

**Corso di**

---

**IMPIANTI TECNICI per l'EDILIZIA**

# **Quadro normativo**



Prof. Paolo ZAZZINI  
Dipartimento INGEO  
Università "G. D'Annunzio" Pescara  
[www.lft.unich.it](http://www.lft.unich.it)

Negli ultimi 60/70 anni **incremento quasi costante dei consumi di energia primaria** nel mondo concentrati in alcune aree!

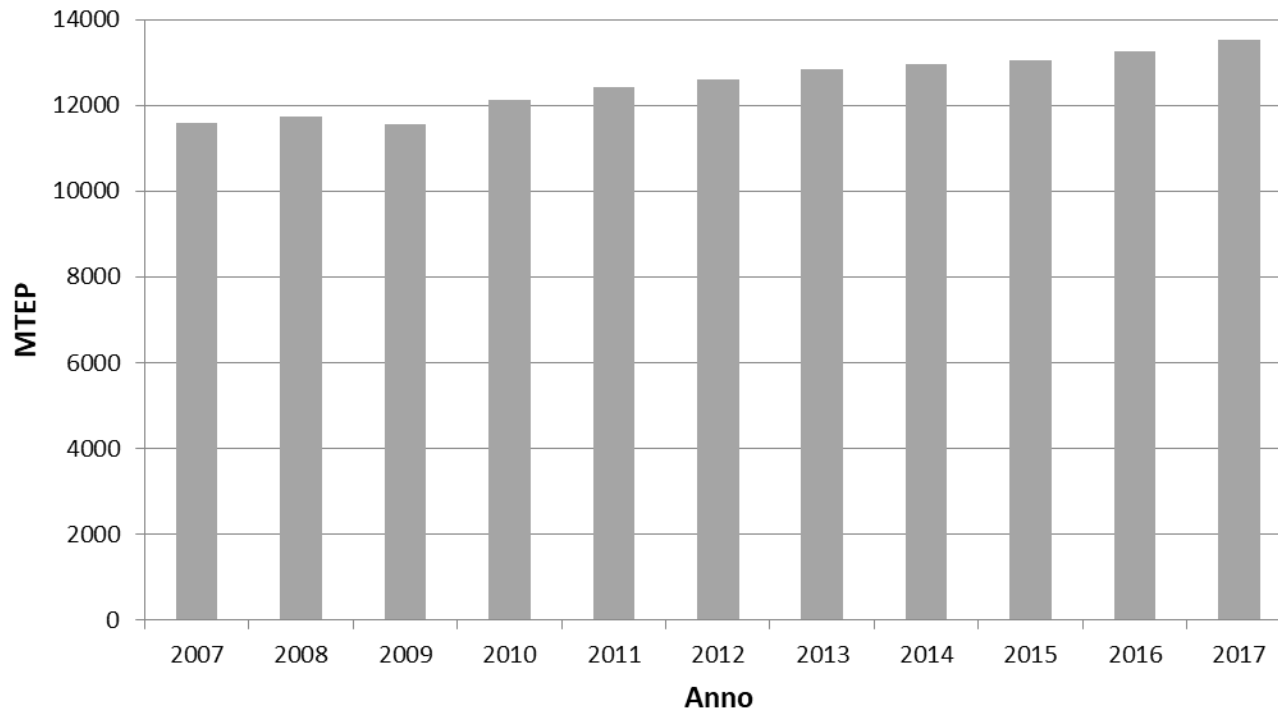
Consumi di energia  $\longleftrightarrow$  Sviluppo economico

Dopo guerra: USA e paesi europei  
(ricostruzione post-bellica e sviluppo economico)

Dagli anni '80-'90: ASIA.....Cina e India in particolare

- Circa il **40 %** di tali **consumi** concentrato nell'edilizia;
- Circa il **50 %** dell'**inquinamento** atmosferico e dei **rifiuti** dagli edifici (progettazione, realizzazione, utilizzo e dismissione).

## Consumi mondiali di energia primaria



Consumo mondiale di energia primaria nel 2017: **13,5 GTEP**

Fonte: BP Statistical Review of World Energy, June 2018

**Energia primaria** [TEP] : prodotta dalla combustione stechiometrica dei combustibili  
(potere calorifico)

**TEP:** tonnellata equivalente di petrolio

**TOE:** Tonne of oil equivalent

*quantità di energia prodotta dalla combustione di 1 t petrolio grezzo*

$$1 \text{ TEP} = 42 \text{ GJ}$$

$$1 \text{ GJ} = 10^9 \text{ J} = 10^9 \text{ W} \times \text{s} = 10^9/3600 \text{ Wh} = 10^6/3600 \text{ kWh} = 10^4/36 \text{ kWh}$$

$$42 \text{ GJ} = 42/36 * 10^4 \text{ kWh} = 7/6 * 10^4 \text{ kWh} = 1,17 * 10^4 \text{ kWh}$$

Considerando un  $\eta_{\max}$  pari a 0,4 in una centrale termoelettrica, si ha:

$$1 \text{ TEP} (1,17 * 10^4 \text{ kWh}) \longrightarrow 0,4 * 1,17 * 10^4 \text{ kWh} = \mathbf{4680 \text{ kWh di en. elettrica}}$$

cui corrispondono circa **emissioni pari a circa 3,3 t<sub>CO<sub>2</sub>eq</sub>**

$$1 \text{ TEP} \longrightarrow 3,3 \text{ t}_{\text{CO}_2\text{eq}}$$

$$13,5 \text{ GTEP} = 13,5 * 10^9 \text{ TEP} \longrightarrow 13,5 * 3,3 * 10^9 \text{ t}_{\text{CO}_2\text{eq}} = 44,55 * 10^9 \text{ t}_{\text{CO}_2\text{eq}}$$

$t_{\text{CO}_2\text{eq}}$  = tonnellata di anidride carbonica equivalente.

Massa  $\text{CO}_2$  caratterizzata dallo stesso valore del GWP (Global Warming Potential - Potenziale di riscaldamento globale) di gas serra emessi durante il processo di combustione

**GWP:** contributo all'assorbimento delle radiazioni termiche (effetto serra) in un certo arco di tempo (es. 100 anni) da parte di un gas emesso nell'atmosfera rispetto all'assorbimento di una uguale quantità in peso di  $\text{CO}_2$  presa come riferimento (GWP pari a 1).

Valori del **GWP:**

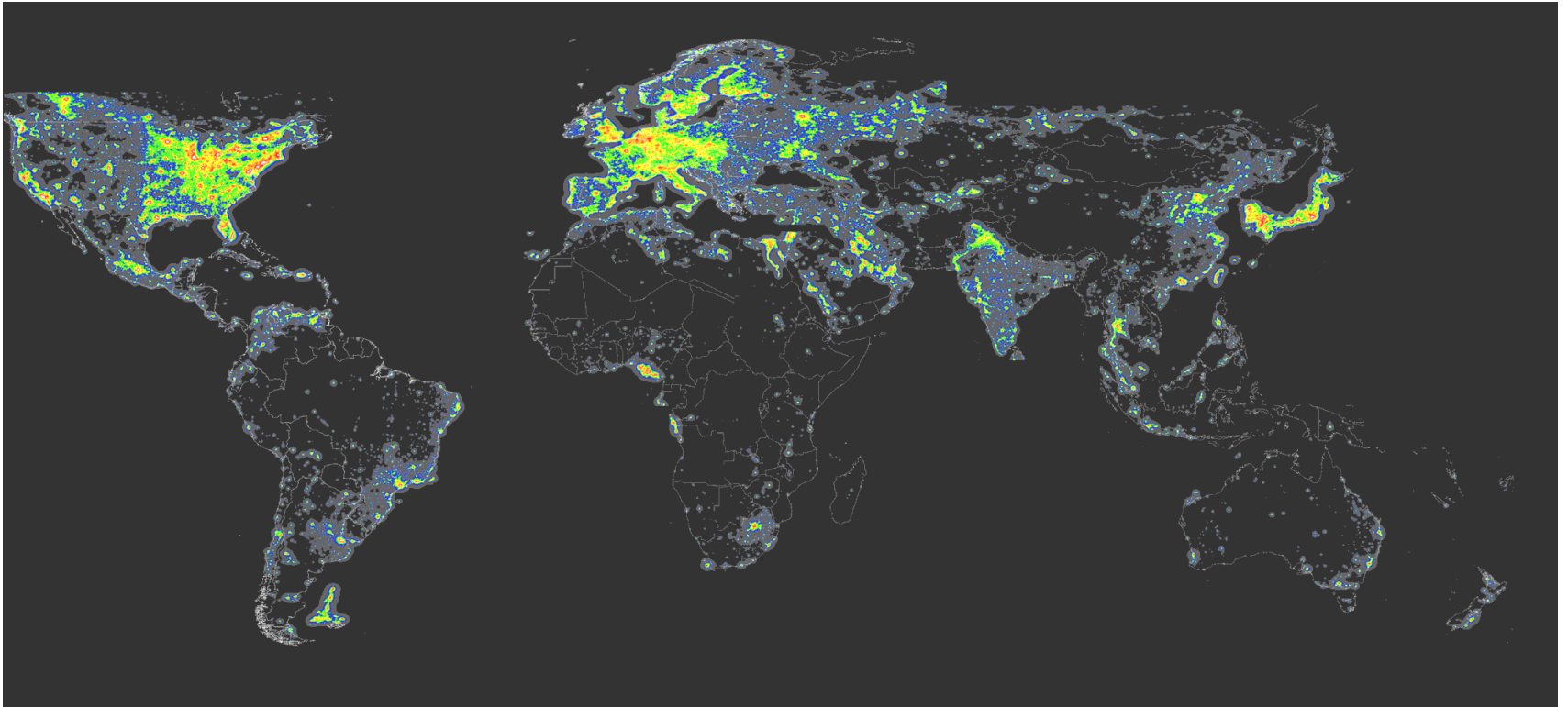
metano  $\text{CH}_4 = 21$

protossido di azoto  $\text{N}_2\text{O} = 310$

clorofluorocarburi CFC (freon) = 3000-24000

Una **quota significativa** dei consumi di energia è dovuta **all'illuminazione artificiale**, soprattutto nei paesi industrializzati

### **Inquinamento luminoso nel mondo**

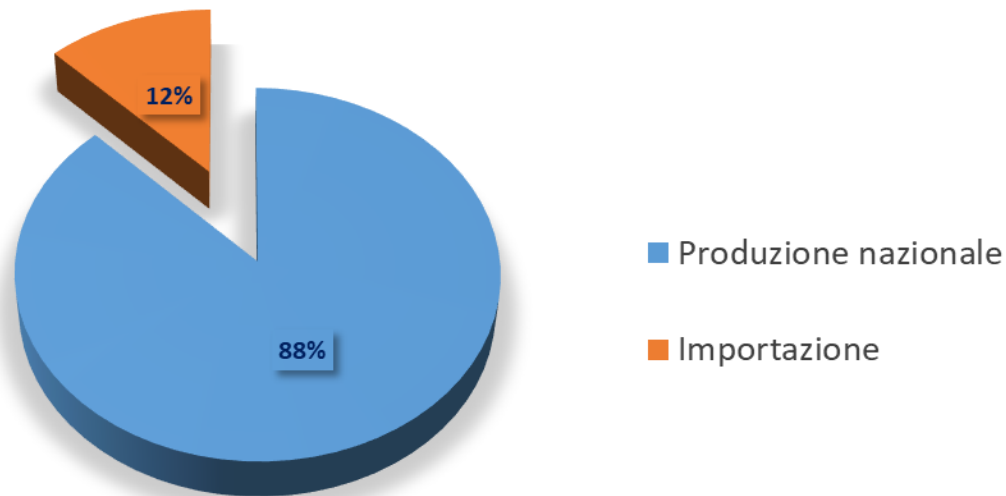


## In ITALIA

**Fabbisogno totale di energia elettrica nel 2017: 320,5 TWh (+2,0% sul 2016)**

88,2% produzione nazionale (282,8 TWh: +2,0% sul 2016)

11,8 % importazioni nette dall'estero (37,8 TWh: +2,0% sul 2016).



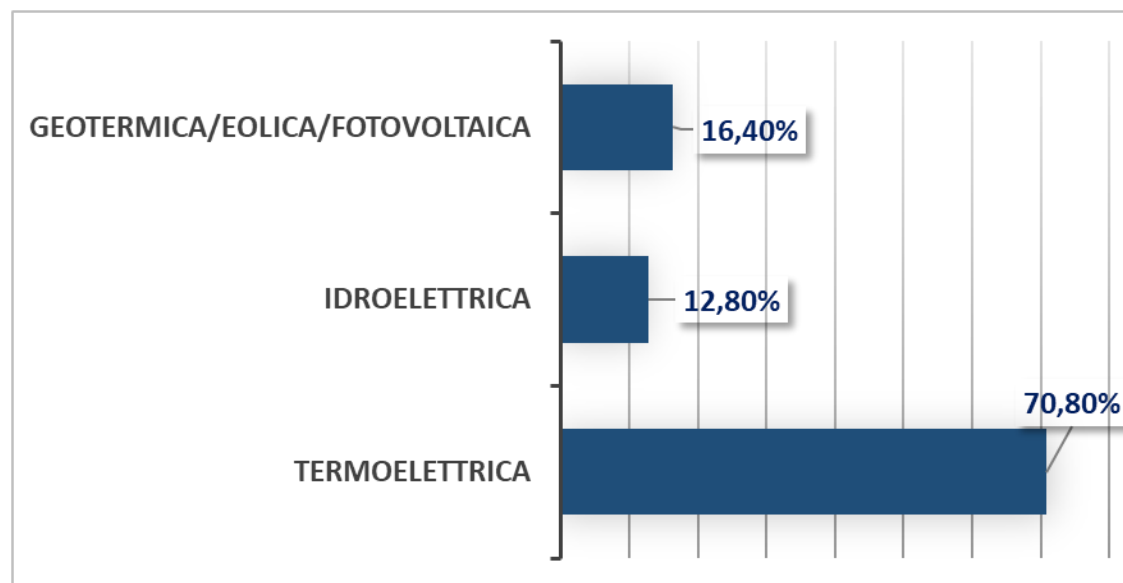
*Dati: Ufficio statistico TERNA*

## Produzione nazionale lorda (295,8TWh)

70,8% produzione termoelettrica (209,5TWh: +5,0% rispetto al 2016),

12,8% idroelettrica (38,0TWh: -14,1% rispetto al 2016)

16,4% fonti geotermica, eolica e fotovoltaica.



*(fonte: Ufficio Statistico di Terna)*

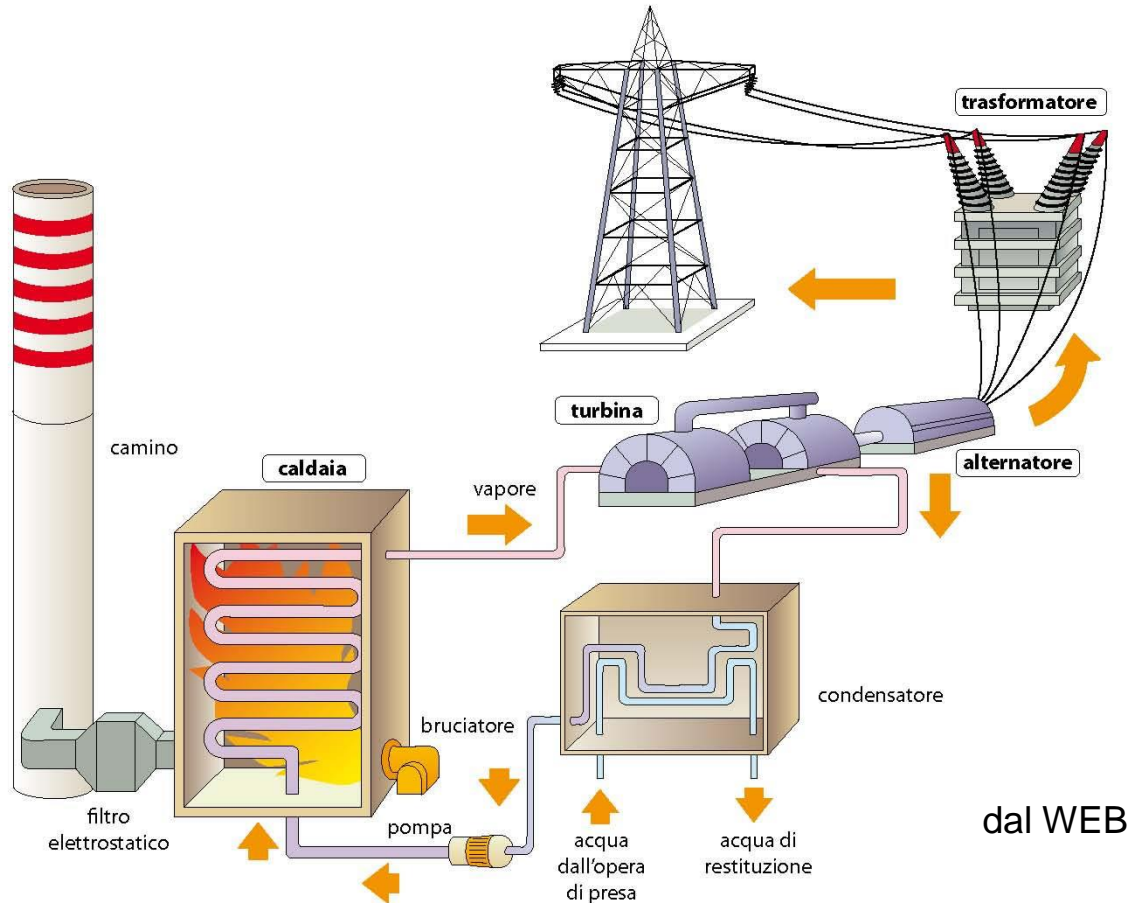


## Centrali termoelettriche presenti in Italia

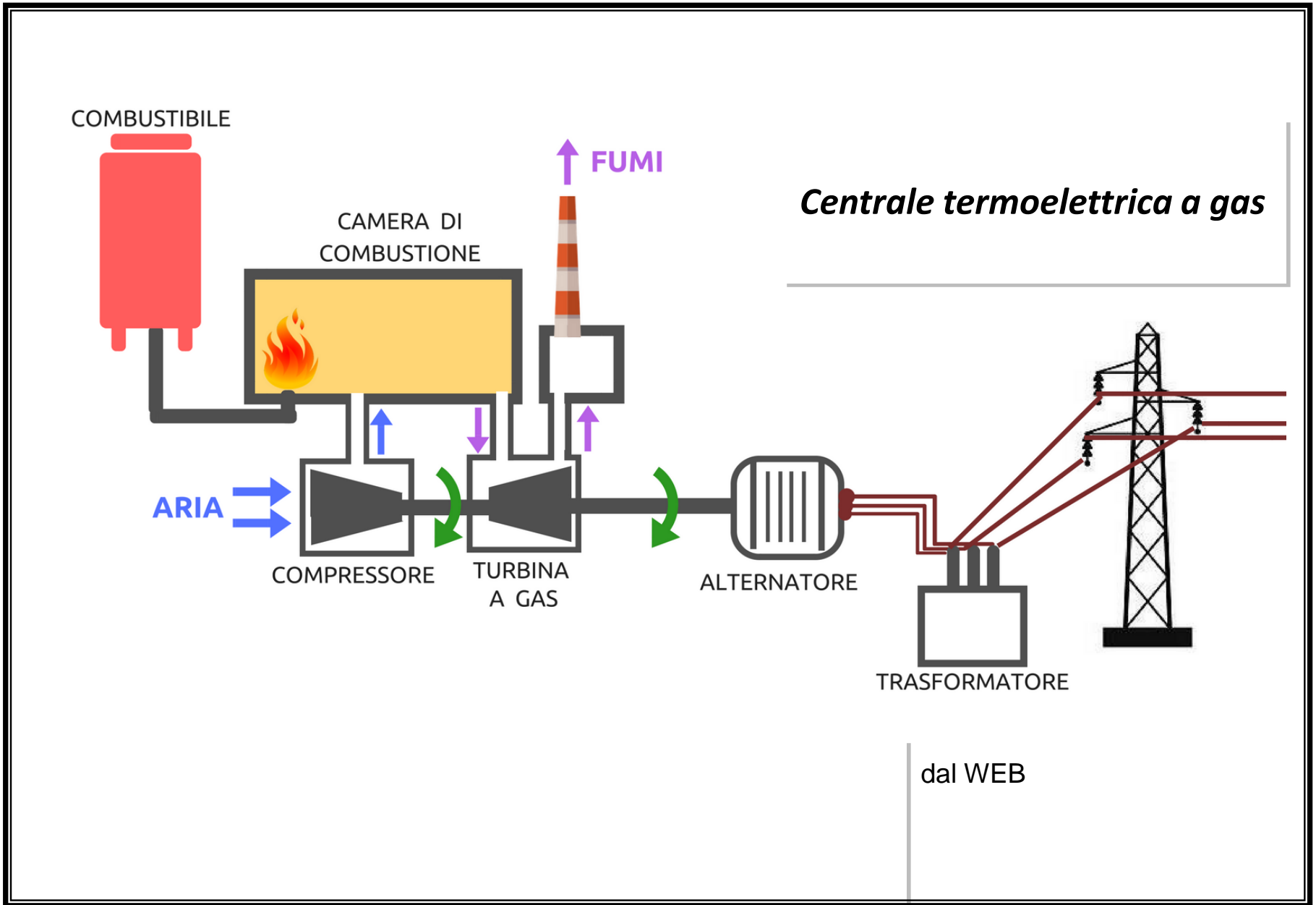
Centrale	Potenza (MW)	Prov.	Centrale	Potenza (MW)	Prov.	Centrale	Potenza (MW)	Prov.
1 Centrale di Cassano d'Adda	1 000	MI	29 Sesto San Giovanni	50	MI	61 Tavazzano e Montanaso	1 740	LO
2 Centrale di Monfalcone	336	GO	30 Settimo Torinese	50	TO	62 Centrale di Fiumesanto	598	SS
3 Centrale del Mincio	380	MN	31 Terni	100	TR	63 Livorno Ferraris	805	VC
4 <b>Centrale di Gissi</b>	<b>800</b>	<b>CH</b>	32 San Quirico	135	PR	64 Centrale di Scandale	814	KR
5 Centrale di Mathi	18	TO	33 Verzuolo - Gever	120	CN	65 Ferrara	124	FE
Centrale "Api Energia S.p.a." presso la raffineria			34 Centrale di Sparanise	760	CE	66 Teverola	124	CE
6 Api	286	AN	35 Rizziconi	760	RC	67 Centrale di Moncalieri	800	TO
7 Centrale di Portula	11	LU	36 Rosignano (Rosen)	510	LI	Centrale di Pont Ventoux-		
8 Centrale di Lucca 1	10	LU	37 Voghera	380	PV	68 Susa	150	TO
9 Centrale di Ottana	140	NU	38 Servola	159	TS	69 Priolo Gargallo	322	SR
10 Centrale di Chivasso	1 179	TO	Centrale termoelettrica			70 Taranto	160	TA
11 Centrale di Sermide	1 140	MN	39 Galileo Ferraris	700	VC	71 Leinì	272	TO
Centrale San Filippo del			40 Centrale La Casella	1 400	PC	72 Centrale di Cagliari	551	CA
12 Mela	1 280	ME	41 Centrale Santa Barbara	356	AR	73 Ferrara	510	FE
Centrale termoelettrica di			Centrale Eugenio			74 Centrale di Lampedusa	15	AG
13 Turbigo	1 740	MI	42 Montale	1 300	SP	75 Centrale di Cassino	106	FR
Centrale termoelettrica di			43 Centrale Andrea Palladio	1 218	VE	76 Centrale di Rivalta	53	TO
14 Piacenza	850	PC	44 Franco Rasetti	510	PG	77 Centrale di Melfi	106	PZ
15 Centrale di Acerra	100	NA	Centrale TEODORA a ciclo			<b>78 Centrale di Sulmona</b>	<b>53</b>	<b>AQ</b>
16 Centrale di Altomonte	760	CS	45 combinato	750	RA	79 Centrale di Termoli	106	CB
Centrale di Boffalora sopra			46 Grazia Deledda	240	CI	80 Termoli	770	CB
17 Ticino	80	MI	47 Archimede	750	SR	81 Modugno	770	BA
<b>18 Centrale di Bussi sul Tirino</b>	<b>130</b>	<b>PE</b>	48 Centrale Rossano	1 740	CS	82 Turano-Bertonico	770	LO
19 Centrale di Candela	380	FG	Centrale termoelettrica di			83 Aprilia	770	LT
20 Centrale di Castelmassa	50	RO	49 Porto Tolle	2 640	RO	<b>84 Termica Celano</b>	<b>180</b>	<b>AQ</b>
Centrale di Cologno			50 San Filippo del Mela	320	ME	85 Torrevaldaliga Sud	1 520	RM
21 Monzese	50	MI	51 Termini Imerese	454	PA			
22 Jesi - Energia	140	AN	52 San Fiorano	568	BS	86 Napoli Vigliena	380	NA
23 Centrale di Nera Montoro	50	TR	53 Centrale Federico II	2 640	BR			
24 Centrale di Torviscosa	785	UD	54 Torrevaldaliga Nord	1 980	RM			
25 Porcari	100	LU	55 Brindisi	765	BR			
26 Simeri Crichi	860	CZ	56 Livorno	203	LI			
27 Marghera Levante	740	VE	57 Ferrera Erbognone	1 040	PV			
28 Sarmato	145	PC	58 Mantova	510	MN			
			59 Ravenna	785	RA			
			Centrale termoelettrica di					
			60 Ostiglia. Mantova.	1 482	MN			

**Totale: 26445 MW = 26,445 GW**

# Centrale termoelettrica a vapore



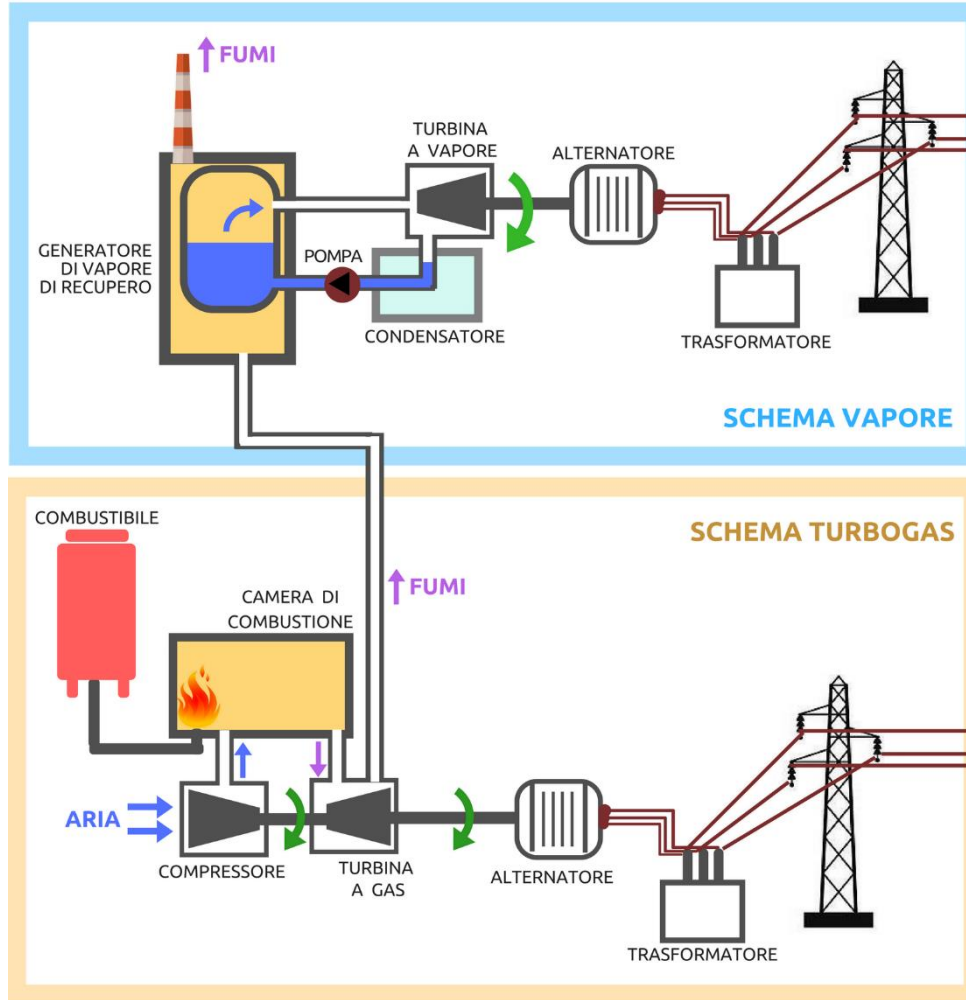
dal WEB



*Centrale termoelettrica a gas*

dal WEB

## Centrale termoelettrica a ciclo combinato



dal WEB



dal WEB





dal WEB

## **Legge 373/76:**

Legge emanata in seguito alla **prima crisi petrolifera** (1973) che fece lievitare il prezzo del petrolio.

Impone una **limitazione alle dispersioni termiche invernali** sia per edifici residenziali che appartenenti al terziario ed al settore produttivo, di fatto dando impulso all'utilizzo di **materiali isolanti** in edilizia

**Legge 10/91:** *“Norme per l’attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell’energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia”.*

Si propone di realizzare un efficace **risparmio energetico** regolando la progettazione e la gestione **“energeticamente consapevole”** in **regime invernale** del **sistema edificio/impianto** al fine di **salvaguardare l’ambiente** e realizzare condizioni di **benessere** per gli individui

Favorisce inoltre l’uso di **energie rinnovabili** per soddisfare il fabbisogno energetico degli **edifici pubblici**.

Prevede inoltre incentivi e agevolazioni per promuovere in generale l’uso di **energie rinnovabili** in edilizia.

Pone dei **limiti** da rispettare **ai rendimenti** degli impianti.

**D.P.R. 412/93** (emanato in seguito alla L.10/91) “*Regolamento recante norme per la progettazione, l’installazione, l’esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell’art. 4 della legge 9 Gennaio 1991, n. 10*”

Fissa i criteri di progettazione energetica sulla base del valore assunto dal **FEN** (**Fabbisogno Energetico Normalizzato** in funzione del **volume** e **dei GG** della località) e dal **rendimento globale stagionale dell’impianto termico**.

Classifica gli edifici in **otto classi** (E.1÷E.8) in funzione della destinazione d’uso.

E.1	Edifici adibiti a residenze e assimilabili
E.2	Edifici adibiti a uffici e assimilabili
E.3	Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili
E.4	Edifici adibiti ad attività ricreative, associative o di culto e assimilabili
E.5	Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili
E.6	Edifici adibiti ad attività sportive e assimilabili
E.7	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
E.8	Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili



Suddivide il territorio nazionale in **6 zone climatiche** (A÷F) in funzione del numero di **Gradi Giorno GG**.

**Gradi Giorno GG:** somma estesa all'intero periodo di riscaldamento annuale, delle differenze positive giornaliere tra la temperatura dell'ambiente interno (20°C) e quella esterna media giornaliera

**Limita il periodo di esercizio dell'impianto** in funzione della zona climatica

<b>Zona climatica</b>	<b>GG</b>	<b>Ore di funzionamento giornaliera</b>	<b>Periodo di esercizio annuale</b>
A	< 600	6	1°Dicembre ÷ 15 Marzo
B	601 ÷ 900	8	1°Dicembre ÷ 31 Marzo
C	901 ÷ 1400	10	15 novembre ÷ 31 Marzo
D	1401 ÷ 2100	12	1° novembre ÷ 15 aprile
E	2101 ÷ 3000	14	15 ottobre ÷ 15 aprile
F	> 3000	Nessuna limitazione	Nessuna limitazione

## Direttiva europea 2002/91/CE:

### “Energy Performance of Building Directive” EPBD

In attuazione del **Protocollo di Kyoto**, invita gli stati membri ad effettuare una **riduzione delle emissioni di inquinanti** gassosi in vari settori, tra cui quello delle **costruzioni**.

Si pone l'obiettivo di effettuare una **chiara valutazione delle prestazioni energetiche** degli edifici, mediante **indicatori specifici** dell'efficienza energetica.

Prende in considerazione i consumi dovuti a **riscaldamento, raffrescamento, produzione di acqua calda sanitaria, uso di energia elettrica**.

Da **disposizioni** in merito ai **requisiti minimi** in materia di **rendimento energetico** degli **edifici di nuova costruzione** e di quelli **esistenti** sottoposti ad interventi di **ristrutturazione**, e promuove **ispezioni periodiche** dei **componenti impiantistici**.

Viene inoltre introdotto il concetto di “**certificazione energetica**”, strumento in grado di **fornire ai cittadini** una maggiore **consapevolezza** delle **caratteristiche energetiche** di un edificio oggetto di **compravendita**.

(Istituito già introdotto in Italia dalla L. 10/91 ma mai attuato per mancata emissione di decreti attuativi)

**In Italia**, a recepimento della **Direttiva Europea 2002/91/CE**:

**Decreto legislativo n. 192/2005**: «**Attuazione della direttiva 2002/91/CE** relativa al rendimento energetico nell'edilizia»

Si pone lo scopo di:

definire i **metodi di calcolo** ed i **valori limite** delle prestazioni energetiche (**requisiti minimi**), nonché i **criteri generali per la certificazione energetica**, garantire le **ispezioni periodiche degli impianti** promuovendo un uso razionale dell'energia

**Decreto legislativo n. 311/2006**: “Disposizioni **correttive** ed **integrative** al D. Lgs. **192/2005** ”

Apporta **correzioni restrittive** ai limiti imposti dal D Lgs 192/2005.

Impone la **verifica dell'Indice di prestazione energetica invernale**

**$E_{pi}$**  (kWh/m<sup>2</sup> anno)

Reintroduce l'**obbligatorietà della certificazione energetica**, senza però specificare le modalità con cui debba essere applicata introducendo temporaneamente, **fino alla data di emissione delle Linee guida nazionali** per la certificazione energetica, il cosiddetto **Attestato di Qualificazione Energetica (AQE)** necessario per l'ottenimento di **incentivi per opere di riqualificazione energetica** degli edifici

**DPR 59/2009:** *"Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettera a) e b), del Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della Direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia".*

Promuove un'applicazione omogenea su tutto il territorio nazionale delle norme per l'efficienza energetica degli edifici, definendo metodologie, criteri e requisiti minimi di edifici e impianti con riferimento a climatizzazione invernale, produzione di acqua calda sanitaria, climatizzazione estiva (novità rispetto al D Lgs 192/05) e consumi di energia elettrica per l'illuminazione.

Prevede che i **software** utilizzati per il calcolo debbano essere **certificati dal CTI** (Comitato Termotecnico Italiano).

**Decreto Ministeriale 26/06/2009** *"Linee Guida nazionali per la Certificazione Energetica"*

Finalmente vengono emesse le **linee guida nazionali** che costituiscono la piena attuazione della direttiva Europea 2002/91/CE e dell'articolo 4, comma 1 del D Lgs 192/2005.

Nell'Allegato A sono presenti le **regole sulla certificazione energetica e il modello di certificato**.

Per attuare le procedure di calcolo si fa riferimento a delle nuove **Norme UNI 11300**

**UNI TS 11300-1** *"Prestazioni energetiche degli edifici – parte I: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale"*.

*Modalità per l'applicazione della UNI EN ISO 13790/2008 ("Prestazione energetica degli edifici- Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento") con riferimento al metodo utilizzato per il calcolo dei fabbisogni di energia termica per riscaldamento e per raffrescamento*

**UNI TS 11300-2:** *"Prestazioni energetiche degli edifici – parte II: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria "*.

*Metodi e dati per il calcolo del fabbisogno di acqua calda sanitaria, di energia elettrica degli ausiliari e del fabbisogno di energia primaria*

**UNI TS 11300-3:** *"Prestazioni energetiche degli edifici – parte III: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva"*.

**UNI TS 11300-4:** *"Prestazioni energetiche degli edifici – parte IV: Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per il riscaldamento di ambienti e la preparazione di acqua calda sanitaria "*.

## **Obiettivi fondamentali dell'applicazione dei tre decreti:**

Stabilire i **requisiti energetici minimi** degli edifici

Fornire i criteri generali per la **certificazione energetica** degli edifici;

Imporre **ispezioni** periodiche degli **impianti** di climatizzazione;

Fornire i criteri per garantire la **qualificazione dei tecnici incaricati**;

Promuovere un'opera di **sensibilizzazione degli utenti** e degli operatori ad un uso controllato dell'energia.

## **Verifiche imposte:**

**Indice di prestazione energetica** per la climatizzazione invernale ed estiva

**Rendimento globale** medio stagionale

Verifica delle **trasmittanze**

Verifica della **massa superficiale** delle pareti opache verticali, orizzontali ed inclinate

## **D. Lgs. 28/2011**

Attua la **Direttiva 2009/28/CE** riguardante la promozione dell'uso dell'energia da **fonti rinnovabili**, definendone l'obbligo di utilizzo negli **edifici di nuova costruzione** o sottoposti a **rilevanti interventi di ristrutturazione** ed imponendo **l'indicazione dell'Indice di prestazione energetica** degli edifici per tutti gli atti e annunci di **vendita**

## **D. L. 63/2013 (decreto eco-bonus/energia)** convertito dalla **Legge 90/2013**

**Modifica** il D. Lgs 192/2005 introducendo una serie di novità:

L' **Attestato di Certificazione Energetica (ACE)** si trasforma in **Attestato di Prestazione Energetica (APE)**, reso **obbligatorio** sia per le **compravendite** che per le **locazioni**.

Vengono introdotte **sanzioni amministrative** per proprietari ed agenzie immobiliari che non rispettino le regole

E' prevista l'emanazione di **decreti attuativi** per definire le **modalità di calcolo delle prestazioni energetiche** e di **utilizzo delle fonti rinnovabili** negli edifici in ottemperanza alla **Direttiva 2010/31/UE** del Parlamento europeo sugli **edifici a energia quasi zero**

Vengono inoltre stabiliti i **requisiti minimi**, aggiornati ogni **cinque anni**, in materia di prestazioni energetiche degli edifici di **nuova costruzione** od oggetto di **ristrutturazioni importanti** o **riqualificazioni energetiche** secondo il **metodo comparativo** indicato dalla **Direttiva 2010/31/UE** (edificio di riferimento stabilito in funzione della tipologia edilizia e della fascia climatica di appartenenza)

**Tre Decreti interministeriali del 26 Giugno 2015** (in vigore dal 1 Ottobre 2015)

**Decreto requisiti minimi:** nuovi **metodi di calcolo** delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei **requisiti minimi** degli edifici nuovi o da ristrutturare;

**Linee guida del nuovo APE 2015:** nuove regole per la **redazione dell'APE** (adeguamento del Decreto del Ministro dello sviluppo economico 26 giugno 2009);

**Decreto relazione tecnica di progetto:** indicazioni per la **compilazione della relazione tecnica** di progetto ai fini dell'applicazione delle prescrizioni e dei requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici



## **Decreto requisiti minimi**

**Modifica il D Lgs 192/2005** attuando la **direttiva 2010/31/UE** sugli edifici a energia quasi zero.

**Sostituisce il DPR 59/2009**, che definiva le modalità di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici.

Introduce l'importante novità del concetto di «**edificio di riferimento**», cioè un **edificio identico a quello in oggetto** in termini di forma, orientamento, localizzazione e destinazione d'uso, ma con **caratteristiche energetiche predeterminate**.

I requisiti energetici dell'edificio determinati sulla base del **confronto con il relativo edificio** di riferimento e non in senso assoluto.

Definisce l'**edificio a energia quasi zero**: edificio di nuova costruzione o esistente per il quale siano **rispettati tutti i requisiti** previsti dal paragrafo 3.3, lettera b), comma 2 del **decreto requisiti minimi** determinati con i valori vigenti dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici e dal 1° gennaio 2021 per tutti gli altri edifici, e per il quale siano anche rispettati gli **obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili** nel rispetto dei principi minimi di cui al decreto rinnovabili (D Lgs 28/2011, paragrafo 1 lettera c) all. 3)

**Norme di riferimento** per il calcolo delle prestazioni energetiche:

UNI 11300 (1,2,3 e 4);

Raccomandazione CTI 14/2013;

UNI 15193 (Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per l'illuminazione)

Viene determinato il **fabbisogno annuale di energia primaria**, calcolato su base **mensile**, dell'edificio per **riscaldamento, raffrescamento, ventilazione, ACS**, e, nel settore non residenziale, **illuminazione, ascensori, e scale mobili**, sia in termini **globali** che di **energia rinnovabile prodotta**.

La **classe** dell'edificio viene **attribuita** sulla base del valore assunto **dall'energia primaria non rinnovabile**

## **Tipologie di interventi previsti dal Decreto requisiti minimi**

**Nuova costruzione, demolizione e ricostruzione, ampliamento e sopraelevazione**

### **Ristrutturazione importante:**

**di primo livello** interessa più del 50% della superficie lorda disperdente nonché il rifacimento dell'impianto termico e/o di climatizzazione

**di secondo livello** interessa più del 25% della superficie lorda disperdente e può interessare l'impianto termico e/o di climatizzazione

### **Riqualificazione energetica**

interessa meno del 25% della superficie lorda disperdente e/o nuova installazione o ristrutturazione dell'impianto termico e/o di climatizzazione

**Indici di prestazione energetica** (*espressi in kWh/anno in termini di energia primaria totale – tot e non rinnovabile - nren*)

**EP<sub>H</sub>**: indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale

**EP<sub>W</sub>**: indice di prestazione energetica per la produzione di acqua calda sanitaria

**EP<sub>v</sub>**: indice di prestazione energetica per la ventilazione

**EP<sub>c</sub>**: indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva

**EP<sub>L</sub>**: indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale

**EP<sub>T</sub>**: indice di prestazione energetica per il trasporto di persone e cose

L'indice di prestazione globale (tot e nren) si calcola come somma dei singoli indici

$$EP_{gl} = EP_H + EP_W + EP_v + EP_c + EP_L + EP_T$$

Gli indici di prestazione per riscaldamento, ACS e climatizzazione estiva, in termini di energia primaria, si calcolano da quelli riferiti all'energia utile **EP<sub>H,nd</sub>** **EP<sub>W,nd</sub>** **EP<sub>c,nd</sub>** in funzione dei valori assunti da **fattori di conversione** tabulati in funzione del vettore energetico considerato

**Ulteriori parametri** definiti dal Decreto requisiti minimi:

$H'_T$ : coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie [kWh/m<sup>2</sup> K]

$A_{sol,est} / A_{sup\ utile}$ : area solare equivalente estiva per unità di superficie utile

E' dato dal rapporto tra la **totale superficie vetrata** e la **superficie utile calpestabile** dell'edificio considerato. Il termine equivalente si riferisce al fatto che la superficie trasparente da considerare deve essere valutata **mediante fattori riduttivi** che tengano conto di eventuali **ombreggiature** interne o esterne dovute a **schermature fisse o mobili**, presenza oscurante del **telaio** e così via;

$\eta_H$ : efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione invernale;

$\eta_W$ : efficienza media stagionale dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria;

$\eta_c$ : efficienza media stagionale dell'impianto di climatizzazione estiva.

## Verifiche da effettuare secondo il Decreto requisiti minimi

$$H'_T < H'_{T,lim}$$

$$A_{sol,est} / A_{sup,utile} < (A_{sol,est} / A_{sup,utile})_{lim}$$

$$EP_{H,nd} < EP_{H,nd,lim}$$

$$\eta_H > \eta_{H,lim}$$

$$EP_{c,nd} < EP_{c,nd,lim}$$

$$\eta_W > \eta_{W,lim}$$

$$EP_{gl,nd} < EP_{gl,nd,lim}$$

$$\eta_c > \eta_{c,lim}$$

Ulteriori verifiche :

Efficacia dei **sistemi schermanti** delle superfici vetrate;

**Massa superficiale** delle pareti opache verticali e orizzontali

**Trasmittanza** delle pareti opache verticali e orizzontali

Inoltre è necessario osservare gli obblighi di **integrazione delle fonti**

**rinnovabili** nei casi previsti specificati nel decreto rinnovabili (D Lgs 28/2011)

Dal 1 Gennaio 2021 tutti gli **edifici nuovi o ristrutturati** dovranno rispondere ai requisiti **dell'edificio ad energia quasi zero** (cfr. Direttiva europea 2010/31/UE).

## **FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA per il RISCALDAMENTO**

**per il calcolo dell' $EP_H$**

### **BILANCIO ENERGETICO AI SENSI DELLA UNI TS 11300**

Dopo aver definito gli ambienti da climatizzare e distinto le varie zone termiche si stabiliscono le **condizioni interne ed esterne** di riferimento e si effettua il **calcolo**, per **ogni mese** e per **ogni zona** dell'edificio dei **fabbisogni termici netti per il riscaldamento ( $Q_H$ )**

Il valore ottenuto del  $Q_H$  viene poi diviso per l'area utile dell'edificio per ottenere il valore dell'indice  $EP_H$

I **dati climatici** esterni sono reperibili dalla **UNI-CTI 10349**, in particolare per ciò che riguarda le **temperature medie mensili** delle varie località e l'**irraggiamento solare medio mensile per ciascun orientamento**, mentre quelli interni sono fissati **dal DPR 412/93**

## Fabbisogno netto di energia per il riscaldamento

in cui:

$$Q_H = (Q_{H,tr} + Q_{H,ve}) - \eta_H \cdot (Q_{H,int} + Q_{H,sol}) \quad (\text{MJ})$$

$Q_H$  : Fabbisogno termico netto dell'edificio in regime invernale

$Q_{H,tr}$  : Energia termica dispersa per trasmissione

$Q_{H,ve}$  : Energia termica dispersa per ventilazione

$Q_{H,int}$  : Apporti gratuiti interni

$Q_{H,sol}$  : Apporti gratuiti solari

$\eta_H$  : Fattore di utilizzazione

La UNI TS 11300 prevede di esprimere il fabbisogno termico ed ogni sua componente in Mega-Joule [MJ], mentre i decreti riguardanti la certificazione energetica utilizzano il chilowattora [kWh]

$$1kWh = 1 \frac{kJ}{s} \cdot 1h = 1 \frac{kJ}{s} \cdot 3600s = 3600kJ = 3,6MJ$$

$$1MJ = \frac{1}{3,6} kWh = 0,28kWh$$

# Temperature medie mensili esterne della località considerata UNI-CTI 10349

N°	Sigla Provincia	Località	Altitudine m	GEN. °C	FEB. °C	MAR. °C	APR. °C	MAG. °C	GIU. °C	LUG. °C	AGO. °C	SET. °C	OTT. °C	NOV. °C	DIC. °C
38	IM	Imperia	10	8,6	9,4	11,6	14,7	17,9	21,7	24,5	24,1	21,8	17,4	12,7	9,5
39	IS	Isernia	423	5,5	5,7	8,6	11,2	15,5	20,1	23,1	22,8	19,7	14,7	10,3	6,9
40	KR	Crotone	8	9,5	9,8	11,5	14,7	18,4	22,9	26,2	26,0	23,5	19,3	15,1	11,2
41	LC	Lecco	214	3,9	5,7	9,6	13,3	16,0	20,1	22,6	22,1	19,2	14,3	9,2	5,3
42	LD	Lodi	87	0,9	3,3	8,6	13,5	17,8	22,5	24,5	23,4	19,6	13,4	7,3	2,5
43	LE	Lecce	49	9,0	9,3	11,4	14,7	18,9	23,4	26,1	25,9	23,0	18,5	14,3	10,7
44	LI	Livorno	3	7,5	8,2	11,1	13,9	17,3	21,8	24,4	24,1	21,5	17,1	12,7	9,0
45	LT	Latina	21	8,3	9,0	10,9	13,5	16,9	20,9	23,7	23,8	21,5	17,3	12,9	9,5
46	LU	Lucca	19	6,1	7,2	10,1	13,3	17,1	21,2	23,8	23,6	20,9	15,8	10,9	7,3
47	MC	Macerata	315	3,8	5,3	8,3	12,4	16,3	20,7	23,5	23,2	19,9	14,4	9,5	5,7
48	ME	Messina	3	11,7	12,0	13,2	15,7	19,2	23,5	26,4	26,5	24,2	20,3	16,6	13,3
49	MI	Milano	122	1,7	4,2	9,2	14,0	17,9	22,5	25,1	24,1	20,4	14,0	7,9	3,1
50	MN	Mantova	19	1,0	3,3	8,4	13,3	17,4	22,0	24,3	23,6	20,0	14,0	8,0	2,9
51	MO	Modena	34	1,4	3,5	8,6	13,3	17,2	21,8	24,3	23,8	20,1	14,0	8,1	3,1
52	MS	Massa-Carrara	65	6,8	7,4	10,3	13,2	16,9	21,2	23,7	23,3	20,6	15,9	11,3	7,9
53	MT	Matera	200	7,7	8,4	10,5	14,2	18,5	23,6	26,7	26,2	22,9	18,0	13,3	9,3
54	NA	Napoli	17	10,5	10,6	13,2	16,0	19,5	24,1	26,7	26,5	23,8	19,6	15,5	12,1
55	NO	Novara	159	0,9	3,3	8,4	13,1	17,4	21,8	24,3	23,3	19,2	12,9	7,1	2,4
56	NU	Nuoro	546	6,2	6,7	9,5	12,4	15,7	21,1	24,3	24,1	20,9	15,7	11,2	7,6
57	OR	Oristano	9	9,6	10,2	12,3	14,5	17,4	21,4	23,5	24,1	22,6	18,7	14,4	10,8
58	PA	Palermo	14	11,1	11,6	13,1	15,5	18,8	22,7	25,5	25,4	23,6	19,8	16,0	12,6
59	PC	Piacenza	61	0,1	2,4	7,7	12,2	16,3	20,7	23,2	22,3	18,9	12,8	6,9	2,0
60	PD	Padova	12	1,9	4,0	8,4	13,0	17,1	21,3	23,6	23,1	19,7	13,8	8,2	3,6
61	PE	Pescara	4	7,2	8,4	10,9	14,2	18,5	22,7	25,4	25,0	22,0	17,4	12,5	8,7
62	PG	Perugia	493	4,0	5,0	8,1	11,3	15,4	20,1	23,1	22,7	19,6	14,1	9,4	5,5
63	PI	Pisa	4	8,7	7,7	10,6	13,6	17,2	21,1	23,5	23,5	20,9	16,3	11,7	7,8
64	PN	Pordenone	24	2,3	4,4	8,1	12,1	15,7	18,4	21,5	21,2	18,3	12,9	7,4	3,8
65	PO	Prato	61	5,6	6,9	10,4	14,3	18,0	22,3	25,0	24,7	21,6	16,1	10,9	6,8
66	PR	Parma	57	0,9	3,5	8,9	13,7	17,8	22,2	24,7	24,0	20,2	14,1	8,0	2,8
67	PS	Pesaro e Urbino	11	3,6	4,7	8,4	12,3	16,2	20,6	23,2	22,7	19,7	14,7	9,9	5,4
68	PT	Pistoia	67	5,3	6,5	9,9	13,4	17,2	21,3	24,1	23,6	20,9	15,3	10,4	6,3
69	PV	Pavia	77	0,5	3,2	8,4	12,9	17,1	21,3	23,5	22,7	19,3	13,3	7,1	2,3
70	PZ	Potenza	819	3,6	4,3	8,8	10,6	14,7	19,1	21,9	21,9	18,9	13,7	9,3	5,2
71	RA	Ravenna	4	1,9	3,4	8,1	12,4	16,4	20,9	23,4	22,9	19,7	14,3	8,9	3,8
72	RC	Reggio di Calabria	15	11,1	11,5	12,8	15,3	18,7	23,0	25,7	26,1	23,8	20,0	16,5	12,7
73	RE	Reggio nell'Emilia	58	1,1	3,2	8,2	12,7	16,9	21,2	23,8	22,9	19,6	13,3	7,2	2,8
74	RG	Ragusa	502	8,6	9,2	11,2	14,1	18,5	23,6	26,6	26,4	23,2	18,4	14,3	10,1



# Irraggiamento solare medio mensile su piano orizzontale

UNI-CTI 10349

N°	GENNAIO		FEBBRAIO		MARZO		APRILE		MAGGIO		GIUGNO		LUGLIO		AGOSTO		SETTEMBRE		OTTOBRE		NOVEMBRE		DICEMBRE	
	$\bar{H}_{dh}$	$\bar{H}_{bh}$	$\bar{H}_{dh}$	$\bar{H}_{bh}$	$\bar{H}_{dh}$	$\bar{H}_{bh}$	$\bar{H}_{dh}$	$\bar{H}_{bh}$	$\bar{H}_{dh}$	$\bar{H}_{bh}$	$\bar{H}_{dh}$	$\bar{H}_{bh}$	$\bar{H}_{dh}$	$\bar{H}_{bh}$	$\bar{H}_{dh}$	$\bar{H}_{bh}$	$\bar{H}_{dh}$	$\bar{H}_{bh}$	$\bar{H}_{dh}$	$\bar{H}_{bh}$	$\bar{H}_{dh}$	$\bar{H}_{bh}$	$\bar{H}_{dh}$	$\bar{H}_{bh}$
	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>
36	2,4	2,2	3,4	3,7	5,0	6,4	6,7	9,5	7,9	11,7	8,3	13,1	7,7	15,3	6,7	13,4	5,5	9,1	3,9	5,4	2,6	2,7	2,0	1,9
37	2,8	3,2	3,8	4,9	5,3	7,5	6,7	11,5	7,4	15,9	7,6	17,9	6,6	20,5	6,1	17,2	5,4	11,6	4,0	7,7	3,0	3,7	2,4	2,6
38	2,6	3,4	3,6	5,4	5,1	8,2	6,5	12,0	7,6	14,5	7,8	16,9	6,8	19,6	6,5	15,2	5,3	11,2	3,9	7,7	2,8	4,1	2,3	3,3
39	2,9	3,1	3,9	4,8	5,4	7,5	6,9	9,5	7,9	11,8	6,0	15,3	7,2	18,0	6,6	15,1	5,6	10,6	4,3	6,5	3,1	3,7	2,5	2,7
40	3,2	4,2	4,2	6,5	5,5	9,0	6,8	12,5	7,4	16,1	7,4	18,7	6,8	19,8	6,0	18,3	5,6	12,3	4,4	8,6	3,4	5,2	2,9	3,5
41	2,4	2,3	3,4	3,6	5,0	6,4	6,7	9,1	7,9	10,5	8,4	12,3	7,9	14,2	7,0	11,2	5,6	7,8	3,9	5,2	2,6	2,5	2,1	2,0
42	2,3	1,4	3,5	3,1	5,1	6,2	6,7	9,7	7,8	12,2	8,1	14,9	7,4	17,1	6,8	12,8	5,6	8,2	4,0	4,2	2,6	1,8	2,0	1,2
43	3,0	3,8	4,0	5,8	5,5	8,1	6,8	12,1	7,3	16,3	7,4	18,7	6,5	20,7	6,0	18,0	5,4	12,5	4,2	8,1	3,3	4,1	2,7	3,2
44	2,6	2,8	3,7	4,6	5,2	7,2	6,7	11,2	7,5	15,0	7,9	16,7	6,9	19,3	6,4	15,9	5,3	11,3	4,0	7,3	2,9	3,3	2,3	2,4
45	2,9	3,8	3,9	5,7	5,2	9,2	6,6	12,9	7,2	16,6	7,0	20,0	6,2	21,7	5,9	18,1	5,2	13,1	4,0	8,7	3,1	4,7	2,6	3,3
46	2,6	2,7	3,7	4,2	5,2	7,1	6,8	9,9	7,9	12,4	6,2	14,5	7,3	17,4	6,7	13,8	5,5	10,3	4,0	6,7	2,8	3,0	2,3	2,1
47	2,7	2,8	3,7	4,7	5,3	7,2	6,7	10,9	7,5	15,2	7,8	16,7	7,1	18,3	6,5	15,2	5,4	11,1	4,0	7,0	2,9	3,5	2,4	2,4
48	3,3	3,9	4,3	6,5	5,6	9,6	6,7	13,6	7,2	17,2	7,0	20,3	6,6	20,6	6,0	18,6	5,4	13,6	4,6	8,3	3,5	5,4	3,0	3,6
49	2,3	1,5	3,5	3,2	5,1	6,5	6,7	9,8	7,9	12,1	8,3	13,9	7,5	16,5	6,9	12,5	5,6	8,4	3,9	4,5	2,5	1,9	2,0	1,3
50	2,3	1,5	3,5	3,1	5,1	6,0	6,7	9,5	7,8	12,2	8,0	15,5	7,3	17,4	6,8	13,0	5,6	8,2	4,0	4,1	2,6	1,8	2,0	1,3
51	2,5	1,9	3,6	3,4	5,1	6,7	6,7	10,5	7,6	14,0	7,9	16,1	7,2	17,8	6,8	13,5	5,5	9,6	4,0	6,0	2,7	2,6	2,2	1,9
52	2,6	2,7	3,6	4,7	5,1	7,5	6,7	10,2	7,8	12,4	8,1	15,1	7,1	18,3	6,6	14,4	5,4	10,4	4,0	6,4	2,8	3,0	2,3	2,4
53	3,0	3,3	4,0	5,7	5,5	7,6	6,8	11,6	7,6	15,1	7,7	17,4	6,8	19,7	6,2	17,0	5,4	12,3	4,4	7,2	3,2	3,8	2,7	3,1
54	3,0	3,7	4,0	5,6	5,4	8,5	6,7	12,2	7,4	16,3	7,4	18,9	6,6	20,6	6,0	17,9	5,4	12,4	4,1	8,7	3,2	4,4	2,7	3,1
55	2,3	1,7	3,5	3,7	5,0	6,8	6,6	10,2	7,8	12,2	8,2	14,2	7,4	16,9	6,8	12,8	5,5	8,7	3,9	4,3	2,6	2,2	2,0	1,4
56	3,1	3,8	4,1	5,5	5,4	8,8	6,8	12,1	7,3	16,3	7,3	18,9	6,2	21,8	6,1	17,8	5,4	12,7	4,3	8,0	3,3	4,4	2,8	3,2
57	3,1	3,9	4,1	5,8	5,4	8,9	6,8	12,0	7,4	15,9	7,5	18,2	6,3	21,3	6,1	17,9	5,4	12,8	4,3	8,3	3,3	4,5	2,8	3,3
58	3,3	4,4	4,3	6,8	5,5	10,2	6,6	14,2	6,9	18,3	6,8	21,1	6,3	21,6	5,6	19,6	5,2	14,4	4,4	9,1	3,5	5,8	3,0	3,9
59	2,4	2,0	3,5	3,8	5,1	7,1	6,6	10,9	7,7	13,4	8,0	15,9	7,1	18,4	6,6	14,1	5,4	9,9	4,0	5,1	2,6	2,2	2,1	1,4
60	2,3	1,8	3,5	3,6	5,1	5,9	6,7	8,9	7,9	10,9	8,4	12,2	8,0	13,5	7,0	11,7	5,5	8,9	3,9	5,5	2,6	2,4	2,1	2,1
61	2,8	2,9	3,9	4,7	5,3	7,5	6,6	11,9	7,4	15,6	7,9	16,5	6,9	19,2	6,5	15,7	5,4	11,4	4,1	7,4	3,0	3,7	2,5	2,4
62	2,7	2,8	3,8	4,1	5,3	7,0	6,8	9,8	7,7	13,7	8,0	15,6	7,1	18,4	6,6	14,9	5,5	10,6	4,0	7,4	2,9	3,4	2,4	2,2
63	2,6	2,7	3,7	4,6	5,2	7,1	6,7	11,1	7,5	14,8	7,9	16,5	6,9	19,1	6,4	15,6	5,3	11,3	4,0	7,2	2,9	3,2	2,3	2,4
64	2,3	2,2	3,4	4,1	5,0	6,4	6,7	8,3	7,9	11,0	8,3	12,8	7,9	14,1	6,8	12,8	5,4	9,0	3,9	5,5	2,5	2,2	2,0	1,9
65	2,6	2,5	3,7	4,1	5,2	6,3	6,8	8,8	7,9	11,0	8,3	12,7	7,5	16,2	6,8	13,4	5,5	9,7	4,1	6,2	2,8	2,9	2,3	2,1
66	2,4	1,9	3,6	4,1	5,0	6,0	6,5	11,8	7,6	13,9	7,8	17,0	6,8	18,5	6,4	15,4	5,1	11,8	4,0	6,0	2,7	2,5	2,1	1,6
67	2,4	1,6	3,6	3,4	5,2	6,9	6,7	10,7	7,7	13,5	8,1	14,9	7,1	18,3	6,4	15,4	5,5	10,1	4,1	5,6	2,8	2,6	2,2	1,7
68	2,6	2,4	3,7	4,0	5,2	6,1	6,8	8,1	8,0	9,9	8,4	11,6	7,7	15,3	6,9	12,8	5,6	9,2	4,1	5,9	2,8	2,9	2,3	2,1
69	2,3	1,4	3,5	3,0	5,1	6,0	6,7	9,6	7,8	12,3	8,0	15,7	7,3	17,5	6,8	13,1	5,6	8,1	4,0	4,0	2,6	1,7	2,0	1,2
70	3,0	3,0	4,1	4,8	5,5	7,5	6,9	10,9	7,7	14,2	7,6	17,7	7,0	19,0	6,5	15,9	5,7	11,1	4,4	7,1	3,2	4,1	2,7	2,8

Energia termica dispersa per trasmissione  $Q_{H,tr}$

$$Q_{H,tr} = H_{tr} (t_{in} - t_{out}) \cdot t_{1-12} + \left( \sum_k F_{r,k} \cdot \Phi_{r,mn,k} \right) \cdot t_{1-12} \quad (\text{MJ})$$

in cui:

$H_{tr}$ : coefficiente globale di scambio termico per trasmissione della zona termica considerata [W/K]

$t_{in}$ : temperatura di progetto interna [°C]

$t_{out}$ : temperatura media mensile esterna [°C]

$t_{1-12}$ : tempo di durata del mese considerato [s]

$F_{rk}$ : fattore di vista tra il componente k-esimo e la volta celeste

$\Phi_{r,mn,k}$ : extra flusso termico dovuto alla radiazione infrarossa verso la volta celeste dal componente k-esimo mediato sul tempo [W]

Il coefficiente  $H_{tr}$  si calcola come somma dei seguenti contributi:

$$H_{tr} = H_D + H_g + H_U$$

essendo:

$H_D$ : coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso l'ambiente esterno [W/K]

$H_g$ : coefficiente di scambio termico per trasmissione verso il terreno [W/K]

$H_U$ : coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso l'esterno attraverso ambienti non climatizzati [W/K]

### **Valutazione dei ponti termici:**

Non sono più accettati i metodi di calcolo che utilizzano percentuali tabellate o l'abaco dell'allegato A della UNI EN ISO 14683.

I ponti termici possono essere valutati esclusivamente mediante **calcolo analitico** attingendo da **atlanti conformi alla UNI EN ISO 14683** (tra cui l'abaco di Regione Lombardia), oppure della **trasmissione lineica** mediante **metodo agli elementi finiti**.

## **Coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso l'ambiente esterno**

$$H_D = \sum_k A_k \cdot U_{c,k} \quad [\text{W/K}]$$

$A_k$ : area dell'elemento k-esimo che separa l'ambiente climatizzato dall'esterno [ $\text{m}^2$ ]

$U_{c,k}$ : **trasmittanza termica** dell'elemento k-esimo [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]

## **Coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso l'esterno attraverso il terreno**

$$H_g = A \cdot U_F \cdot b_{tr} \quad [\text{W/K}]$$

A: area dell'elemento [ $\text{m}^2$ ]

$U_F$ : trasmittanza termica del pavimento [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]

$b_{tr}$ : coefficiente correttivo che tiene conto della temperatura del terreno.

## **Coefficiente di scambio termico diretto per trasmissione verso l'esterno attraverso ambienti non climatizzati o climatizzati a diversa temperatura**

$$H_U = H_{iu} \cdot b_{tr} \quad [\text{W/K}]$$

$H_U$ : coeff. scambio termico per trasmissione verso l'esterno attraverso ambienti non climatizzati

$H_{iu}$ : coeff. di scambio termico per trasmissione tra ambiente climatizzato e ambiente non climatizzato

$b_{tr}$ : coeff. correttivo (tiene conto della temperatura dell'ambiente verso cui avviene la dispersione  $\neq 1$ )

<b>Ambiente confinante</b>	<b><math>b_{tr}</math></b>
Esterno	1
Ambiente con una parete esterna	0,40
Ambiente senza serramenti e con almeno due pareti esterne	0,50
Ambiente con serramenti e con almeno due pareti esterne	0,60
Ambiente con tre pareti esterne	0,80
Piano interrato o seminterrato senza finestre o serramenti esterni	0,50
Piano interrato o seminterrato con finestre o serramenti esterni	0,80
Sottotetto con tasso di ventilazione elevato	1,00
Sottotetto con tetto non isolato	0,90
Sottotetto con tetto isolato	0,70
Pavimento controterra	0,45
Parete controterra	0,45
Parete su vespaio aerato	0,80
Aree interne di circolazione liberamente ventilate (rapporto tra l'area delle aperture e volume dell'ambiente maggiore di $0,005 \text{ m}^2/\text{m}^3$ )	1.00

## Dispersione per ventilazione

$$Q_{H,ve} = H_{ve} \cdot (t_{in} - t_{out}) \cdot t_{1-12}$$

$H_{ve}$ : coefficiente globale di scambio termico per ventilazione [W/K]

Il coefficiente di scambio termico per ventilazione si calcola nel modo seguente:

$$H_{ve} = \rho_a \cdot c_a \cdot \left[ \sum_k q_{ve,k,mn} \right] \left[ \frac{kg}{m^3} \cdot \frac{J}{kg \cdot K} \cdot \frac{m^3}{s} = \frac{J}{s \cdot K} \right]$$

essendo:

$\rho_a \cdot c_a$  : capacità termica volumica dell'aria

$q_{ve,k,mn}$  : portata del flusso d'aria k-esimo mediata nel tempo

$$q_{ve,k,mn} = q_{ve,k} \cdot f_{e,t,k}$$

$q_{ve,k}$  : portata del flusso d'aria k-esimo

$f_{ve,t,k}$  : frazione di tempo in cui si verifica il flusso d'aria d'aria k-esimo

**L'extra flusso** dovuto alla **radiazione infrarossa verso il cielo** per uno specifico elemento si ricava con la formula:

$$\Phi_{r,1-12} = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta t_{1-12}$$

$R_{se}$ : resistenza termica unitaria esterna dell'elemento [m<sup>2</sup>K/W]

$U_c$ : trasmittanza termica dell'elemento [W/m<sup>2</sup>K]

$A_c$ : area dell'elemento [m<sup>2</sup>]

$h_r$ : coefficiente di scambio radiativo esterno [W/m<sup>2</sup>K]

$\Delta t_{1-12}$ : differenza media tra la temperatura esterna e la temperatura apparente del cielo  
(in prima approssimazione si può assumere  $\Delta t_{1-12} = 11$  K)

Il coefficiente  $h_r$  può essere considerato pari a:  $h_r = 5 \cdot \varepsilon$

dove  $\varepsilon$  è l'**emissività** per la radiazione termica **della superficie esterna**, pari a 0,9 per i materiali da costruzione:

Il **fattore di forma** tra un componente edilizio e la volta celeste vale:

$$F_r = F_{sh} \cdot \frac{(1 + S)}{2}$$

essendo:

$F_{sh}$ : fattore di riduzione per **ombreggiatura** pari a 1 in assenza di ombreggiatura da elementi esterni

I valori di  $F_{sh}$  sono forniti dalla norma per vari tipi di superfici ombreggianti

S: coseno dell'angolo di inclinazione del componente sull'orizzonte

<b>Ombreggiatura</b>	<b>Angolo</b>	<b>S</b>
Orizzontale	0°	1
Verticale	90°	0
Inclinato	45°	0,707



## Apporti termici gratuiti interni

Apporti interni in funzione della destinazione d'uso comprendenti presenza di **persone, illuminazione, apparecchiature** (UNI 11300-1)

$$Q_{H,int} = \Phi_{int} \cdot t_{1-12}$$

Per edifici di **categoria E.1 (1) ed E.1 (2)** con **superficie utile del pavimento minore o uguale a 170 m<sup>2</sup>** gli apporti interni possono essere calcolati nel modo seguente:

$$\Phi_{int} = 5,294 \cdot A_f - 0,01557 \cdot A_f^2$$

Se la superficie **utile del pavimento** è **maggiore di 170 m<sup>2</sup>**:

$$\Phi_{int} = 450 \text{ W}$$

Per le altre categorie di edifici si può utilizzare la seguente tabella, in cui il dato è fornito per unità di superficie utile del pavimento

Categoria di edificio	Destinazione d'uso	Apporti medi globali
		W/m <sup>2</sup>
E.1 (3)	Edifici adibiti ad albergo, pensione ed attività similari	6
E.2	Edifici adibiti a uffici e assimilabili	6
E.3	Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili	8
E.4 (1)	Cinema e teatri, sale di riunione per congressi	8
E.4 (2)	Mostre, musei e biblioteche, luoghi di culto	8
E.4 (3)	Bar, ristoranti, sale da ballo	10
E.5	Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili	8
E.6 (1)	Piscine, saune e assimilabili	10
E.6 (2)	Palestre e assimilabili	5
E.6 (3)	Servizi di supporto alle attività sportive	4
E.7	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili	4
E.8	Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili	6

## Apporti termici gratuiti solari

Gli apporti solari sono da considerarsi provenienti dalla **radiazione solare esterna** ed entranti **attraverso le superfici trasparenti** oppure quelle **opache** oppure incidenti sugli **ambienti non climatizzati** che fanno parte dell'abitazione (es. sottotetto)

$$Q_{H,sol} = \left[ \sum_k \Phi_{sol,k,1-12} \right] \cdot t_{1-12} + \left[ \sum (1 - b_{tr}) \cdot \Phi_{sol,k,1-12,u} \right] \cdot t_{1-12}$$

$\Phi_{sol,k,1-12}$ : flusso termico k-esimo di **origine solare** entrante sia attraverso **superfici opache** che **trasparenti**, calcolabile conoscendo i dati di **irradianza** media mensile reperibili dalla **UNI 10349** e utilizzando particolari formule per **l'area di captazione** solare distinguendo il caso di superficie trasparente ed opaca [W]

$\Phi_{sol,k,1-12,u}$ : flusso termico k-esimo di origine solare entrante nell'ambiente **attraverso l'ambiente non climatizzato** adiacente [W]

## Fattore di utilizzazione

$$\eta_{H,ng}$$

E' funzione della capacità termica dell'edificio

Relazione n. 26 della UNI TS 11300-1

$$\eta_{H,ng} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H + 1}}$$

$$\gamma_H = \frac{Q_{gn}}{Q_{H,ht}} = \frac{\text{apporti}}{\text{dispersioni}}$$

$$a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}}$$

$$a_{H,0} = 1$$

$$\tau_{H,0} = 15h$$

$\tau$  : **costante di tempo** della zona termica considerata che caratterizza **l'inerzia termica** interna della zona stessa sia per il periodo di riscaldamento che per quello di raffrescamento

$$\tau = \frac{C_m / 3,6}{H_m} = \frac{C_m / 3,6}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj}}$$

$C_m$ : capacità termica della zona termica [kJ/m<sup>2</sup> K]

$H_m$ : coefficiente di dispersione termica dell'edificio [W/K]

# La capacità termica interna può essere ricavata dal prospetto 19 della UNI TS 11300-1)

Prospetto 19 – Valori della capacità termica areica (kJ/m<sup>2</sup>K)

Caratteristiche costruttive dei componenti edilizi				Numero di piani		
Intonaci	Isolamento	Pareti esterne	Pavimenti	1	2	≥3
				Capacità termica areica		
gesso	interno	qualsiasi	tessile	75	75	85
	interno	qualsiasi	legno	85	95	105
	interno	qualsiasi	piastrelle	95	105	115
	assente/esterno	leggere/blocchi	tessile	95	95	95
	assente/esterno	medie/pesanti	tessile	105	95	95
	assente/esterno	leggere/blocchi	legno	115	115	115
	assente/esterno	medie/pesanti	legno	115	125	125
	assente/esterno	leggere/blocchi	piastrelle	115	125	135
	assente/esterno	medie/pesanti	piastrelle	125	135	135
malta	interno	qualsiasi	tessile	105	105	105
	interno	qualsiasi	legno	115	125	135
	interno	qualsiasi	piastrelle	125	135	135
	assente/esterno	leggere/blocchi	tessile	125	125	115
	assente/esterno	medie	tessile	135	135	125
	assente/esterno	pesanti	tessile	145	135	125
	assente/esterno	leggere/blocchi	legno	145	145	145
	assente/esterno	medie	legno	155	155	155
	assente/esterno	pesanti	legno	165	165	165
	assente/esterno	leggere/blocchi	piastrelle	145	155	155
	assente/esterno	medie	piastrelle	155	165	165
	assente/esterno	pesanti	piastrelle	165	165	165

## **Linee guida del nuovo APE 2015**

**Nuove regole per la redazione dell'APE**, che deve esprimere le **prestazioni energetiche globali** dell'edificio sia in termini di **consumi di energia primaria** che di **energia non rinnovabile**

In particolare l'APE deve contenere **dati riguardanti**:

La **prestazione energetica globale** dell'edificio in termini di **energia primaria e non rinnovabile** attraverso i rispettivi indici la corrispondente **classe energetica**;

Gli indici di prestazione energetica utile per la **climatizzazione invernale, area solare equivalente, e trasmittanza termica periodica**;

Valori di riferimento quali **requisiti minimi di efficienza energetica**;

Le **emissioni di CO<sub>2</sub>**;

Gli indici di **prestazione energetica rinnovabile e l'energia elettrica esportata**;

La **quantità annua di energia consumata** per vettore energetico;

L'elenco dei **servizi energetici** con le relative **efficienze**;

Le **raccomandazioni per il miglioramento** dell'efficienza energetica con le proposte degli **interventi più significativi** ed economicamente convenienti

La **classe energetica** dell'edificio è determinata sulla base del valore dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile  $EP_{gl,nr}$  confrontato con il corrispondente indice di prestazione energetica globale non rinnovabile dell'edificio di riferimento  $EP_{gl,nren, rif, standard}$

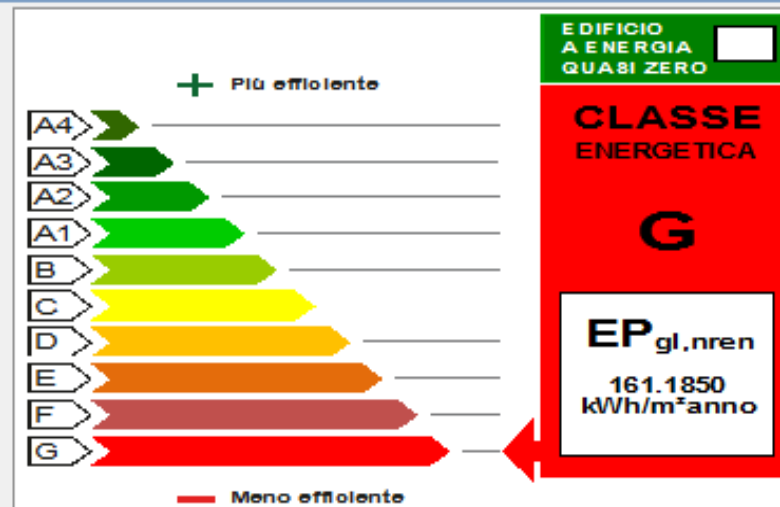
	<b>Classe A4</b>	$\leq 0,40 \cdot EP_{gl,nren,rif,standard}$
$0,40 \cdot EP_{gl,nren,rif,standard} <$	<b>Classe A3</b>	$\leq 0,60 \cdot EP_{gl,nren,rif,standard}$
$0,60 \cdot EP_{gl,nren,rif,standard} <$	<b>Classe A2</b>	$\leq 0,80 \cdot EP_{gl,nren,rif,standard}$
$0,80 \cdot EP_{gl,nren,rif,standard} <$	<b>Classe A1</b>	$\leq 1,00 \cdot EP_{gl,nren,rif,standard}$
$1,00 \cdot EP_{gl,nren,rif,standard} <$	<b>Classe B</b>	$\leq 1,20 \cdot EP_{gl,nren,rif,standard}$
$1,20 \cdot EP_{gl,nren,rif,standard} <$	<b>Classe C</b>	$\leq 1,50 \cdot EP_{gl,nren,rif,standard}$
$1,50 \cdot EP_{gl,nren,rif,standard} <$	<b>Classe D</b>	$\leq 2,00 \cdot EP_{gl,nren,rif,standard}$
$2,00 \cdot EP_{gl,nren,rif,standard} <$	<b>Classe E</b>	$\leq 2,60 \cdot EP_{gl,nren,rif,standard}$
$2,60 \cdot EP_{gl,nren,rif,standard} <$	<b>Classe F</b>	$\leq 3,50 \cdot EP_{gl,nren,rif,standard}$
	<b>Classe G</b>	$> 3,50 \cdot EP_{gl,nren,rif,standard}$

# Edificio di classe: G

Prestazione energetica del fabbricato



Prestazione energetica Globale





Esempio di **Formato di stampa per annunci economici**: sono chiaramente indicati la **classe energetica** e l'**indice di prestazione energetica rinnovabile** nonché l'eventuale indicazione se si tratta di **edificio a energia quasi zero**



## **Direttiva EPBD (2010/31/EU) - Energy Performance Buildings Directive**

Direttiva comunitaria emessa a sostegno dei governi nazionali dell'Unione europea per il raggiungimento di obiettivi concreti di risparmio energetico

### **Definisce l'edificio NZEB:**

*«Edificio ad **altissima prestazione energetica** in cui il **fabbisogno energetico** risulta essere **molto basso o quasi nullo** ed è **coperto in misura molto significativa** da energia prodotta da **fonti rinnovabili**, compresa quella prodotta in loco o nelle vicinanze dell'edificio».*

In un edificio NZEB il **bilancio di energia** per il **riscaldamento**, il **raffrescamento**, la **ventilazione**, la **produzione di acqua calda sanitaria** e l'**illuminazione** deve risultare **quasi pari a zero** nell'arco un anno solare.

La EPBD 2010/31 è stata aggiornata dalla **EPBD 2018/844** che però **non modifica** gli articoli riguardanti gli edifici **NZEB**.

Dal **1° gennaio 2019** vige l'**obbligo** per tutti gli **edifici pubblici** e ad **uso pubblico** di essere realizzati come edifici **nZEB**.

Dal **1° gennaio 2021** tale obbligo si estende a **tutti gli altri edifici di nuova costruzione**, agli **ampliamenti** e alle **ristrutturazioni** di un certo rilievo.