



COMUNE DI LIVORNO

Comune di Livorno

Piano d'Azione Energia Sostenibile e il Clima
Patto dei Sindaci

Allegato D. Metodologia di calcolo dei bilanci
energetici e degli inventari delle emissioni
Settembre 2020



Ing. E. Canini, Ing. C. Casini



INDICE

1. METODOLOGIA DI CALCOLO DEI BILANCI ENERGETICI	3
2. METODOLOGIA DI RICLASSIFICAZIONE DEL BINACIO ENERGETICO DEI CONSUME FINALI DI ENERGIA (IN TEP) SUL MODELLO DEL COM (IN MWH)	6
3. METODOLOGIA DI CALCOLO DEGLI INVENTARI DELLE EMISSIONI	10

Nel presente allegato al PAESC si riporta la metodologia adottata per determinare i valori dei consumi di energia finali per fonte energetica di utilizzo e per settore, dai quali vengono generati gli inventari delle emissioni di CO₂.

Per “consumi finali di energia” si intendono i consumi di combustibili solidi, liquidi, gassosi, più di energia elettrica (prodotta nelle centrali termoelettriche) e di fonti rinnovabili (solare termico, fotovoltaico, eolico, biomassa ecc. utilizzati per fornire energia termica ed elettrica) nei settori di impiego (civile, trasporti, agricoltura, industria), al netto dell’energia utilizzata per produrre energia elettrica nelle centrali.

Nella maggior parte dei casi i dati di base dei consumi di energia sono espressi in tonnellate i quali vengono trasformati in TEP attraverso il potere calorifico inferiore dei singoli combustibili, in base ai valori utilizzati dal MISE nella elaborazione dei Bilanci Energetici Nazionali, e successivamente in MWh al fine di utilizzare l’unità di misura prevista dalla Commissione Europea per l’elaborazione dei bilanci di energia (capitolo 3 del PAESC).

TEP è l’acronimo di Tonnellate Equivalenti di Petrolio, unità convenzionale di misura delle fonti energetiche equivalente all’energia ottenuta dalla combustione di una tonnellata di petrolio (pari a 10.000.000 kcal).

1. Metodologia di calcolo dei bilanci energetici

PRODOTTI PETROLIFERI

Settore Civile

I consumi dei prodotti petroliferi del settore 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 su scala provinciale (dati di vendite provinciali) e disaggregati a livello comunale secondo la diffusione degli impianti di riscaldamento a gasolio e le ore di funzionamento degli impianti (come previsto dalla normativa vigente, 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 (dati di vendite provinciali) epurati 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 (come previsto dalla normativa vigente DPR 412/93 e s.m.i.).

I dati di consumo forniti dal Bollettino Petrolifero, elaborato dal MISE (Ministero dello Sviluppo Economico), sono espressi in tonnellate 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 (valori utilizzati dal MISE nella elaborazione dei Bilanci Energetici Nazionali).

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 (evidenziati sotto la voce fonti rinnovabili).

I consumi di benzina, gasolio e GPL vengono calcolati in base ai dati di consumo degli stessi carburanti forniti dal Bollettino Petrolifero al livello provinciale (dati di vendite provinciali), 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 (valori utilizzati dal MISE nella elaborazione dei Bilanci Energetici Nazionali).

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 di gasolio per agricoltura forniti dal Bollettino Petrolifero a livello provinciale (dati di vendite provinciali), disaggregati a livello comunale in base alle giornate di lavoro in ambito agricolo (dato disponibile 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 (valore utilizzato dal MISE nella elaborazione dei Bilanci Energetici Nazionali).

Settore Industria

I consumi di prodotti petroliferi nell'industria vengono calcolati in base ai dati di consumo di gasolio forniti dal Bollettino Petrolifero a livello provinciale (dati di vendite provinciali), disaggregati a livello comunale in base ai consumi di energia elettrica in ambito industriale disponibili da e-distribuzione. 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 9.840 kcal/kg (valore utilizzato dal MISE nella elaborazione dei Bilanci Energetici Nazionali).

GAS NATURALE

Settore Civile

I consumi di gas naturale nel settore civile sono calcolati sulla base dei dati di consumo di gas naturale per riscaldamento forniti da Snam Rete Gas a livello provinciale (dati di vendite provinciali) e disaggregati a livello comunale secondo la diffusione degli impianti di riscaldamento a metano e le ore di funzionamento degli impianti (come previsto dalla normativa vigente DPR 412/93 e s.m.i.).

Settore Trasporti

I consumi di gas naturale nell'industria vengono calcolati in base ai dati di consumo di metano forniti da Snam Rete Gas a livello provinciale (dati di vendite provinciali) 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 nel settore trasporti sono calcolati in base ai dati di consumo forniti da Snam Rete Gas a livello provinciale (dati di vendite provinciali) e disaggregati a livello comunale in base ai consumi di energia elettrica in ambito industriale disponibili da e-distribuzione.

ENERGIA ELETTRICA

Settore Civile

I consumi finali di energia elettrica nel settore civile vengono calcolati dai consumi di energia elettrica del settore forniti da e-distribuzione e per comune al netto dell'energia elettrica prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili (riportata sotto la specifica voce fonti rinnovabili); tale produzione è pesata sulla percentuale dei consumi di energia elettrica nel settore forniti da e-distribuzione rispetto al totale registrato sul territorio.

Settore Trasporti

Non sono disponibili a livello comunale da e-distribuzione dati specifici dei consumi di energia elettrica del settore trasporti.

Settore Agricoltura

I consumi finali di energia elettrica in agricoltura vengono calcolati dai consumi di energia elettrica nel settore forniti da e-distribuzione per comune al netto dell'energia elettrica prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili (riportata sotto la specifica voce fonti rinnovabili); tale produzione è pesata sulla percentuale dei consumi di energia elettrica nel settore forniti da e-distribuzione rispetto al totale registrato sul territorio.

Settore Industria

I consumi finali di energia elettrica nel settore industriale vengono calcolati dai consumi di energia elettrica nel settore forniti da e-distribuzione per comune al netto dell'energia elettrica prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili (riportata sotto la specifica voce fonti rinnovabili); tale produzione è pesata sulla percentuale dei consumi di energia elettrica nel settore forniti da e-distribuzione rispetto al totale registrato sul territorio.

FONTI ENERGETICHE RINNOVABILI

Settore Civile

I consumi finali di energia da fonti rinnovabili nel settore civile sono calcolati in base all'energia prodotta dagli impianti solari termici sommata all'energia elettrica prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili, pesata sulla percentuale dei consumi di energia elettrica nel settore civile forniti da e-distribuzione rispetto al totale registrato sul territorio.

Settore Trasporti

I consumi finali di energia da fonti rinnovabili nel settore dei trasporti sono calcolati sulla base della percentuale, crescente negli anni, di biocarburanti rispetto ai carburanti fossili previsti per obbligo di legge.

I consumi dei biocarburanti si ricavano, in base alla percentuale stabilita dalla normativa vigente 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 (valori utilizzati dal MISE nella elaborazione dei Bilanci Energetici Nazionali).

Settore Agricoltura

I consumi finali di energia da fonti rinnovabili in agricoltura sono calcolati in base all'energia elettrica prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili, che è pesata sulla percentuale dei consumi di energia elettrica nel settore agricoltura forniti da e-distribuzione rispetto al totale registrato sul territorio.

Settore Industria

I consumi finali di energia prodotta da fonti rinnovabili in ambito industriale sono calcolati in base all'energia elettrica prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili che è pesata sulla percentuale dei consumi di energia elettrica nel settore industria forniti da e-distribuzione rispetto al totale registrato sul territorio.

2. Metodologia di riclassificazione del binacio energetico dei consumi finali di energia (in TEP) sul modello del CoM (in MWh)

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

Partendo dal bilancio di energia elaborato con il metodo definito nel capitolo precedente, le singole voci di consumo di energia espressi in TEP vengono trasformate in MWh.

Il fattore di conversione impiegato per passare da TEP a MWh è il seguente:

$$1 \text{ TEP} = 11,62222 \text{ MWh.}$$

La distinzione tra settori di impiego e fonti energetiche adottata dal modello previsto dal Patto dei Sindaci (con unità di misura 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. La prima è relativa al 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 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, come da rilevazioni effettuate nella elaborazione dei piani energetici locali.

Di seguito si riporta la metodologia adottata e la fonte da cui proviene il dato per determinare i valori dei consumi di energia finali per fonte energetica di utilizzo e per settore come previsto dal bilancio in MWh del Patto dei Sindaci.

ENERGIA ELETTRICA

Edifici, attrezzature/impianti comunali

I valori dei consumi di energia elettrica sono forniti dall'Amministrazione Comunale.

Edifici, attrezzature/impianti terziari (non comunali)

In questa voce rientrano i consumi di energia elettrica disponibili da e-distribuzione per il settore terziario più quelli del settore agricoltura.

Edifici residenziali

I valori dei consumi di energia elettrica sono disponibili da e-distribuzione per il settore residenziale.

Illuminazione pubblica comunale

I valori dei consumi di energia elettrica sono forniti dall'Amministrazione Comunale.

Industrie (escluse le industrie ETS)

I valori dei consumi di energia elettrica sono disponibili da e-distribuzione per il settore industriale, al netto dei consumi delle industrie energivore che rientrano nel meccanismo di ETS.

Trasporti

Non sono disponibili a livello comunale da e-distribuzione dati specifici dei consumi di energia elettrica del settore trasporti.

CALORE/FREDDO

Non sono presenti e quindi rilevati consumi di energia da reti di teleriscaldamento e/o teleraffrescamento sul territorio del Comune di Livorno.

GAS NATURALE

Edifici, attrezzature/impianti comunali

I valori dei consumi di metano sono forniti dall'Amministrazione Comunale.

Edifici, attrezzature/impianti terziari (non comunali)

I valori sono ricavati dal bilancio dei consumi finali per il settore terziario più quelli del 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)

I valori sono ricavati dal bilancio dei consumi finali.

Trasporti

I valori sono ricavati dal bilancio dei consumi finali.

GAS LIQUIDO (GPL)**Edifici, attrezzature/impianti comunali**

I valori dei consumi di GPL sono forniti dall'Amministrazione Comunale.

Edifici, attrezzature/impianti terziari (non comunali)

I valori sono ricavati dal bilancio dei consumi finali per il settore terziario più quelli del 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)

I valori sono ricavati dal bilancio dei consumi finali.

Trasporti

I valori sono ricavati dal bilancio dei consumi finali.

OLIO DA RISCALDAMENTO (GASOLIO)**Edifici, attrezzature/impianti comunali**

I valori dei consumi di gasolio sono forniti dall'Amministrazione Comunale.

Edifici, attrezzature/impianti terziari (non comunali)

I valori sono ricavati dal bilancio dei consumi finali di energia per il settore terziario più quelli del 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.

Trasporti

Per i consumi del settore trasporti si rimanda alla voce successiva.

DIESEL (per autotrazione)

Parco auto comunale

I valori dei consumi di gasolio sono forniti dall'Amministrazione Comunale.

Trasporti pubblici

I valori dei consumi di gasolio sono forniti quando possibile dalla società che gestisce il Trasporto Pubblico Locale nel Comune di Livorno.

Trasporti privati e commerciali

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

BENZINA (per autotrazione)

Parco auto comunale

I valori dei consumi di benzina sono forniti dall'Amministrazione Comunale.

Trasporti pubblici

I valori dei consumi di benzina sono forniti quando possibile dalla società che gestisce il Trasporto Pubblico Locale nel Comune di Livorno.

Trasporti privati e commerciali

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

I valori sono ricavati dal bilancio dei consumi finali di energia (sono calcolati sulla base della percentuale di biocarburante, variabile negli anni, presente nei carburanti tradizionali, gasolio e benzina).

ALTRE BIOMASSE

Edifici residenziali

I valori sono ricavati in base al numero di impianti termici alimentati da biomassa presenti sul territorio, ipotizzando una potenza termica media e un funzionamento medio sulla stagione termica.

SOLARE TERMICO

Edifici, attrezzature/impianti comunali

I valori dei consumi di energia termica prodotta con i pannelli solari termici sono forniti dall'Amministrazione Comunale.

Edifici residenziali

I valori dei consumi di energia termica prodotta con i pannelli solari termici sono ricavati dal bilancio dei consumi finali di energia.

3. Metodologia di calcolo degli Inventari delle Emissioni

Nella redazione di un PAES per la scelta dei fattori di emissione di ogni singola fonte energetica utilizzata 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 CO₂ 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 CO₂ e le emissioni di metano (CH₄) e (protossido di azoto) N₂O sono da considerare poco rilevanti e pertanto non è necessario che siano calcolate. Infatti, secondo il metodo sviluppato dall'IPCC, dalla combustione di fonti

energetiche fossili hanno origine quantità di CH₄ e N₂O irrilevanti rispetto a quelle di CO₂, come rappresentato nella tabella seguente in cui si riportano alcuni esempi:

Combustibile	Fattore emissione CO ₂ kg/TJ	Fattore emissione CH ₄ kg/TJ	Fattore emissione N ₂ 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, con questo approccio, le emissioni di CO₂ 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 ecc.) 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 CO₂. Le autorità locali che decidono di utilizzare l'approccio LCA possono, pertanto, esprimere le emissioni come CO₂ equivalenti.

L'approccio LCA è un metodo standardizzato a livello internazionale (serie ISO 14040) ed utilizzato da società ed istituzioni pubbliche in particolare 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'energia elettrica (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_e]

CTE = consumo totale di elettricità nel territorio dell'autorità locale [MWh_e]

PLE = produzione locale di elettricità [MWh_e]

AEV = acquisti di elettricità verde da parte dell'autorità locale [MWh_e]

FENEE = fattore di emissione nazionale o europeo per l'elettricità [ton/MWh_e] elaborato annualmente da ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

CO₂PLE = emissioni di CO₂ dovute alla produzione locale di elettricità [ton]

CO₂AEV = emissioni di CO₂ 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:

$$FEE = (CO_2PLE + CO_2EVP) / (PLE + EVP)$$

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

FATTORI DI EMISSIONE PER LE FONTI DI ENERGIA

I fattori di emissione che possono essere utilizzati per determinare le emissioni di CO₂ legate all'utilizzo di ogni singola fonte di energia ed in particolare nella combustione di carburanti (anche qualora vi sia una produzione locale di calore o di elettricità), sono riportati nella tabella seguente.

Tipo	Fattore di emissione "standard" [t CO ₂ /MWh _{fuel}]	Fattore di emissione ALC [t CO ₂ -eq/MWh _{fuel}]
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 PAESC Livorno, così come per l'Inventario di Monitoraggio, 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 CO₂ emessa.

Per quanto attiene il fattore di emissione della benzina si assume un valore pari a 0,252 ton CO₂/MWh, più rispondente alla media nazionale.