



Consiglio Nazionale delle Ricerche

**I.A.M.C.-C.N.R. di Capo Granitola**



**Energy management: un indice di performance semplificato per l'analisi dell'efficiamento energetico del ciclo produttivo delle aziende ittiche**

Autore: Salvatore Di Cristofalo

e-mail: [salvatore.dicristofalo@cnr.it](mailto:salvatore.dicristofalo@cnr.it)

## SOMMARIO

<b>Abstract .....</b>	<b>3</b>
<b>Premessa .....</b>	<b>4</b>
<b>Procedura diagnosi energetica .....</b>	<b>4</b>
<b>Settori analizzati .....</b>	<b>5</b>
<b>Fattori di emissione standard di CO<sub>2</sub> .....</b>	<b>8</b>
<b>Fattore di emissione locale di elettricità .....</b>	<b>8</b>
<b>Fattore di emissione locale per il calore .....</b>	<b>9</b>
<b>Indici energetici .....</b>	<b>11</b>
<b>Conclusioni .....</b>	<b>14</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>15</b>
<b>Sitografia .....</b>	<b>15</b>

## **Abstract**

Nell'ambito del progetto "Nuove Rotte: Blue Economy" - Piani di sviluppo di filiera - Linea di intervento 5.1.1.1, Piano integrato dei servizi comuni - l'Istituto per l'Ambiente Marino Costiero del Consiglio Nazionale delle Ricerche di Capo Granitola (IAMC-CNR), con l'ausilio del Laboratorio 10: Eco-Innovazione, ha svolto attività di consulenza alle aziende del Distretto della Pesca rivolta ad ottimizzare i consumi e costi energetici per chilogrammo di prodotto con l'intento di verificare se l'impiego di nuove tecnologie e la realizzazione di impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili possano minimizzare, nel medio termine, sia l'energia consumata (kWh/kg) che le emissioni di CO<sub>2</sub> per chilogrammo di prodotto (CO<sub>2</sub>/kg).

A tal fine è stata messa a punto una metodologia semplificata che oltre i suddetti benchmark produce un indicatore di performance energetiche utile per il confronto delle aziende della filiera sia nella fase di analisi, ante intervento, sia nella fase di indagine delle differenti tipologie di intervento di efficientamento energetico raggiungibili.

## **Premessa**

Per lo sviluppo della metodologia di analisi dei consumi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> da parte delle imprese della filiera ittica si è tratto spunto dalle LINEE GUIDA "COME SVILUPPARE UN PIANO DI AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE - PAES" pubblicate da *JointResearch Centre* (J.R.C.) per conto della Commissione Europea.

Come noto l'Unione europea (UE) guida la lotta contro il cambiamento climatico e si è impegnata a ridurre entro il 2020 le proprie emissioni totali almeno del 20% rispetto al 1990. Le autorità locali hanno un ruolo di primo piano nel raggiungimento degli obiettivi climatici ed energetici fissati dall'UE.

Le linee guida suddette, tra l'altro, danno indicazioni su come preparare un Inventario di Base delle Emissioni (IBE), ovvero le indicazioni sulle principali emissioni di CO<sub>2</sub> maturate attraverso il consumo dei principali vettori energetici.

Altre norme di riferimento sono il D.Lgs. 102/2014 e la norma EN 16247-1 -3

Oltre l'analisi, gli obiettivi sono, quindi, il risparmio consistente nei consumi energetici a lungo termine attraverso un miglioramento dell'efficienza di edifici, degli impianti e dei trasporti, l'incremento della produzione energetica da fonti rinnovabili e lo sviluppo di progettazioni e azioni organiche, adeguatamente programmate e monitorate, anche in modo multisettoriale che coinvolga il maggior numero possibile di attori nella filiera e di tecnologie innovative, evitando il ripetersi di azioni sporadiche e disomogenee.

## **Procedura diagnosi energetica**

Secondo la direttiva 2006/32 sull'efficienza energetica la "diagnosi energetica" ("energy audit") è una procedura sistematica volta a fornire un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di una attività o impianto industriale o di servizi pubblici o privati, ad individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e riferire in merito ai risultati.

La stessa direttiva definisce il "risparmio energetico" come la quantità di energia

risparmiata, determinata mediante una misurazione o una stima del consumo prima e dopo l'attuazione di una o più misure di miglioramento dell'efficienza energetica, assicurando nel contempo la normalizzazione delle condizioni esterne che influiscono sul consumo energetico.

La successiva Direttiva efficienza 2012/27/UE all'art. 2.25, nella definizione di «audit energetico», aggiunge anche le attività commerciali.

La diagnosi energetica è, quindi, un'attività tecnica fondamentale nei processi produttivi tipici della filiera del distretto per mezzo della quale, attraverso l'analisi dei consumi energetici dell'azienda, individua una serie di interventi i quali, attuati, concorrono:

- alla minimizzazione degli esborsi per acquisto di fonti energetiche
- alla riqualificazione di impianti e strutture edilizie.

Di seguito si riporta la procedura generale utilizzata per la diagnosi energetica sulle aziende selezionate per il progetto e finalizzata sia all'analisi dei consumi energetici e delle emissioni di CO<sub>2</sub> nella filiera, sia all'individuazione di eventuali interventi prioritari su base economica.

## **Settori analizzati**

Dal momento che la riduzione del consumo finale di energia e, quindi, il risparmio economico conseguente, è risultato essere una priorità per le unità della filiera del Distretto, i dati relativi al consumo finale di energia sono stati principalmente raccolti e analizzati nel settore delle imprese di trasformazione ovvero imprese/impianti di allevamento, trasformazione, lavorazione e confezionamento del pescato.

Estratto un campione di imprese sono stati effettuati sopralluoghi e interviste per la registrazione dei dati attraverso le schede di audit personalizzate.

Passo propedeutico per il raggiungimento di un eventuale obiettivo di razionalizzazione dei consumi è la costruzione dei bilanci e modelli energetici (elettrici e termici) relativi al contesto in cui operano le aziende in oggetto. I dati energetici raccolti con le schede di audit sono input dei corrispondenti modelli energetici di ogni singola azienda osservata.

Nella tabella sottostante un esempio del modello elettrico usato per la registrazione degli

utilizzatori elettrici più importanti, i relativi tempi di utilizzo, il calcolo del consumo elettrico e la corrispondente emissione di CO<sub>2</sub>.

MODELLO ELETTRICO									Consumo
Step	Apparecchiatura	n.	HP	kW	ms/a	d/ms	h/d	C.C	kWh/anno
Utilizzatori (Strumentazio ne, frigo, illuminaz, ecc)									
<b>TOTALI</b>									

Tabella: esempio modello elettrico

Per ciascun step e per ciascuna riga sono elencati gli utilizzatori, il loro numero, la potenza nominale e la frequenza di utilizzo (annuale, mensile e giornaliera) in modo da ricavare il consumo in termini di kWh/anno.

Analogamente si è costruito un modello termico per l'inserimento e il calcolo dei consumi termici che si hanno per le industrie di lavorazione e conservazione e, altresì, per le società che operano anche nei trasporti del prodotto alieutico lavorato.

MODELLO TERMICO		Consumo											Consumo		
Fase di lavorazione	Apparecchiatura	n.	HP	kW	Combustibile	Kg/giorno	densità [kg/l]	Lt/giorno	ms/a	d/ms	C.C	Litri/anno	Tariffa [euro/litro]	Euro	kWh
Navigazione															

Tabella: esempio modello termico

Per ciascuna "fase di lavorazione" e per ciascuna riga sono elencate le apparecchiature che intervengono nella lavorazione (motori endotermici a gasolio) o anche i generatori per i servizi ausiliari, il loro numero, la potenza nominale, il tipo di combustibile, il consumo specifico, la

frequenza di utilizzo (annuale, mensile e giornaliera) in modo da ricavare il consumo in termini di kWh/anno e le emissioni in tCO<sub>2</sub>/anno

Oltre alla diagnosi energetica di ogni singola azienda, per ognuna delle categorie considerate si è ottenuto il consumo di energia distinto per singolo vettore energetico (elettricità, gas naturale, gasolio, ecc...).

Di seguito una flow chart della procedura di diagnosi energetica estesa anche all'individuazione di indici di confronto, di cui si discuterà al prossimo paragrafo, e attraverso i quali si sono valutati i possibili interventi del ciclo produttivo e/o l'adozione di interventi innovativi volti all'ottimizzazione dello stesso.

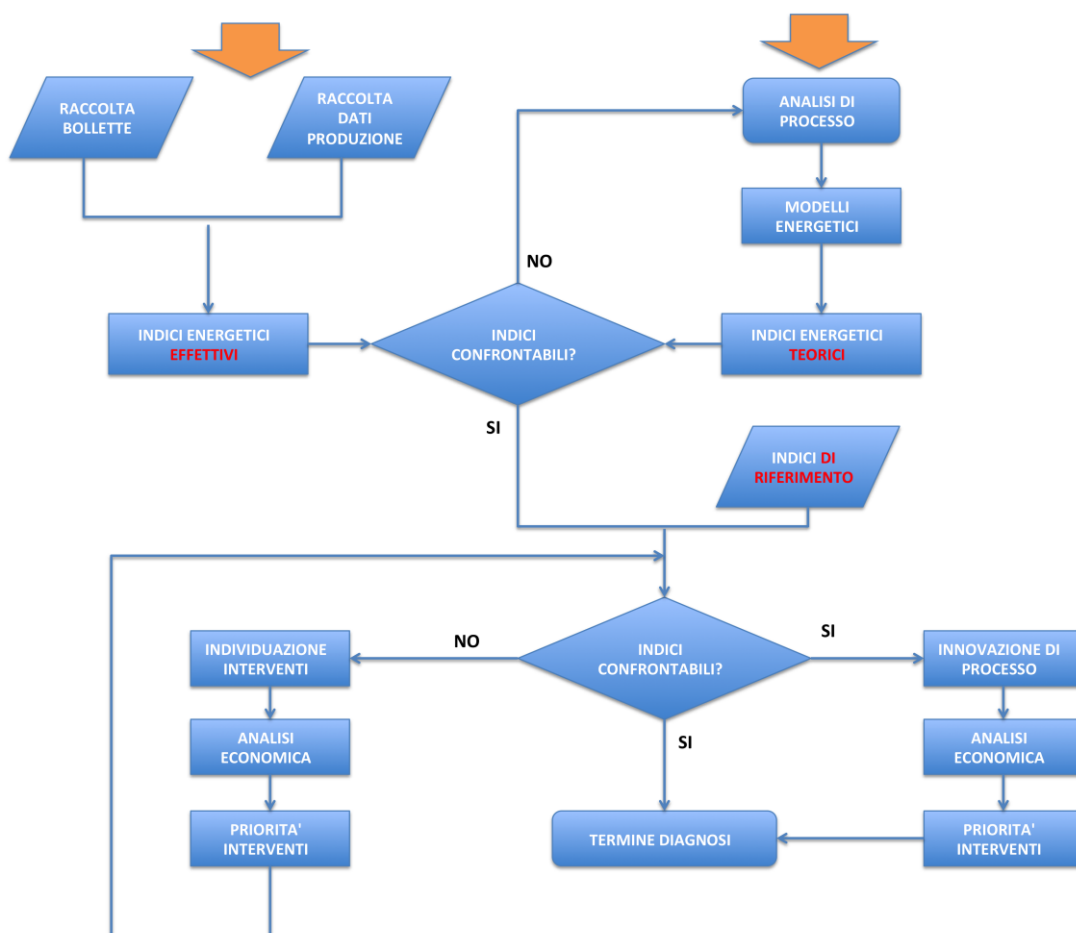


Figura. Flow-chart diagnosi energetica

## Fattori di emissione standard di CO<sub>2</sub>

I fattori di emissione sono coefficienti che quantificano le emissioni per unità di attività/prodotto e vengono utilizzati per calcolare le emissioni moltiplicando il fattore di emissione per i corrispondenti dati di attività.

Su indicazione della Commissione Europea si è scelto di usare i **fattori di emissione standard di CO<sub>2</sub>** [tCO<sub>2</sub>/MWh] (da IPCC - *Intergovernmental Panel on ClimateChange*, 2006), che comprendono tutte le emissioni di CO<sub>2</sub> derivanti dall'energia consumata nella filiera produttiva, sia direttamente, tramite la combustione di carburanti all'interno delle singole attività, che indirettamente, attraverso la combustione di carburanti associata all'uso dell'elettricità e di calore/freddo nel ciclo produttivo.

Nell'ambito della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) e del Protocollo di Kyoto il gas a effetto serra più importante è la CO<sub>2</sub> ovvero il contenuto di carbonio di ciascun combustibile, mentre le emissioni di CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O non sono necessarie calcolarle. Inoltre, le emissioni di CO<sub>2</sub> derivanti dall'uso sostenibile della biomassa e dei biocombustibili, così come le emissioni derivanti da elettricità verde certificata sono considerate pari a zero.

## Fattore di emissione locale di elettricità

Il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> derivanti dal consumo di elettricità, si effettua attraverso il fattore di emissione nazionale per l'energia elettrica, **FENEE** [tCO<sub>2</sub>/MWh<sub>e</sub>] che per l'Italia vale 0,483 tCO<sub>2</sub>/MWh<sub>e</sub>.

Per calcolare le emissioni di CO<sub>2</sub> derivanti dal consumo di elettricità dell'azienda, è stato determinato il fattore di emissione **locale** per l'energia elettrica, tenendo in considerazione, oltre al fattore di emissione nazionale (per l'Italia vale 0,483 tCO<sub>2</sub>/MWh), la produzione locale di energia elettrica da rinnovabili e gli acquisti di elettricità verde certificata.

Per il calcolo del fattore di emissione locale per l'energia elettrica (FEE) si è usata la formula semplificata di seguito riportata:



$$FEE = (CTE - PLE - AEV) * \frac{FENEE}{CTE}$$

Dove:

- FEE = fattore di emissione locale per l'elettricità [tCO<sub>2</sub>/MWh]
- CTE = consumo totale di elettricità [MWh<sub>e</sub>]
- PLE = produzione locale di elettricità da rinnovabili [MWh<sub>e</sub>]
- AEV = acquisti di elettricità verde [MWh<sub>e</sub>]
- FENEE = fattore di emissione nazionale per l'elettricità [tCO<sub>2</sub>/MWh]

Considerato che il fattore di emissione standard nazionale per l'elettricità è pari a 0,483 tCO<sub>2</sub>/MWh, il valore del fattore di emissione locale per l'elettricità (FEE) dell'azienda con cui calcolare le emissioni di CO<sub>2</sub> si abbassa tenendo conto della eventuale produzione locale di elettricità da fonte solare e degli eventuali acquisti di elettricità verde. Come conseguenza, le emissioni dell'azienda si calcoleranno non più in base al fattore di emissione standard nazionale, ma in base al fattore di emissione risultante. Il principio di calcolo del FEE, in tal modo, premia l'azienda che investe nella produzione locale di energia da fonte rinnovabile e interventi di risparmio energetico.

Per produzione locale di elettricità rinnovabile (diversa da biomasse/biocombustibili, ovvero prodotta da solare fotovoltaico, eolico, idroelettrico), i fattori di emissione per la produzione locale di elettricità rinnovabile possono essere assunti pari a zero.

## Fattore di emissione locale per il calore

Analogamente a quanto tracciato per l'elettricità, il fattore di emissione dovuto al consumo di calore riguarda i vettori energetici usati nel ciclo produttivo dell'azienda.

Il calcolo dei consumi e delle emissioni totali è la sommatoria dei consumi e delle emissioni parziali calcolati per ogni singolo vettore energetico.

Nel caso fossero presenti impianti per la produzione di calore da fonti energetiche rinnovabili, il fattore di emissione per il calore risultante sarebbe più basso secondo il seguente calcolo semplificato:

$$FEC = (CTC - PLC) * \frac{FES}{CTC}$$

Dove:

- FEC = fattore di emissione locale per il calore [t/MWh<sub>calore</sub>]
- CTC = consumo totale di calore [MWh<sub>calore</sub>]
- PLC = produzione locale di calore da rinnovabili [MWh<sub>calore</sub>]
- FES = fattore di emissione standard del combustibile per il calore [t/MWh<sub>calore</sub>]

Le emissioni derivanti dalla produzione locale di elettricità sono valutate, nel caso di impianti di combustione, usando i fattori di emissione standard (FES) della tabella sottostante.

TIPO	Fattore di emissione standard per il calore CO <sub>2</sub> /MWh
Benzina	0,249
Gasolio	0,267
Olio combustibile	0,279
Gas naturale	0,202
GPL	0,227

*Fattori di emissione standard di CO<sub>2</sub> (da IPCC, 2006) per i più comuni tipi di combustibile*

Nel caso in cui l'azienda usi più di un combustibile fossile, la ricerca del fattore di emissione locale di calore (FEC) contemplerà separatamente i consumi di quel determinato combustibile e il corrispondente fattore di emissione standard (FES).

## Indici energetici

Ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub> attraverso il miglioramento dell'efficienza energetica e i progetti di energia rinnovabile è una priorità della comunità che si sposa con le esigenze delle aziende di ridurre la voce di costo inerente i consumi di energia.

Dalla conoscenza del consumo totale di energia dell'azienda e dalla quantità equivalente di petrolio (kep), si ricavano le emissioni di tCO<sub>2</sub> corrispondenti. Sapendo, inoltre, la quantità di prodotto trattato dal ciclo produttivo è facile ricavare i benchmark corrispondenti all'energia ed emissioni specifici per ogni kg di prodotto lavorato:  $E_n$  [kWh/kg oppure kep/kg] e  $E_m$  [kgCO<sub>2</sub>/kg].

Il Fattore di emissione locale (FEL) è il risultato del rapporto tra  $E_m$  ed  $E_n$ , ovvero indica la quantità di emissioni di CO<sub>2</sub> per ogni kWh di energia (elettrica e da fonte fossile) consumata in azienda.

$$FEL = \frac{E_m}{E_n}$$

Si passa così da un fattore di emissione massimo che corrisponde a quello nazionale per l'energia elettrica pari a 0,483 kgCO<sub>2</sub>/kWh, nel caso tutto il fabbisogno energetico aziendale sia coperto dall'energia elettrica, a valori certamente più bassi nel caso in cui il fabbisogno sia soddisfatto da fonti fossili locali e/o da fonti di energia rinnovabile classificate ad emissioni zero.

Il Fattore di emissione locale, FEL, traccia il profilo energetico dell'azienda identificando la stessa in una scala che va da un minimo di zero a un massimo di 0,483 kgCO<sub>2</sub>/kWh ovvero, il primo valore corrisponde ad una azienda a emissioni zero, mentre il fattore massimo corrisponde ad un'azienda energivora che usa soltanto energia elettrica e non ha effettuato opportune azioni di efficientamento.

Nel caso si voglia riportare il tutto in una scala da 0 a 1, si assumerà 0 l'emissione nulla e 1 l'emissione massima corrispondente a 0,483 kgCO<sub>2</sub>/kWh.

In basso è stato riportato un esempio di azienda che produce conserve alimentari per una quantità di 250 ton all'anno. I consumi sono suddivisi in elettrici, termici e carburante per i trasporti per un totale di 623,5 MWh. Le tonnellate di CO<sub>2</sub> sono calcolate in base ai fattori di

emissione standard descritti in precedenza e sommano a 175,0 tonnellate.

Produzione [ton] 250	TOTALE ANTE				
	CONSUMO		Emissioni		
	MWh	%	Vettore	tCO <sub>2</sub> /MWh	tCO <sub>2</sub>
Usi elettrici	129,1	21%	EnEl	0,483	62,4
Usi termici	485,2	78%	GPL	0,227	110,1
Trasporti	9,2	1%	Gasolio	0,267	2,5
<b>Usi energetici</b>	<b>623,5</b>				<b>175,0</b>

I benchmark, energetico e di emissione, e il Fattore di emissione locale (FEL) nelle condizioni di consumo senza uso di fonti energetiche rinnovabili o di interventi di risparmio energetico, risultano:

Benchmark		
energy index	index CO <sub>2</sub>	FEL
MWh/ton	tCO <sub>2</sub> /ton	tCO <sub>2</sub> /MWh
2,49	0,70	<b>0,281</b>

Gli interventi di efficientamento energetico ipotizzati insistono su produzione locale di elettricità tramite un impianto fotovoltaico da 40kWp e un generatore eolico da 60kW; un impianto solare termico è destinato alla parziale copertura del consumo termico; interventi di energysaving tramite la sostituzione dell'illuminazione interna e esterna con lampade a LED a basso consumo.

La produzione locale di elettricità somma circa 87,7 MWh e 200 MWh quella termica, per una copertura dei consumi originari di circa il 46%. Il risparmio dovuto al relamping è pensato per circa 6,5 MWh.

INTERVENTI DI EFFICIENTAMENTO		
Produzione locale	MWh	%
FER elettrici FV1 40kWp	56,3	44%
FER Eolico 60kW	31,4	24%
FER termici	200,0	41%
<b>Tot FER</b>	<b>287,7</b>	<b>46%</b>
Risparmi		
Trasporti	0,0	
Relamping	6,5	5%
<b>Tot Risparmi</b>	<b>6,5</b>	<b>1%</b>

Stante questi interventi il panorama dei consumi energetici dell'azienda si delinea secondo la tabella seguente, in cui tenendo presente la quota di risparmio energetico dovuta all'intervento di relamping, i consumi restano 617,0 MWh, mentre la quota di emissioni si abbassa a 84,1 tCO<sub>2</sub>, grazie al contributo delle rinnovabili impiegate e classificate a emissione zero.

Produzione [ton] 250	TOTALE POST				
	CONSUMO		Emissioni		
	MWh	%	Vettore	tCO <sub>2</sub> /MWh	tCO <sub>2</sub>
Usi elettrici	122,6	20%	EnEl	0,138	16,9
Usi termici	485,2	79%	GPL	0,133	64,7
Trasporti	9,2	1%	Gasolio	0,267	2,5
<b>Usi energetici</b>	<b>617,0</b>				<b>84,1</b>

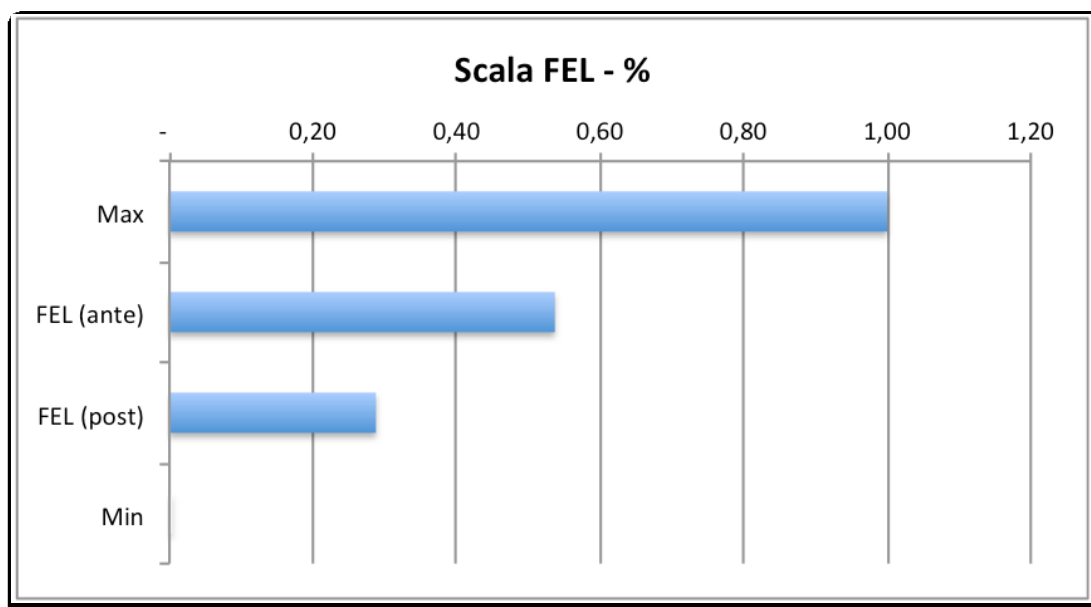
A dimostrazione di ciò il benchmark energetico è pressoché identico ovvero è possibile usare energia pulita per soddisfare la produzione aziendale, mentre l'indice di emissioni risultante è ridotto alla metà grazie al contributo delle rinnovabili, 0,34 contro il precedente valore di 0,70 tCO<sub>2</sub>/MWh.

	Benchmark		
	energy index	index CO2	FEL
	MWh/ton	tCO <sub>2</sub> /ton	tCO <sub>2</sub> /MWh
POST	2,47	0,34	<b>0,136</b>

Conseguenza di ciò è la diminuzione del fattore di emissione locale (FEL) che possiamo assimilare ad un vero e proprio Energy Performance Indicator, il quale caratterizza l'azienda di esempio con un valore in scala percentuale di 28% al posto del precedente misurato di 58%.

L'Energy Performance Indicator (EPI) rappresenta in tal modo un indice adimensionale rappresentativo (in scala percentuale del FEL) sia del valore di consumo dell'unità produttiva, sia del modo come questa energia è prodotta e consumata.

Scala FEL	tCO <sub>2</sub> /MWh	Scala FEL
Max	0,483	1,00
FEL (ante)	0,281	0,58
FEL (post)	<b>0,136</b>	0,28
Min	0	0



## Conclusioni

La metodologia messa a punto basata su benchmark energetici e di emissioni specifici, permette il monitoraggio del consumo e delle corrispondenti emissioni, con frequenze legate al ciclo di lavoro dell'azienda. Il fattore di emissione locale (FEL) che, in scala percentuale, possiamo assimilare ad un vero e proprio Energy Performance Indicator (EPI), costituisce un agevole metodo di confronto per l'azienda ante e post intervento di ottimizzazione del ciclo produttivo attraverso interventi di efficientamento energetico, ma anche come indice di confronto tra aziende della stessa filiera produttiva.

## Bibliografia

- Norma UNI CEI EN ISO 50001:2011. (2011). Sistemi di gestione dell'energia - requisiti e linee guida per l'uso.
- Il Bilancio Ambientale negli Enti Locali - Linee guida – ISPRA
- Il risparmio energetico nella casa – SICENEA
- Paolo Bertoldi, DamianBornásCayuella, SuviMonni,RonaldPiers de Raveschoot - LINEE GUIDA "COME SVILUPPARE UN PIANO DI AZIONE PER L'ENERGIA SOSTENIBILE – PAES – JRC
- Caratterizzazione energetica del distretto della calzetteria femminile della provincia di Mantova – ENEA

## Sitografia

- [eneldistribuzione.enel.it/it-IT/](http://eneldistribuzione.enel.it/it-IT/)
- [enelservizioelettrico.it/it-IT/](http://enelservizioelettrico.it/it-IT/)
- [www.progettolumiere.enea.it](http://www.progettolumiere.enea.it)
- [www.fire-italia.it](http://www.fire-italia.it)
- [www.gse.it](http://www.gse.it)
- [www.enea.it](http://www.enea.it)
- [www.qualenergia.it](http://www.qualenergia.it)
- [re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/)