



## **Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile Comune di Livorno**



**Adesione al Patto dei Sindaci, Delibera di C.C. n. 8 del 2013**

**Allegato E**



Provincia di Livorno  
Struttura di Coordinamento del Patto dei Sindaci



Agenzia Energetica della Provincia di Livorno  
Supporto tecnico

## **1. Metodologia di calcolo del bilancio dei consumi finali**

### COMBUSTIBILI SOLIDI

Sul territorio del Comune di Livorno non sono presenti impianti di produzione di energia da combustibili solidi, pertanto il valore risulta nullo.

### CDR

Sul territorio del Comune di Livorno è presente un impianto di termovalorizzazione e i valori riportati nei bilanci energetici sono gli stessi forniti da A.AM.P.S SpA che lo gestisce.

### PRODOTTI PETROLIFERI

#### **Settore Civile:**

I consumi dei prodotti petroliferi in ambito civile vengono calcolati sommando i consumi di gasolio per riscaldamento con quelli di GPL.

I consumi di *gasolio per il riscaldamento* vengono calcolati sulla base dei dati di consumo globale di gasolio per riscaldamento forniti dal Bollettino Petrolifero Nazionale su scala provinciale e disaggregati a livello comunale secondo la diffusione degli impianti di riscaldamento a gasolio e le ore di funzionamento degli impianti (DPR 412/93 e s.m.i.).

I consumi di *GPL per il riscaldamento* vengono calcolati in base ai dati di consumo globale di GPL forniti dal Bollettino Petrolifero Nazionale su scala provinciale e purati dei consumi di GPL per il settore dei trasporti e disaggregati a livello comunale sulla base della diffusione degli impianti di riscaldamento a GPL e le ore di funzionamento degli impianti (DPR 412/93 e s.m.i.).

I dati di consumo forniti dal Bollettino Petrolifero sono espressi in tonnellate di combustibile e vengono trasformati in TEP attraverso i PCI – potere calorifico inferiore – dei combustibili stessi, pari a 10.200 kcal/kg per il gasolio e 11.000 kcal/kg per il GPL.

#### **Settore Trasporti:**

I consumi di prodotti petroliferi nel settore dei trasporti vengono calcolati sommando i consumi di benzina, gasolio e GPL, al netto della percentuale di biocarburanti presente per legge.

I consumi di benzina, gasolio e GPL vengono calcolati in base ai dati di consumo globale degli stessi carburanti forniti dal Bollettino Petrolifero Nazionale al livello provinciale, disaggregati a livello comunale in base alla diffusione dei mezzi di trasporto rispettivamente a benzina, gasolio e GPL, secondo i dati forniti da ACI – Automobile Club d'Italia.

I dati di consumo forniti dal Bollettino Petrolifero sono espressi in tonnellate di carburante e vengono trasformati in TEP attraverso i PCI dei carburanti stessi, pari a 10.342 kcal/kg per la benzina, 6.305 kcal/kg per il bioetanolo, 10.270 kcal/kg per il gasolio, 8.932 kcal/kg per il biodiesel e 11.000 kcal/kg per il GPL.

#### **Settore Agricoltura:**

I consumi di prodotti petroliferi nel settore dell'agricoltura si riducono essenzialmente a quelli di gasolio, che vengono calcolati in base ai dati di consumo globale di gasolio per agricoltura forniti dal Bollettino Petrolifero Nazionale a livello provinciale, disaggregati a

livello comunale in base alle giornate di lavoro in ambito agricolo (dato fornito dal censimento ISTAT).

I dati di consumo forniti dal Bollettino Nazionale sono espressi in tonnellate di gasolio e vengono trasformati in TEP attraverso il suo PCI, pari a 10.200 kcal/kg.

#### **Settore Industria:**

I consumi di prodotti petroliferi nell'industria vengono calcolati in base ai dati di consumo globale di olio combustibile forniti dal Bollettino Petrolifero a livello provinciale, disaggregati a livello comunale in base ai consumi di energia elettrica in ambito industriale forniti da Enel Distribuzione.

I dati di consumo forniti dal Bollettino Nazionale sono espressi in tonnellate di gasolio e vengono trasformati in TEP attraverso il suo PCI (9.840 kcal/kg).

### GAS NATURALE

#### **Settore Civile:**

I consumi di gas naturale in ambito civile vengono calcolati sulla base dei dati di consumo globale di gas naturale per riscaldamento forniti da Snam Rete Gas, elaborati per il Piano Energetico Provinciale e disaggregati a livello comunale secondo la diffusione degli impianti di riscaldamento a metano e le ore di funzionamento degli impianti (DPR 412/93 e s.m.i.).

#### **Settore Trasporti:**

I consumi di gas naturale nell'industria vengono calcolati in base ai dati di consumo globale di metano forniti da Snam Rete Gas, elaborati per il Piano Energetico Provinciale e disaggregati a livello comunale in base alla diffusione dei mezzi di trasporto a metano, secondo i dati forniti da ACI – Automobile Club d'Italia.

#### **Settore Industria:**

I consumi di gas naturale vengono calcolati in base ai dati di consumo globale dello stesso carburante forniti da Snam Rete Gas, elaborati per il Piano Energetico Provinciale e disaggregati a livello comunale in base ai consumi di energia elettrica in ambito industriale forniti da Enel Distribuzione.

### ENERGIA ELETTRICA

#### **Settore Civile:**

I consumi finali di energia elettrica in ambito civile vengono calcolati dai consumi finali di energia elettrica nel settore civile forniti da ENEL Distribuzione ai quali si sottrae l'energia elettrica prodotta da impianti alimentati da FER (che è già conteggiata nei consumi finali da Fonti Energetiche Rinnovabili) pesata sulla percentuale dei consumi di energia elettrica nel settore civile forniti da ENEL Distribuzione rispetto al totale registrato sul territorio.

#### **Settore Trasporti:**

Si assume che i consumi di energia elettrica nel settore dei trasporti vengano ripartiti negli altri settori, dei quali ENEL Distribuzione fornisce il valore annuo, pertanto la voce di questo settore risulta nulla.

### **Settore Agricoltura:**

I consumi finali di energia elettrica in agricoltura vengono calcolati dai consumi finali di energia elettrica nel settore agricoltura forniti da ENEL Distribuzione ai quali si sottrae l'energia elettrica prodotta da impianti alimentati da FER (che è già conteggiata nei consumi finali da Fonti Energetiche Rinnovabili) pesata sulla percentuale dei consumi di energia elettrica nel settore agricoltura forniti da ENEL Distribuzione rispetto al totale registrato sul territorio.

### **Settore Industria:**

I consumi finali di energia elettrica in ambito industriale vengono calcolati dai consumi finali di energia elettrica nel settore industria forniti da ENEL Distribuzione ai quali si sottrae l'energia elettrica prodotta da impianti alimentati da FER (che è già conteggiata nei consumi finali da Fonti Energetiche Rinnovabili) pesata sulla percentuale dei consumi di energia elettrica nel settore industria forniti da ENEL Distribuzione rispetto al totale registrato sul territorio.

## FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI

### **Settore Civile:**

I consumi finali di energia prodotta da FER in ambito civile sono calcolati dall'energia prodotta dagli impianti solari termici sommata all'energia elettrica prodotta da impianti alimentati da FER pesata sulla percentuale dei consumi di energia elettrica nel settore civile forniti da ENEL Distribuzione rispetto al totale registrato sul territorio.

### **Settore Trasporti:**

I consumi finali di energia prodotta da FER nel settore dei trasporti sono calcolati sulla base della percentuale, crescente negli anni, di biocarburanti previsti per obbligo di legge.

I consumi dei biocarburanti si ricavano, in base alla percentuale stabilita per ciascun anno, dai dati di consumo dei carburanti tradizionali riportati dal Bollettino Petrolifero ed espressi in tonnellate di carburante; la trasformazione in TEP avviene attraverso i PCI dei biocarburanti stessi, pari a 6.305 kcal/kg per il bioetanolo e 8.932 kcal/kg per il biodiesel.

### **Settore Agricoltura:**

I consumi finali di energia prodotta da FER in agricoltura sono calcolati dall'energia elettrica prodotta da impianti alimentati da FER pesata sulla percentuale dei consumi di energia elettrica nel settore agricoltura forniti da ENEL Distribuzione rispetto al totale registrato sul territorio.

### **Settore Industria:**

I consumi finali di energia prodotta da FER in ambito industriale sono calcolati dall'energia elettrica prodotta da impianti alimentati da FER pesata sulla percentuale dei consumi di energia elettrica nel settore industria forniti da ENEL Distribuzione rispetto al totale registrato sul territorio.

## **2. Metodologia di riclassificazione del bilancio dei consumi finali (in TEP) sul modello del Patto dei Sindaci (in MWh)**

Il bilancio dei consumi finali di energia, che a livello nazionale e provinciale viene elaborato impiegando le TEP (Tonnellate Equivalenti di Petrolio) come unità di misura, viene riclassificato in MWh al fine di uniformarlo al modello previsto dal Patto dei Sindaci.

Partendo dal bilancio dei consumi finali di energia, elaborato con il metodo delineato nel paragrafo precedente, vengono trasformati in MWh i valori di energia prima espressi in TEP.

Il fattore di conversione impiegato è  $1 \text{ TEP} = 11,62222 \text{ MWh}$ .

La distinzione tra settori di impiego e fonti energetiche adottata dal modello previsto dal Patto dei Sindaci (in MWh) è del tutto simile a quella impiegata nel bilancio dei consumi finali di energia secondo il modello nazionale/provinciale (in TEP) con alcune eccezioni, come nel caso del settore agricoltura che nel bilancio in TEP è un settore a sé stante, mentre per il Patto dei Sindaci è incluso nel settore terziario. Pertanto, i valori evidenziati nel settore agricoltura dei bilanci di energia primaria e consumi finali in TEP saranno inclusi nei valori del settore terziario del bilancio dei consumi finali in MWh.

La seconda differenza tra il modello di calcolo adottato dal Patto dei Sindaci e quello nazionale/provinciale sta nella distinzione tra il settore domestico e il settore terziario per i combustibili fossili impiegati nel riscaldamento, che nel bilancio in TEP sono riuniti nel settore civile. Dal momento che non sono disponibili a livello nazionale né provinciale i dati dei consumi di energia distinti per i due settori e neppure una stima della percentuale di distribuzione dei consumi per riscaldamento nel settore civile, nei bilanci energetici del PAES Livorno si è assunta una suddivisione dei consumi del settore civile pari al 45% per usi domestici e 55% per usi terziari.

### ENERGIA ELETTRICA

I valori dei consumi di energia elettrica vengono forniti da ENEL Distribuzione già espressi in MWh.

#### **Edifici, attrezzature/impianti comunali:**

I valori sono forniti dall'Amministrazione Comunale.

#### **Edifici, attrezzature/impianti terziari (non comunali):**

Valori forniti da ENEL Distribuzione per il settore terziario, inclusa agricoltura.

#### **Edifici residenziali:**

Valori forniti da ENEL Distribuzione per il settore residenziale.

#### **Illuminazione pubblica comunale:**

I valori sono forniti dall'Amministrazione Comunale.

#### **Industrie (escluse le industrie ETS):**

Valori forniti da ENEL Distribuzione per il settore industriale.

#### **Trasporti:**

Come specificato nella metodologia di calcolo del bilancio dei consumi finali di energia, si assume che i consumi di energia elettrica nel settore dei trasporti vengano ripartiti negli altri

settori, dei quali ENEL Distribuzione fornisce il valore annuo, pertanto la voce di questo settore risulta nulla.

#### CALORE/FREDDO

Non vengono registrati consumi di energia da reti di teleriscaldamento/teleraffrescamento sul territorio del Comune di Livorno.

#### GAS NATURALE

**Edifici, attrezzature/impianti comunali:**

I valori sono forniti dall'Amministrazione Comunale.

**Edifici, attrezzature/impianti terziari (non comunali):**

I valori sono ricavati dal bilancio dei consumi finali, compreso il settore agricoltura.

**Edifici residenziali:**

I valori sono ricavati dal bilancio dei consumi finali.

**Illuminazione pubblica comunale:**

Il gas naturale non è impiegato per la pubblica illuminazione.

**Industrie (escluse le industrie ETS):**

Il gas naturale non è impiegato nel settore industriale.

**Trasporti:**

I valori sono ricavati dal bilancio dei consumi finali.

#### GAS LIQUIDO

**Edifici, attrezzature/impianti comunali:**

I valori sono forniti dall'Amministrazione Comunale.

**Edifici, attrezzature/impianti terziari (non comunali):**

I valori sono ricavati dal bilancio dei consumi finali, compreso il settore agricoltura.

**Edifici residenziali:**

I valori sono ricavati dal bilancio dei consumi finali.

**Illuminazione pubblica comunale:**

Il GPL non è impiegato per la pubblica illuminazione.

**Industrie (escluse le industrie ETS):**

Il GPL non è impiegato nel settore industriale.

**Trasporti:**

I valori sono ricavati dal bilancio dei consumi finali.

#### OLIO DA RISCALDAMENTO

**Edifici, attrezzature/impianti comunali:**

I valori sono forniti dall'Amministrazione Comunale.

**Edifici, attrezzature/impianti terziari (non comunali):**

I valori sono ricavati dal bilancio dei consumi finali di energia, compreso il settore agricoltura.

**Edifici residenziali:**

I valori sono ricavati dal bilancio dei consumi finali di energia.

**Illuminazione pubblica comunale:**

L'olio combustibile non è impiegato per la pubblica illuminazione.

**Industrie (escluse le industrie ETS):**

I valori sono ricavati dal bilancio dei consumi finali di energia, olio combustibile nel settore industriale.

**Trasporti:**

Non si impiega olio combustibile nel settore dei trasporti.

DIESEL

**Parco auto comunale:**

I valori sono forniti dall'Amministrazione Comunale.

**Trasporti pubblici:**

I valori sono forniti dalla compagnia che gestisce il TPL.

**Trasporti privati e commerciali:**

I valori sono ricavati dal bilancio dei consumi finali di energia, gasolio per autotrazione al netto della quota di biodiesel.

BENZINA

**Parco auto comunale:**

I valori sono forniti dall'Amministrazione Comunale.

**Trasporti pubblici:**

I valori sono forniti dalla compagnia che gestisce il TPL.

**Trasporti privati e commerciali:**

I valori sono ricavati dal bilancio dei consumi finali di energia, benzina per autotrazione al netto della quota di bioetanolo.

LIGNITE, CARBONE, OLI VEGETALI, ENERGIA GEOTERMICA

Sul territorio del Comune di Livorno non sono registrati consumi di queste fonti di energia.

BIOCARBURANTI

Valori calcolati sulla base della percentuale di biocarburante, variabile negli anni, presente nei carburanti tradizionali.

SOLARE TERMICO

**Edifici, attrezzature/impianti comunali:**

I valori sono forniti dall'Amministrazione Comunale.

### **Edifici residenziali:**

I valori sono ricavati dal bilancio dei consumi finali di energia, produzione di energia da solare termico.

## **3. Metodologia di calcolo dell’Inventario di Base delle Emissioni**

Nella redazione di un PAES per la scelta dei fattori di emissione si possono seguire due diversi approcci:

a) *Utilizzare fattori di emissione “Standard”* in linea con i principi IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), che comprendono tutte le emissioni di CO<sub>2</sub> derivanti dall’energia consumata nel territorio, sia direttamente, tramite la combustione in sito di combustibili, che indirettamente, attraverso la combustione associata all’uso dell’energia elettrica e del riscaldamento/raffreddamento nell’area oggetto d’analisi.

Questo approccio si basa sul contenuto di carbonio di ciascun combustibile, come avviene per gli inventari nazionali dei gas a effetto serra redatti nell’ambito della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) e del protocollo di Kyoto.

Secondo questo approccio il gas a effetto serra più importante è la CO<sub>2</sub> e le emissioni di CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O non è necessario siano calcolate. Infatti, secondo il metodo sviluppato dall’IPCC, dalla combustione di fonti energetiche fossili hanno origine quantità di CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O irrilevanti rispetto a quelle di CO<sub>2</sub>, come rappresentato nella tabella seguente in cui si riportano soltanto alcuni esempi:

Combustibile	Fattore emissione CO <sub>2</sub> kg/TJ	Fattore emissione CH <sub>4</sub> kg/TJ	Fattore emissione N <sub>2</sub> O kg/TJ
Olio combustibile	73.300	3	0,6
Diesel	69.300	3	0,6
GPL	63.100	1	0,1
Gas naturale	56.100	1	0,1
CDR	91.700	30	4

Fonte: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories – Volume 2 – Energy

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.

b) *Utilizzare fattori di emissione LCA (valutazione del ciclo di vita)*, che prendono in considerazione l’intero ciclo di vita del vettore energetico. Tale approccio tiene conto non solo delle emissioni della combustione finale, ma anche di tutte le emissioni della catena di approvvigionamento (come le perdite di energia nel trasporto, le emissioni imputabili ai processi di raffinazione e le perdite di conversione di energia) che si verificano al di fuori del territorio comunale. Nell’ambito di questo approccio le emissioni di gas a effetto serra derivanti dall’uso di biomasse/biocombustibili, così come le emissioni connesse all’uso di

elettricità verde certificata sono superiori a zero. In questo caso possono svolgere un ruolo importante altri gas a effetto serra diversi dalla CO<sub>2</sub>. Le autorità locali che decidono di utilizzare l'approccio LCA possono, pertanto, esprimere le emissioni come CO<sub>2</sub> equivalenti.

L'approccio LCA è un metodo standardizzato a livello internazionale (serie ISO 14040) e utilizzato da un gran numero di società e governi, anche per determinare l'impronta di carbonio. L'approccio LCA è la base scientifica usata nell'ambito, ad esempio, delle Strategie tematiche sulle risorse naturali e sui rifiuti, della direttiva sulla progettazione ecocompatibile, e del Regolamento sul marchio di qualità ecologica.

#### FATTORE DI EMISSIONE PER IL CONSUMO DI ENERGIA ELETTRICA

Sulla base delle informazioni presentate nelle sezioni precedenti, il fattore di emissione locale per l'elettricità (FEE) può essere calcolato utilizzando la seguente equazione:

$$FEE = \frac{(CTE - PLE - AEV) * FENEE + CO2PLE + CO2AEV}{CTE}$$

dove

FEE = fattore di emissione locale per l'elettricità [ton/MWh<sub>e</sub>]

CTE = Consumo totale di elettricità nel territorio dell'autorità locale (come da Tabella A del modulo PAES) [MWh<sub>e</sub>]

PLE = Produzione locale di elettricità (come da Tabella C del modulo PAES) [MWh<sub>e</sub>]

AEV = Acquisti di elettricità verde da parte dell'autorità locale (come da Tabella A del modulo PAES) [MWh<sub>e</sub>]

FENEE = Fattore di emissione nazionale o europeo per l'elettricità [ton/MWh<sub>e</sub>]

CO2PLE = emissioni di CO<sub>2</sub> dovute alla produzione locale di elettricità (come da Tabella C del modulo PAES) [ton]

CO2AEV = emissioni di CO<sub>2</sub> dovute alla produzione di elettricità verde certificata acquistata dall'autorità locale [ton]

Se l'autorità locale è un esportatore netto di elettricità, la formula per il calcolo è:

$$FEE = (CO2PLE + CO2EVP) / (PLE + EVP)$$

Tali principi e norme consentono di premiare l'aumento della produzione locale di energia rinnovabile o i miglioramenti di efficienza nella generazione locale di energia, mantenendo l'obiettivo principale sull'energia finale (lato della domanda)

Nella figura seguente si riportano i fattori di emissione della produzione elettrica nazionale in *tonCO<sub>2</sub>/MWh<sub>e</sub>*, elaborati annualmente da ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale:

Anno	Produzione termoelettrica lorda (solo combustibili fossili)	Produzione termoelettrica lorda	Produzione elettrica lorda <sup>1</sup>	Consumi elettrici	Produzione elettrica lorda e calore <sup>2</sup>
	g CO <sub>2</sub> /kWh				
2004	603,94	592,86	491,48	477,37	417,19
2005	579,59	568,45	482,54	462,29	408,70
2006	571,77	560,19	475,48	460,70	400,03
2007	557,30	545,84	468,84	453,07	395,91
2008	551,21	538,58	447,34	439,61	380,47
2009	546,94	528,66	414,43	398,43	352,95
2010	542,50	520,28	401,34	386,95	337,75
2011	544,92	519,00	393,09	376,61	327,73
2012	561,74	529,38	386,07	373,60	324,45

<sup>1</sup> al netto di apporti da pompaggio  
<sup>2</sup> calore convertito in kWh

### FATTORI DI EMISSIONE PER LA COMBUSTIONE DI CARBURANTI

I seguenti fattori di emissione possono essere utilizzati per la combustione di carburanti (anche qualora vi sia una produzione locale di calore o di elettricità).

Tipo	Fattore di emissione "standard" [t CO <sub>2</sub> /MWh <sub>fuel</sub> ]	Fattore di emissione ALC [t CO <sub>2</sub> -eq/MWh <sub>fuel</sub> ]
Gas naturale	0,202	0,237
Oli combustibili residui	0,279	0,310
Rifiuti urbani (che non rientrano nella frazione di biomassa)	0,330	0,330
Benzina per motori	0,249	0,299
Gasolio, diesel	0,267	0,305
Liquidi di gas naturale	0,231	
Oli vegetali	0	0,182
Biodiesel	0	0,156
Bioetanolo	0	0,206
Antracite	0,354	0,393
Altro carbone bituminoso	0,341	0,380
Carbone subbituminoso	0,346	0,385
Lignite	0,364	0,375

*Nota: le fonti dei dati relativi ai fattori di emissione qui esposti saranno indicate nelle linee guida.*

Per l'Inventario di Base delle Emissioni del PAES Livorno è stato adottato il metodo dei fattori standard IPCC, pertanto, dal bilancio dei consumi finali di energia, attraverso i relativi fattori di emissione dei combustibili, viene valutata la quantità (in ton) di CO<sub>2</sub> emessa.

Per quanto attiene il fattore di emissione della benzina si assume un valore pari a 0,252 tonCO<sub>2</sub>/MWh, più rispondente alla media nazionale.

## **4. Metodologia di calcolo dell'Inventario di Monitoraggio delle Emissioni**

### PISTE CICLABILI

Per il calcolo delle emissioni evitate a seguito della realizzazione di piste ciclabili, si fa riferimento al metodo sviluppato dall'ENEA nell'ambito del progetto GAINS<sup>1</sup>, adottato anche dalla Regione Emilia Romagna per il Piano Clima, nel quale si assume che ogni passaggio effettuato in bicicletta sia alternativo allo stesso tragitto effettuato in auto.

Non conoscendo il numero di passaggi annui per il Comune di Livorno, si ricava il numero di passaggi rapportando i dati del Piano Clima della Regione Emilia Romagna al Comune di Livorno sulla base del numero di abitanti, considerando per i Livorno anche i flussi turistici attraverso un numero di abitanti equivalenti dato dal numero di abitanti sommato al numero di presenze annue diviso per 365 gg/anno.

---

<sup>1</sup> <http://gains-it.bologna.enea.it/gains/IT/index.login>