del vuoto posso causare ingenti picchi di carico nella richiesta di Aria Compressa, provocando delle inefficienze nella funzionalità del Compressore. Per generare vuoto a carichi più costanti (circa il 30% del tempo) un'alternativa può essere quella di utilizzare una pompa per il vuoto dedicata, più efficiente e spesso più affidabile nel creare le condizioni adeguate;

- per pistole ad aria e lance a mano. Non utilizzare, anche per motivi di sicurezza, dispositivi a mano a soffio non regolabili. Si dovrebbero utilizzare solo lance ad aria conformi agli standard di sicurezza ed il loro utilizzo dovrebbe essere limitato laddove strettamente necessario;
- per strumenti ad aria invece di strumenti elettrici più efficienti;
- per usi finali non regolabili. Un regolatore di pressione dovrebbe essere posizionato nell'impianto di distribuzione vicino ai punti di consumo finali per utilizzare al massimo la pressione dei punti di consumo finali, altrimenti questi utilizzano la pressione dell'intero impianto; ciò rappresenta la causa potenziale dei problemi di pressione dinamica nel sistema e può introdurre inefficienze sostanziali nella funzionalità del compressore.

### **Individuare e riparare le perdite**

Durante le ore di fermo impianto è possibile rilevare le perdite, che in questa situazione diventano udibili. Un altro modo efficace di rilevazione delle perdite è l'installazione di un rilevatore acustico ad ultrasuoni durante le ore di operatività. In caso di perdite, gli sprechi possono superare anche il 20% dell'Aria Compressa complessivamente prodotta. Le zone più comuni per le perdite sono: accoppiamenti, manichette, tubi, giunture, inserzioni, connettori rapidi, scaricatori di condensa e dispositivi di utilizzo.

### **Utilizzo di attrezzature più efficienti**

L'aria compressa è spesso usata per asciugare, raffreddare e pulire. Utilizzate ugelli efficienti ed effettuate periodicamente la manutenzione per risparmiare aria compressa. Controllate che non venga superata la vita utile di ogni componente. Uno strumento usurato consuma spesso una quantità eccessiva di aria compressa e può influenzare le altre operazioni limitrofe.

Controllate con i fornitori se possono essere riconfigurati i processi di produzione per migliorare l'efficienza.

### **Ottimizzare l'erogazione dell'Aria Compressa**

Le principali aree di miglioramento sono:

- controllare l'intero Reparto dei Compressori dell'Aria (ad es. controllare il carico individuale dei compressori);
- mantenere la pressione dell'aria al livello minimo richiesto;

- prevedere un regolare servizio di manutenzione ai componenti del Sistema dell'Aria.

## Ottimizzare il Reparto dell'Aria Compressa

Il reparto dei Compressori deve cercare di bilanciare l'erogazione ed il fabbisogno ad una pressione dell'Aria di sistema stabile in tutte le variazioni di carico. Quanto efficientemente questo possa essere fatto dipende dal tipo di Compressori installati, dal tipo di controllo del carico e dal profilo degli utilizzatori dell'Aria Compressa. Quindi, per ottimizzare il reparto dei Compressori si deve intervenire sulla gestione della richiesta, sui controlli, sull'immagazzinamento dell'Aria Compressa nei Serbatoi.

### A) Immagazzinamento dell'Aria Compressa nei Serbatoi

Una richiesta di grandi volumi intermittenti di aria provocherebbe fluttuazioni nella pressione e, di conseguenza, ampie fluttuazioni nel funzionamento dei Compressori. Queste fluttuazioni nella richiesta possono essere ammortizzate da Serbatoi di stoccaggio dell'Aria appositamente dedicati e posizionati in un impianto di distribuzione il più vicino possibile agli utilizzatori intermittenti, permettendo ai Compressori di funzionare ad un profilo di carico più uniforme. Il volume di stoccaggio richiesto è una funzione della richiesta di aria intermittente ( $m^3/min$ ) sul tempo e sulla caduta di pressione ammissibile nell'impianto di aria compressa. La formula seguente può essere utilizzata per stimare il volume di stoccaggio richiesto:

$$V_s = v_i \times t / (\Delta p)$$

dove:

- $V_s$  = Volume Serbatoio di Stoccaggio ( $m^3$ )
- $v_i$  = Consumo di Aria intermittente ( $m^3/min$ )
- $t$  = Durata del Consumo intermittente (min)
- $\Delta p$  = Caduta di Pressione ammissibile (bar)

### B) Controllo del carico del Compressore

In genere i sistemi di Aria Compressa utilizzano Compressori multipli. Su base annua, in media essi lavorano tutti a carico parziale, perché la capacità disponibile va tarata sul servizio del picco di richiesta (spesso in un'ottica ( $n-1$ ), in cui almeno un Compressore risulta essere in *stand-by*). Quindi tutti i Compressori individuali operano con una forma di controllo della capacità.

I Compressori possono avere tipi differenti di controllo di carico:

- *start/stop*: il ciclo di controllo della capacità consiste nel far funzionare il Compressore a piena capacità e poi spegnerlo;

- funzionamento a pieno carico/a vuoto (*load/idle*): il Compressore funziona in continuazione e la capacità è controllata tramite il carico e lo scarico del lato di aspirazione, così che per un certo periodo di tempo questo non distribuisce aria;
- operazioni a carico parziale: il Compressore funziona continuamente ed ha un sistema di modulazione della capacità di aspirazione;
- controllo della Velocità Variabile: il Compressore ha un controllo della capacità continuo, variando la velocità del Compressore.

Il controllo della velocità variabile è la forma più efficiente di controllo del carico. Con gli altri tipi, il funzionamento a vuoto potrebbe anche richiedere il 25÷30% dell'Elettricità di pieno carico. Il tipo di controllo applicabile dipende dal tipo di Compressore in uso. Quando si adottano Compressori multipli, questi vanno combinati in modo da minimizzare il consumo di energia elettrica totale. Questo può essere raggiunto con un controllo principale che gestisce la suddivisione del carico e le ore di operatività di ciascun compressore.

### **Mantenere la Pressione dell'Aria al livello minimo necessario**

Come descritto precedentemente, una pressione inferiore dell'aria ridurrà significativamente l'energia elettrica richiesta dai compressori.

Se la vostra erogazione dell'aria è dettata da una quantità relativamente piccola di aria ad una pressione più elevata, potete considerare di installare un compressore booster per quella specifica quantità e far funzionare tutto l'impianto ad una pressione inferiore.

Se il vostro sistema necessita di avere alta pressione per far fronte a grandi richieste intermittenti di aria, potete considerare di installare un serbatoio di stoccaggio aggiuntivo vicino agli utilizzatori intermittenti, per permettere la riduzione del vostro sistema di pressione ed evitare le fluttuazioni di pressione.

### **Predisporre un Programma di Manutenzione Continuativo**

Un sistema efficiente di Aria Compressa richiede ispezioni e manutenzione ad intervalli regolari per mantenere i componenti in buone condizioni. È necessaria una certa cura delle apparecchiature e risposte immediate ai cambiamenti ed alle tendenze delle operazioni e dell'efficienza. Ciò permetterà all'impianto di operare con alta affidabilità. Una manutenzione inadeguata e la mancanza di ispezioni periodiche possono incrementare il consumo energetico attraverso una minore efficienza della capacità di compressione, perdite di aria, etc. Ciò può anche portare ad avere temperature operative dell'aria più alte e, di conseguenza, ad uno scarso controllo dell'umidità negli essiccatori.

Stabilite un programma di ispezioni e manutenzioni ad intervalli regolari in conformità con le specifiche del costruttore. Dovreste valutare se sono necessarie ispezioni più frequenti, ad esempio, sui filtri o sui refrigeratori per ottimizzare l'efficienza dell'impianto.

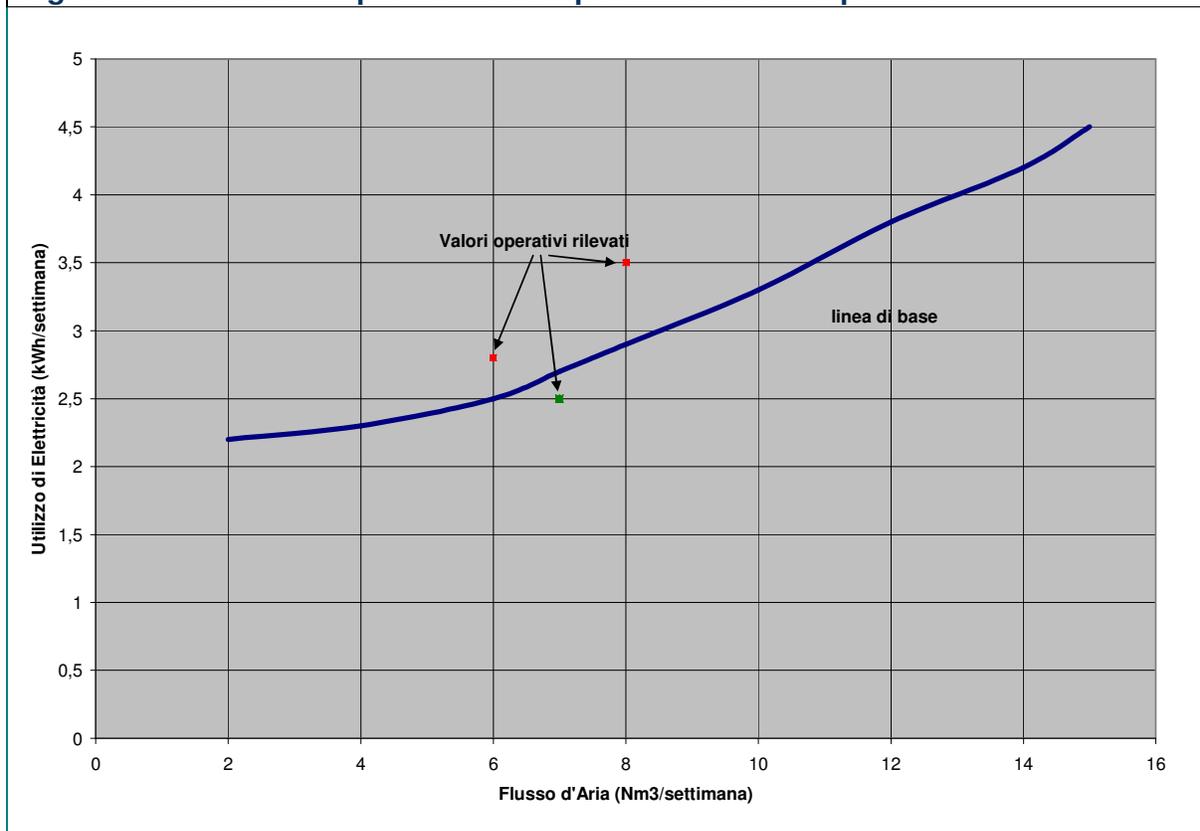
Misurate la caduta di pressione nei componenti di trattamento per l'aria, quali essiccatori, filtri e refrigeratori. Pulite o sostituite i filtri se la caduta di pressione eccede i 0.5 bar.

Misurate la temperatura di aspirazione degli essiccatori. Questa non dovrebbe eccedere il livello consigliato per il vostro tipo di essiccatore con il compressore a pieno carico. Se

questa temperatura è troppo alta, controllate il post refrigeratore e pulite lo scambiatore di calore, se necessario.

Un modo per controllare se il vostro impianto di Aria Compressa funziona in maniera efficiente è quello di sviluppare una linea di base per l'utilizzo di Energia Elettrica settimanale (kWh/settimana) a fronte della produzione di aria settimanale (Nm<sup>3</sup>/settimana), e di tracciare regolarmente i risultati settimanali in questo grafico per controllare come le prestazioni siano in relazione con la linea di base. Un esempio viene dato nella seguente Fig. 21.

**Fig. 21 - Performance Operative dell'Impianto di Aria Compressa**



## ***Altre opzioni di Risparmio Energetico nel Sistema dell'Aria Compressa***

### **Aspirazione dell'Aria da ambienti freddi**

- Più basse sono le temperature di aspirazione dell'Aria, meno Energia è richiesta al Compressore per comprimere l'Aria alla Pressione richiesta. Se i Compressori d'Aria sono posizionati all'interno degli edifici, dovrete considerare di convogliare la presa d'Aria dall'esterno dell'edificio per prendere l'Aria esterna più fredda.

- Controllate periodicamente le condizioni dei filtri di aspirazione. Filtri sporchi o perfino intasati riducono il flusso dell'Aria ed aumentano la richiesta di Energia per m<sup>3</sup> di aria.
- Utilizzate il calore del post-refrigeratore generato dal raffreddamento del Compressore . Almeno il 90% dell'ingresso di Energia nel ciclo di compressione è convertito in Calore che deve essere rimosso. Questo Calore può essere utilizzato per generare Calore a Bassa Temperatura (per l'Acqua Calda da 50 °C fino a 70 °C). Alcuni tipi di Compressori utilizzano il Calore dell'Aria scaricata dai Compressori caldi per la rigenerazione degli Essiccatori.

### ***Elenco degli Interventi Raccomandati***

Gli interventi tipici di un comportamento diligente, orientati a ridurre l'utilizzo dell'Energia in un Sistema di Aria Compressa, sono:

- controllo periodico del sistema e riparazione delle eventuali perdite;
- redazione di un elenco con i casi di utilizzo non necessario o inappropriato dell'aria compressa;
- sostituzione dei dispositivi dell'aria usurati (come gli ugelli a spruzzo);
- impostazione della pressione nell'impianto al minimo livello accettabile, tenendo conto dei profili di richiesta e del volume dei serbatoi di stoccaggio;
- verifica che l'aumento della tensione nei piccoli utilizzatori/impieghi richiedenti elevati livelli di pressione, possa portare a riduzioni della pressione di sistema;
- controllo della capacità dei serbatoi di stoccaggio in relazione ai profili di consumo, al fine di ottimizzare il consumo energetico dei compressori dell'aria;
- controllo della temperatura dell'aria in ingresso, perché non ecceda il valore specificato per gli essiccatori;
- controllo del corretto funzionamento degli essiccatori;
- valutazione dell'opportunità di migliorare le misurazioni delle pressioni e del volume dell'aria nell'impianto;
- misurazione dell'utilizzo energetico dei compressori dell'aria in relazione al volume di aria prodotto;
- sviluppo di una suddivisione del carico ottimale per i compressori multipli, al fine di minimizzare l'utilizzo di energia elettrica;
- indagine sull'utilizzo dell'Energia di raffreddamento dei Compressori;
- controllo dell'effettiva manutenzione e ispezione delle apparecchiature per l'Aria Compressa, con periodica sostituzione dei filtri.

A complemento di questo elenco vi sono alcuni interventi che vanno al di là del semplice comportamento diligente.

## Aria Compressa

<b>Opportunità di breve termine / investimenti a basso costo</b>	
<b>Opportunità di risparmio energetico</b>	<b>Azioni da verificare</b>
1. Spegnerne tutte le apparecchiature possibili	
2. Installare delle valvole a solenoide a basso prezzo sui condotti verso le singole apparecchiature. Spegnerne l'aria compressa non appena le apparecchiature vengono spente	
3. Tenere puliti i filtri dell'aria in ingresso	
4. Lavorare con la minor Pressione necessaria. Se possibile ridurre ulteriormente la Pressione localmente	
5. Utilizzare l'aria di aspirazione alla più bassa temperatura possibile	
6. Installare i motori a due velocità	
7. Eliminare le perdite	
8. Verificare regolarmente che la pressione sia impostata correttamente	
<b>Opportunità di lungo termine / investimenti maggiori</b>	
<b>Opportunità di risparmio energetico</b>	<b>Azioni da verificare</b>
1. Installare un compressore jolly per soddisfare la richiesta oltre il picco.	
2. Assicurarsi che l'Aria prelevata dalla tubazione di aspirazione sia la più fredda possibile	
4. Installare un flussometro ed un misuratore di potenza per registrare e controllare la potenza e l'aria in utilizzo	
3. Installare delle apparecchiature di controllo sugli impianti multi-compressore	
4. Installare un comune recuperatore di calore.	
6. Pre-raffreddare l'aria.	
7. Se <u>alcuni</u> utilizzatori usano aria a bassa pressione, installare due sistemi separati	
8. Utilizzare dei misuratori di frequenza per i Compressori (Inverter)	
9. Utilizzare delle linee di aria compressa separate per le applicazioni speciali	
10. Sostituire le attrezzature pneumatiche con quelle elettriche	

Fonte: [www.bess-project.info](http://www.bess-project.info)

## **Ulteriori informazioni**

### **Best Practice per ridurre il consumo di Energia nel Sistema di Aria Compressa**

Una PMI operante nel settore chimico ha un generatore di Aria Compressa che supera gli 8,5 bar anche se la massima pressione richiesta dal processo di produzione è di 6,5 bar. Risulta logico quindi ridurre la pressione – operazione per la quale non si richiede alcun intervento o Investimento. Una riduzione di 1 bar può portare ad un risparmio energetico di circa 300.000 MWh, pari a oltre 14.000 €. Risparmiare Energia a volte può essere anche così semplice.

## **Bibliografia**

1. *Compressed air, Introducing energy savings opportunities for business*, Pubblicazione Carbon Trust CTV017, Technology Overview.  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
2. *Improving Compressed Air System Performance, a Sourcebook for Industry*, Pubblicazioni e fonti dell'U.S. Department of Energy (DOE), Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (EERE).  
[http://www.eere.energy.gov/industry/bestpractices/compressed\\_air.html](http://www.eere.energy.gov/industry/bestpractices/compressed_air.html)

## Migliore Prassi 6: Come ridurre il Consumo dell'Energia negli Edifici

In genere esiste un significativo interesse nel ridurre il consumo energetico degli Edifici, in quanto è significativo il risparmio economico conseguibile dalle misure disponibili in tale area di intervento.

Infatti Riscaldamento, Ventilazione e Condizionamento dell'Aria (HVAC) rappresentano i maggiori Consumi di Energia negli Edifici e rappresentano pertanto un obiettivo fondamentale su cui concentrare gli interventi a favore dell'Efficienza Energetica. L'eccessivo riscaldamento in Inverno e raffrescamento in Estate sono le cause principali di spreco energetico.

La seconda categoria in termini di importanza è l'utilizzo dell'Energia Elettrica negli Edifici per l'Illuminazione ed altri componenti degli Uffici.

### Misurazione e Tendenza di Consumo Energetico negli Edifici

Per monitorare il consumo dell'Energia negli Edifici ed accertarne gli eventuali risparmi raggiunti con le misure di Efficienza Energetica, dovete essere in grado di misurare e registrare il consumo di Energia Elettrica, Calore o Combustibile degli Edifici. Verificate che questo venga fatto, ed in caso contrario controllate cosa sia necessario fare per porre rimedio.

Controllate quali sono le informazioni storiche a disposizione e se queste siano sufficienti a sviluppare una "linea di base" per le vostre misure di Efficienza Energetica.

### Fattori che influenzano il Consumo Energetico e Indicatori di Prestazione

Nella Miglior Prassi n. 2 è stato descritto l'utilizzo degli Indicatori di *Performance* Energetica. I fattori che influenzano il Consumo di Energia negli Edifici sono diversi:

- condizioni ambientali;
- livello di *comfort* richiesto all'interno degli Edifici;
- carico di riscaldamento interno e
- caratteristiche degli Edifici stessi.

Com'è noto le condizioni ambientali hanno un ampio impatto sull'utilizzo dell'Energia con riferimento ad entrambe le funzioni di Riscaldamento e Raffrescamento e ciò limita la capacità di ridurre il relativo fabbisogno energetico. Perciò, per fare delle verifiche significative dell'utilizzo dell'Energia negli Edifici, bisogna neutralizzare l'effetto sulle misure delle condizioni ambientali. Ciò può essere fatto con il Metodo dei Gradi-Giorno. I Gradi-Giorno sono un dato costituito dalla durata del clima freddo e del clima caldo.

Sostanzialmente, si tratta della somma in un certo periodo di tempo (normalmente un mese) della differenza tra la media delle temperature esterne giornaliere ed una temperatura di riferimento interna (spesso 18°C). Potete distinguere tra Gradi-Giorno di Riscaldamento (HDD), che sono calcolati quando la temperatura esterna è al di sotto della temperatura di riferimento, e Gradi-Giorno di Raffrescamento (CDD), quando la temperatura esterna è al di sopra della temperatura di riferimento. Più freddo sarà il clima in un determinato mese, e maggiore sarà il valore di HDD.

Quindi, dei buoni indicatori di *Performance* per il consumo energetico degli Edifici sono:

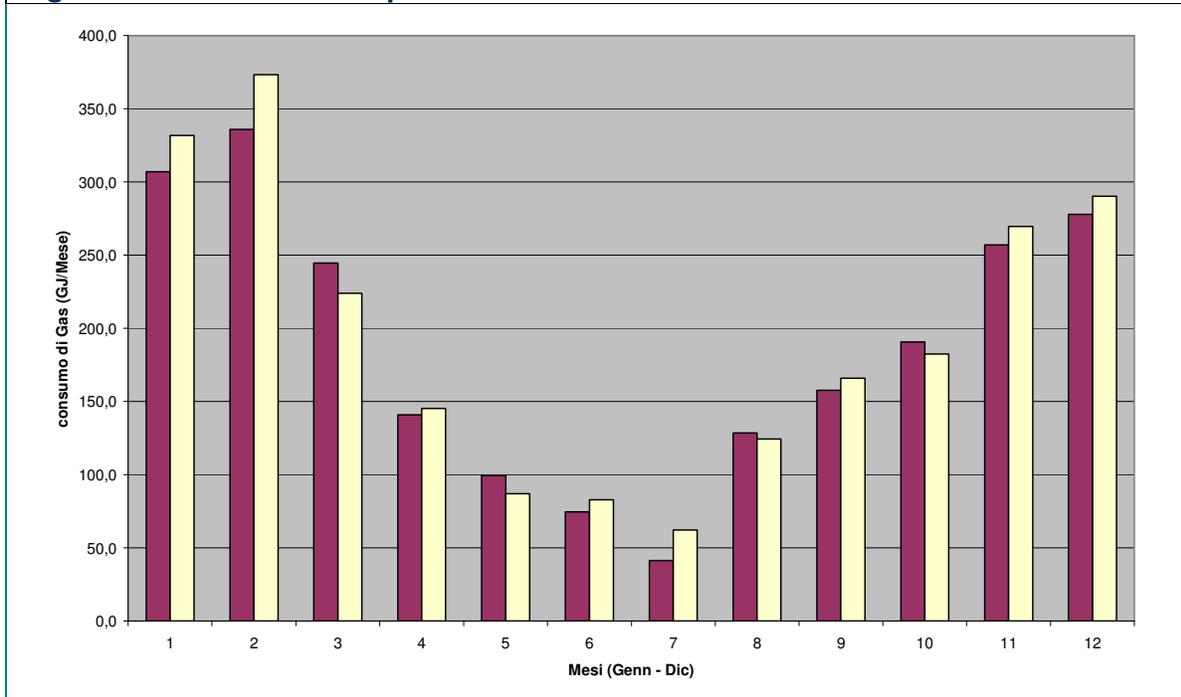
- l'uso dell'Energia durante la stagione di Riscaldamento in relazione ai HDD. A seconda del vostro Sistema di Riscaldamento questo monitorerà il consumo di Combustibile o l'utilizzo dell'Acqua Calda, più il consumo di Energia Elettrica;
- l'uso dell'Energia durante la stagione di Raffrescamento in relazione ai CDD. Questo dato generalmente monitorerà principalmente il consumo di Energia Elettrica, dal momento che molte Unità di Raffrescamento consumano Energia Elettrica;
- il "carico di base" dell'utilizzo dell'Energia. Spesso in Primavera ed Autunno c'è un periodo che non richiede né Riscaldamento né Raffrescamento. Questo periodo può essere utilizzato per analizzare il carico base dell'utilizzo dell'Energia nei vostri Edifici;
- il consumo energetico (sia per l'Energia Elettrica che per il Riscaldamento) degli Edifici durante le ore di inattività. Questo dato può essere un'indicazione per l'uso dell'Energia non necessario.

## Lavorare con i Gradi-Giorno

Un esempio di come Lavorare con i Gradi-Giorno viene illustrato nelle Fig. 22 e 23 della seguente pag. 89.

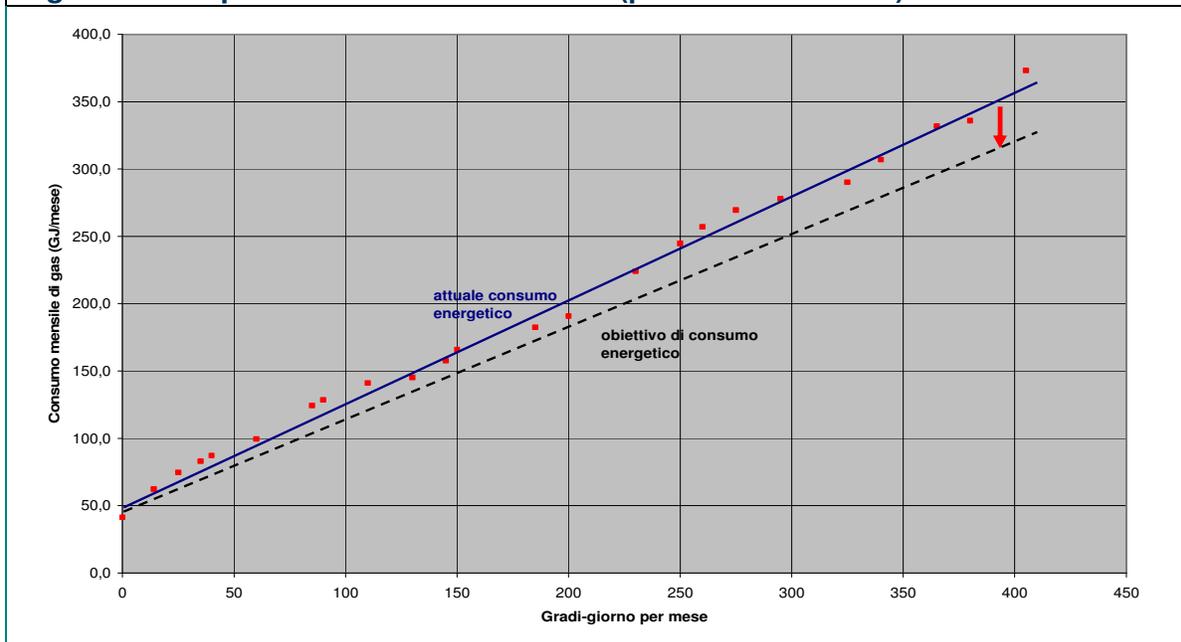
In particolare, la Fig. 22 di pag. 89 mostra il consumo di Gas mensile per il Riscaldamento di un Edificio per 2 anni consecutivi. Da questa figura è possibile solamente concludere che i mesi più freddi necessitano di maggiori quantità di Combustibile, ma non è chiaro perché per lo stesso mese, a volte, l'anno 1 ha richiesto maggiore quantità di Combustibile e a volte questo è successo per l'anno 2. Inoltre, non è chiaro quale dovrebbe essere il valore di riferimento per questo Edificio.

**Fig. 22 - Consumo di Gas per i Mesi di Riscaldamento**



Nella seguente Fig. 23 il consumo mensile di Gas è relazionato ai relativi Gradi-Giorno di riscaldamento, per cui risulta evidente l'esistente correlazione (linea blu). La linea tratteggiata può essere utilizzata per stabilire gli obiettivi di risparmio energetico.

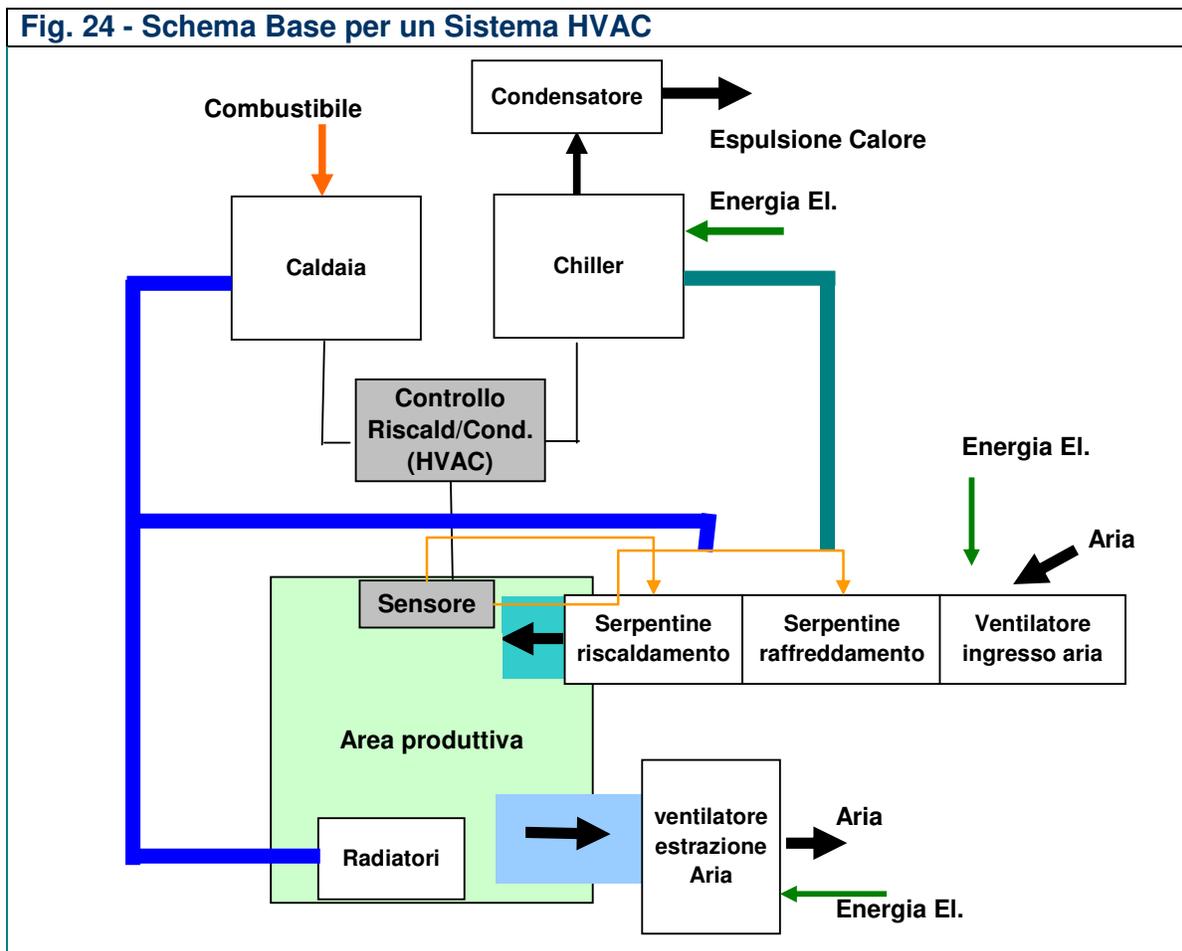
**Fig. 23 - Esempio di Metodo Gradi-Giorno (per Riscaldamento)**



La maggior parte dei Paesi Europei, fornisce informazioni sui Gradi-Giorno. Per utilizzare questo metodo, verificate se queste informazioni sono disponibili nel vostro Paese. In caso contrario, potete sviluppare le vostre informazioni sui Gradi-Giorno, se avete a disposizione i dati delle temperature esterne medie giornaliere. Un compromesso meno accurato, se non sono disponibili le informazioni sui Gradi-Giorno, potrebbe essere quello di lavorare con le temperature esterne medie settimanali o mensili in relazione alla temperatura interna di riferimento.

## Riscaldamento, Ventilazione e Condizionamento (HVAC)

I Sistemi HVAC sono progettati per regolare il clima all'interno degli edifici compensando la perdita di calore e l'ingresso di troppo calore erogando una sufficiente quantità di aria fresca. I Sistemi HVAC hanno un'ampia gamma di impostazioni, vanno da sistemi che passano da un semplice Riscaldamento in inverno con una Caldaia dell'Acqua Calda e dei Radiatori posizionati nelle stanze, ad un Sistema di Condizionamento dell'aria che includa anche Aree di Riscaldamento, Raffrescamento e Umidificazione. A titolo di esempio nella seguente Fig. 24 si riporta una Schema Base di Sistema HVAC.



Per cominciare si dovrebbero verificare i Sistemi HVAC in essere per determinare:

- tipologia e caratteristiche di funzionamento;
- qualità tecnica;
- modalità attuale di impiego e controllo;
- stato di manutenzione.

È utile, qualora non sia già stato sviluppato e sia a disposizione, elaborare uno Schema di Flusso del Processo per i Sistemi HVAC ai fini della comprensione del sistema.

Sono 4 i fattori principali che determinano l'uso dell'Energia dei Sistemi HVAC:

- le condizioni interne della domanda di Aria;
- la generazione interna di Calore (ad es. da Illuminazione o Apparecchiature);
- la progettazione, il *layout* e la qualità dell'isolamento dell'Edificio;
- la qualità tecnica delle Apparecchiature del Sistema HVAC e le modalità di manutenzione.

Con questi fattori è possibile verificare quali siano i margini di miglioramento.

### **Definire e, se possibile, ridurre il fabbisogno dell'Impianto di HVAC**

Dovreste iniziare la vostra attività per l'Efficienza Energetica con un controllo di quali condizioni siano effettivamente necessarie nelle varie Aree di Processo, Sale di Stoccaggio, Aree di Lavoro dello Staff, etc. Ciò serve per definire i punti di partenza dei vostri Sistemi HVAC. Il tipo di Sistema HVAC e le modalità di impiego hanno un impatto enorme sul consumo energetico. Specialmente il Raffrescamento e l'Umidificazione possono richiedere molta Energia. Quindi dovreste indagare criticamente la necessità di avere un Sistema HVAC, e valutare se ci siano alternative ai Sistemi di Condizionamento dell'Aria.

### **Verificare gli Impianti Esistenti di HVAC**

Successivamente, si dovrebbe verificare fino a che punto il sistema esistente è stato progettato per soddisfare le richieste iniziali e dove sarebbe necessario apportare degli adeguamenti. Con queste informazioni, potete sviluppare il vostro caso concreto per le modifiche necessarie e programmare queste azioni. Contemporaneamente, potete cominciare a verificare quanto il tenere bene l'impianto influisca positivamente sulle sue prestazioni. Alla fine di questo manuale viene data una lista di interventi che possono essere presi in considerazione.

## Abitudini e livelli di comfort

Cambiare le abitudini delle persone può spesso contribuire a migliorare l'Efficienza Energetica ed a ridurre i costi dell'Energia. È perciò importante accrescere la consapevolezza di come, modificando opportunamente i propri comportamenti, si possa ridurre il fabbisogno energetico dell'Impresa. Esistono diverse modalità e tipi di azione creativa e positiva a disposizione e che possono essere utilmente impiegati per accrescere la consapevolezza del personale e sostenere il cambiamento dei comportamenti per migliorare l'Efficienza Energetica.

## Aspetti relativi alla Manutenzione

Con riferimento alla Manutenzione è necessario:

- assicurarsi che la manutenzione delle Caldaie sia eseguita almeno una volta all'anno da tecnici qualificati. Infatti una Caldaia alla quale viene fatta poca o nessuna manutenzione potrebbe arrivare a consumare oltre il 10% in più del Combustibile necessario. Con la manutenzione dovrebbe essere eseguito anche un adeguamento della Combustione, e dovrebbero essere pulite le superfici degli Scambiatori di Calore e dei Bruciatori;
- stesso discorso per i Sistemi di Condizionamento dell'Aria (assicurarsi che su di essi venga eseguita regolarmente la manutenzione);
- verificare le impostazioni di controllo delle apparecchiature di HVAC e le impostazioni dei termostati e dei *timer*, ed impostate nuovamente i valori errati;
- mantenere gli Evaporatori e le Unità di Condizionamento liberi dal ghiaccio e pulite le serpentine dei Condensatori;
- sostituire e pulire i filtri ed assicuratevi che i dispositivi di regolazione (*damper*) nei condotti del Sistema dell'Aria possano muoversi liberamente;
- assicurarsi che i condotti dell'Aria Calda e Fredda siano ben isolati e che non abbiano perdite. Col tempo i condotti possono sporcarsi e ciò potrebbe causare non solo un deterioramento della qualità dell'Aria, ma provocare anche una resistenza ulteriore ed una riduzione di capacità dei ventilatori;
- controllare periodicamente i Radiatori per l'ingresso dell'Aria nel Sistema dell'Acqua Calda e spurgateli, se necessario;
- pulire periodicamente tutte le superfici di trasmissione del Calore e tenetele libere da ostacoli;
- chiudere soltanto gli ingressi di Aria Fredda delle Unità di Condizionamento in Inverno. Con esse dovrebbero essere chiusi anche gli sfiati dell'Aria esterni in Inverno, per evitare l'eccesso di ingresso di Aria Fredda dall'esterno.

## Ottimizzare gli Impianti

Con riferimento all'ottimizzazione da ricercare negli Impianti si devono:

- verificare i parametri di impostazione dell'Aria Condizionata (Termostati e *Timer*) con riferimento alle modalità di utilizzo e occupazione delle diverse aree dell'Edificio, valutando la possibilità di ridurre le ore di funzionamento dell'Impianto;
- controllare se possano effettuarsi distinzioni nelle condizioni di Riscaldamento per delle aree specifiche, come ad esempio tra le aree di stoccaggio (che in genere non necessitano di essere riscaldate) e le altre aree occupate dal personale;
- considerare l'installazione di controlli auto-regolanti per i sistemi di Ventilazione, per spegnerli durante le ore notturne;
- interconnettere gli strumenti di controllo per evitare il funzionamento simultaneo degli impianti di Riscaldamento e di Condizionamento;
- considerare l'utilizzo di Termostati con la possibilità d'impostare il *Timer* per accendere o spegnere il Riscaldamento a seconda dei turni di lavoro, per evitare che questi restino accesi ad attività concluse;
- usare la misurazione della Temperatura esterna per tarare l'impostazione della Temperatura di erogazione dell'Acqua Calda ai Radiatori ed alle Serpentine di Riscaldamento. Rispetto alla richiesta di calore invernale, le Temperature dell'Acqua in Autunno e Primavera possono essere molto inferiori e far conseguire un risparmio del Combustibile impiegato nella Caldaia, qualora non se ne sia tenuto conto in precedenza. Si potrebbe pertanto impostare la Temperatura di erogazione dell'Acqua Calda in funzione del parametro della Temperatura esterna.

## Ridurre al minimo la dispersione di Calore degli Edifici

Per ridurre la dispersione di Calore è possibile:

- migliorare l'isolamento degli edifici;
- riparare i vetri rotti;
- sostituire gli infissi, adottando doppi o tripli vetri;
- evitare gli "spifferi" d'aria fredda;
- inserire dei Dispositivi di Regolazione (*dampers*) a Chiusura Automatica sulle Prese dell'Aria e lo Scarico dei Ventilatori di Estrazione, in modo tale da impedire le correnti di ritorno nell'Edificio ad apparecchiature spente.

## Minimizzare lo Sviluppo di Eccessi di Calore nell'Edificio

Per minimizzare lo sviluppo di eccessi di Calore è possibile:

- migliorare l'isolamento dell'edificio ed installare degli schermi contro l'irraggiamento solare;
- ridurre l'illuminazione dove possibile e spegnerla dove non è necessaria;
- ove possibile considerare l'opportunità di accrescere l'impiego di luce diurna;
- isolare le apparecchiature che generano del calore.

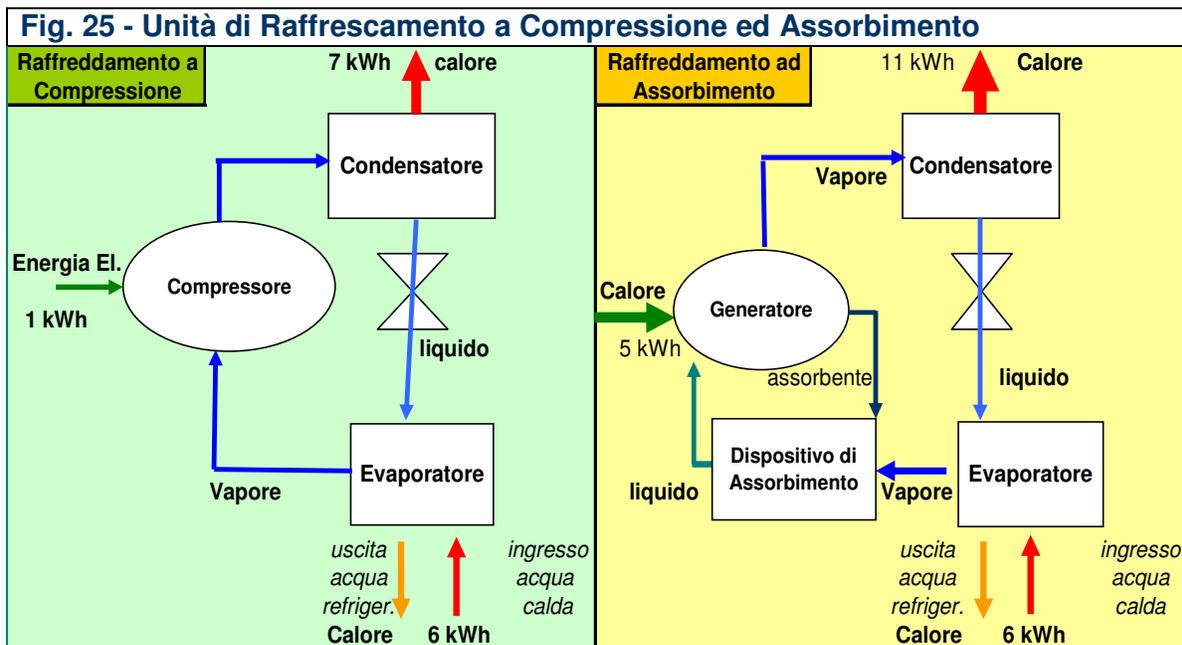
## Suggerimenti per il Recupero di Calore ed altre opzioni di Risparmio Energetico

- 1) Controllare se è possibile ridurre l'Energia per il Condizionamento dell'Aria in ingresso recuperando un po' di energia (calda o fredda) dall'aria estratta per pre-trattare l'aria in ingresso. Le tipologie di tecnologie di recupero del calore che potete prendere in considerazione sono:
  - Ricircolo di parte dell'aria di estrazione. Il ricircolo parziale è efficace dal punto di vista dei costi se state riscaldando l'Aria e l'Aria di scarico è più calda di quella in ingresso (lo stesso si applica anche al raffreddamento); ciò è possibile soltanto quando la qualità dell'aria di scarico lo permette.
  - Scambiatore rotante di recupero del calore: in cui il calore o il freddo sono recuperati dall'aria di scarico e trasferiti all'aria in ingresso tramite uno scambiatore di calore a rotante.
  - Sistema di tubazioni di calore, in cui un fluido intermittente è utilizzato per trasferire l'energia dallo scarico all'ingresso dell'aria.
  - Scambiatori di calore aria-aria fissi.
  - Circuito di trasferimento di calore acqua/glicole per trasferire il calore dallo scarico all'aria in ingresso.
  - Sistemi basati su una pompa di calore, in cui il calore di scarico è "pompat" ad un livello di temperatura maggiore per poterlo ri-utilizzare.

Ogni alternativa ha i suoi specifici vantaggi e svantaggi e dovrebbe essere valutata secondo il caso specifico.

- 2) Controllare se sono in uso dei riscaldatori a resistenza elettrica e, nel caso, rivederne la necessità. Cercare di risolvere il problema del comfort evitando l'utilizzo di questi tipi di riscaldatori che sprecano energia. Se essi sono inevitabili, prevedete l'utilizzo di un timer per spegnerli automaticamente quando non sono necessari.

- 3) È possibile considerare anche l'utilizzo di fonti di calore alternative quali l'energia solare e, se disponibile nell'impianto, l'utilizzo di sistemi di pompaggio del calore dell'acqua del suolo.
- 4) Considerare l'utilizzo di Unità Raffrescamento ad Assorbimento. La maggior parte dei *Chiller* sono Unità di Raffrescamento a Compressione. Esse utilizzano un Compressore comandato elettricamente per trasportare il Calore attraverso l'Evaporatore fino al Condensatore, dove viene restituito all'ambiente (vedere seguente Fig. 25 per uno schema semplificato).



Qualora vi sia la disponibilità di sufficienti quantità di Calore per il recupero ad una Temperatura superiore ai 95°C in forma di Acqua Calda o Vapore a Bassa Pressione, è possibile prendere in considerazione la possibilità di impiegare un Refrigeratore ad Assorbimento anziché a Compressione per soddisfare il fabbisogno di Raffrescamento. In questo caso risparmiereste sul consumo di Energia Elettrica ed utilizzereste Energia altrimenti dispersa (e quindi gratuita) per alimentare il *Chiller* ad Assorbimento.

La differenza sostanziale con un'Unità di Raffrescamento a Compressione è mostrata nella precedente Fig. 25. L'Unità di Raffrescamento ad Assorbimento utilizza una soluzione assorbente (comunemente una soluzione di bromuro di litio/acqua) per assorbire il calore (sotto forma di vapore acqueo a bassa pressione) dall'evaporatore. Dal dispositivo di assorbimento, il liquido viene pompato al generatore, dove il calore di scarto viene utilizzato per espellere il vapore acqueo dalla soluzione assorbente tramite ebollizione. Il vapore acqueo fluisce al condensatore, dove viene condensato ed il calore di condensazione viene scaricato nell'atmosfera. La soluzione assorbente concentrata

torna dal generatore all'assorbitore e viene abbassata la pressione dell'acqua condensata, che torna indietro all'evaporatore per raccogliere il calore dall'acqua calda entrante.

L'efficienza di un'Unità di Raffrescamento è espressa dal suo "Coefficiente di Performance" (*Coefficient Of Performance - COP*). Esso rappresenta la quantità di Calore che può essere rimossa dal *Chiller* per unità di lavoro. Quindi, un COP pari a 6 per un'Unità di Raffrescamento a Compressore sta a significare che, per l'Energia Elettrica in kWh in ingresso al Compressore, 6 kWh di calore possono essere eliminati nell'Evaporatore dall'Acqua raffreddata (vedi Figura 25 di cui alla pagina precedente). Le Unità di Raffrescamento a Compressione sono più efficienti delle Unità di Raffrescamento ad Assorbimento (generalmente: COP 6 per la Compressione e COP 1.2 per l'Assorbimento). Per volumi di raffrescamento confrontabili, i *Chiller* ad assorbimento hanno maggiori dimensioni e necessitano di maggiori quantità di Acqua di raffrescamento per il Condensatore. Inoltre, l'investimento è superiore. Quindi, la loro applicazione tipica è per i carichi di Raffrescamento di base, in cui è disponibile del Calore di recupero gratuito.

### ***Uso dell'Energia Elettrica (Illuminazione e Apparecchiature d'Ufficio)***

Ci sono molti modi per ridurre il consumo energetico con l'Illuminazione senza compromettere i livelli di *comfort*. I principali fattori da prendere in considerazione sono:

- Quale tipo di illuminazione è utilizzata al momento nell'edificio?
  - Vengono utilizzate lampadine ad incandescenza standard? Queste sono molto inefficienti e dovrebbero essere sostituite con lampadine compatte fluorescenti (a scarico di gas), che utilizzano fino al 75% in meno di energia elettrica.
  - Quali tipi di tubi fluorescenti sono utilizzati? Se state ancora utilizzando tubi fluorescenti convenzionali, prendete in considerazione l'installazione di un'illuminazione fluorescente ad alta frequenza, che è più efficiente di circa il 25%-30% ed eliminate gli sfarfallii.
- Le lampade, gli accessori e le luci a soffitto sono pulite?
  - La loro pulizia periodica è importante per mantenere i livelli di illuminazione.
- L'illuminazione esterna è sempre spenta quanto non è necessaria?
  - L'illuminazione esterna dovrebbe essere limitata alle ore di buio. Esistenza di interruttori che rilevano la presenza da utilizzare nelle aree non frequentate.
- L'impianto di illuminazione è sezionato?
  - Separando l'illuminazione su più zone se ne migliora il controllo.

## **Altri Utilizzi dell'Energia Elettrica in Ufficio**

Nonostante l'uso delle apparecchiature per l'ufficio (quali *pc* e macchine fotocopiatrici) sia divenuto parte integrante delle attività quotidiane, si dovrebbero conoscere i consumi energetici da loro generati. Esistono alcune regole per monitorarne il consumo:

- attivare la modalità di risparmio energetico del *computer*;
- spegnere *computer* e *monitor* durante le ore notturne;
- collocare le fotocopiatrici al di fuori delle aree in cui funziona l'Aria Condizionata;
- spegnere le fotocopiatrici durante la notte.

Queste semplici regole aiutano a ridurre il consumo energetico ed il riscaldamento dell'ambiente, e di conseguenza migliorano i servizi di Raffrescamento degli edifici.

## ***Elenco degli interventi raccomandati***

Il seguente elenco fornisce una serie di Interventi di comportamento diligente che possono ridurre l'utilizzo di Energia negli edifici.

### **Sistemi HVAC:**

- provvedere a fare periodiche ispezioni e manutenzioni dei riscaldatori/caldaie e delle apparecchiature di condizionamento;
- assicurarsi che i Ventilatori ed i Condotti dell'Aria siano puliti ed i filtri sostituiti periodicamente;
- assicurarsi che gli Evaporatori ed i Condensatori delle unità dell'aria condizionata siano puliti ed in buono stato;
- determinare i requisiti minimi per il riscaldamento di singole aree negli edifici ed assicurarsi che i Termostati delle stanze funzionino con i parametri di impostazione corretti per il controllo del clima (Riscaldamento, Raffrescamento, Umidificazione)
- assicurarsi che i *Timer* dei termostati funzionino e siano impostati correttamente;
- ove appropriato considerare l'installazione di Valvole Termostatiche sui Radiatori;
- considerare misure di conservazione dell'Energia, quali l'Isolamento, e l'uso di schermi esterni per la protezione dall'Irraggiamento Solare;
- spegnere le fonti di riscaldamento non necessarie;
- riparare i vetri rotti;
- assicurarsi che gli strumenti di controllo delle Caldaie siano funzionanti ed impostati correttamente;
- rimuovere tutti gli ostacoli alla circolazione dell'aria davanti a Radiatori e Stufe;
- evitare di far funzionare contemporaneamente e negli stessi spazi le unità di Riscaldamento e Condizionamento<sup>4</sup>;

---

<sup>4</sup> Questo dovrebbe essere evitato dal momento che rappresenta uno spreco di energia. Per evitare che questo accada impostate una zona neutra di 5°C tra il Riscaldamento ed il Raffreddamento.

- verificate se vi siano lamentele per le temperature degli ambienti (troppo calde quando è in funzione il Riscaldamento, e troppo fredde con l'Aria Condizionata);
- verificare se siano in uso delle Stufe Elettriche portatili<sup>5</sup>;
- verificare quanto calda sia l'Acqua erogata<sup>6</sup>;
- controllare che le finestre e le porte siano chiuse quando sono in funzione il Riscaldamento o l'Aria Condizionata ;
- controllare l'esistenza degli spifferi d'aria fredda provenienti da porte o finestre.

### Illuminazione:

- spegnere le luci negli ambienti non utilizzati;
- spegnere le luci quando la luce del giorno è sufficiente;
- pulire le lampade, gli accessori e le luci a soffitto;
- sostituire lampadine ad incandescenza con quelle compatte a fluorescenza;
- ove appropriato considerare uso di illuminazione fluorescente ad alta frequenza;
- limitare l'illuminazione esterna alle ore di buio;
- mantenere l'illuminazione a livelli minimi indispensabili in aree non frequentate, e ove appropriato utilizzare interruttori corredati da sensori rilevatori di presenza;
- considerare la suddivisione in zone di illuminazione con interruttori individuali.
- usare interruttori corredati da sensori che rilevano la presenza per l'accensione.

### Uso dell'energia elettrica negli impianti (Motori, Pompe, Ventilatori, etc.):

- spegnere le apparecchiature non utilizzate;
- prendere in considerazione l'installazione di Motori ad alta efficienza;
- controllare dove è possibile applicare la velocità variabile.

### Uso dell'energia elettrica in ufficio:

- inserire modalità di risparmio energetico quando i *computer* non sono utilizzati;
- spegnere i monitor quando non sono utilizzati.

Di seguito si elencano le opportunità di Risparmio Energetico che possono conseguirsi negli Edifici, da prendere in considerazione nell'ambito di un comportamento diligente.

### Utilizzo del calore per il riscaldamento degli spazi

Opportunità di breve termine / investimenti a basso costo	
Opportunità di risparmio energetico	Azioni da verificare
1. Usare il Riscaldamento solo quando l'ambiente è utilizzato	-
2. Impostare i Termostati alla temperatura minima gradevole	-
3. Minimizzare le dispersioni di Aria Calda	-
4. Mantenere pulite ed efficienti le fonti di Calore	-
5. Provvedere ad isolare tubazioni nelle zone non riscaldate	-
6. Controllare le trappole della condensa	-
7. Spurgare l'aria dai Sistemi dell'Acqua Calda	-
8. Utilizzare degli interruttori a tempo	-
9. Predisporre controlli manuali dove appropriato	-

<sup>5</sup> L'uso di stufette elettriche portatili può essere costoso. Vedete se è possibile evitarlo, tuttavia se sono necessarie, dotatele di un timer in modo tale che si spengano automaticamente dopo un tempo predeterminato.

<sup>6</sup> Prendete in considerazione l'installazione di riscaldatori locali di acqua dove le quantità richieste sono minime, anziché collegarsi al sistema centrale. Isolate tutti i serbatoi e le tubazioni di acqua calda.

<b>Opportunità di lungo termine / investimenti maggiori</b>	
<b>Opportunità di risparmio energetico</b>	<b>Azioni da verificare</b>
1. Installare termostati sempre più efficienti	-
2. Usare valvole motorizzate per suddividere gli edifici in più zone	-
3. Predisporre l'utilizzo di tende ( <i>air curtains</i> )	-
4. Differenziare le fonti di Energia	-
5. Cambiare il Sistema di Riscaldamento secondo la qualità dell'isolamento, della ventilazione e del tipo utilizzo	
6. Migliorare l'isolamento dell'Edificio	

## Illuminazione

<b>Opportunità di risparmio energetico</b>	<b>Azioni da verificare</b>
1. Usare lampade più efficienti coerentemente con livelli di Illuminazione e i colori richiesti	-
2. Verificare che la disposizione delle Lampade sia efficiente	-
3. Proteggere da polvere e sporcizia Lampade e supporti	-
4. Spegnerle le luci dove non servono	-
5. Prendere in considerazione l'impiego di controlli automatici dell'Illuminazione (orologio e/o fotocellule)	-
6. Ricorrere il più possibile all'uso della luce diurna	-
7. Evitare che la luce venga assorbita dall'ambiente circostante (consigliabile avere pareti, soffitti e pavimenti di colore chiaro)	-
8. Sostituire le Lampade che hanno superato la vita utile	-
9. Usare etichette con la scritta "spegni la luce" e "risparmia" come strumenti di comportamento diligente	-
10. Prendere in considerazione l'utilizzo di nuove tecnologie come gli interruttori ad infrarossi, per ridurre costi di installazione	-
11. Sezionare il sistema di illuminazione dei grandi ambienti in piccoli gruppi di illuminazione indipendenti	-
12. Usare i sensori di presenza	-
13. Usare sistema di Illuminazione con regolazione dell'intensità	-

## Cappotto Termico degli Edifici

<b>Opportunità di breve termine / investimenti a basso costo</b>	
<b>Opportunità di risparmio energetico</b>	<b>Azioni da verificare</b>
-	-
<b>Opportunità di lungo termine / investimenti maggiori</b>	
<b>Opportunità di risparmio energetico</b>	<b>Azioni da verificare</b>
1. Isolamento termico del pavimento	-
2. Isolamento termico delle pareti	-
3. Isolamento termico del soffitto	-
4. Uso della schermatura contro l'irraggiamento solare	-

## Aria Condizionata

<b>Opportunità di breve termine / investimenti a basso costo</b>	
<b>Opportunità di risparmio energetico</b>	<b>Azioni da verificare</b>
-	-
<b>Opportunità di lungo termine / investimenti maggiori</b>	
<b>Opportunità di risparmio energetico</b>	<b>Azioni da verificare</b>
1. Usare sistemi di stoccaggio dell'Energia	-
2. Usare schermi solari per le finestre	-

## Riscaldamento Centralizzato

Opportunità di breve termine / investimenti a basso costo	
Opportunità di risparmio energetico	Azioni da verificare
1. Monitorare tempo atmosferico per regolare temperatura dell'acqua della caldaia in funzione della temperatura esterna	-
2. Installare <i>timer</i> evoluto per programmare funzioni caldaia	-
3. Isolare le tubazioni	-
4. Isolare i serbatoi dell'acqua calda	-
Opportunità di lungo termine / investimenti maggiori	
Opportunità di risparmio energetico	Azioni da verificare
1. Suddividere gli ampi spazi interni in piccole aree	-
2. Usare il riscaldamento a calore radiante dove sono necessari dei grandi volumi di ventilazione	-
3. Usare ventilatori verticali dove i soffitti sono più alti di 6 metri	-

## Sistemi di Ventilazione

Opportunità di breve termine / investimenti a basso costo	
Opportunità di risparmio energetico	Azioni da verificare
-	-
Opportunità di lungo termine / investimenti maggiori	
Opportunità di risparmio energetico	Azioni da verificare
1. Recuperare calore tramite scambiatori rotanti	
2. Ridurre la quantità di Aria di Ventilazione installando: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interruttori temporizzati</li> <li>• Sensori di presenza</li> <li>• Dispositivi di rilevamento di qualità dell'aria</li> <li>• Controllori velocità di rotazione dei Motori dei ventilatori</li> </ul>	
3. Impedire l'infiltrazione di Aria dalle porte aperte grazie a: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemi di isolamento termico</li> <li>• Utilizzo di tende isolanti</li> <li>• Cuscini di Aria</li> <li>• Porte a chiusura automatica</li> <li>• Porte scorrevoli</li> <li>• Guarnizioni di gomma (e non spazzole) tra porte e stipiti</li> </ul>	

Fonte: [www.bess-project.info](http://www.bess-project.info)

## Ulteriori informazioni

### Best Practice per ridurre il Consumo di Energia negli Edifici

In Impianti dotati di sistemi di controllo avanzati, il costo del riscaldamento può risultare inferiore anche di un 15-35% rispetto agli Edifici non controllati. Analogamente, utilizzando la luce del giorno, è possibile ridurre il costo dell'Illuminazione di un Ufficio medio anche del 19%. L'uso dei sistemi di controllo automatico insieme alla collaborazione del personale può garantire tali risultati (*Carbon Trust*).

## **Bibliografia**

1. *Heating, ventilation and air conditioning, saving energy without compromising comfort*, Pubblicazione "Carbon Trust" CTV003.  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
2. *Lighting technology overview*, Pubblicazione "Carbon Trust" CTV021.  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
3. *Energy Saving Fact Sheet Air Conditioning*, Pubblicazione "Carbon Trust" GIL120.  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
4. *Energy Saving Fact Sheet Ventilation*, Pubblicazione "Carbon Trust" GIL130.  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
5. *How to maintain your Heating System*, Pubblicazione "Carbon Trust" GIL156.  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
6. *Assessing the energy use in your building*, Pubblicazione "Carbon Trust" CTL 003.  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
7. *Degree days for energy management*, Pubblicazione "Carbon Trust" CTL 003.  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
8. *Degree days: Eurostat website*.  
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/database>

## Migliore Prassi 7: Migliorare l'Efficienza di Motori e Sistemi di Trasmissione<sup>7</sup>

Nell'Industria Chimica Motori e Sistemi di Trasmissione vengono usati per ogni sorta di trasporto dei fluidi e per la movimentazione dei materiali.

Per questo motivo questi sistemi assorbono gran parte dell'energia totale (prevalentemente elettrica) utilizzata dalla fabbrica.

Quindi, dal punto di vista economico, ha senso verificare se esiste la possibilità di migliorare la performance energetica, che si tradurrebbe in un sostanziale risparmio.

Per conoscere il valore complessivo del potenziale risparmio non ci si deve limitare ai soli motori e trasmissioni, ma va visto l'intero sistema di movimentazione con tutte le condizioni alle quali il processo deve assolvere.

Il Motore di gran lunga più impiegato nell'Industria Chimica (e nell'Industria in generale) è il Motore Elettrico a Induzione a Gabbia di Scoiattolo, a Corrente Alternata (AC).

Questo tipo di Motore viene preferito per il suo costo di investimento relativamente basso, per affidabilità e disponibilità elevate e per la bassa necessità di manutenzione. In alcune applicazioni speciali si usano invece altri tipi di motore come quelli a corrente continua.

Questa Migliore Prassi limita il suo campo d'azione agli interventi di miglioramento dell'efficienza energetica che si possono effettuare sui motori a induzione a corrente alternata.

Gli altri Motori come quelli a pistoni, a combustione interna oppure le turbine a vapore di contro pressione non sono stati trattati, poiché non sono di uso comune dell'Industria Chimica (PMI).

Questa Migliore Prassi descrive una serie di possibili miglioramenti dell'Efficienza Energetica da prendere in considerazione in casi specifici, quali:

- predisposizione di un Programma di Gestione del Parco Motori;
- decisioni se riparare o sostituire;
- interventi per ridurre le inefficienze di sistemi sovradimensionati;
- vantaggi dei Motori ad Alta Efficienza;
- Motori a velocità variabile e relativi vantaggi (VSD);
- come migliorare la distribuzione dell'Energia Elettrica;
- precauzione d'uso per la conservazione efficiente dei Motori.

---

<sup>7</sup> Il testo originale, in lingua inglese, riporta i termini "Motor", "Drive" oppure "Drive Systems", volendo intendere non solo i sistemi di generazione e di trasmissione di potenza, ma anche tutti i sistemi di azionamento e movimentazione propri dell'Industria Chimica. Per semplicità sono stati prevalentemente impiegati nella traduzione di tali termini solamente "Motore" e "Trasmissione".

## Caratteristiche di Funzionamento dei Motori Elettrici a Corrente Alternata

Nel motore a induzione a corrente alternata si crea un campo magnetico rotante nello statore alimentato dagli avvolgimenti. Il campo magnetico rotante induce una corrente nei conduttori del rotore e questi a loro volta creano il campo magnetico del rotore.

Il campo magnetico del rotore segue il campo magnetico dello statore e perciò crea una copia rotante che aziona le apparecchiature connesse. Ci sono due tipi di motori a induzione:

- motore elettrico asincrono, dove la velocità del rotore è leggermente più bassa di quella corrispondente alla corrente fornita;
- motore sincrono come quelli a magnete permanente. Questi motori hanno il rotore costituito da magneti permanenti che inseguono il campo magnetico rotante a velocità rigorosamente sincrona. Fondamentalmente la velocità del motore a induzione è definita dalla frequenza della rete di corrente alternata (in Europa 50Hz), dal numero dei poli del motore e, in misura inferiore, anche dal carico. Un motore con quattro poli gira a una velocità pari alla metà di un motore a due poli.

I parametri più importanti per selezionare il tipo di motore da fornire sono la potenza, la velocità del rotore richiesta, il momento di rotazione richiesto e il voltaggio. L'efficienza del motore varia con il carico. Essa è relativamente stabile dal 70 all'80% del carico e cade leggermente dall'80% al pieno carico e dal 70% al 50%. Sotto il 50% l'efficienza cade. La velocità di un motore elettrico a induzione a corrente alternata dipende dalla frequenza di rete (50 Hz), dal numero dei poli, e dallo scorrimento caratteristico tra i campi magnetici dello statore e del rotore (la sfasatura a pieno carico può variare tra l'1 e 5%). Velocità normali di motori sincroni sono 3000 giri (due poli); 1500 giri (quattro poli), 1000 giri (sei poli) e 750 giri (otto poli).

Molte applicazioni hanno bisogno di velocità diverse e per questo il motore o le attrezzature collegate di solito vengono connesse attraverso un meccanismo di regolazione come un riduttore, una cinghia o una trasmissione a velocità variabile. A sua volta questa può essere costituita da un accoppiamento elettromagnetico, idraulico oppure elettronico. Lo stesso motore elettrico può essere costruito con avvolgimenti separati nello stesso statore oppure con un comando esterno che consente di variare il numero dei poli. L'alimentazione deve poter sopportare la corrente necessaria senza apprezzabili variazioni di tensione. La *performance* dei motori si riducono significativamente quando il voltaggio esce da un +/- 10% rispetto al valore di targa.

## ***Classi di Efficienza dei Motori Elettrici e Principi della Normativa dell'Unione Europea***

Negli ultimi anni sono comparsi sul mercato dei motori elettrici AC ad alta efficienza (HE), che offrono risparmi energetici sostanziali a fronte di investimenti ragionevoli. Per una gamma di potenza fino a 90 kW la Commissione Europea ed il CEMEP, Comitato Europeo dei Costruttori di Macchine Elettriche e dell'Elettronica di Potenza (European

Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics – l'associazione di categoria europea per i Motori) hanno concordato uno schema di classificazione dell'efficienza dei motori, che prevede 3 categorie di efficienza, note come EFF1, EFF2, e EFF3 applicabili ai motori a 2-poli ed a 4-poli. Tutti i costruttori che hanno firmato l'accordo utilizzeranno il logo di efficienza sui loro motori, permettendo una facile identificazione della classe del motore.

La seguente Tab. 18 mostra le classi di efficienza. Le efficienze si riferiscono al carico di progetto ed al 75% di carico per motori ad induzione a gabbia di scoiattolo AC a tre fasi con ventola di raffreddamento totalmente acclusa.

<b>Tab. 18 - Classi di Efficienza per Motori Elettrici Europei</b>				
<b>kW</b>	<b>EFF3 2- &amp; 4-poli (%)</b>	<b>EFF2 2- &amp; 4-poli (%)</b>	<b>EFF1 2-poli (%)</b>	<b>EFF1 4-poli (%)</b>
1.1	< 76.2	≥ 76.2	≥ 82.2	≥ 83.8
1.5	< 78.5	≥ 78.5	≥ 84.1	≥ 85.0
2.2	< 81.0	≥ 81.0	≥ 85.6	≥ 86.4
3	< 82.6	≥ 82.6	≥ 86.7	≥ 87.4
4	< 84.2	≥ 84.2	≥ 87.6	≥ 88.3
5.5	< 85.7	≥ 85.7	≥ 88.6	≥ 89.3
7.5	< 87.0	≥ 87.0	≥ 89.5	≥ 90.1
11	< 88.4	≥ 88.4	≥ 90.5	≥ 91.0
15	< 89.4	≥ 89.4	≥ 91.3	≥ 91.8
18.5	< 90.0	≥ 90.0	≥ 91.8	≥ 92.2
22	< 90.5	≥ 90.5	≥ 92.2	≥ 92.6
30	< 91.4	≥ 91.4	≥ 92.9	≥ 93.2
37	< 92.0	≥ 92.0	≥ 93.3	≥ 93.6
45	< 92.5	≥ 92.5	≥ 93.7	≥ 93.9
55	< 93.0	≥ 93.0	≥ 94.0	≥ 94.2
75	< 93.6	≥ 93.6	≥ 94.6	≥ 94.7
90	< 93.9	≥ 93.9	≥ 95.0	≥ 95.0

Per maggiori informazioni consultare “Definition of Standards for High Efficiency Electric Motors” (May 2004, OPET Network Slovenia) ed il data base Euro-DEEM (vedi <http://re.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/eurodeem/>).

La Commissione Internazionale Elettrotecnica (IEC) ha emesso la norma IEC 60034-30 “Classi di efficienza di motori ad induzione a gabbia a tre fasi a velocità unica (codice IE)”, che individua quattro classi di efficienza per motori elettrici da 0.75 kW a 375 kW. La seguente Tab. 19 fornisce una breve comparazione tra le due classificazioni.

<b>Tab. 19 – Comparazione tra Classi di Motori IEC ed EU</b>		
<b>Classe IEC</b>	<b>Classe EU EFF</b>	<b>Descrizione</b>
IE1	EFF2	Motore Standard
IE2	EFF1	Motore ad Alta Efficienza
IE3		Motore ad Efficienza Premium
IE4		Motore ad Efficienza Super Premium

Le Efficienze di Classe IE3 sono fissate con perdite inferiori del 15-20% a confronto con i limiti della Classe IE2 (ad esempio EFF1). La Classe IE4 non è ancora definita, ma in attesa di future edizioni della Norma IEC. I dati di Efficienza delle Classi IE1,2, e 3 possono essere reperiti nella Norma IEC sopra menzionata. In aggiunta la Guida sul Motore MEPS contiene informazioni sulle Classi di Efficienza IE1, 2, e 3 (Boteler, et al., Zürich 2009, vedi [www.motorsystems.org](http://www.motorsystems.org) per questa guida).

La Commissione Europea ha recentemente accordato una nuova regolamentazione che fisserà gli standard minimi obbligatori per i motori elettrici AC a gabbia di scoiattolo. Questa regolamentazione sarà basata sulla Norma IEC 60034-30 (vedi sopra) e conterrà le seguenti misure:

- Entro il 2011: il divieto di utilizzo di Motori con Efficienza inferiore alla classe IE2;
- Entro il 2015: i Motori più grandi dovranno essere conformi alle classi IE3 o IE2 se il motore sta utilizzando un azionamento di velocità variabile;
- Entro il 2017: tutti i Motori dovranno essere conformi alle classi IE3 o IE2 se utilizzano un azionamento di velocità variabile.

Quanto sopra è percepito nel settore come un obiettivo piuttosto ambizioso. Al momento i costruttori di Motori hanno difficoltà a raggiungere efficienze superiori alla classe IE2 senza affrontare considerevoli riprogettazioni e senza aumentare le dimensioni della struttura.

## ***Programma di Gestione dei Motori***

Con un Programma di Gestione dei Motori è possibile pianificare la sostituzione di Motori e Trasmissioni avendo una ampia ed aggiornata conoscenza della disponibilità reale in funzione delle applicazioni e della qualità richieste. Questo Programma sarà inoltre uno strumento di grande aiuto nella valutazione dei risparmi energetici che permetterà di ridurre tempi di fermo dell'impianto e gli arresti improvvisi causati da guasti ai Motori.

Un Programma di Gestione dei Motori si compone di due parti:

- un elenco dei Motori;
- dei Diagrammi *CaricoTtempo*.

## **Elenco dei Motori**

Per creare questo elenco, suddividete il vostro Impianto in zone logiche ed elencate tutti i Motori, da quelli di capacità maggiori a quelli di capacità minori. Dovreste definire le vostre soglie minime di capacità e di ore di funzionamento, laddove sono esclusi dall'analisi Motori molto piccoli o molto poco utilizzati.

L'elenco dovrebbe contenere tutte le informazioni rilevanti sui Motori, quali:

- identificazione di ogni singolo Motore e i dati della targa;
- il *duty*, o servizio, ed il tipo di operazione (ad esempio, Pompa di Alimentazione della Caldaia, funzionamento continuo o discontinuo);
- velocità del motore ed apparecchiature azionate;
- tipo di controllo della velocità variabile, se applicabile;
- efficienza di carico di progettazione;
- voltaggio di funzionamento, amperaggio e fattore di potenza;
- media delle ore di funzionamento annue;
- carico medio del motore ed efficienza media del motore;
- quantità e tipo di riparazioni.

A seconda dell'età del Motore, potrebbero non essere immediatamente disponibili tutte queste informazioni (quali, ad esempio, i dati sull'efficienza ed il fattore di potenza). In quel caso, dovrete provare ad interpellare il costruttore originale dell'apparecchiatura per il completamento di tali informazioni.

Se il carico effettivo del motore non è stato ancora misurato, potete considerare di eseguire una misurazione in loco del voltaggio, dell'amperaggio, del fattore di potenza, e della velocità utilizzando misurazioni temporanee per definire il carico e l'efficienza medi del motore.

Le misurazioni richieste ad un "classico" sistema trifase per l'erogazione di potenza, sono:

- la Tensione tra ognuna delle tre fasi;
- i valori di Ampere per tutte e tre le fasi;
- il Fattore di Potenza in tutte e tre le fasi;
- le Velocità operative del Motore e del Carico azionato.

Queste misurazioni dovrebbero essere fatte da elettricisti specializzati.

## **Il Profilo di Carico/Tempo**

Un secondo strumento utile è quello di sviluppare dei Profili di Carico/Tempo per il gruppo dei Motori più grandi per raccogliere informazioni più dettagliate sulle ore di funzionamento annue e sui loro Carichi ed Efficienze. Ciò richiede una serie di misurazioni, come descritto nell'Elenco Motori, ai vari turni, e nelle diverse stagioni per fornire gli input necessari. I Profili di Carico/Tempo possono essere utili nella verifica della sostituzione di Motori sovradimensionati e/o malfunzionanti dal punto di vista dell'Efficienza, e delle opzioni di Velocità Variabile con i Sistemi di Azionamento del vostro Impianto.

## Principali Aree di Miglioramento Potenziale dell'Efficienza Energetica

Avendo come base le informazioni descritte sopra, potete investigare le possibilità di miglioramento con i Motori ed i Sistemi di Azionamento. Ci sono quattro aree da prendere in considerazione:

- sostituzione dei Motori *standard* con Motori ad Alta Efficienza;
- sostituzione di Motori sovradimensionati con Motori più piccoli ad Alta Efficienza;
- installazione di Trasmissioni a Velocità Variabile come forma di controllo del processo;
- misure di Diligente Manutenzione e corretto utilizzo dei Sistemi di Trasmissione.

Ognuna di queste aree è trattata più dettagliatamente nelle sezioni seguenti.

### Sostituzione di un Motore Standard con un Motore Elettrico ad Alta Efficienza

La sostituzione di un Motore *standard* con un Motore ad Alta Efficienza (in inglese *High Efficient* – HE) può essere presa in considerazione in situazioni in cui:

- il Motore necessita di essere sostituito, in quanto giunto a fine vita;
- il Motore è in avaria, ed ha bisogno di essere riparato;
- a seguito di una completa analisi dei costi, la sostituzione risulta conveniente.

I guasti ai Motori spesso hanno a che fare con dei guasti all'isolamento dell'avvolgimento dello statore. Il riavvolgimento ed il ricondizionamento sono pratiche comuni. Un'alternativa potrebbe essere sostituire un Motore *standard* con un Motore ad Alta Efficienza e trarre beneficio dell'Efficienza migliorata.

In media i Motori ad Alta Efficienza hanno parametro di efficienza superiore ai nuovi Motori Elettrici *standard* pari a circa il 2%. I motori riavvolti, in ogni caso, perdono parte della loro efficienza (circa 0.5% ad ogni riparazione). Il costo dell'investimento associato all'acquisto di un Motore ad Alta Efficienza con un telaio *standard* può essere superiore del 4% rispetto al Motore *standard*.

La sostituzione di un Motore vecchio con un motore ad Alta Efficienza, invece di uno *standard*, può rappresentare un investimento estremamente interessante dal punto di vista economico, come mostrato nell'esempio seguente.

## Il Caso Concreto per Motori ad EFF1

Il risparmio annuo può essere calcolato con la formula:

$$\text{Risparmio} = n^{\circ} \text{ ore} \times \text{kW} \times \%FL \times (\text{€/kWh}) \times (100/\eta_{\text{standard}} - 100/\eta_{\text{AE}})$$

In cui:

Risparmio	= il risparmio annuo in termini di costo dell'Energia Elettrica (€/anno)
Ore	= tempo di funzionamento annuo (ore)
kW	= Potenza del Motore (kW)
%FL	= percentuale media di carico al quale il Motore viene impiegato (%)
€/kWh	= costi dell'Energia Elettrica (€/kWh)
$\eta_{\text{standard}}$	= efficienza del Motore esistente (%)
$\eta_{\text{AE}}$	= efficienza del Motore a Alta Efficienza (%)

Le informazioni sulla % FL dovrebbero essere reperibili sull'elenco Motori e sui Profili di Tempo-Carico. Se non conoscete l'efficienza del Motore esistente, potete utilizzare il livello superiore di EFF3 come indicazione. Se il vostro Motore è stato riparato, dovrete prendere in considerazione una perdita aggiuntiva dello 0.5% per ogni riparazione.

### Esempio

Supponiamo che un Motore a 4-poli di 22 kW sia in funzione al 75% del carico per 6.000 ore all'anno, con dei costi per l'Energia Elettrica pari a 0,08 €/kWh. Il Motore è stato riavvolto una volta. Quale sarà il risparmio annuo, quando questo Motore sarà sostituito con un Motore ad Alta Efficienza? L'efficienza standard è al 90%, mentre l'Alta Efficienza EFF1 è del 92,6%.

Calcolo del risparmio annuo =  $6.000 \times 22 \times 0.75 \times 0.08 \times (100/90 - 100/92,6) = 247$  €/anno.

Poiché l'esborso iniziale per l'acquisto di un Motore ad Alta Efficienza si aggira intorno a 700 €, l'Impresa rientra dell'investimento in 2,8 anni.

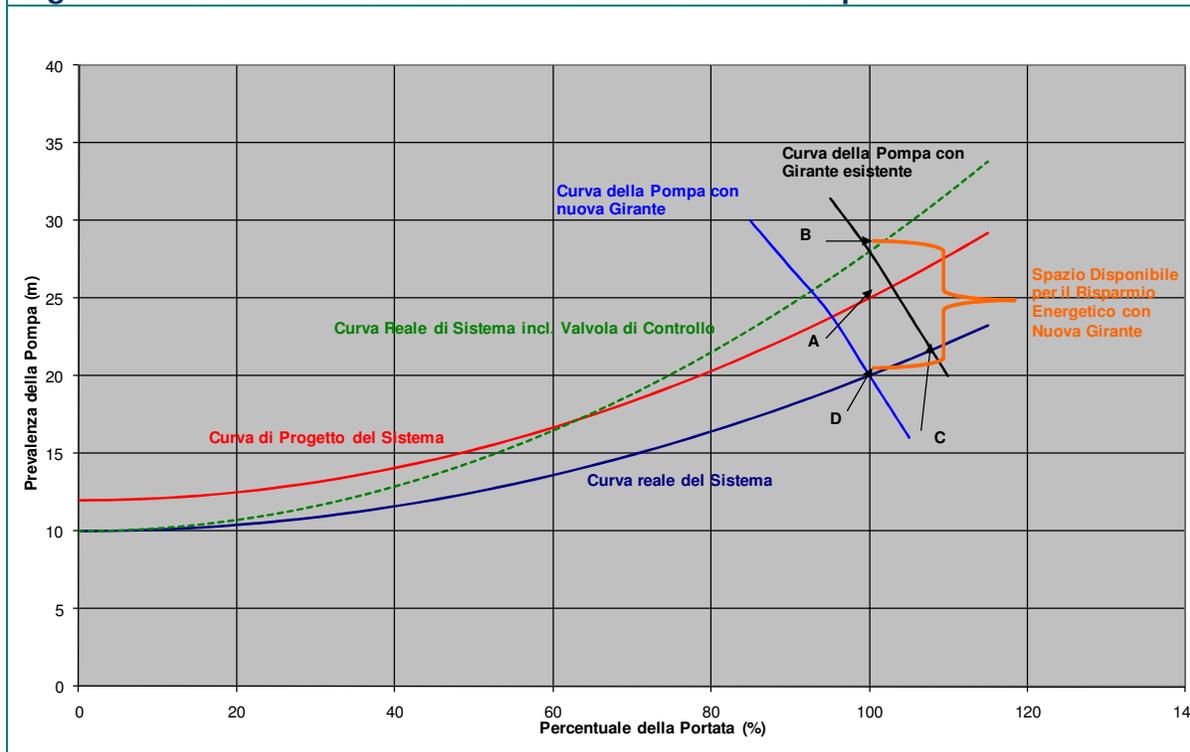
## Come Migliorare l'Efficienza dei Sistemi Sovradimensionati

Come conseguenza di una prassi di progettazione prudente, i Motori spesso sono dimensionati per eccesso, più del necessario. Ad esempio, le Pompe centrifughe sono spesso sovradimensionate a causa dei margini di sicurezza che vengono aggiunti nelle varie fasi di progettazione, a partire dal processo di progettazione vero e proprio fino alle specifiche d'acquisto ed alla progettazione del costruttore, per assicurare che vengano rispettati i termini di garanzia. In aggiunta, le condizioni operative di un Impianto potrebbero essere state cambiate, dando quindi come risultato dei sistemi sovradimensionati. Di conseguenza i Motori Elettrici e le attrezzature collegate si trovano spesso ad operare al di fuori dei loro limiti di efficienza ottimali. Se questo è il vostro caso, potreste considerare i miglioramenti di cui si tratta alle pagine seguenti.

## Modificare o Sostituire la Girante delle Pompe Sovradimensionate

Qualora una Pompa lavori in condizioni completamente differenti da quelle di progetto, ad esempio perché la Pressione nel sistema risulta essere molto più bassa rispetto alle condizioni previste e pertanto la prevalenza della pompa risulti molto più bassa, ciò provocherà uno spreco di Energia dovuto al controllo della portata, ottenuto mediante strozzamento o *bypass*. In questo tipo di operazione, potete prendere in considerazione o di ridurre o di sostituire la girante della Pompa. Ridurre significa tornare la girante fino a ridurre il diametro. Questa operazione dovrebbe essere sempre eseguita insieme al costruttore della Pompa per mantenere la Girante entro dimensioni accettabili. Se la riduzione non è possibile, allora potete prendere in considerazione la sostituzione della girante con una di uno di diametro inferiore. La seguente Fig. 26 illustra l'effetto della sostituzione della Girante nella curva caratteristica della Pompa.

**Fig. 26 – Effetto della sostituzione della Girante della Pompa**



Con riferimento al grafico di cui alla figura precedente:

- il punto A è il punto originario di progettazione sulla curva del sistema;
- il punto B è il punto di operatività reale della pompa;
- il controllo della portata tramite strozzamento (strozzando la portata dal punto C al punto B) introduce perdite ulteriori nella curva di sistema (vedi linea tratteggiata);
- basata sulla curva di sistema reale, senza perdite di strozzamento, il punto D è il punto ideale di funzionamento della pompa (ovviamente con un margine per le variazioni di portata).

La riduzione di energia necessaria con la nuova girante può essere calcolata con la formula seguente:

$$P_2 = P_1 \times (H_2 \times Q_2) / (H_1 \times Q_1) \times (\eta_1 / \eta_2)$$

in cui:

- Q = portata (m<sup>3</sup>/h)
- H = prevalenza della pompa (m di colonna liquida)
- $\eta$  = efficienza idraulica della pompa (%)
- 1 = con la girante originale
- 2 = dopo l'aggiornamento (*retrofit*)

Se la portata non è cambiata ( $Q_1 = Q_2$ ) la formula diventa:

$$P_2 = P_1 \times (H_2 / H_1) \times (\eta_1 / \eta_2)$$

### Esempio

Supponiamo che una Pompa di 110 kW in funzione 6.000 ore all'anno possa essere attrezzata con una nuova girante che ridurrà la prevalenza della pompa richiesta da 28 m a 20 m per erogare la stessa portata, e migliorare l'efficienza dal 60% al 70%. La potenza con la nuova girante, dunque si ridurrà a:

$$P_2 = 110 \times (20/28) \times (60/70) = 67 \text{ kW}$$

Il risparmio energetico annuo sarà  $(110 - 67) \times 6.000 = 258.000$  kWh. Se i costi di kWh sono 0,08 €/kWh, il risparmio annuo è pari a €20.640.

### Sostituire un Motore Sovradimensionato e utilizzato al di sotto della sua Capacità

Per le stesse ragioni menzionate sopra, i Motori raramente operano a pieno carico rispetto alle loro capacità. I Motori che operano al di sotto del 50% della loro potenza non sono un'eccezione nell'Industria Chimica. L'Efficienza dei Motori è relativamente costante e variano tra il 70% e l'80% in funzione del carico (80% a pieno carico, e circa 70% a carico dimezzato). Al di sotto del 50% di carico l'Efficienza comincia a peggiorare significativamente.

Usando l'elenco dei Motori potete controllare quali operino a carichi bassi e quali siano le loro Efficienze. I Motori che lavorano al di sotto del 50% della loro potenza per più di 2.000 ore all'anno dovrebbero essere candidati al *retrofit*. Queste informazioni consentono di valutare l'economicità di un intervento di sostituzione del Motore esistente con un altro più piccolo ad Alta Efficienza rispetto alla sua revisione. Per calcolare accuratamente il reale risparmio dovrete consultare un elettricista qualificato ed il

costruttore del Motore, al fine di prendere in considerazione tutti gli aspetti di tale aggiornamento. È importante confrontare gli effetti della velocità di rotazione di un Motore ad Alta Efficienza rispetto al Motore standard da sostituire. La velocità operativa attuale di un Motore ad induzione è leggermente inferiore (1-5%) rispetto alla velocità di un Motore sincrono. Questa differenza di velocità viene detta scorrimento (*slip*). I motori ad HE funzionano spesso con uno scorrimento ridotto. Questa differenza può essere significativa nel calcolo del risparmio energetico di un aggiornamento, poiché il consumo di potenza varia con la terza potenza della velocità.

L'Efficienza operativa ed il carico del Motore possono essere ricavate dalle misurazioni effettuate durante l'utilizzo e dalle informazioni sulla targa dei Motori. Per calcolare il carico parziale del Motore dovete misurare il voltaggio, gli Ampere ed il fattore di potenza per tutte e tre le fasi. Il carico del Motore, quindi, può essere calcolato con la formula seguente:

$$P = \text{Voltaggio}_m \times \text{Amp}_m \times \text{FP}_m \times \sqrt{3}$$

in cui:

P	= Carico del motore
Voltaggio <sub>m</sub>	= Tensione media sulle 3 fasi
Amp <sub>m</sub>	= Corrente media sulle 3 fasi
FP <sub>m</sub>	= Fattore di Potenza medio sulle 3 fasi

### ***Tecnologie di Sistemi di Trasmissioni a Velocità Variabile***

Il controllo della portata delle apparecchiature a fluido, come le pompe, i ventilatori ed i compressori, azionati da un motore elettrico ad induzione e funzionanti a velocità fisse, è spesso ottenuto tramite l'utilizzo di valvole di strozzamento nella parte di aspirazione o di scarico delle apparecchiature, oppure tramite un bypass del flusso. In questo caso, parte del flusso viene direttamente rimandato in aspirazione, bypassando i punti di utilizzo.

Nei casi di fabbisogno di flusso variabile di piccole variazioni della pressione statica, i controlli delle trasmissioni a velocità variabile abbinati a motori elettrici AC ad induzione possono essere un'efficiente alternativa di risparmio rispetto ai rigidi sistemi a strozzamento o a bypass, oppure a controllo on/off, perché il fabbisogno di potenza varia con la terza potenza della velocità della pompa o del compressore. In ogni caso, nelle applicazioni dove si richiede una portata costante e/o la variazione di pressione statica è una porzione significativa della prevalenza totale, la trasmissione a velocità variabile non comporta delle economie apprezzabili.

Sul mercato è disponibile un'ampia varietà di trasmissioni a velocità variabile. I tipi più vecchi di controllo della velocità sono:

- Controlli Variabili Idraulici/Meccanici;
- Controlli Variabili a Corrente a Vortice;
- Motori Elettrici a Velocità Multipla.

Oggi, le trasmissioni elettroniche a Velocità Variabile (spesso chiamati Inverter, o VSD, o PWM) rappresentano la tecnologia più comune per il controllo della velocità variabile. Per le buone caratteristiche di controllo e, per la superiore efficienza sono spesso economicamente più vantaggiosi e possono essere utilizzati su un'ampia gamma di potenze.

### **Trasmissioni a Velocità Variabile Meccaniche e Idrauliche**

Le trasmissioni meccaniche a velocità variabile utilizzano una cinghia regolabile ed un meccanismo a puleggia per la trasmissione della velocità variabile tra il motore e l'apparecchiatura azionata dal motore, per convertire una velocità fissa in una velocità variabile. Le trasmissioni idrauliche a velocità variabile utilizzano un accoppiamento tra il motore e le apparecchiature azionate in cui il momento di rotazione viene trasmesso tramite olio idraulico. La velocità di uscita è regolata controllando lo scorrimento tra le due parti dell'accoppiamento idraulico (ad es. la parte della velocità costante dal lato del motore e la parte della velocità variabile della parte azionata). L'accoppiamento idraulico è controllato tramite un sistema di olio idraulico, con pompe a refrigeratori.

### **Trasmissioni a Velocità Variabile a Corrente a Vortice**

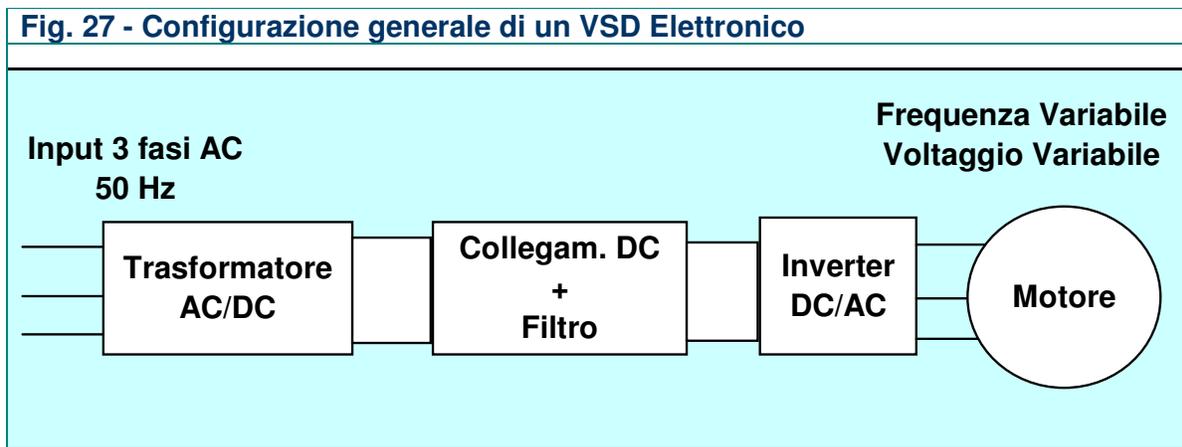
Come per l'accoppiamento idraulico, la trasmissione a velocità variabile a corrente a vortice è anche un tipo di controllo della velocità di scorrimento. Esso consiste in un tamburo collegato ad un albero a velocità costante che circonda un rotore connesso ad un albero a velocità variabile con un piccolo tappo ad aria tra il tamburo ed il rotore. Si crea un campo magnetico regolabile, in cui il momento di rotazione è trasmesso dal tamburo all'albero a velocità variabile. L'efficienza delle trasmissioni a corrente a vortice dipende dall'ampiezza dello scorrimento (ad es. la differenza tra la velocità di pieno carico e la velocità di funzionamento). Ad esempio, all'80% della velocità l'efficienza delle trasmissioni può essere contenuta in un margine tra il 76 e l'80%. Paragonate ai moderni VSD elettronici, le trasmissioni a corrente a vortice sono meno efficienti. Paragonate ai VSD elettronici, hanno perdite meccaniche relativamente alte.

### **Motori a Velocità Multipla**

I motori ad induzione AC possono essere attrezzati con configurazioni di avvolgimento differenti per azionare il motore a due o quattro velocità differenti. I motori multipli vengono più comunemente utilizzati in situazioni in cui è richiesto un controllo di portata graduale. Esempi tipici sono nei sistemi di ventilazione e con i ventilatori a torre di raffreddamento.

## VSD Elettronico di Potenza (Inverter)

Un normale motore elettrico AC funziona ad una velocità fissa determinata dalla frequenza dell'energia erogata (50 Hz). Il campo magnetico rotante indotto nel motore è direttamente connesso con la frequenza dell'energia erogata. La tecnologia elettronica del VSD può convertire la corrente alternata a voltaggio fisso e a frequenza fissa in corrente alternata a voltaggio variabile e a frequenza variabile, utilizzando una speciale tecnologia elettronica. Come mostrato nella seguente Fig. 27, questo VSD è composto da un convertitore CA/CC che trasforma la corrente alternata in corrente continua, da un filtro CC per creare la giusta corrente CC, ed infine da un Inverter CC/CA che trasforma la tensione CC in tensione CA variabile ad una frequenza variabile. L'uscita CA alimenta il motore.



Ci sono alcuni aspetti da tenere in considerazione, quando si esaminano le applicazioni del VSD:

- Potrebbe essere che il vostro motore elettrico CA esistente non sia adatto ad essere usato con un VSD Elettronico di Potenza, per la natura della forma d'onda della tensione sintetizzata. Quindi, molto probabilmente, dovete prevederne la sostituzione con motore HE.
- I VSD potrebbero creare delle armoniche superiori nel sistema di erogazione dell'energia che possono avere degli effetti sugli altri utilizzatori. In quel caso, sarà necessario installare anche dei filtri armonici.
- A causa della presenza di altre apparecchiature elettroniche di potenza nel sistema, i VSD dovranno essere posizionati in un luogo pulito ed asciutto.

Le fasi di conversione in un VSD da CA a CC a CA adattata consumano un po' di energia. L'efficienza tipica dei VSD è del 92-95%. Queste perdite devono essere prese in considerazione per la valutazione economica generale.

I VSD hanno la possibilità di azionare un avviamento 'soft' del Motore, evitando elevate correnti di avvio e riducendo i cali di tensione nel sistema di distribuzione dell'Energia.

Uno sviluppo recente è quello di integrare il VSD con il motore (vedere seguente Fig. 28).

**Fig. 28 - VSD Integrato**



Fonte: Siemens

Questa pratica ha una serie di vantaggi, quali i bassi costi di installazione e l'eliminazione di problemi legati ad interferenze elettromagnetiche. Attualmente vengono applicati ai motori di potenza inferiore ( $< 15$  kW). Esistendo diversi tipi di VSD Elettronici di Potenza si suggerisce di consultare un fornitore qualificato per l'individuazione del tipo più adatto.

## ***Opportunità e Benefici delle Trasmissioni a Velocità Variabile***

### **Applicazioni del Momento di Rotazione Variabile e Costante**

Nella valutazione delle applicazioni possibili delle trasmissioni a Velocità Variabile è importante valutare il tipo di momento di rotazione richiesto per le specifiche apparecchiature azionate. Con apparecchiature a fluido, quali Pompe, Ventilatori ad Aria o Compressori, lo scarico di Pressione in uscita dalla Pompa, Ventilatore o Compressore consiste in una parte statica (innalzamento statico) ed in una dinamica. La parte statica è determinata dalla Pressione di processo al punto di erogazione (ad es., dalla Pressione nel serbatoio di processo, o nei punti di utilizzo nei sistemi di Aria Compressa). La parte dinamica è la frizione del fluido che si viene a creare nell'impianto dal punto di erogazione al punto di utilizzo e varia con la seconda potenza della velocità del fluido.

Per le applicazioni in cui l'innalzamento statico è una parte relativamente ampia della pressione totale erogata, si richiede un momento di rotazione abbastanza costante su tutta la gamma di controllo del flusso (flusso variabile a pressione costante). Alcuni esempi sono i compressori di aria, i miscelatori ed i dispositivi di trasporto. Per le applicazioni con una parte relativamente ampia di pressione dinamica, si richiede un momento di rotazione più variabile sull'intera gamma di controllo del flusso (flusso variabile e pressione variabile). Alcuni esempi sono i ventilatori dell'aria e gli impianti di pompaggio. Il potenziale di risparmio energetico con le trasmissioni a velocità variabile dipende dal tipo di momento di rotazione richiesto per l'applicazione. Quelli con un momento di rotazione più variabile creeranno risparmi relativamente maggiori rispetto a

quelli con un momento di rotazione costante, perché, con quest'ultimo, l'ingresso di energia decresce in modo pressoché lineare con una velocità più bassa, mentre il momento di rotazione variabile si riduce con la seconda potenza della velocità.

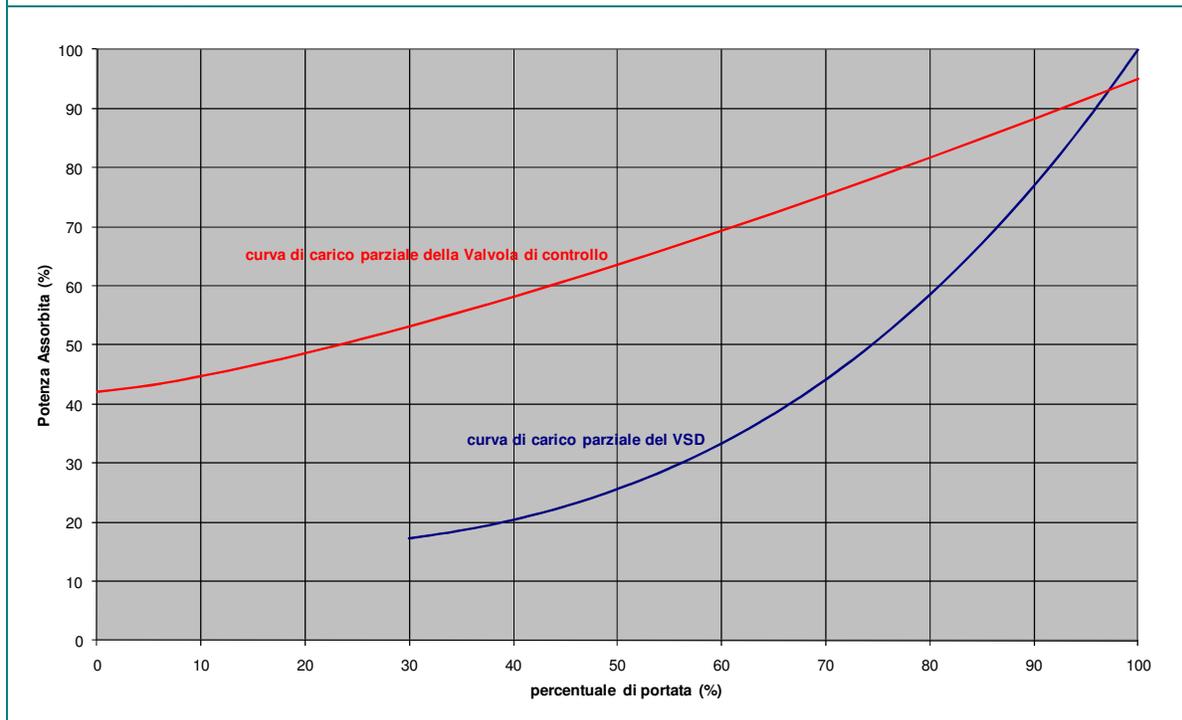
Perciò, tra le applicazioni più interessanti in cui considerare l'impiego di trasmissioni a velocità variabile, indichiamo in ordine di preferenza:

- Pompe;
- Ventilatori ad Aria;
- Compressori di Processo;
- Compressori dell'Aria;
- Dispositivi di Trasporto.

## Pompe

Il Controllo della Portata più comunemente impiegato nei Sistemi di Pompaggio è costituito da una Valvola di Controllo del Flusso nello Scarico della Pompa. Questo può causare uno spreco di Energia, dal momento che spesso consente alla Pompa di non funzionare al suo livello ottimale. Utilizzare una trasmissione a Velocità Variabile invece della Valvola di Controllo dello Strozzamento può far conseguire un sostanziale miglioramento dell'Efficienza Energetica. Questo processo è illustrato nella seguente Fig. 29, in cui la potenza richiesta con una Valvola di Controllo a Velocità Fissa è confrontata con quella di una a Velocità Variabile.

**Fig. 29 - Confronto tra Fabbisogno di Potenza in Pompe con VSD e con controllo dello strozzamento**

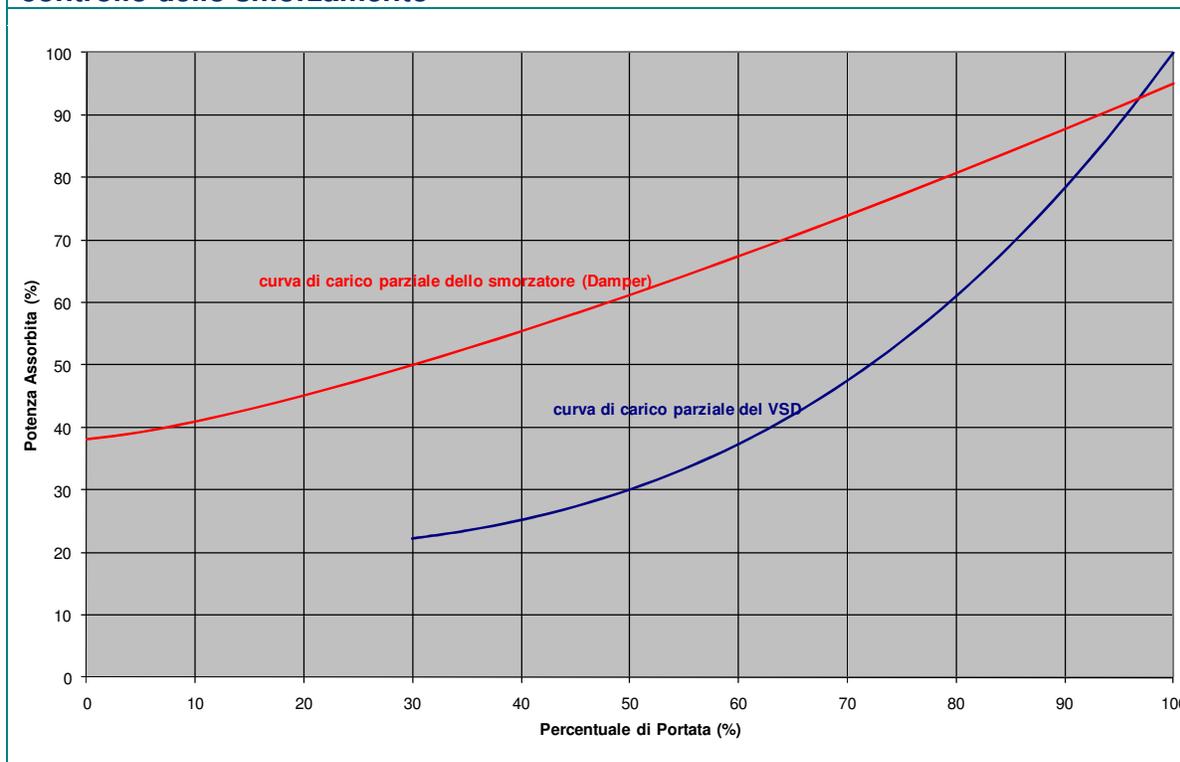


Nell'asse orizzontale si riporta la percentuale della portata richiesta. L'asse verticale è la potenza assorbita come percentuale della potenza richiesta dal VSD. Con una valvola di controllo a strozzamento la potenza richiesta si riduce ad una percentuale lineare con la diminuzione della portata (l'efficienza della pompa si ridurrà anch'essa). Con una trasmissione a velocità variabile, la potenza richiesta diminuisce più o meno con la seconda potenza del flusso decrescente (con la terza potenza della velocità). In questo esempio, il VSD può essere utilizzato fino al 30 % della portata. Al di sotto di quel punto, la velocità della pompa non è sufficiente per fornire abbastanza pressione di scarico per adeguare la pressione dell'impianto (principalmente nella prevalenza statica). A causa delle perdite intrinseche, il VSD è meno efficiente della valvola di controllo ad una portata tra il 100 % ed il 95 %.

## Ventilatori per Aria

In modo simile a quanto descritto per l'utilizzo della valvola di controllo con una pompa, gli smorzatori sono spesso utilizzati per controllare il flusso di un ventilatore. Ridurre la velocità è una forma di controllo molto più efficiente dal punto di vista energetico (vedere la seguente Fig. 30).

**Fig. 30 - Confronto tra Fabbisogno di Potenza in Ventilatori con VSD e con controllo dello smorzamento**



### Esempio di risparmio energetico con il VSD

Poniamo che un Ventilatore ad Aria funzioni per 6.000 ore all'anno ad una portata media annua del 60% della sua capacità di progetto. La potenza di progetto è 160 kW. Con il controllo dello smorzamento, il consumo annuo di Energia sarebbe pari a 652.800 kWh/y ( $68\% \cdot 160 \text{ kW} \cdot 6.000 \text{ h}$ ), mentre con il VSD il consumo passerebbe a 364.800 kWh ( $38\% \cdot 160 \text{ kW} \cdot 6.000 \text{ h}$ ). Il risparmio annuo con il VSD sarebbe quindi pari a 288.000 kWh (considerando un costo del kWh pari a 0,08 € il risparmio annuo sarebbe pari a €23.040).

### Compressori d'Aria

Il potenziale delle trasmissioni a velocità variabile con i compressori dipende in grande parte dal tipo di compressore, dal tipo di momento di rotazione richiesto (più costante oppure più variabile), e da quale forma di controllo della capacità è attualmente utilizzata. Ad esempio, i compressori centrifughi o i compressori assiali che operano in un impianto con prevalenze statiche alte sono meno indicati ad essere utilizzati con le trasmissioni a velocità variabile. In ogni caso, con compressori con un momento di rotazione costante, quali compressori a pistone e compressori a vite, dei miglioramenti potranno essere raggiunti con una trasmissione a velocità variabile, dal momento che questa può sostituire un controllo di capacità meno efficiente. Tenete in considerazione che spesso un Compressore a dislocamento positivo necessita di operare al di sopra della velocità minima accettabile. Perciò, dovrete sempre consultare il vostro fornitore di compressori se state prendendo in considerazione la possibilità di effettuare un aggiornamento.

### Lista degli interventi per una Manutenzione Diligente

Interventi:	
1	Spegnere i Motori quando essi non sono utilizzati; evitare il funzionamento delle Pompe per un periodo più lungo oltre il loro controllo di <i>bypass</i> minimo;
2	Eseguire manutenzioni periodiche sui tutti i componenti dei Sistemi di Trasmissione;
3	Controllare l'allineamento degli accoppiamenti, la lubrificazione e la manutenzione della guarnizione delle Pompe;
4	Sostituire le guarnizioni che perdono eccessivamente e controllare i serraggi;
5	Controllare periodicamente le condizioni dei motori elettrici, tra l'altro lo stato dell'isolamento dell'avvolgimento del motore;
6	Eseguire delle verifiche sulle apparecchiature azionate a cinghia. Raccogliere i dati sull'applicazione e sulle ore di funzionamento. Determinare l'efficacia in termini di costo di sostituzione delle cinghie a V con delle cinghie dentate o cinghie sincrone;
7	Eseguire un'analisi sulla qualità della distribuzione dell'Energia nel vostro impianto;
8	Controllare sistema di distribuzione per eventuali carichi singoli mal distribuiti;
9	Eliminare le tensioni non equilibrate, perché possono seriamente degradare la prestazione ed accorciare la vita dei Motori Trifase;
10	Eliminare eccessive cadute di tensione nel sistema di distribuzione interno;
11	Controllare il fattore di potenza nel sistema di distribuzione all'interno dell'impianto e valutare l'opportunità di eseguire interventi di miglioramento del Fattore di Potenza.

## Lista addizionale di controlli per i Motori

Opportunità di risparmio energetico	Azioni da verificare
1. Assicurati che la capacità del Motore non sia > del 25% al pieno carico.	-
2. Installa controlli sul motore (tensione, fattore di potenza e velocità)	-
3. Imposta azionamento Motore in modalità progressiva crescente ( <i>soft start</i> )	-
4. Installa trasmissioni a velocità variabile	-
4. Installa Motori ad alta efficienza	-

Fonte: [www.bess-project.info](http://www.bess-project.info)

## Ulteriori Informazioni

### Migliori prassi per l'Efficienza Energetica dei Motori e delle Trasmissioni

Una PMI chimica, tra gli interventi implementati (e che tutti insieme le hanno fatto conseguire un risparmio del 40% sul fabbisogno energetico totale), ha sostituito dei Motori elettrici a bassa efficienza con dei nuovi ad elevate prestazioni. Questi interventi hanno fatto risparmiare all'Impresa il 10% dell'Energia consumata dai Motori obsoleti, consentendole di completare l'ammortamento in 2 anni.

## Bibliografia

1. *Variable speed drives, Introducing energy savings opportunities for business*, Pubblicazione "Carbon Trust" CTG006.  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
2. *Compressed Air*, Pubblicazione "Carbon Trust" CTV017.  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
3. *Motors and Drives*, Pubblicazione "Carbon Trust" CTV016.  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
4. *Improving Motor and Drive System Performance: a Sourcebook for Industry*, Pubblicazione dell'U.S. Department of Energy (DOE), Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (EERE).  
<http://www1.eere.energy.gov/industry/bestpractices/motors.html>
5. *Variable Speed Pumping, a Guide to Successful Applications*, Pubblicazione dell'U.S. Department of Energy (DOE), Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (EERE).  
[www.pumps.org](http://www.pumps.org) e [www.europump.org](http://www.europump.org)
6. *Motor efficiency classes*.  
[www.motorsystems.org](http://www.motorsystems.org)

## Migliore Prassi 8: Migliorare l'Efficienza Energetica dei Processi di Produzione

Gli Impianti Chimici lavorano con processi ad elevato contenuto di Energia. Quindi è perfettamente corretto da un punto di vista economico verificare le potenzialità di miglioramento delle prestazioni energetiche. Il potenziale risparmio di Energia può essere considerato come un fatto inerente la singola unità di processo, o, in alternativa, un'opportunità di recupero di Calore dall'area del processo stesso. Questa prassi descrive una serie di possibili miglioramenti negli impianti, quali la distillazione, l'evaporazione e l'essiccamento. L'argomento è trattato in modo necessariamente generico, dato l'ampio grado di differenziazione esistente all'interno delle diverse categorie di processi chimici. A questo proposito tecnici esperti del settore dovrebbero chiedersi e valutare se i miglioramenti proposti in questo documento si possano applicare al caso specifico. Inoltre alcune applicazioni delle Tecnologie della Membrana e numerose Tecnologie di Recupero del Calore ad Alta Temperatura sono state descritte per l'elevato potenziale di risparmio che le caratterizza. L'ultima parte descrive per sommi capi un metodo di analisi di Recupero strutturale del Calore, detta analisi di *Pinch*, che serve a quantificare l'ampiezza del recupero di Calore disponibile in un dato processo/impianto.

### ***Aree di processo con potenzialità di miglioramento dell'efficienza energetica***

#### **Distillazione**

La Distillazione serve per separare delle miscele costituite da componenti con punti di ebollizione differenti. La miscela viene riscaldata sino alla temperatura di ebollizione della miscela stessa. Ad esempio per purificare dei Solventi il tipico Impianto di Distillazione è costituito da un Reattore, in cui viene riscaldata la miscela in ingresso, da una Colonna di Distillazione, in cui i componenti della miscela vengono separati, e da un Bollitore che mantiene le condizioni di ebollizione nella colonna. Normalmente questi componenti fondamentali sono integrati fra di loro e costituiscono un unico processo di separazione con numerosi Scambiatori di Calore lungo il flusso del prodotto.

Possono ricercarsi opportunità di risparmio energetico attraverso le seguenti azioni:

- migliorando ulteriormente l'integrazione termica (per approfondire l'argomento andare al paragrafo "Valutare il potenziale di Recupero di Calore con l'Analisi Pinch" di questa Migliore Prassi);
- utilizzando piatti di distillazione più efficienti o diversi riempimenti delle colonne;

- in alcuni casi si possono prendere in considerazione alternative alla Distillazione che comportino un minor consumo di Energia. Una possibilità è costituita dall'evaporazione combinata con la Tecnologia delle Membrane. Con l'evaporazione può anche essere possibile separare direttamente miscele azeotropiche. Le miscele azeotropiche hanno un punto di ebollizione più basso di quello dei componenti puri, quindi solo un componente può essere purificato. Inoltre la Distillazione azeotropica richiede maggiore quantità di Energia;
- ottimizzazione/adattamento dei rapporti di riflusso/flusso di ritorno dell'Elettricità per unità di prodotto: molte colonne di Distillazione vengono fatte funzionare con un volume di ritorno dell'Energia Elettrica costante. Se l'alimentazione dell'Energia Elettrica viene variata, la quantità di flusso di ritorno di Energia Elettrica non viene spesso adattata alla variazione. Questo comportamento equivale a distruggere l'Energia Elettrica e pertanto dovrebbe essere evitato.

Va osservato che i primi tre tipi di variazioni comporterebbero delle modifiche significative al processo. In effetti dovrebbero essere prese in considerazione solo in caso di riprogettazione o ampliamento dell'impianto.

## Evaporazione

L'Evaporazione si utilizza quando si richiede di concentrare una soluzione eliminando il Solvente. Il maggior consumo di Energia è assorbito dall'aumento di Temperatura per portare il solvente al punto di ebollizione e convertirlo in Vapore che viene rimosso dall'Evaporatore.

Possono ottenersi dei risparmi energetici mediante:

- la riduzione della quantità di solvente da far evaporare, magari prevedendo l'inserimento di una Fase Separativa e mediante l'impiego della Tecnologia delle Membrane;
- il recupero del Calore di Evaporazione del Solvente in un Condensatore, impiegandolo per il Riscaldamento a Bassa Temperatura;
- impiego di un Compressore Meccanico per comprimere il Vapore e usarlo come mezzo riscaldante;
- impiego di Evaporatori Multistadio a maggiore efficienza.

## Essiccamento

L'Essiccamento si impiega nei casi in cui si debba eliminare l'Acqua o il Solvente da un prodotto solido, fornendo Calore.

Per migliorare l'Efficienza Energetica in genere si cerca di:

- ridurre il contenuto di Acqua nel solido, prima di essiccarlo. Questo metodo richiederebbe importanti cambiamenti del processo, quali l'installazione di tipi

speciali di Pompe per Fluidi ad Alta Viscosità (*Slurry Pumps*), in grado di trasportare dei flussi con un'alta concentrazione di solidi;

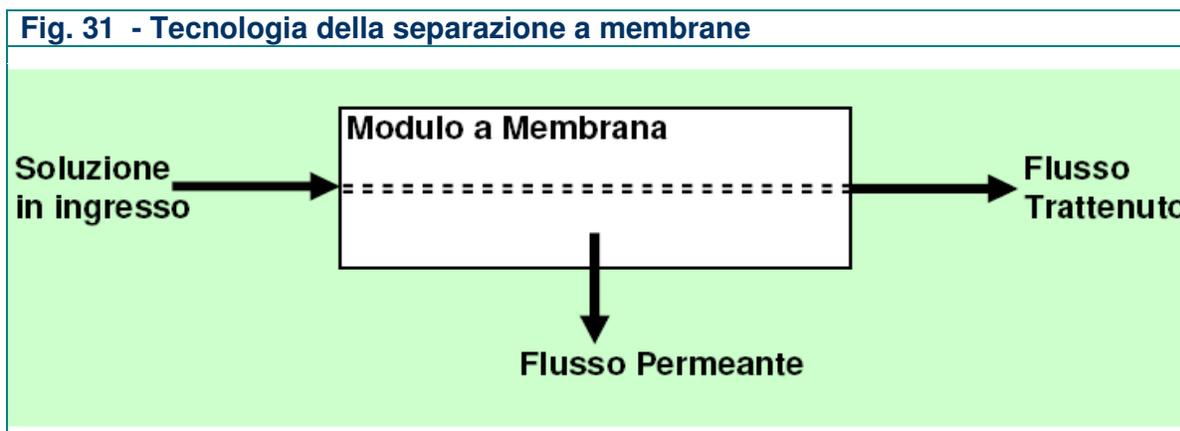
- assicurarsi che le condizioni operative di processo siano monitorate e le parti calde convenientemente isolate;
- verificare se non sia il caso di recuperare il Calore contenuto nell'Aria Calda proveniente dal Essiccatore.

### **Alternative di Risparmio Energetico: la Tecnologia delle Membrane**

La tecnologia delle Membrane si è rapidamente sviluppata nell'ultima decina di anni ed è diventata una Tecnologia di Separazione largamente impiegata per un'ampia serie di applicazioni.

Il grande vantaggio della Tecnologia delle Membrane è il suo consumo energetico relativamente basso, se confrontato con le altre Tecnologie di Separazione disponibili, quali ad esempio la Distillazione e l'Evaporazione.

La seguente Fig. 31 ne illustra i principi fondamentali.



Il flusso principale passa attraverso la parete a Membrana (permeato) mentre il flusso trattenuto è formato dai componenti che non passano attraverso la parete a Membrana. La tecnologia delle Membrane può essere usata in numerosi sistemi di separazione:

- Filtrazioni a Membrana sotto pressione come ad esempio micro, ultra, nano filtrazioni e filtrazioni ad osmosi inversa per il trattamento di liquidi (per esempio l'acqua);
- Elettromembrane in cui delle Membrane provviste di carica elettrostatica vengono usate per separare delle particelle a loro volta provviste di carica (si tratta di una tecnologia combinata di elettrolisi e membrane);
- Membrane per la Separazione di Gas per separare ad esempio anidride carbonica e idrogeno;

- Membrane a Pervaporazione sono, ad esempio, impiegate per rompere delle miscele azeotropiche;
- Membrane di Pervaporazione in ceramica. Recentemente sono state sviluppate delle membrane idonee a svolgere il lavoro anche a temperature di processo superiori a 100°C (al contrario delle più comuni membrane polimeriche che possono essere utilizzate fino a 100 °C);
- Pertrazione con Membrane Liquide. Una Membrana Liquida è formata da una struttura di supporto in membrana porosa con un liquido polimerico che riveste i pori. Il polimero è scelto in base alla sua affinità con i componenti che devono essere separati dal flusso in ingresso. Con il rivestimento di liquido polimerico, la membrana realizza il trasporto dei soluti in due fasi liquide (alimentando e strippando le soluzioni), separate dalla membrana. Uno degli impieghi tradizionali di questo processo è costituito dal trattamento delle acque di scarico. Ad esempio, le acque di scarico contaminate da sostanze aromatiche o da idrocarburi clorurati possono essere pulite tramite l'assorbimento in un agente organico di estrazione. La membrana rappresenta l'interfaccia tra l'acqua di scarico e l'agente estrattore. Il fatto che l'agente estrattore sia tenuto separato dall'acqua di scarico è un grande vantaggio, se messo a confronto con i processi di estrazione convenzionali, che richiedono una fase aggiuntiva di separazione.

### ***Impianti per il Recupero del Calore***

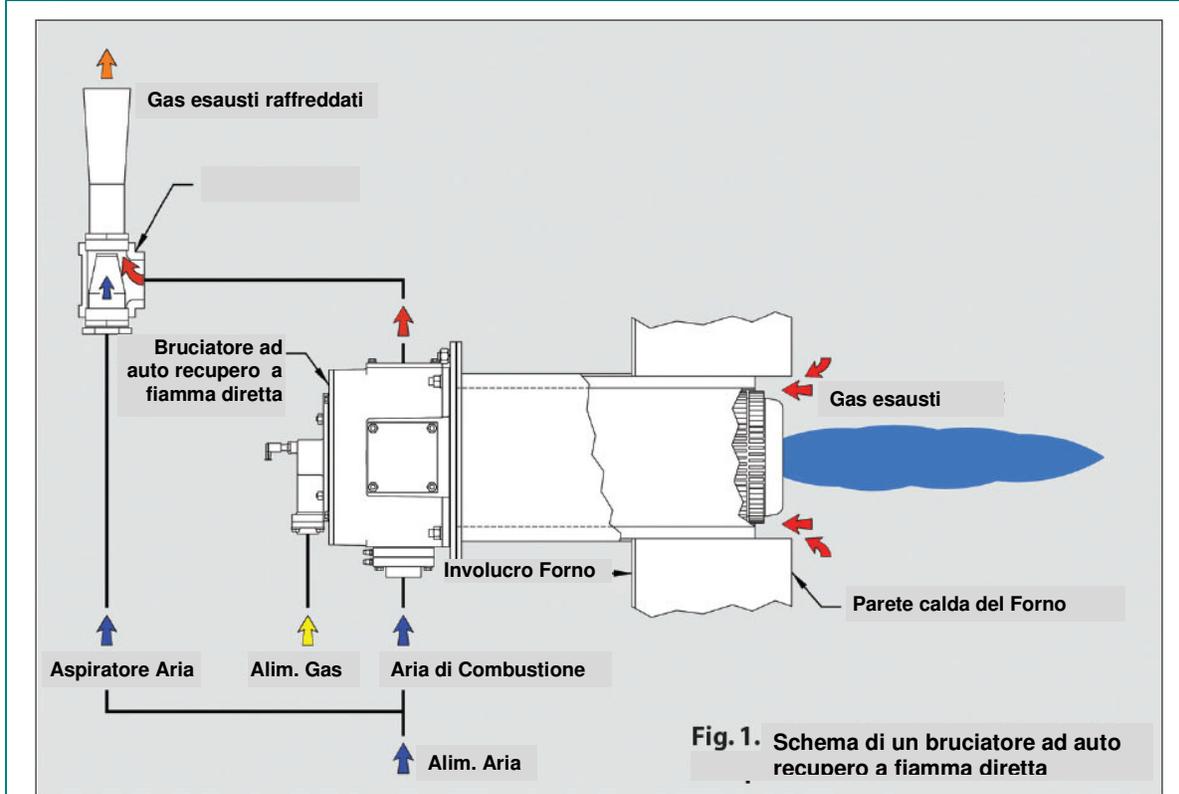
Le tecniche disponibili per recuperare parte del calore residuo dei processi chimici sono numerose. Vi sono inoltre diverse attrezzature disponibili per recuperare calore ad alta temperatura:

- scambiatori di calore (in ceramica, qualora la temperatura sia molto alta);
- rigeneratori che recuperano il calore dei gas combusti per riscaldare l'aria di alimentazione di forni e caldaie.

La gamma degli Scambiatori di Calore è molto ampia e copre tutte le esigenze di temperatura.

Per definire quale sia l'apparecchiatura di recupero del calore adatta per una particolare applicazione è necessario raccogliere una serie di dati e richiedere il parere tecnico ad un fornitore di apparecchiature. Una delle applicazioni più diffuse di recupero del calore è l'utilizzo dei Gas combusti per riscaldare l'aria di alimentazione dei Forni. I Forni di Processo molto spesso lavorano con delle temperature del flusso di Gas molto elevate e quindi con un'efficienza piuttosto bassa. Il fatto di recuperare parte del calore contenuto nei Gas combusti per riscaldare l'aria di combustione può aumentare l'efficienza del combustibile anche in modo sensibile. Uno sviluppo interessante a questo proposito è stata l'idea di un Bruciatore ad auto-recupero dove la componente che effettua il recupero termico è completamente integrata nella costruzione del Bruciatore.

La Fig. 32 di cui alla pag. 123 riporta lo schema di questo Bruciatore.

**Fig. 32 - Schema del Bruciatore**

**Fig. 1. Schema di un bruciatore ad auto recupero a fiamma diretta**

Fonte: Hauck Manufacturing, USA

L'installazione di apparecchiature di recupero del calore ad alte temperature richiede un'attenta progettazione, ingegneria e costruzione, che devono essere eseguite da persone qualificate. In particolare bisogna fare attenzione ai seguenti punti:

- valutazione dell'accettabilità per il forno delle conseguenze di una caduta di pressione maggiore del solito sul percorso Aria-Bruciatori-Gas combusto, con riferimento alla possibilità di correzione con ventilatori o inserimento di un ventilatore provvisorio;
- valutazione dell'impatto sugli strumenti di controllo del forno;
- verifica delle eventuali modifiche da apportare al Bruciatore qualora lo si alimenti con aria più calda;
- verifica del fabbisogno di manutenzione dell'attrezzatura, per evitare depositi e corrosione che potrebbero annullare i risparmi programmati.

## Valutare il potenziale di Recupero di Calore con l'Analisi Pinch

L'analisi *Pinch* è un metodo che permette di definire qual è il minimo apporto di Energia che il processo richiederebbe se gli scambi di Calore fossero realizzati in modo ottimale. Per ragioni ovvie questo valore ottimale non è raggiungibile nella realtà, ma l'analisi fornisce valide informazioni su come ottimizzare ulteriormente il recupero termico. Questo metodo è stato creato dall'Università di Manchester e da allora è stato utilizzato da molte Imprese Chimiche. Su internet si trova ampia letteratura in grado di fornire spiegazioni dettagliate sul tema per chi avesse intenzione di approfondire l'argomento.

Di seguito si riportano alcune informazioni. Il metodo si articola in due fasi fondamentali:

- **prima fase:** analisi della quantità minime di calore e di carico refrigerante necessarie al processo, ottenute confrontando il totale delle correnti fredde (che devono essere riscaldate) e il totale delle correnti calde (che devono essere raffreddate) e quali siano le interconnessioni opportune per ottenere uno scambio termico ottimale;
- **seconda fase:** ridisegnare la rete di scambiatori per realizzare l'obiettivo del minimo fabbisogno.

### Analisi del minimo apporto termico e del carico refrigerante richiesto

I flussi di processo sono rappresentati come un set di flussi di energia come in una funzione di carico di calore (kW) contro la temperatura (°C). Tutte le correnti di processo nell'impianto che necessitano di essere raffreddate (correnti calde) sono combinate nella curva composita calda. Una curva composita è la relazione tra il servizio totale in kW e la temperatura delle correnti di processo. Tutte le correnti fredde nell'impianto che devono essere riscaldate sono combinate nella curva composita fredda.

Nella seguente Tab. 20 qui di seguito si indica le modalità di sviluppo delle curve composite. Nell'esempio indicato, ci sono due correnti calde e due correnti fredde, con rispettive Temperature Obiettivo e di Alimentazione/Erogazione.

Corrente	Tipo	Temperatura di Aliment. (C)	Obiettivo Temperatura (C)	Duty Q (kW)	mCp (kW/C)
1	caldo	200	100	2000	20
2	caldo	150	60	3600	40
<b>Totale</b>	caldo			5600	
3	freddo	80	120	3200	80
4	freddo	50	220	2550	15
<b>Totale</b>	freddo			5750	

Il servizio (*Duty*) di trasferimento del calore può essere espresso con la formula seguente:

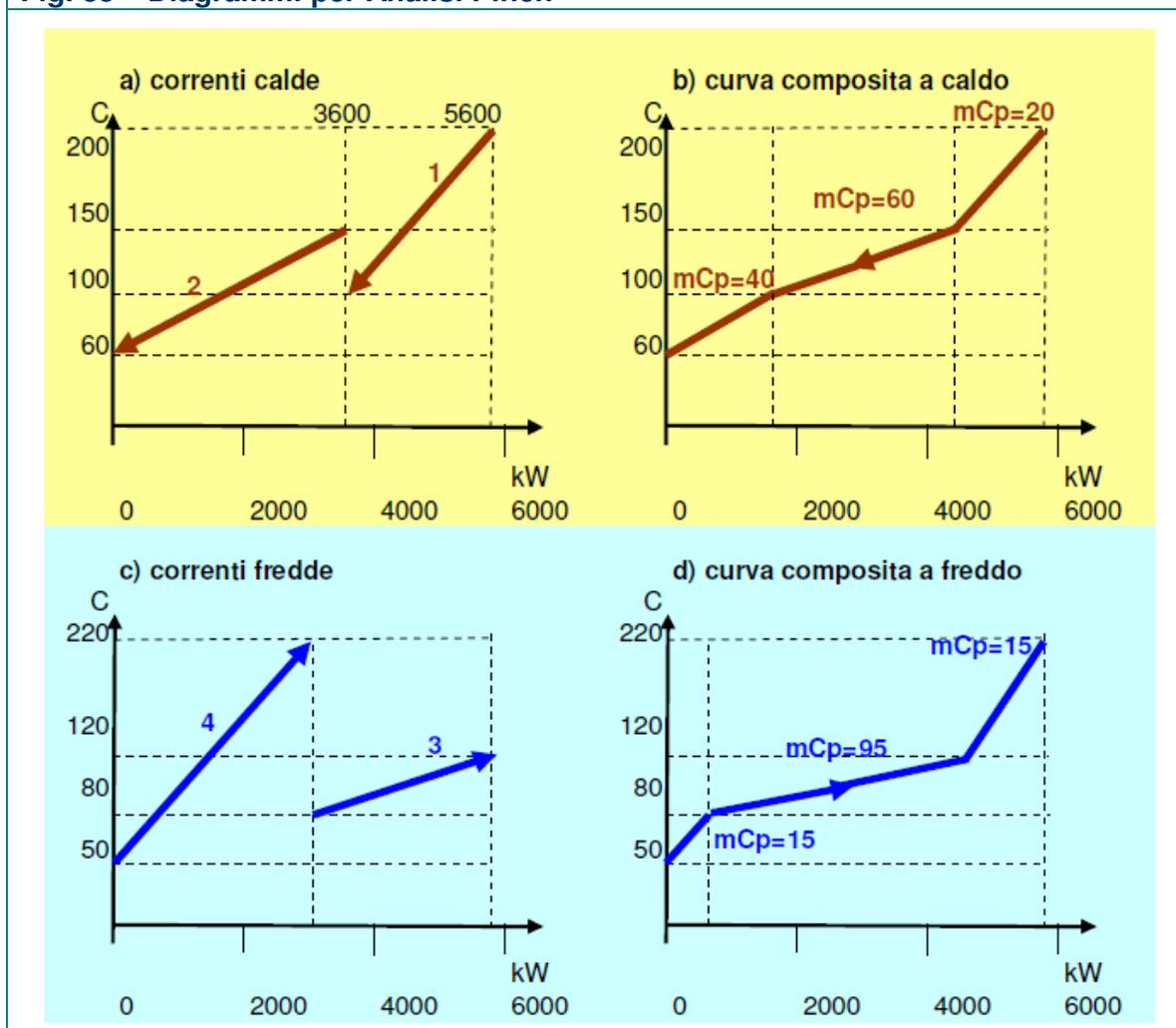
$$Q = m \times C_p \times \Delta T \text{ (kW)} \rightarrow mC_p = Q / \Delta T \text{ (kW/}^\circ\text{C)}$$

dove:

- Q = servizio del calore (kW);
- m = flusso di massa (kg/sec);
- Cp = contenuto di calore specifico (kJ/kg/°C);
- mCp = portata di capacità di calore (kW/°C).

Per costruire le curve composite, avete bisogno di conoscere il flusso di massa, il valore pertinente di Cp e le temperature di obiettivo e di erogazione nelle correnti di processo. La prima fase è quella di mettere le correnti calde e fredde in un diagramma di temperatura/*duty* come mostrato nella seguente Fig. 33.

**Fig. 33 – Diagrammi per Analisi Pinch**



Il diagramma a) mostra le correnti calde individuali nel diagramma temperatura/*duty*. Da questo diagramma può essere costruita la curva composta, aggiungendo i valori di *mCp* ad ogni intervallo di temperatura, come mostrato nel diagramma b).

Gli intervalli di temperatura per le correnti calde sono:

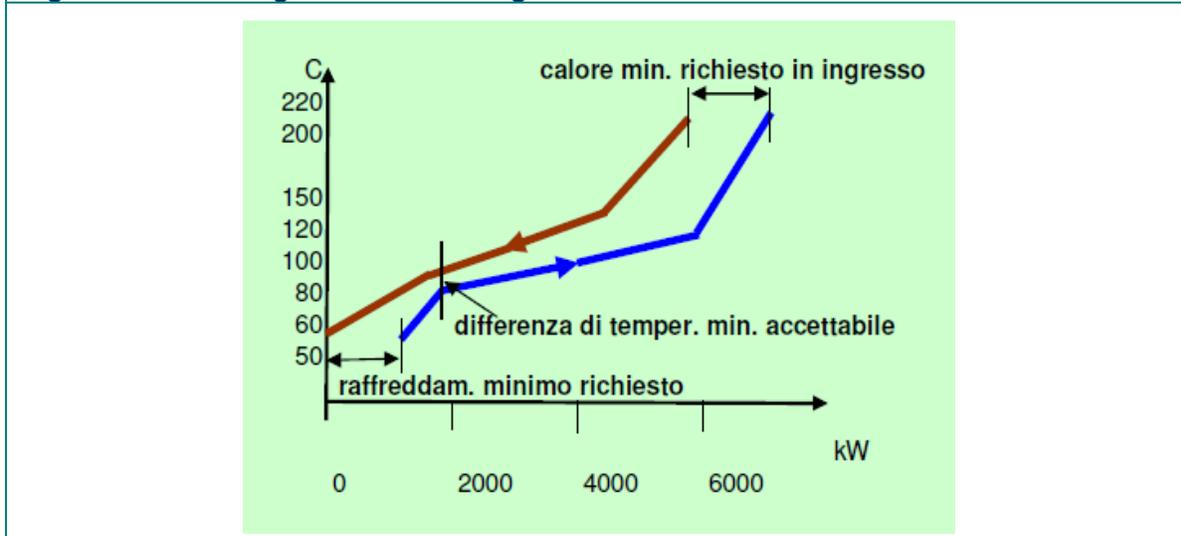
- 1° intervallo): 200-150°C con *mCp* = 20;
- 2° intervallo): 150-100°C con *mCp* = 60;
- 3° intervallo): 100-60°C con *mCp* = 40.

Lo stesso procedimento può essere fatto per le correnti fredde. Qui gli intervalli di temperatura sono:

- 1° intervallo): 50-80°C con *mCp* = 15;
- 2° intervallo): 80-120°C con *mCp* = 98;
- 3° intervallo): 120-220°C con *mCp* = 15.

Per determinare l'obiettivo minimo di Energia necessaria per il processo, la curva composta fredda è ora progressivamente spostata verso la curva composta calda, finché non viene raggiunta la minima differenza di temperatura accettabile, detta *Pinch Point* (vedi la seguente Fig. 34).

**Fig. 34 - Scelta degli Obiettivi Energetici**



L'asse orizzontale del *duty*, ora indica le differenze di servizio tra il Raffreddamento ed il Riscaldamento e non il servizio di Raffreddamento e Riscaldamento assoluti. Da questa curva composta si può ora determinare l'ingresso di Calore minimo richiesto nel processo ed il minimo servizio di raffreddamento richiesto con un recupero massimo (teorico) di Calore. Avendo costruito il diagramma di cui alla precedente Fig. 34, si può sviluppare

l'analisi *Pinch* per verificare l'attuale recupero di Calore nell'impianto. Ci sono alcune regole che devono essere applicate:

- nella regione al di sopra della temperatura del *Pinch* c'è una carenza di Calore per le correnti fredde, quindi tutto il Calore disponibile nelle correnti calde in quella zona di temperatura dovrebbe essere utilizzato per le correnti fredde in quella regione e non nella zona al di sotto del *Pinch*;
- nella regione sopra il *Pinch* non dovrebbe esserci, inoltre, il raffreddamento esterno di correnti calde, dal momento che da un punto di vista termodinamico tutto il Calore di scarto può essere impiegato nel riscaldamento di correnti fredde;
- nella regione al di sotto del *Pinch* c'è un surplus di Calore disponibile nelle correnti calde in quella regione, quindi non dovrebbe esserci né riscaldamento esterno aggiunto alle correnti fredde, né alle correnti calde al di sopra del *Pinch*.

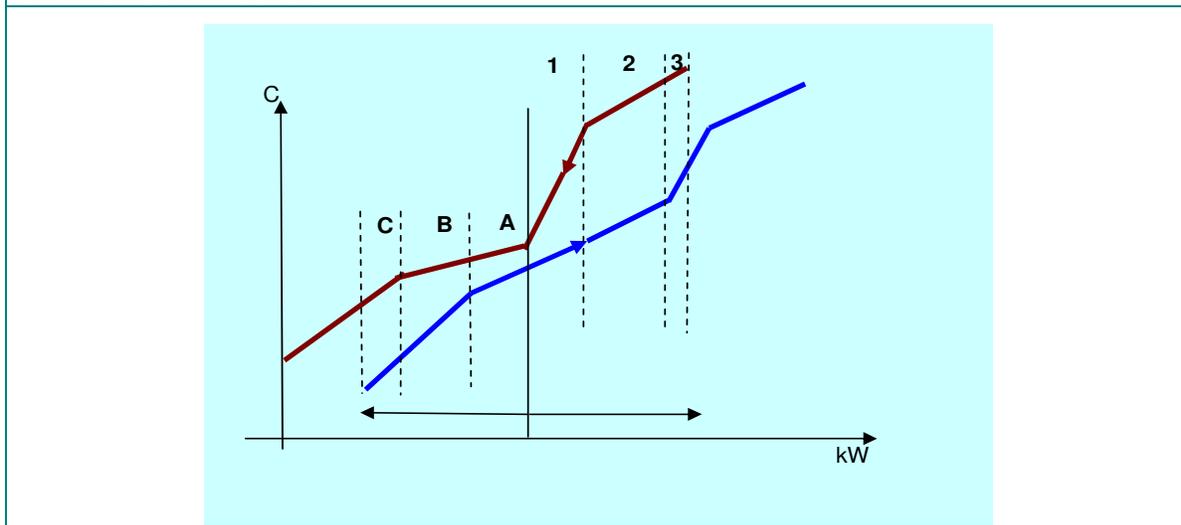
In sintesi, idealmente il recupero di Calore ottimale dovrebbe aderire alle seguenti regole:

- nessun riscaldamento esterno al di sotto del *Pinch*;
- nessun raffreddamento esterno al di sopra del *Pinch*;
- nessun trasferimento di Calore attraverso il *Pinch*.

Il *Pinch Point* dipende dalla scelta di differenza di Temperatura applicabile all'Impianto. Si tratta di una scelta economica per equilibrare i risparmi energetici agli investimenti.

La seconda parte dell'analisi *Pinch* consiste nello sviluppare una rete di Scambiatori di Calore per realizzare l'obiettivo minimo o il miglior abbinamento possibile. Per ottimizzare tale rete si può suddividere la curva composta in segmenti, partendo dal *Pinch Point* degli intervalli di servizio ad inclinazione costante, come nella seguente Fig. 35.

**Fig. 35 – Intervalli di servizio per la progettazione ottimale della rete di Scambiatori di Calore**



Questi intervalli sono rappresentati da A, B, e C per l'area al di sotto del *pinch*, e 1, 2, e 3 per l'area al di sopra del *pinch*. Lo scambio di Calore ottimale dovrebbe avvenire all'interno di questi intervalli. Per ogni intervallo, le correnti calde e le correnti fredde sono note, così come la gamma di Temperatura applicabile all'intervallo. Ciò permette di realizzare la rete di scambiatori di Calore ottimale, o di attuare l'abbinamento più pratico.

### ***Elenco degli interventi raccomandati***

Qui di seguito si riportano una serie di interventi da usare come punto di partenza del percorso di Auto-Diagnosi.

#### **Utilizzo del calore nel processo**

<b>Opportunità di risparmio energetico</b>	<b>Azioni da verificare</b>
1. Verificare l'efficacia dell'isolamento dell'impianto	-
2. Verificare l'efficienza del bruciatore locale	-
3. Aumentare il rapporto di scambio termico	-
4. Migliorare i controlli con l'aggiunta di strumenti	-
5. Prendere in considerazione fonti di energie alternative	-
6. Garantire all'impianto un elevato fattore di carico	-
7. Eliminare i periodi di standby a caldo	-
8. Riciclare il calore residuo nel processo	-
9. Recuperare il calore per destinarlo ad usi alternativi	-
10. Addestrare il personale all'uso dei controlli manuali e all'attenzione per le opportunità di risparmio energetico	-

Fonte: [www.bess-project.info](http://www.bess-project.info)

### ***Ulteriori informazioni***

#### **Migliore Prassi per migliorare l'Efficienza Energetica nel processo di Produzione**

Nel corso dell'esecuzione di *Audit* energetici è stata analizzata una PMI Chimica dotata di n.2 Essiccatori con n.2 Bruciatori a Doppio Stadio che comportano un consumo di Gas particolarmente elevato. La sostituzione del Bruciatore con un altro in grado di utilizzare la maggior parte dei Combustibili permetterebbe di ridurre il suo consumo annuo di Gas di circa 158.000 m<sup>3</sup>, con un risparmio in termini di minore costo annuo pari a circa € 56.000. In aggiunta, ciò assicurerebbe all'Impianto maggiore flessibilità operativa, consentendo di passare da un combustibile all'altro, qualora necessario. Si ipotizza che il costo associato all'investimento per la nuova Caldaia sia pari a circa € 81.250, oltre al costo per i serbatoi di stoccaggio del Combustibile. In aggiunta sarebbe raccomandabile aggiornare l'attuale Camera di combustione in ceramica (per un costo approssimativo di € 37.500). Il costo totale dell'intervento migliorativo sarebbe pertanto pari a circa € 120.000. Considerando i risparmi energetici su ipotizzati, per rientrare dei costi di investimento sarebbero necessari poco più di 2 anni.

## ***Bibliografia***

1. *How to install industrial heat recovery equipment*, Pubbl. "Carbon Trust" CTL037.  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
2. *Pinch Analysis: the efficient use of energy (Water&Hydrogen)* ISBN:0662349644  
<http://canmetenergy-canmetenergie.nrcan-rncan.gc.ca>
3. *Sector Overview, Chemicals sector, Introducing energy saving opportunities for business*, Pubblicazione "Carbon Trust" CTV012.  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)

## Referenze

Queste Migliori Prassi sono state sviluppate utilizzando informazioni autorevoli pubblicate da diverse organizzazioni attive in questo campo.

### Migliori Prassi per la Gestione dell'Energia, della contabilità e di un Sistema Informativo dell'Energia

1. *Practical energy management*, Pubblicazione Carbon Trust, CTV023  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
2. *Step by step to energy strategy*, Pubblicazione Carbon Trust, CTV022  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
3. *Guideline for energy management*, Pubblicazione EPA EnergyStar  
[www.energystar.gov/index](http://www.energystar.gov/index)
4. *Step by step guidance for the implementation of energy management*, Manuale Bess Project  
[www.bess-project.info](http://www.bess-project.info)
5. *Energy Efficiency Planning and Management Guide*, Canadian Industry Program for Energy Conservation (CIPEC)  
<http://oee.nrcan.gc.ca>
6. *Energy Information Systems, Achieving Improved Energy Efficiency*, Manuale pubblicato dall'Office of Energy Efficiency of Natural resources - Canada  
<http://oee.nrcan.gc.ca>
7. *EMAS Energy Efficiency Toolkit for Small and Medium sized Enterprises*, The European Eco-Management Audit Scheme  
[www.europa.eu.int/comm/environment/emas](http://www.europa.eu.int/comm/environment/emas)
8. Diverse pubblicazione di SenterNovem (NL) sulla Gestione dell'Energia  
[www.senternovem.nl/mja](http://www.senternovem.nl/mja)
9. *Energy Efficiency and Renewable Energy*, diverse pubblicazioni sulla Gestione dell'Energia, US DOE  
[www.eere.energy.gov](http://www.eere.energy.gov)
10. *Monitoring and targeting; Techniques to help organisations control and manage their energy use*, Pubblicazione Carbon Trust, CTG008.

[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)

11. *Focus on Energy, A practical introduction to reducing energy bills*, Actionenergy publication  
[www.actionenergy.org.uk](http://www.actionenergy.org.uk)
12. Diverse pubblicazione dalla Commissie Auditconvenant Energie Efficiency  
[www.auditconvenant.be](http://www.auditconvenant.be)

### **Migliori Prassi per migliorare le *Performance* del Generatore di Vapore**

1. *Het Ketelhuis, Productie en gebruik van stoom in de praktijk*, N. Duinkerken, 2006, ISBN 10: 90-9021090-3
2. *Stooktechnologie*, Pubblicazione Senternovem/VNCI
3. *Steam and high temperature hot water, introducing energy savings opportunities for business*, Pubblicazione Carbon Trust, CTV018, *Technology overview*  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
4. *Improving Steam System Performance, A Sourcebook for Industry*, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (EERE), US DOE  
[www.eere.energy.gov](http://www.eere.energy.gov)
5. *Steam System Opportunity Assessment for the Pulp and Paper, Chemical Manufacturing, and Petroleum Refining Industries*, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (EERE), US DOE  
[www.eere.energy.gov](http://www.eere.energy.gov)
6. Altre Pubblicazioni dell'Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (EERE), US DOE  
[www.eere.energy.gov](http://www.eere.energy.gov)

### **Migliori Prassi per diminuire il consumo di Energia del Sistema dell'Aria Compressa**

1. *Compressed air, Introducing energy savings opportunities for business*, Pubblicazione Carbon Trust, CTV017, *Technology overview*  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
2. *Persluchtsystemen*, Pubblicazione Senternovem/VNCI
3. *Druckluft Effizient, Compressed air facts*, Ottobre 2003, VDMA Drucklufttechnik, Deutsche Energie Agentur

4. *Halten Sie die Luft an!*, Agenzia Energetica Austriaca  
[www.eebetriebe.klimaaktiv.at](http://www.eebetriebe.klimaaktiv.at)
5. Diverse Pubblicazioni dell'Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (EERE), US DOE  
[www.eere.energy.gov/industry](http://www.eere.energy.gov/industry)
6. *Brochure Perslucht en energiebesparing, Nederlandse Rubber- en Kunststoffindustrie*, Pubblicazione Senternovem/VNCl del 2005
7. *Improving Compressed Air System Performance, A Sourcebook for Industry*, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (EERE), US DOE  
[www.eere.energy.gov](http://www.eere.energy.gov)

### **Migliori Prassi per diminuire il Consumo di Energia negli Edifici**

1. *Energy Efficiency Planning and Management Guide*, Capitolo HVAC, 2002, Canadian Industry Program Energy Conservation, ISBN 0-662-31457-3
2. *Heating, ventilation and air conditioning, saving energy without compromising comfort*, Pubblicazione Carbon Trust, CTV003, *Technology overview*  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
3. *Energy Saving Fact Sheet Air Conditioning*, Pubblicazione Carbon Trust  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
4. *Energy Saving Fact Sheet Ventilation*, Pubblicazione Carbon Trust  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
5. *How to maintain your Heating System*, Pubblicazione Carbon Trust  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
6. *Absorption Chiller Guideline*, 1998, Southern California New Building Institute  
[www.newbuilings.org](http://www.newbuilings.org)
7. *Sustainable Manufacturing – Fact Sheet*, HVAC TIPS  
[www.sustainable-energy.vic.gov.au](http://www.sustainable-energy.vic.gov.au)
8. *Carrying out an energy walk round*, Pubblicazione Carbon Trust  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
9. *Assessing the energy use in your building*, Pubblicazione Carbon Trust  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)

10. *Degree days for energy management, a practical introduction*, Pubblicazione Carbon Trust, CTG 004  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)

## **Migliori Prassi per migliorare l'Efficienza Energetica di Motori e Sistemi di Trazione**

1. *Energy Efficiency Planning and Management Guide*, Capitolo HVAC, 2002, Canadian Industry Program Energy Conservation, ISBN 0-662-31457-3
2. *Heating, ventilation and air conditioning, saving energy without compromising comfort*, Carbon Trust, CTV003, Technology Overview  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
3. *Energy Saving Fact Sheet Air Conditioning*, Pubblicazione Carbon Trust  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
4. *Energy Saving Fact Sheet Ventilation*, Pubblicazione Carbon Trust  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
5. *How to maintain your Heating System*, Pubblicazione Carbon Trust  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
6. *Absorption Chiller Guideline*, 1998, Southern California New Building Institute  
[www.newbuilings.org](http://www.newbuilings.org)
7. *Sustainable Manufacturing – Fact Sheet*, HVAC TIPS  
[www.sustainable-energy.vic.gov.au](http://www.sustainable-energy.vic.gov.au)
8. *Carrying out an energy walk round*, Carbon Trust  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
9. *Assessing the energy use in your building*, Pubblicazione Carbon Trust  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
10. *Degree days for energy management, a practical introduction*, Pubblicazione Carbon Trust, CTG 004  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)

## **Migliori Prassi per aumentare l'Efficienza Energetica nel Processo di Produzione**

1. *Energy Efficiency Planning and Management Guide*, Capitolo HVAC, 2002, Canadian Industry Program Energy Conservation, ISBN 0-662-31457-3

2. *Heating, ventilation and air conditioning, saving energy without compromising comfort*, Carbon Trust, CTV003, Technology Overview  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
3. *Energy Saving Fact Sheet Air Conditioning*, Pubblicazione Carbon Trust  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
4. *Energy Saving Fact Sheet Ventilation*, Pubblicazione Carbon Trust  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
5. *How to maintain your Heating System*, Pubblicazione Carbon Trust  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
6. *Absorption Chiller Guideline*, 1998, Southern California New Building Institute  
[www.newbuilings.org](http://www.newbuilings.org)
7. *Sustainable Manufacturing – Fact Sheet*, HVAC TIPS  
[www.sustainable-energy.vic.gov.au](http://www.sustainable-energy.vic.gov.au)
8. *Carrying out an energy walk round*, Carbon Trust  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
9. *Assessing the energy use in your building*, Carbon Trust  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)
10. *Degree days for energy management, a practical introduction*, Pubblicazione Carbon Trust, CTG 004  
[www.carbontrust.co.uk](http://www.carbontrust.co.uk)

**Contatti:**

**SC Sviluppo chimica S.p.A.**

Via Giovanni da Procida 11  
20149 Milano

Paolo Manes  
Responsabile Sviluppo Progetti  
p.manes@sviluppochimica.it  
Tel. +39 02 34565.373



*20149 Milano  
Via Giovanni Da Procida 11  
Tel. +39.02.34565.1  
Fax. +39.02.34565.310  
federchimica@federchimica.it*

[www.federchimica.it](http://www.federchimica.it)