

*L'efficienza energetica nell'edilizia abitativa: nuova costruzione e riqualificazione,  
Certificazione energetica e APE,  
Tecniche di indagine e diagnosi per l'efficienza energetica:*

## *analisi di contesto e casi studio*

*Prof. Giuseppe Peter Vanoli*



La tua  
**Campania**  
cresce in  
Europa



CENTRO SPERIMENTALE  
DI SVILUPPO DELLE COMPETENZE  
NELL'AREA DELLE COSTRUZIONI

**ACEN**

ASSOCIAZIONE COSTRUTTORI EDILI NAPOLI

# Saperi per l'edilizia



Consiglio dell'Ordine  
degli Avvocati di Napoli



Ordine dei  
Dottori Commercialisti  
e degli Esperti Contabili

*Ciclo di seminari Edil-lab*

**Aprile 2017**

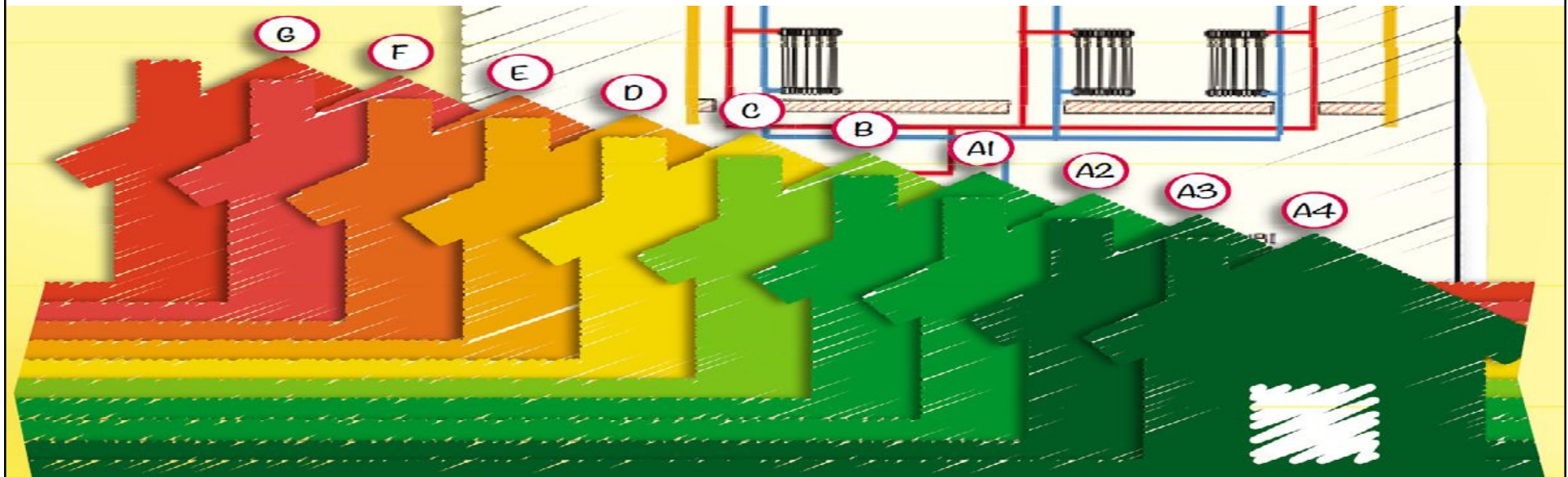
ACEN, Piazza dei Martiri 58, Napoli

# Monografie

**L'efficienza energetica nell'edilizia abitativa:  
nuova costruzione e riqualificazione**

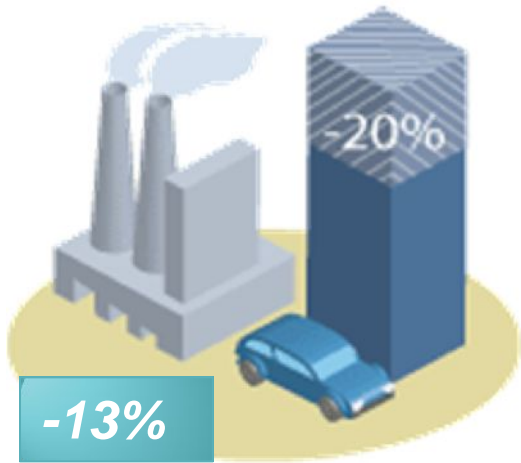
**Certificazione energetica e APE**

**Tecniche di indagine e diagnosi per l'efficienza  
energetica**

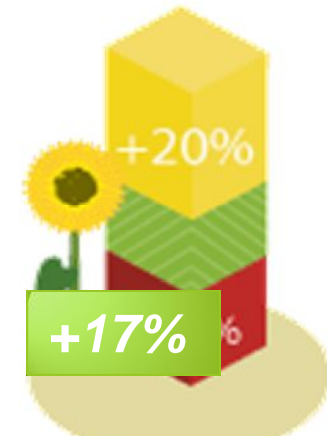
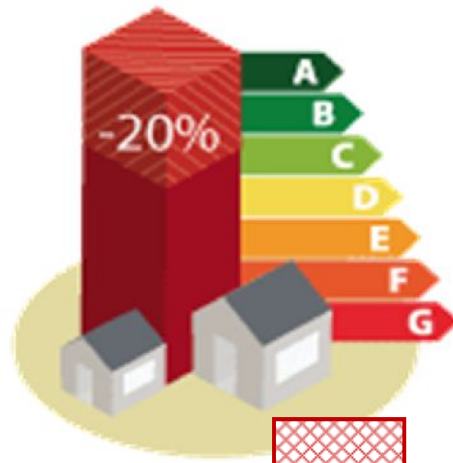


# Efficienza energetica

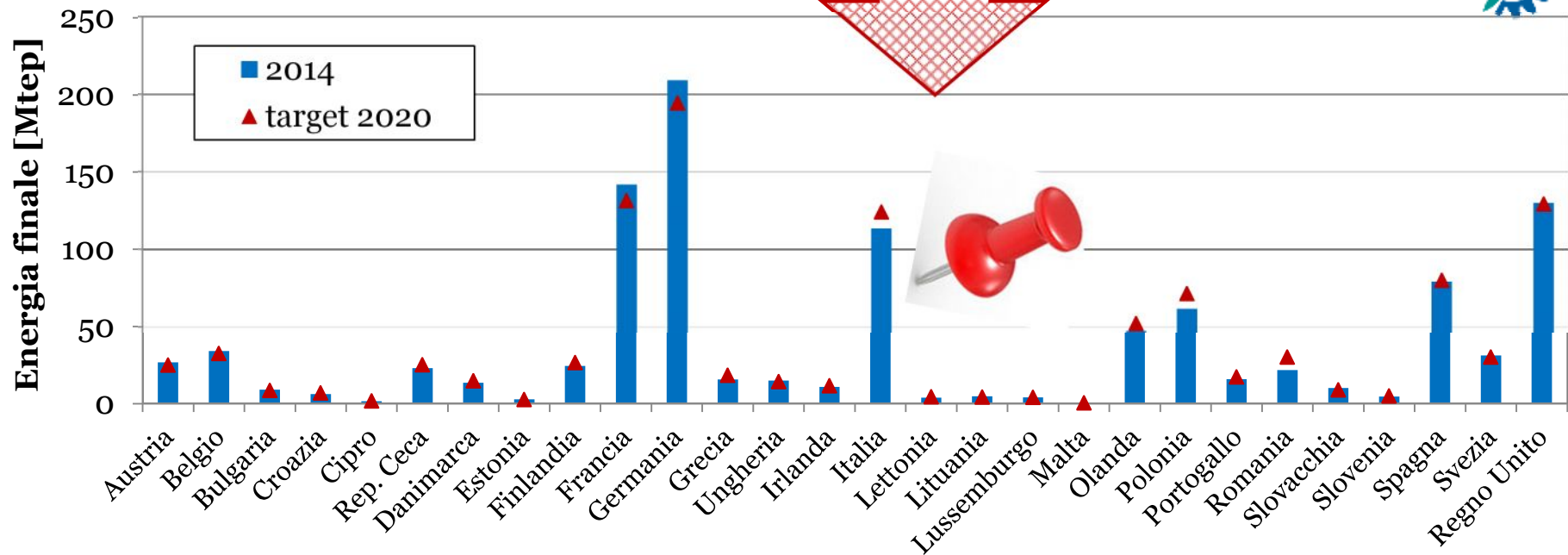
## Pacchetto Clima-Energia

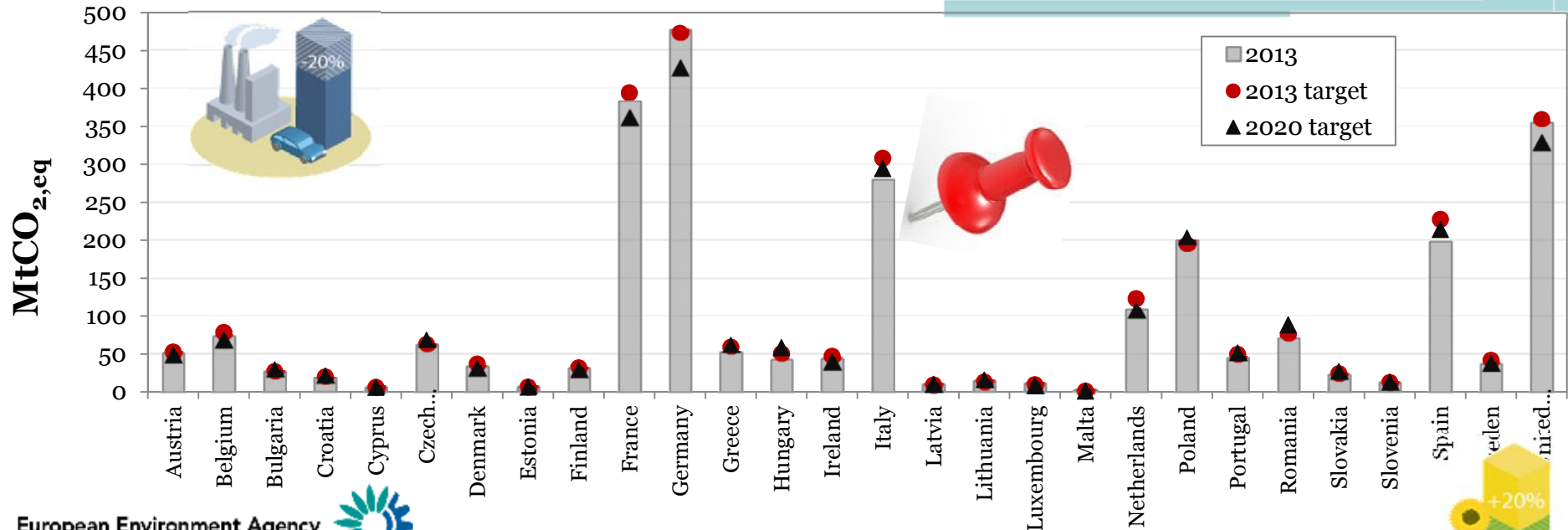


-20%

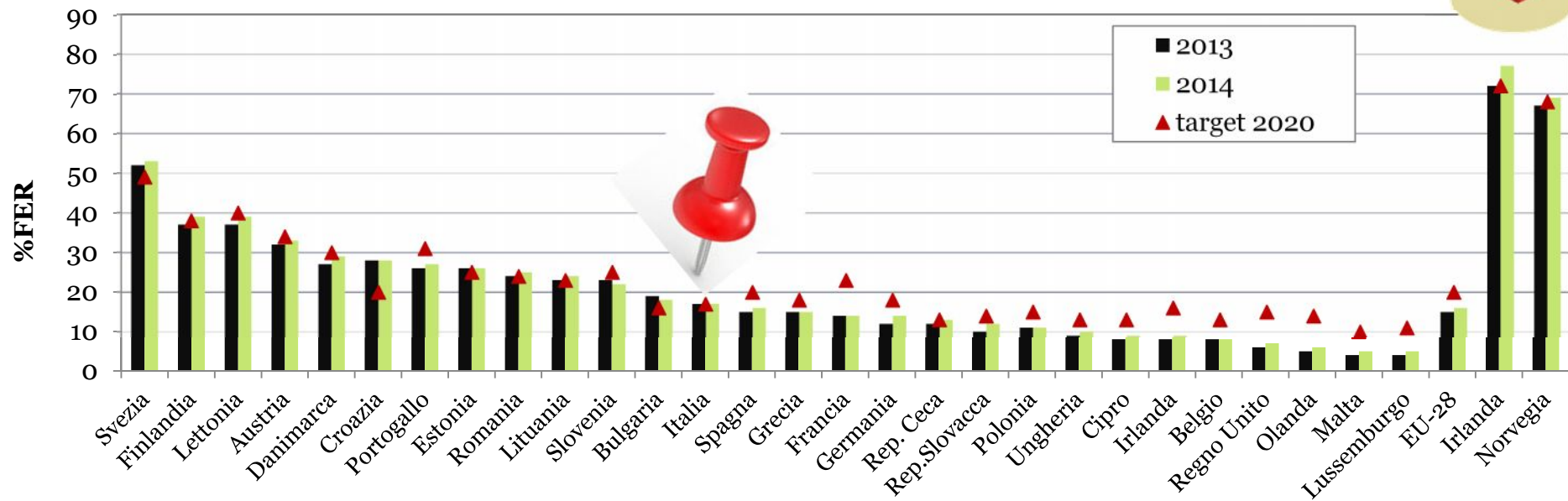
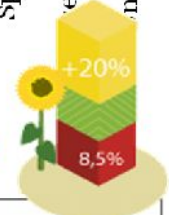


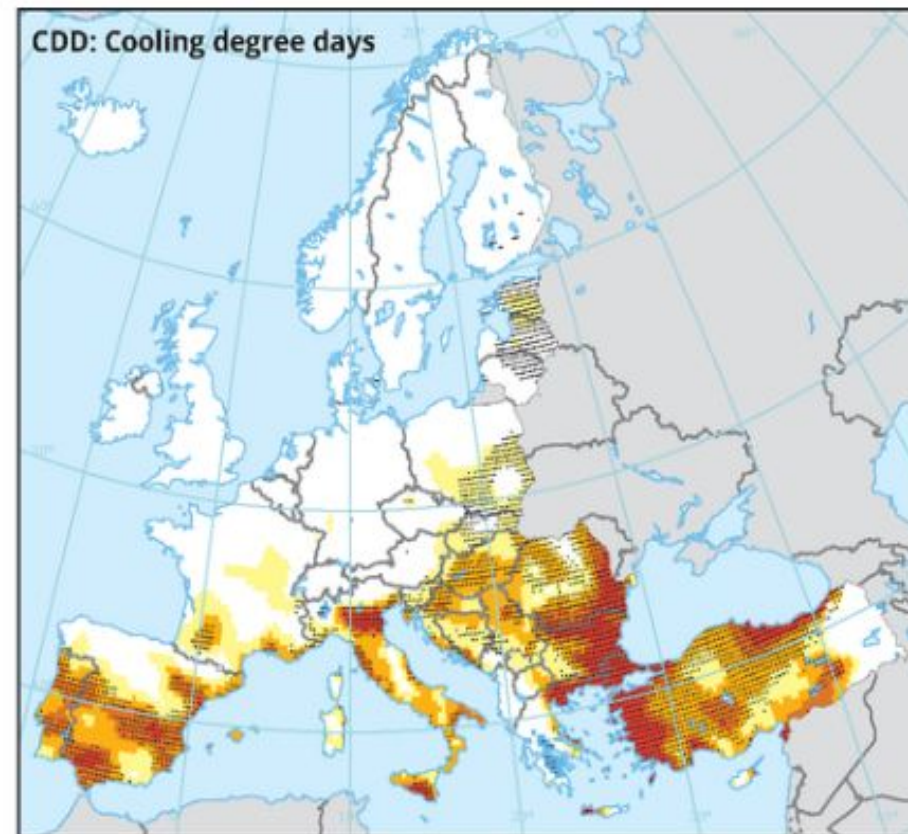
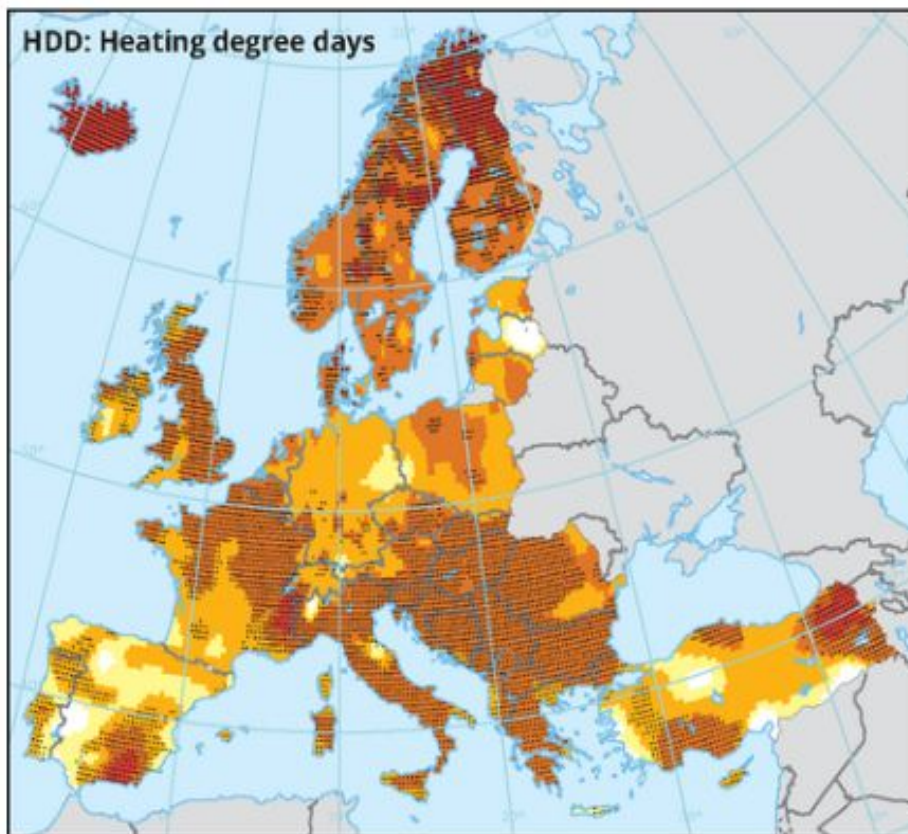
European Environment Agency 



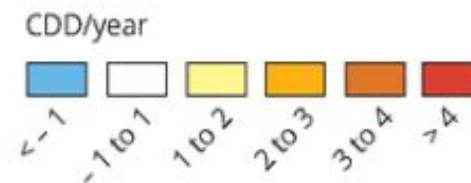
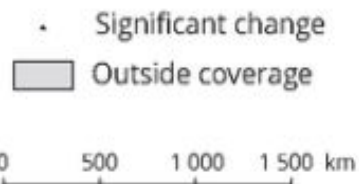
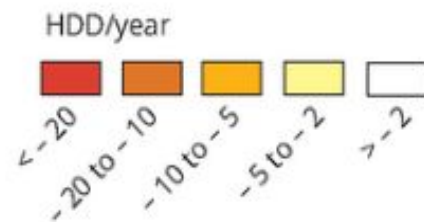


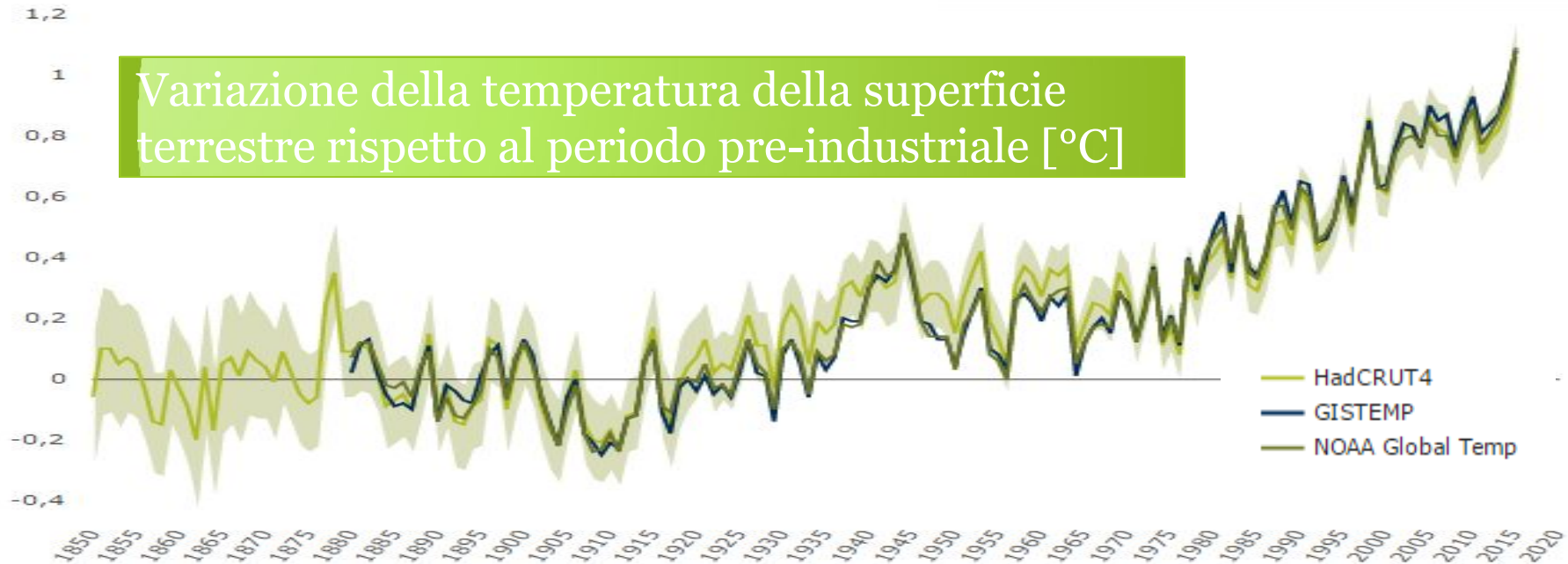
European Environment Agency 





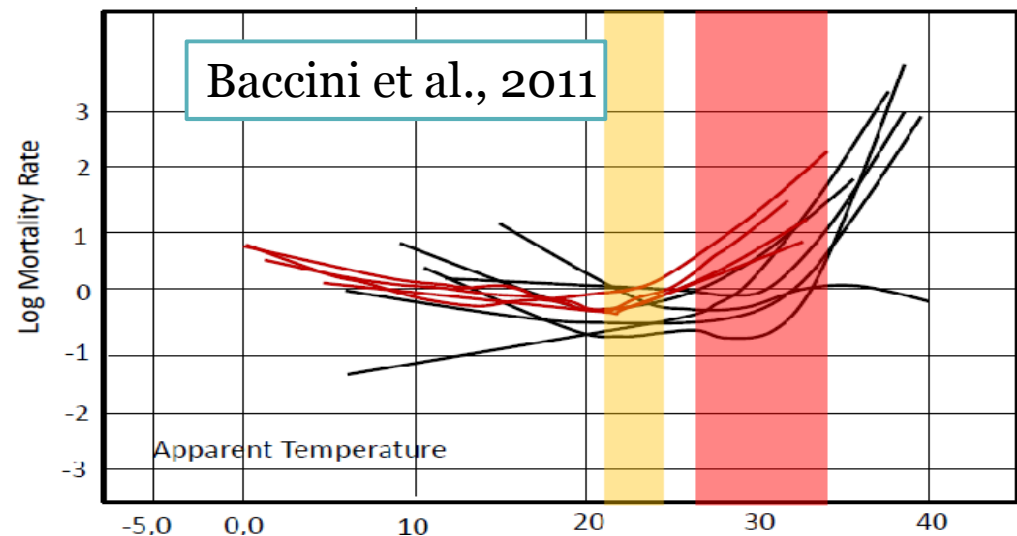
Trend in heating and cooling degree days in Europe in the period 1981-2014





## Effetto sulla salute umana..

*Alcune ricerche scientifiche dimostrano che esiste una correlazione tra il valore della temperatura e la mortalità. Uno studio su 15 città europee ha dimostrato che c'è un tasso di incremento del 3.1% per i paesi del mediterraneo per ogni 1°C.*

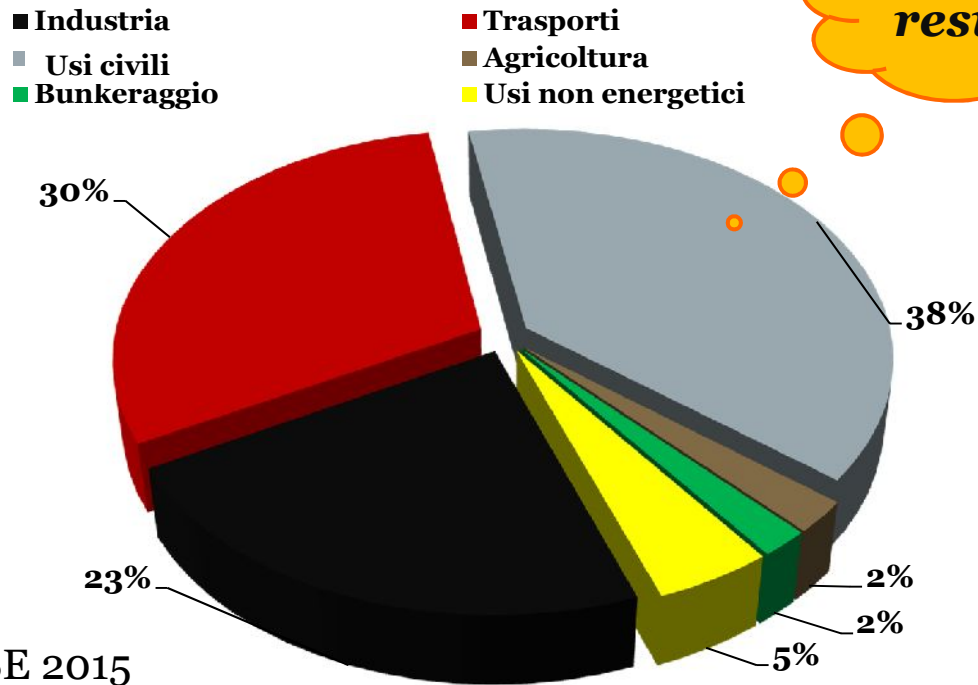


# Guardiamo da vicino l' ITALIA

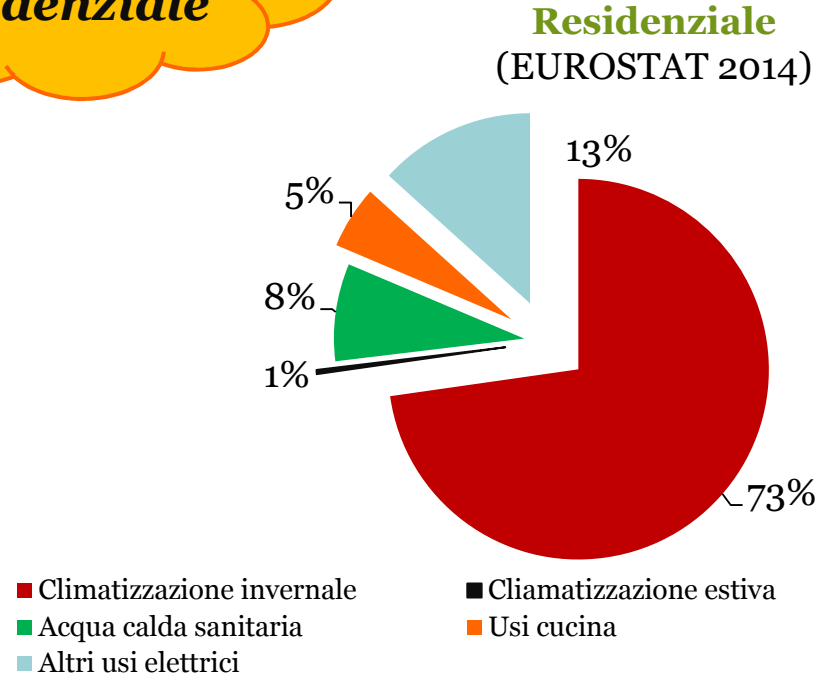
*Robine et al. (2007):»I paesi dell'Europa del sud sono stati esposti a fenomeni di ondate di calore che in mancanza di una climatizzazione adeguata degli ambienti, possono causare una crescita dei tassi di mortalità nelle fasce più deboli della popolazione: si stima che alle temperature elevate dell'estate del 2003 si possa attribuire il decesso di circa 80'000 individui in Europa, di cui un quarto in Italia.»*



**68% residenziale**



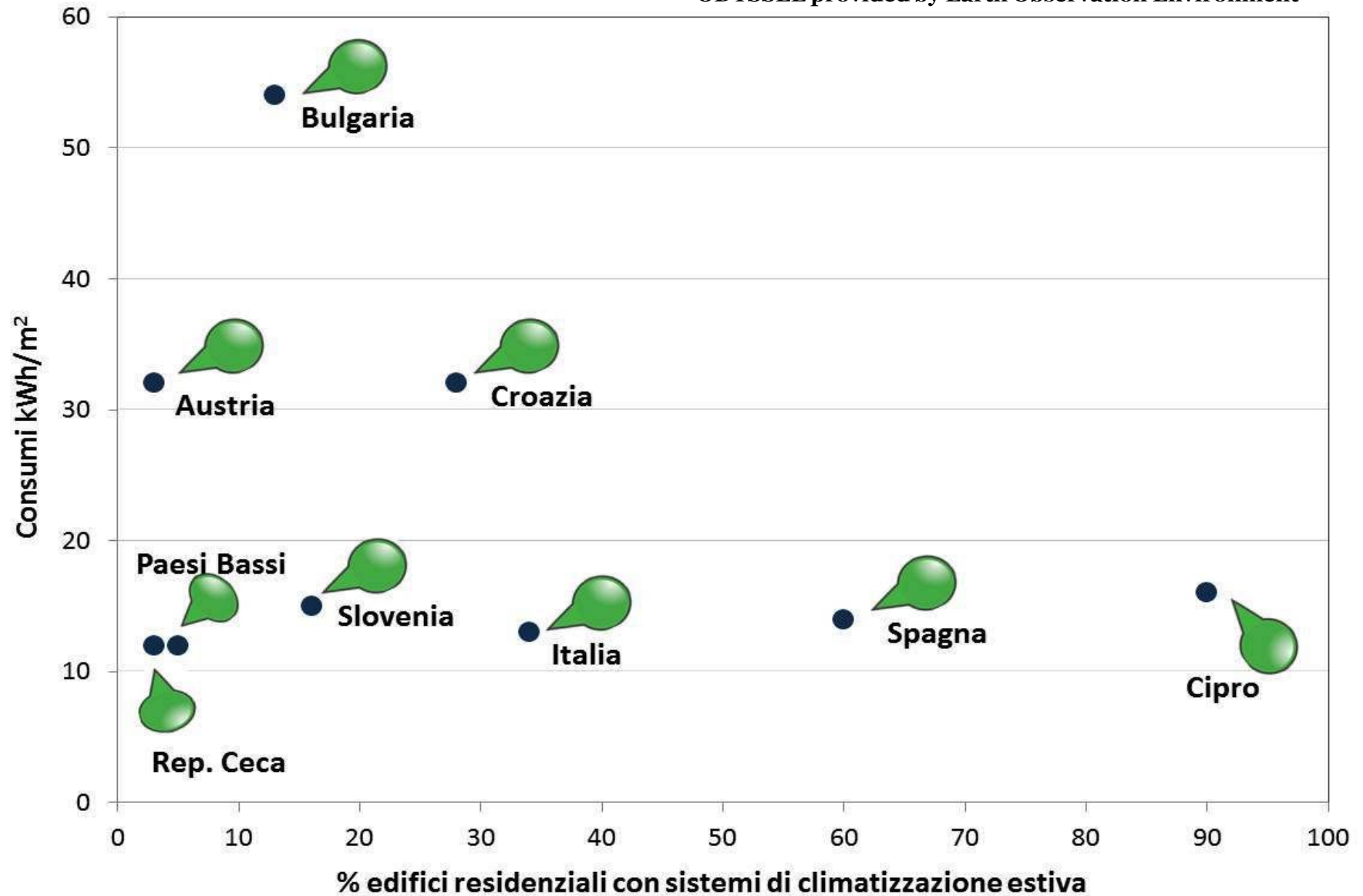
MSE 2015



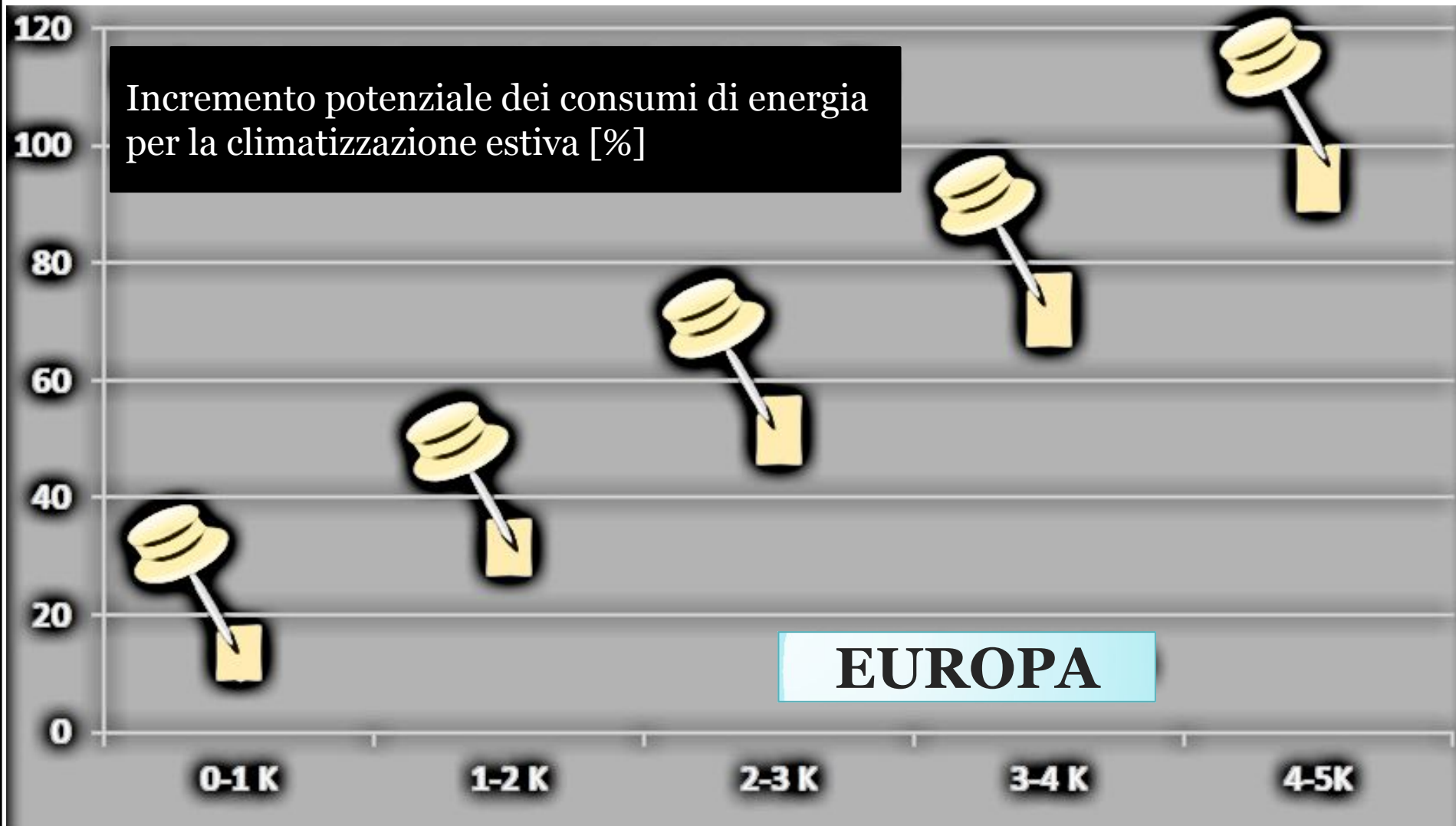
Residenziale (EUROSTAT 2014)

**..e la climatizzazione estiva?**

ODYSSEE provided by Earth Observation Environment



..e la climatizzazione estiva?

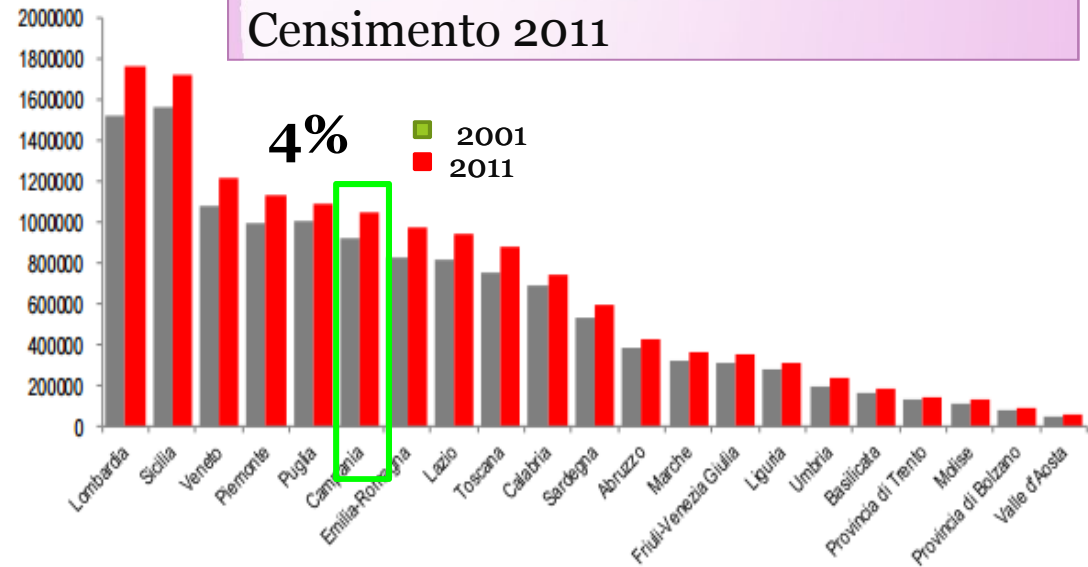


Warren R., Arnell N., Nicholls R., Levy R., Price J., 2006, *Understanding the regional impacts of climate change. Research Report Prepared for the Stern Review on the Economics of Climate Change, Working Paper 90, Tyndall Center for climate change research*

LA CRITICITA' ITALIANA -  
Dove è la sfida?

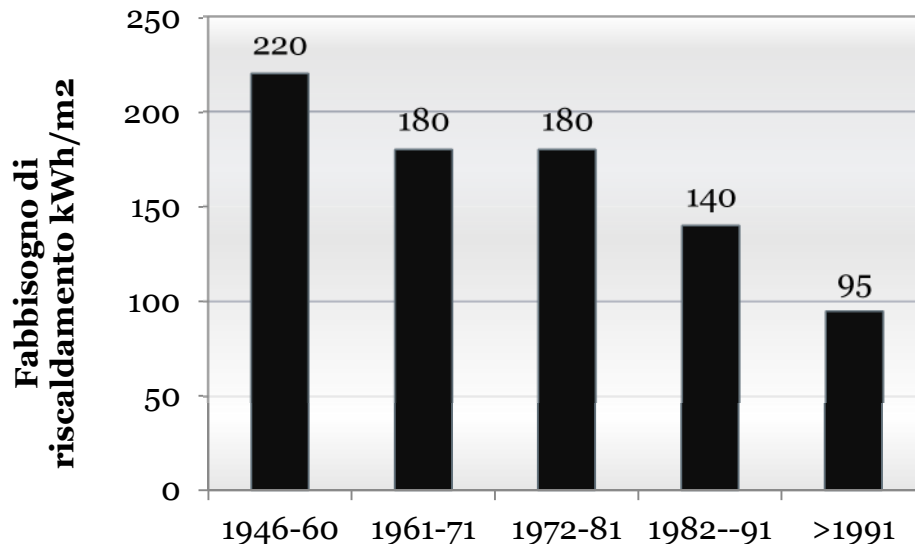
Nuove  
costruzioni  
Vs  
Edifici  
esistenti

Numero di edifici per regione -  
Censimento 2011



Residenziale -

ww.entranze-scenario.enerdata.eu



Le condizioni di manutenzione del patrimonio edilizio indicano che oltre il 22% degli edifici risulta in stato di conservazione mediocre (19.9%) o pessimo (2.2%) con evidenti necessità di riqualificazione.

Fonte CRESME

## Quanto si è investito su queste problematiche?

Sia a livello sovra-nazionale che statale e regionale, gli ultimi anni sono stati contraddistinti da **GROSSI INVESTIMENTI PUBBLICI NEL SETTORE DELL'EFFICIENZA ENERGETICA.**

- Fondi strutturali dell'UE per il ciclo di programmazione 2014-2020;
- Finanziamento progetti Horizon 2020;
- Programma per l'ambiente e l'azione per il clima: LIFE 2014-2020;
- Fondo nazionale per l'efficienza energetica;
- Fondo per la crescita sostenibile;
- Fondo per la Ricerca di Sistema Elettrico.

**SOLO DAI FONDI STRUTTURALI SONO PREVISTI 44 mld di euro nel periodo 2014-2020, cui si aggiungerà un co-finanziamento nazionale di 20 mld di euro**

Energia: le opportunità di ricerca 2016-2017 in Horizon 2020



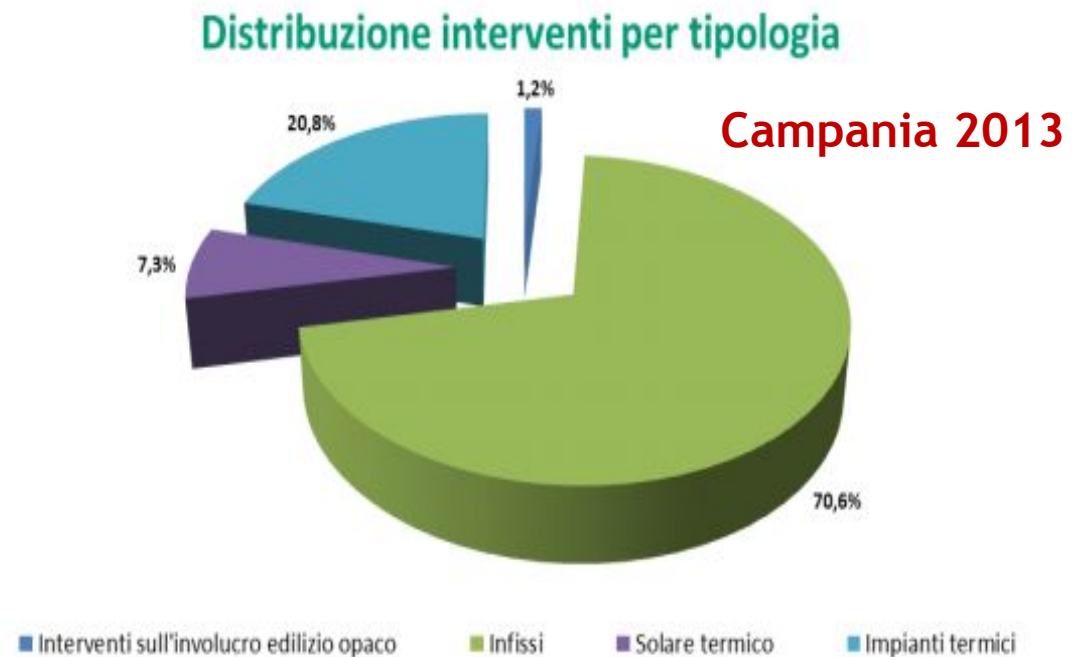
Nel biennio 2016-2017 la Commissione europea mette a disposizione circa 1 miliardo di euro all'interno di Horizon 2020 per progetti di ricerca sull'energia sicura, pulita ed efficiente. Le

*Il programma POI Energia 2007-2013, per le regioni di convergenza, ha finanziato quasi 2000 progetti con oltre 1 miliardo di euro.*

## QUALI SONO STATI I RISULTATI?

Con riferimento agli ultimi 2 anni, per quanto concerne gli interventi a cui sono state riconosciute le detrazioni al 55-65%:

Nell'anno 2013, sono state processate 357.500 pratiche totali, in corrispondenza dei quali l'ENEA ha stimato un risparmio pari a **1.556 GWh/a** e per un totale di **330kt/a** di CO<sub>2</sub> non emessa, con investimenti complessivi da parte dei privati superiori a **3,4 miliardi**.



Nell'anno **2014** sono state finanziati **300.000** interventi in corrispondenza dei quali l'ENEA ha stimato un risparmio pari a **1.300 GWh/a** e per un totale di **270kt/a** di CO<sub>2</sub> non emessa.

## L'efficienza energetica nell'edilizia abitativa: nuova costruzione e riqualificazione

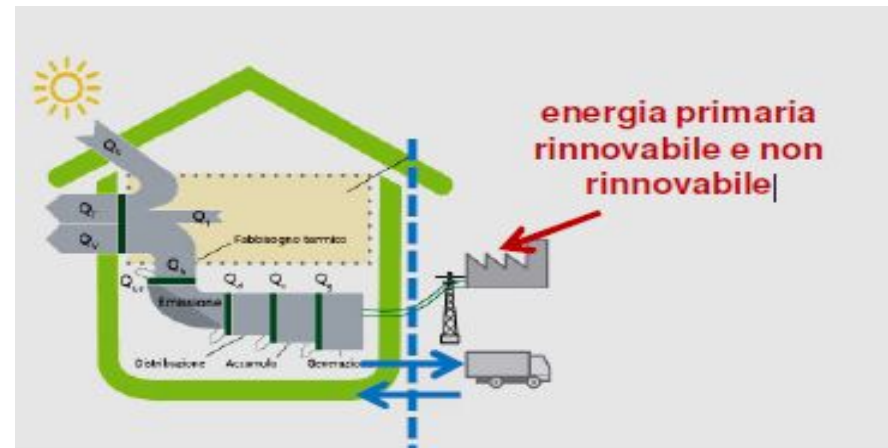
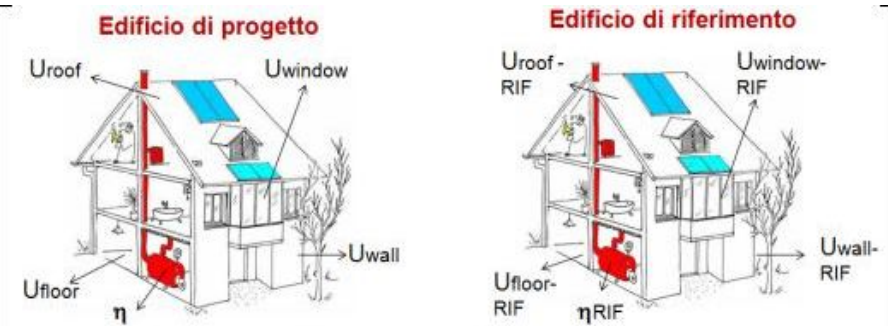
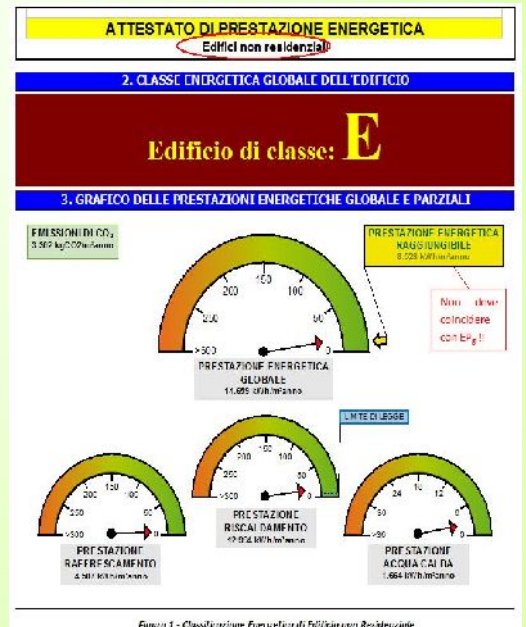
1. Normativa europea e nazionale;
2. Consumi energetici nel settore residenziale;
3. Riqualificazione energetica del patrimonio residenziale esistente;
4. Efficienza energetica per edifici di nuova costruzione a destinazione residenziale;
5. Il risparmio energetico nel settore residenziale: interventi di ristrutturazione edilizia;
6. Manutenzione, restauro e risanamento conservativo;
7. Gli incentivi: evoluzione delle politiche sugli incentivi in Italia;
8. Casi studio: simulazioni prestazionali, economico/finanziarie.



# L'efficienza energetica nell'edilizia abitativa: nuova costruzione e riqualificazione

La monografia ricostruisce il percorso della normativa sull'efficienza energetica in edilizia. Brevemente, oggi, dopo una lunga evoluzione legislativa, il documento di riferimento è la **EPBD Recast - Energy Performance of Building Directive – 2010/31/CE**, recepita in Italia da **D. Lgs. 63/2013, Legge 90/2013, DM 26/06/2015 (i tre decreti "requisiti minimi")**.

- $U_{lim}$
- $\eta_{gl}$
- $EP_i$
- $EP_{e,inv}$
- $f_a$
- $Y_{IE}$
- ACS



## L'efficienza energetica nell'edilizia abitativa: nuova costruzione e riqualificazione

Il nuovo quadro normativo ha l'obiettivo di promuovere il miglioramento della prestazione energetica degli edifici tenendo conto delle **condizioni locali e climatiche esterne**, nonché delle prescrizioni relative **al clima degli ambienti interni e all'efficacia sotto il profilo dei costi**.

La monografia descrive attraverso delle schede i requisiti da rispettare, differenziandoli per interventi di *Nuova costruzione*; *Ristrutturazione importante*, *riqualificazione energetica*.

**In questa presentazione ci soffermiamo solo su 2 dei principali aspetti introdotti dal D.L. 63/2013 :**

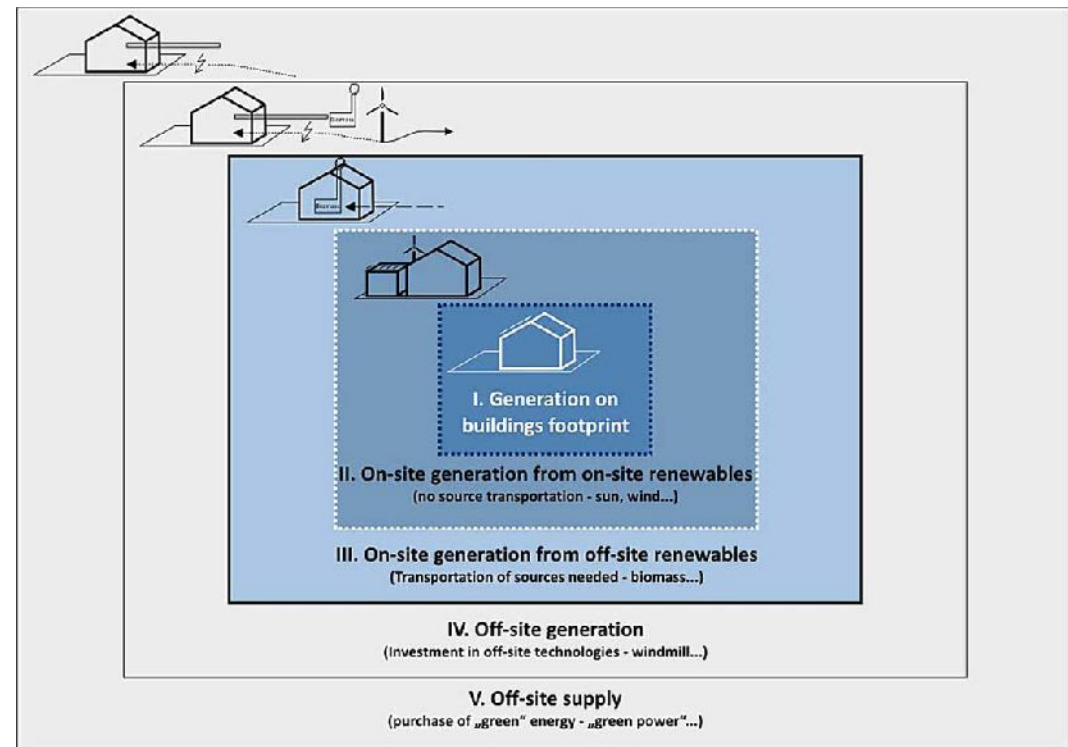
- ✓ **Nuovo traguardo dell'efficienza energetica: Nearly Energy Building;**
- ✓ Definizione di prestazione energetica di un edificio e la metodologia per la determinazione dei requisiti minimi e per l'analisi degli interventi di efficienza energetica: **Cost-Optimal – livello ottimale in funzione dei costi.**

# L'efficienza energetica nell'edilizia abitativa: nuova costruzione e riqualificazione

## OBIETTIVO

- a. a partire dal 31 dicembre 2018 gli edifici di nuova costruzione occupati da enti pubblici e di proprietà di questi ultimi, ivi compresi gli edifici scolastici, siano **edifici a energia quasi zero**;
- b. a partire dal 31 dicembre 2020 tutti gli edifici di nuova costruzione siano **edifici a energia quasi zero**;

**Nearly Zero Energy Building (nZEB):** edificio ad altissima prestazione energetica. Il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo è coperto in misura significativa da energia da fonti rinnovabili, prodotta in situ.



# Esempi di NZEB in Europa

Prof. Giuseppe Peter Vanoli

Estratto su 32 edifici (2014)

La dimensione degli edifici varia tra 98 m<sup>2</sup> a 21'000 m<sup>2</sup>.

Building number	Country	Type of Building				Final energy consumption [kWh/m <sup>2</sup> . year]	Final energy consumption including							Improvement compared to national requirements [%]	RES contri- bution ratio [%]	Available energy data		Costs		
		Residential	Non- residential	New	Renovation		Heating	Hot water	Cooling	Ventilation	Lighting	Electrical appliances	RES gen. electr.			Calculated	Measured	Total costs	Additional costs compared to conventional building	
1.1	Austria	X		X		39.7	X	X		(X) <sup>1</sup>	(X) <sup>1</sup>	X			42	48	X		1,875 €/m <sup>2</sup>	not available
1.2	Austria	X		X		45.8	X	X		(X) <sup>2</sup>					43	52	X		2,714 €/m <sup>2</sup>	not available
2.1	Belgium-FL	X		X		15.5	X	X		X	(X) <sup>1,3</sup>	(X) <sup>3</sup>	X		78	59	X		not available	99 €/m <sup>2</sup> (8%)
2.2	Belgium-FL		X	X		116.4	X	(X) <sup>1</sup>	(X) <sup>2</sup>	(X) <sup>2</sup>	X	X <sup>4</sup>	(X) <sup>3</sup>		99	77	(X)	X	5,328 €/m <sup>2</sup>	not available
3.1	Bulgaria		X		X	16.0	X	X	X	X	X	(X) <sup>3</sup>			78	63	X		130 €/m <sup>2</sup>	130 €/m <sup>2</sup>
4.1	Croatia	X		X		65.6	X	X	X	X	X	(X) <sup>3</sup>			78	22	X		912 €/m <sup>2</sup>	0 €/m <sup>2</sup>
5.1	Denmark	X			X	24.5	X	X		X		(X) <sup>3</sup>			70	16 (+ DH)	X		not available	not available
6.1	Estonia		X	X		86.3	X	X	X	X	X	(X) <sup>3</sup>			60	23	X		not available	5-10
7.1	Finland	X		X		44.0	X	X		X		<sup>5</sup>	<sup>6</sup>		50	100 <sup>6</sup>	X		not available	400 €/m <sup>2</sup> (15%)
7.2	Finland	X		X		40.4	X	X	X	X	X <sup>7</sup>	<sup>6</sup>			66	100 <sup>6</sup>	X		not available	not available
8.1	France	X		X		32.8	X	X		X	X				21	21	X		not available	not available
8.2	France	X		X		41.6	X	X		X	X	(X) <sup>3</sup>			202	100	X		not available	not available
9.1	Germany	X		X		-4.5	X	X		X <sup>8</sup>	X	X <sup>9</sup>	X		78	107	(X)	X	not available	362 €/m <sup>2</sup>
9.2	Germany		X		X	68.5	X	X		X	X		<sup>10</sup>		44	43 (+ PV)	X	(X)	1,568 €/m <sup>2</sup>	not available
10.1	Ireland	X			X	31.4	X	X		X	X				56	30	X		1,063 €/m <sup>2</sup>	not available
10.2	Ireland		X	X		52.5	X	X		X	X		(X) <sup>6</sup>		50	40	X	(X)	1,132 €/m <sup>2</sup>	54 €/m <sup>2</sup>
11.1	Italy	X		X		42.7	X	X		<sup>11</sup>	X		(X) <sup>3</sup>		80	67	(X)	X	1,892 €/m <sup>2</sup>	378 €/m <sup>2</sup> (25%)
11.2	Italy	X		X		35.3	X	X	X	<sup>11</sup>			<sup>10</sup>		unknown	unknown	X	(X)	1,465 €/m <sup>2</sup>	not available

2/3 residenziali

74% miglioramento dello standard

78% nuove costruzioni

70% media FER

0-25% sovraccosto  
su edifici a norma

## Esempi di NZEB in Europa – Alcuni dati

Le **tipologie costruttive più ricorrenti** sono: mattoni (10), cemento (11) e legno (7).

20 edifici hanno componenti trasparenti **con triplo vetro bassoemissivo**, mentre gli altri edifici hanno un vetrocamera semplice (2 senza rivestimento).

Il 64% dei solai di copertura sono con struttura in cemento mentre gli altri sono in legno.

	U (W/ m <sup>2</sup> K)		
	Medio	Minimo	Massimo
Parete	0.29	0.065	1.97
Solaio di terra	0.29	0.07	1.97
Tetto	0.14	0.06	0.55
Finestra	1.16	0.70	4.50

Tipologia impianto	Numero edifici
Pompa di calore	13
Caldaia a cond.	7
Teleriscaldamento	7
Caldaia biomassa	4
Cogeneratore biomassa	1

**10 sono geotermiche**

Rinnovabili	Numero edifici
Fotovoltaico	22
Solare termico.	17

68% degli edifici non prevedono impianti di climatizzazione estiva.

77% degli edifici ha un sistema di ventilazione meccanica con recupero di calore.

**Esempi Nearly ZEB: ITALIA**



<b>Città</b>	<b>Località S. Gregorio – L'Aquila</b>
Destinazione d'uso	Residenziale
Area climatizzata	173 m <sup>2</sup>

	<b>U (W/ m<sup>2</sup> K)</b>	
Parete	0.120 – 0.126	
Solaio di terra	0.12	Legno + fibra di legno
Tetto	0.09	
Finestra	0.89	Triplo vetro

**Costo totale 1'465 €/m<sup>2</sup>**

**CLASSE A+**

Riscaldamento	4.60 kWh/m <sup>2</sup> anno
Acs	16.7 kWh/m <sup>2</sup> anno
Raffrescamento	14.0 kWh/m <sup>2</sup> anno

**Pompa di calore geotermica: 10 kW;  
Ventilazione con recuperatore;  
Impianto fotovoltaico: 8.5 kWp**

# L'efficienza energetica nell'edilizia abitativa: nuova costruzione e riqualificazione

## REQUISITI MINIMI

### *Prestazione energetica di un edificio:*

quantità annua di energia primaria effettivamente consumata o che si prevede possa essere necessaria per soddisfare, con un uso standard dell'immobile, **i vari bisogni energetici dell'edificio, la climatizzazione invernale e estiva, la preparazione dell'acqua calda per usi igienici sanitari, la ventilazione e, per il settore terziario, l'illuminazione, gli impianti ascensori e scale mobili.**

### EDIFICIO REALE

**Valori di progetto:**  
Involucro;  
Impianti.



Geometria;  
Esposizione;  
Destinazione d'uso;  
Dati climatici

### EDIFICIO DI RIFERIMENTO

**Valori di riferimento:**  
Involucro;  
Impianti.



$$\begin{aligned}
 EP_{H,nd} &< EP_{H,nd,lim.} \\
 EP_{C,nd} &< EP_{C,nd,lim.} \\
 EP_{gl,tot.} &< EP_{gl,tot,lim.}
 \end{aligned}$$

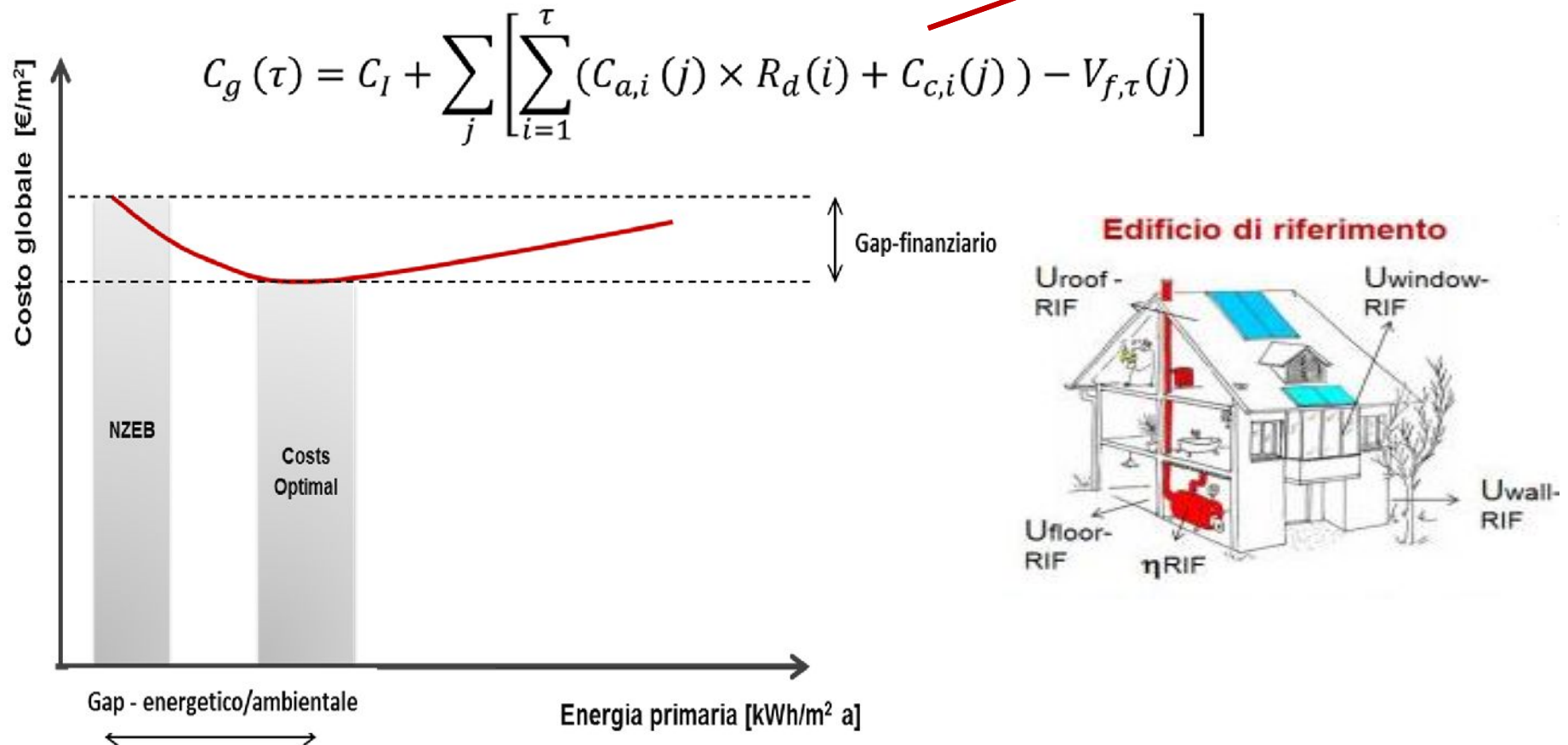
# L'efficienza energetica nell'edilizia abitativa: nuova costruzione e riqualificazione

## REQUISITI MINIMI

Il **Livello ottimale in funzione dei costi** è il livello di prestazione energetica che comporta il costo più basso durante il ciclo di vita economico stimato (30 anni per residenziale, 20 per il terziario) di un edificio.

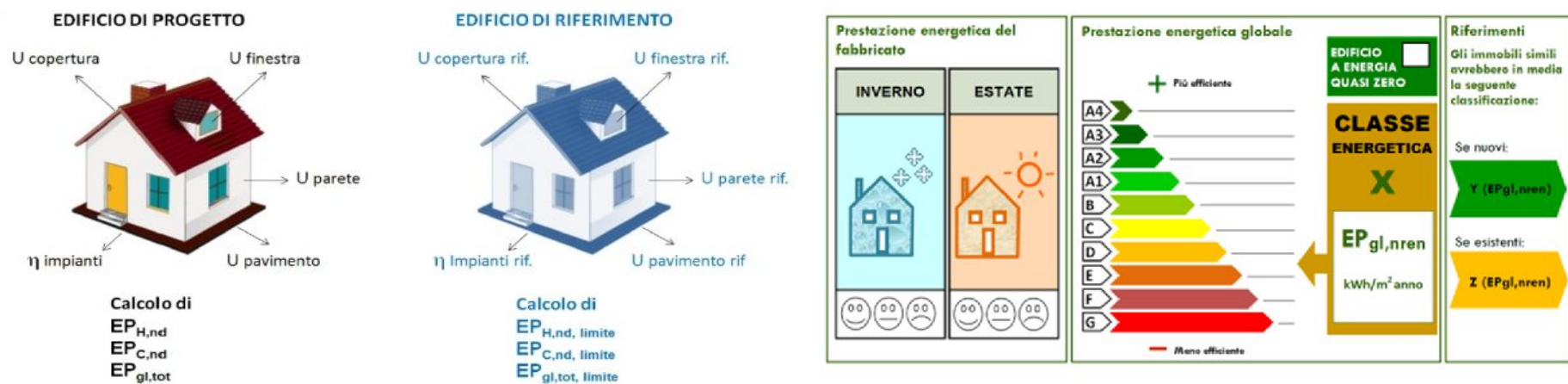
costo delle emissioni :

20 €/tCO<sub>2,eq</sub> fino al 2025,  
35 €/tCO<sub>2,eq</sub> fino al 2030  
50 €/tCO<sub>2,eq</sub> dopo il 2030.



## Certificazione energetica e APE

1. Certificazione energetica: evoluzione legislativa;
2. Attestato di prestazione energetica: norme tecniche;
3. Attestato di Prestazione Energetica: linee guida esistenti;
4. Validità, obbligatorietà e casi di esclusione;
5. Requisiti dei certificatori;
6. Sanzioni;
7. Caratteristiche dell' APE: procedura di calcolo e documenti necessari alla compilazione;
8. Caratteristiche dell'APE: indici di prestazione, requisiti minimi e interventi migliorativi;
9. Casi studio: simulazioni prestazionali, economico/finanziarie.



# Certificazione energetica e APE

**Fino al 30 Settembre 2015**

$$EP_{gl} = EP_i + EP_{acs}$$

Classe Agl +  $\leq 0,25 EP_{iL} (2010) + 9 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$

$0,25 EP_{iL} (2010) + 9 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno} < \text{Classe Agl} \leq 0,50 EP_{iL} (2010) + 9 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$   
 $0,50 EP_{iL} (2010) + 9 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno} < \text{Classe Bgl} \leq 0,75 EP_{iL} (2010) + 12 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$   
 $0,75 EP_{iL} (2010) + 12 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno} < \text{Classe Cgl} \leq 1,00 EP_{iL} (2010) + 18 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$   
 $1,00 EP_{iL} (2010) + 18 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno} < \text{Classe Dgl} \leq 1,25 EP_{iL} (2010) + 21 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$   
 $1,25 EP_{iL} (2010) + 21 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno} < \text{Classe Egl} \leq 1,75 EP_{iL} (2010) + 24 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$   
 $1,75 EP_{iL} (2010) + 24 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno} < \text{Classe Fgl} \leq 2,50 EP_{iL} (2010) + 30 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$   
 Classe Ggl  $> 2,50 EP_{iL} (2010) + 30 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno}$

Raccomandazione CTI 14/2013  
 UNI/TS 11300 - 1: 2014  
 UNI/TS 11300 - 2: 2014  
 UNI/TS 11300 - 3: 2010  
 UNI/TS 11300 - 4: 2010  
 UNI EN 15193/2011

$EP_e$

**I. Metodo:  $EP_{e,inv}$**

$EP_{e,inv} [\text{kWh/m}^2 \text{ anno}]$	Prestazioni	Qualità prestazionale
$EP_{e,inv} \leq 10$	Ottime	I
$10 < EP_{e,inv} \leq 20$	Buone	II
$20 < EP_{e,inv} \leq 30$	Sufficienti	III
$30 < EP_{e,inv} \leq 40$	Mediocri	IV
$EP_{e,inv}$	Cattive	V

**II. Metodo: attenuazione e sfasamento**

TABELLA 1.1  $EP_i$  limite  
 Valori limite per la climatizzazione invernale espressi in  $\text{kWh/m}^2 \text{ anno}$

	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
S/V	<600 GG	601 GG	900 GG	901 GG	1400 GG	1401 GG	2100 GG	2101 GG	3000 GG	>3000 GG
$\leq 0.2$	10	10	15	15	25	25	40	40	55	55
$\geq 0.9$	45	45	60	60	85	85	110	110	145	145

Sfasamento	Attenuazione	Prestazioni	Qualità prestazionale
$S > 12$	$f_a \leq 0,15$	ottime	I
$12 \geq S > 10$	$0,15 < f_a \leq 0,30$	buone	II
$10 \geq S > 8$	$0,30 < f_a \leq 0,40$	sufficienti	III
$8 \geq S > 6$	$0,40 < f_a \leq 0,60$	mediocri	IV
$6 \geq S$	$0,60 < f_a$	cattive	V

# Certificazione energetica e APE

dal 1 Ottobre 2015

La classe energetica si ricava in funzione dell'indice di prestazione energetica globale non rinnovabile  $EP_{gl,nren}$  che rappresenta la quantità annua di energia primaria non rinnovabile necessaria per soddisfare i vari bisogni connessi ad un uso standard dell'edificio, divisa per la superficie utile dell'edificio [ $kWh/m^2$ ].



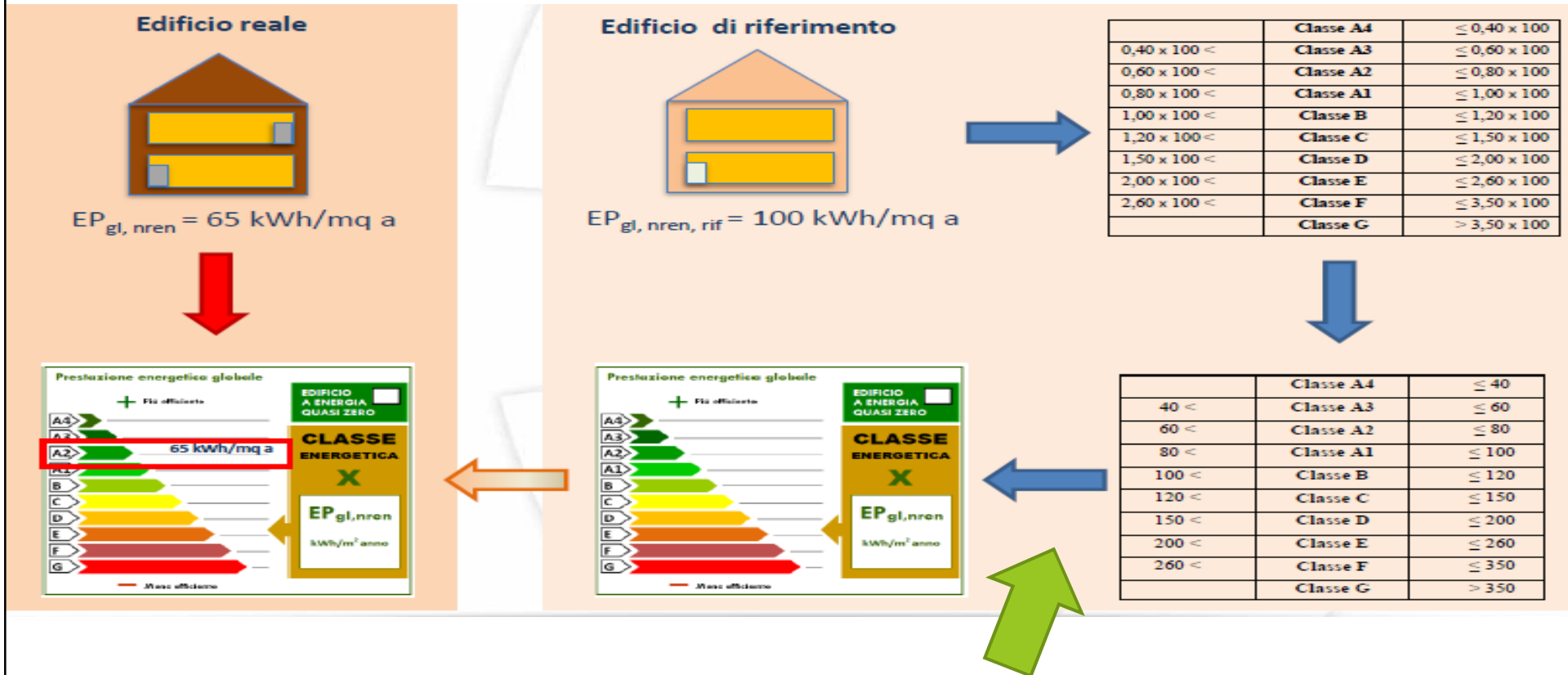
$$EP_{gl,nren} = EP_{H,nren} + EP_{W,nren} + EP_{C,nren} + EP_{V,nren} + EP_{L,nren} + EP_{T,nren}$$

- $EP_{H,nren}$ : indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale;
- $EP_{W,nren}$ : indice di prestazione energetica per la produzione di acs;
- $EP_{V,nren}$ : indice di prestazione energetica per la ventilazione ;
- $EP_{C,nren}$ : indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva;
- $EP_{L,nren}$ : indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale;
- $EP_{T,nren}$ : indice di prestazione energetica del servizio per il trasporto di persone e cose .

(Obbligatori per edifici non residenziali)

# Certificazione energetica e APE

Schema concettuale della procedura



**Edificio di riferimento:** edificio identico in termini di geometria, orientamento, ubicazione territoriale, destinazione d'uso e situazione al contorno, e avente **caratteristiche termiche e parametri energetici** rispondenti ai requisiti minimi di legge in vigore dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici, e dal 1° gennaio 2021 per tutti gli altri. **Invece si considerano Impianti standard con efficienze prefissate dalla normativa.**

# Certificazione energetica e APE

Edificio esistente - 1936

Area lorda climatizzata (m <sup>2</sup> )	84
Rapporto di forma S/V	0.6

Parete opaca	U= 1.05 W/m <sup>2</sup> K
Solaio di calpestio	U= 1.39 W/m <sup>2</sup> K
Solaio di copertura	U= 1.25 W/m <sup>2</sup> K
Componenti finestrati	U= 4.00 W/m <sup>2</sup> K

$$EP_{gl} = EP_i + EP_{acs} + E_e + EP_l$$

$$EP_{gl,lim} = 54.8 \text{ kWh/m}^2\text{a}$$

**Edificio:**  
**EP<sub>gl</sub> = 98.2 kWh/m<sup>2</sup>a**

4. QUALITA' INVOLUCRO (RAFFRESCAMENTO)	I	II	III	IV	<del>X</del>
--	---	----	-----	----	--------------

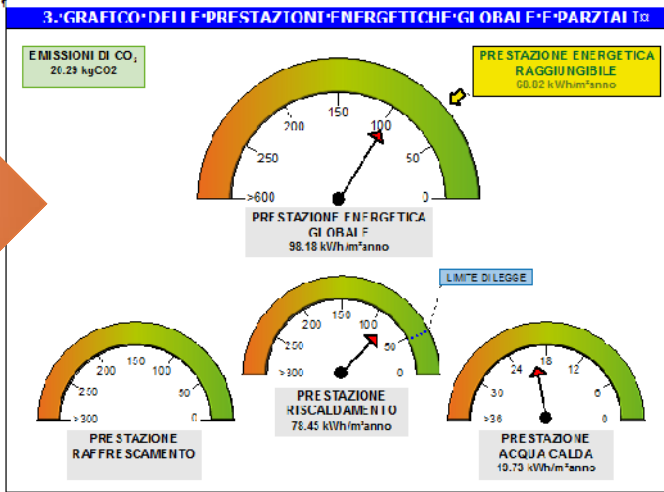
## CASO STUDIO



- ✓ Caldaia e radiatori
- ✓ No climatizzazione estiva

## D.P.R. 59/2009

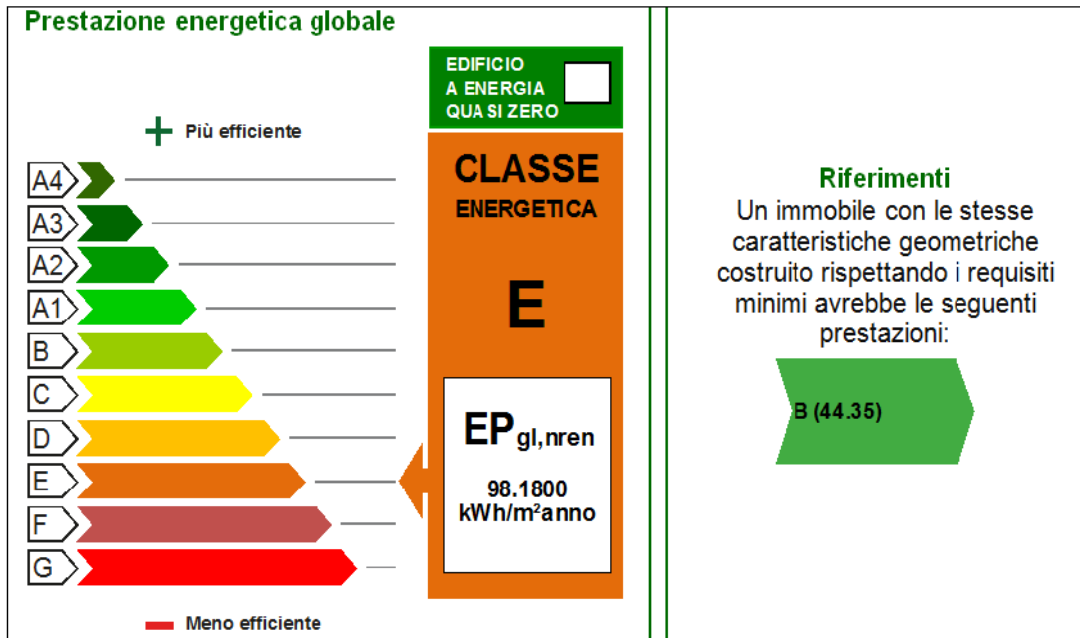
Edificio di classe: **F**



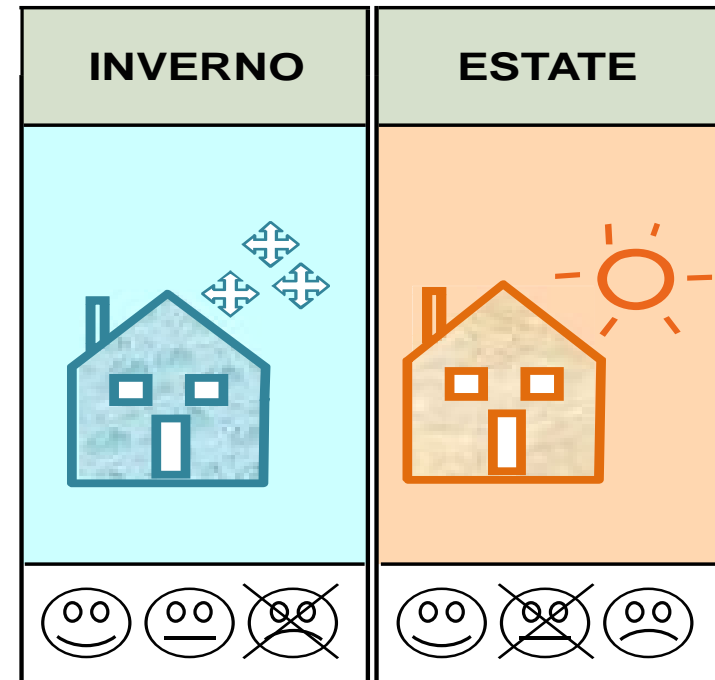
# Certificazione energetica e APE

L. 90/2013

## CASO STUDIO

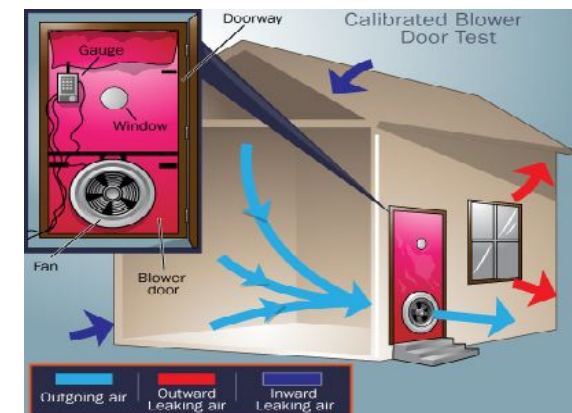
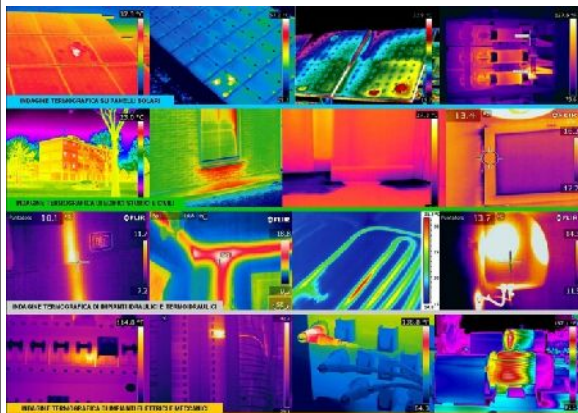


$EP_{H,nd}$	44.5 kWh/m <sup>2</sup> anno
$A_{sol}/A_{sup,utile}$	0.06
$Y_{IE}$	0.08 W/m <sup>2</sup> K



## Tecniche di indagine e diagnosi per l'efficienza energetica

1. Normativa europea e nazionale;
2. Diagnosi energetica: definizione, normativa di riferimento, requisiti;
3. La caratterizzazione del sistema: analisi del sito e dell'utenza;
4. La caratterizzazione del sistema: analisi dell'involucro edilizio;
5. La caratterizzazione del sistema: descrizione degli impianti
6. Caratterizzazione del sistema edificio-impianto: utilizzo di fonti rinnovabili
7. Schema di procedura per il reperimento dei dati necessari alla diagnosi energetica
8. Modalità operative: indagini strumentali e determinazione del fabbisogno energetico
9. Miglioramento della prestazione energetica: possibili interventi
10. Casi studio: simulazioni prestazionali, economico/finanziarie.



## Tecniche di indagine e diagnosi per l'efficienza energetica

La Diagnosi Energetica degli edifici è definita dal D.Lgs 115 del 2008 e quindi dalla Norma UNI CEI /TR 11428 “Gestione dell'energia - Diagnosi energetiche - Requisiti generali del servizio di diagnosi energetica” (in vigore dal 6 Ottobre 2011), come:

*“una procedura sistematica volta a ottenere un'adeguata conoscenza del profilo di consumo energetico di un edificio o gruppo di edifici, di una attività o impianto industriale o commerciale o di servizi pubblici o privati, individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi – benefici, riferire al cliente in merito ai risultati”*



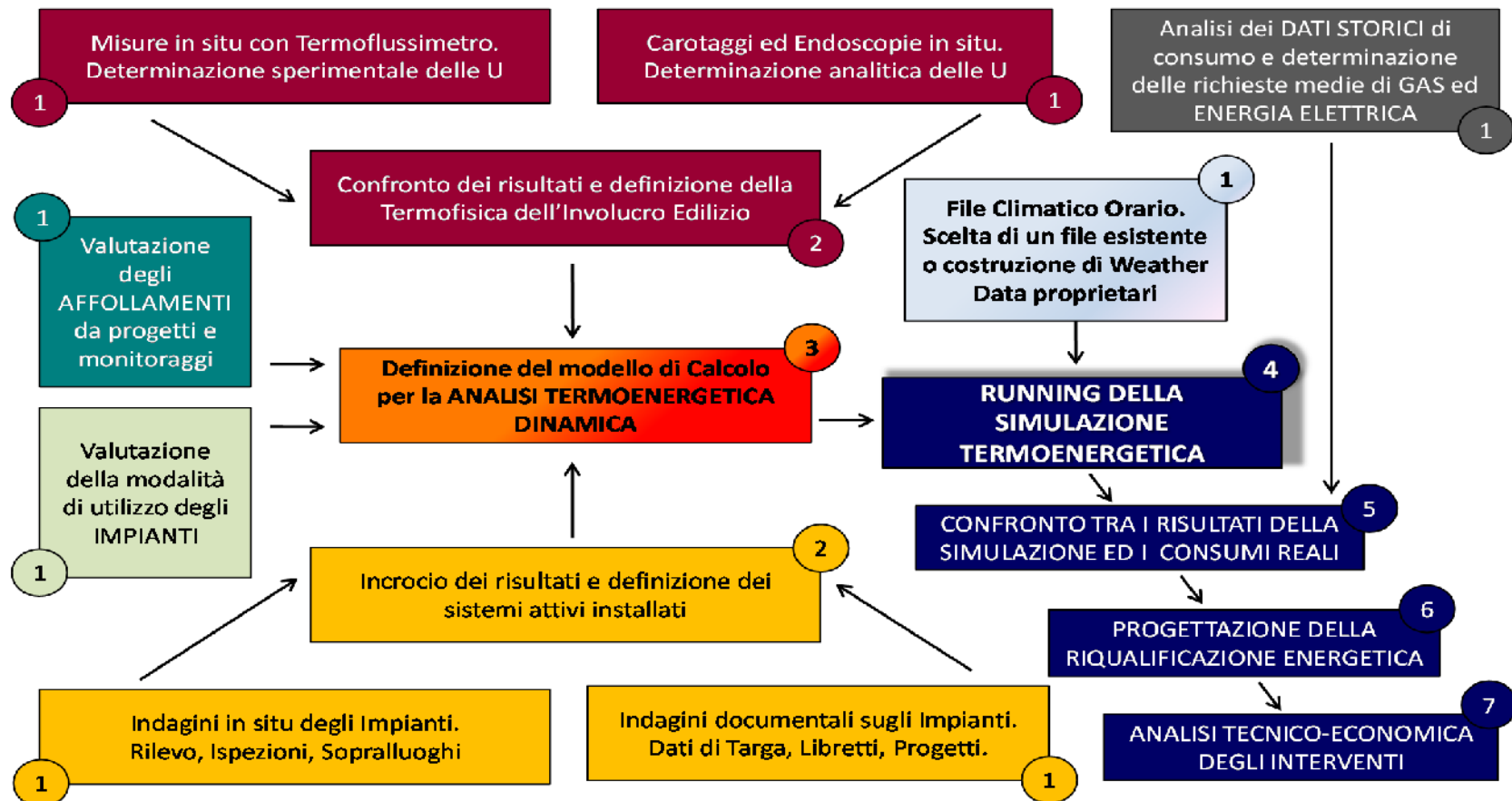
Il quadro normativo di riferimento è costituito dalla **UNI CEI EN 16247** :

- UNI CEI EN 16247-1: "Diagnosi energetiche - Parte 1: Requisiti generali";
- UNI CEI EN 16247-2 : "Diagnosi energetiche - Parte 2: Edifici";
- UNI CEI EN 16247-3 : "Diagnosi energetiche - Parte 3: Processi" ;
- UNI CEI EN 16247-4: "Diagnosi energetiche - Parte 4: Trasporto";
- UNI CEI EN 16247-5: “Diagnosi energetiche - Parte 5: Competenze dell’auditor energetico”.

## Tecniche di indagine e diagnosi per l'efficienza energetica

Sinteticamente si possono individuare due stadi fondamentali:

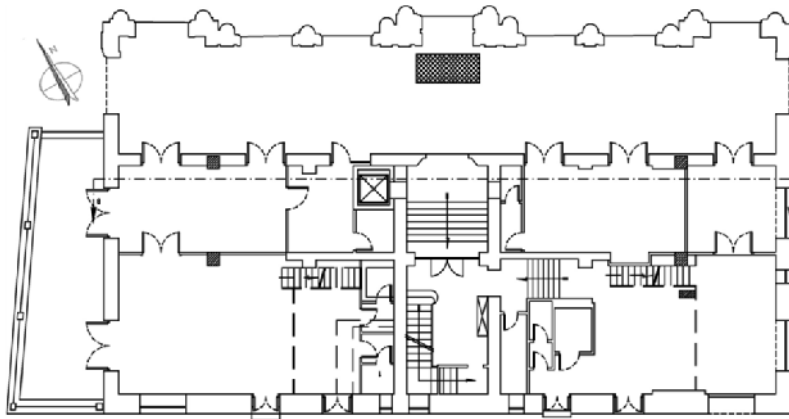
- a) caratterizzazione del sistema edificio-impianto e definizione del modello energetico;
- b) valutazione della fattibilità tecnico-economica di interventi per l'incremento dell'efficienza energetica del sistema edificio-impianto.



## Tecniche di indagine e diagnosi per l'efficienza energetica

Il caso studio proposto è *Palazzo Ex-INPS*, sede amministrativa e didattica del Dipartimento d'Ingegneria dell'Università del Sannio.

### 1) Caratterizzazione storico-architettonica e analisi dell'utenza



- Area netta climatizzata = 1311 m<sup>2</sup>;
- Rapporto finestrato/opaco: 16%;
- $S/V = 0.40 \text{ m}^{-1}$ ;
- **Zone termiche: (uffici, aule, servizi).**

## Tecniche di indagine e diagnosi per l'efficienza energetica

### 2) Audit involucro edilizio

Finestre:  $U=5.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

Solaio di terra:  $U=2.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

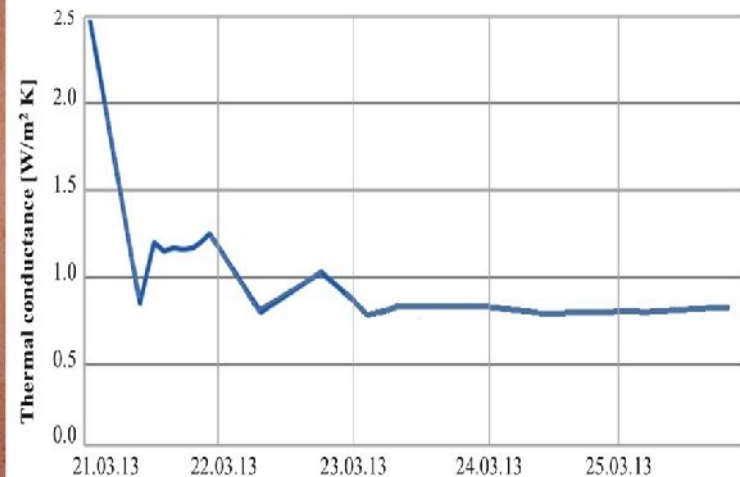
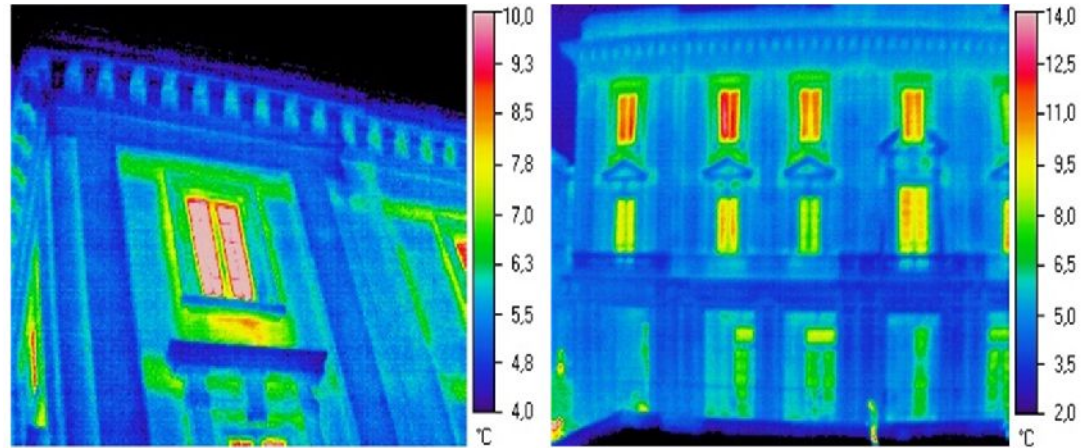
Solaio di copertura:  $U=1.4 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ .

Pareti esterne,  $U$  :

- **Misurato** :  $0.74 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ , secondo la ISO 9869;
- **Calcolato**:  $0.76 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ , secondo la EN ISO 6946 .



**Differenza 3%.**



## Tecniche di indagine e diagnosi per l'efficienza energetica

### 3) Anagrafe del patrimonio impiantistico

Pompa di calore elettrica (EHP) :

#### *Riscaldamento:*

- Potenza in riscaldamento= 277 kW;
- $COP_{nom} = 2.89 W_{TH}/W_{EL}$

#### *Raffrescamento:*

- Potenza in raffrescamento= 245 kW;
- $EER_{nom} = 2.63 W_{TH}/W_{EL}$

	<b>Periodo</b>	<b>Ore</b>	<b>T set-point</b>
Riscaldamento	15/11 - 31/03	dalle 8.00 alle 18.00	20°C
Raffrescamento	01/06 - 30/09	dalle 10.00 alle 18.00	26°C

## Tecniche di indagine e diagnosi per l'efficienza energetica

### 5) Modello di simulazione numerica dinamica

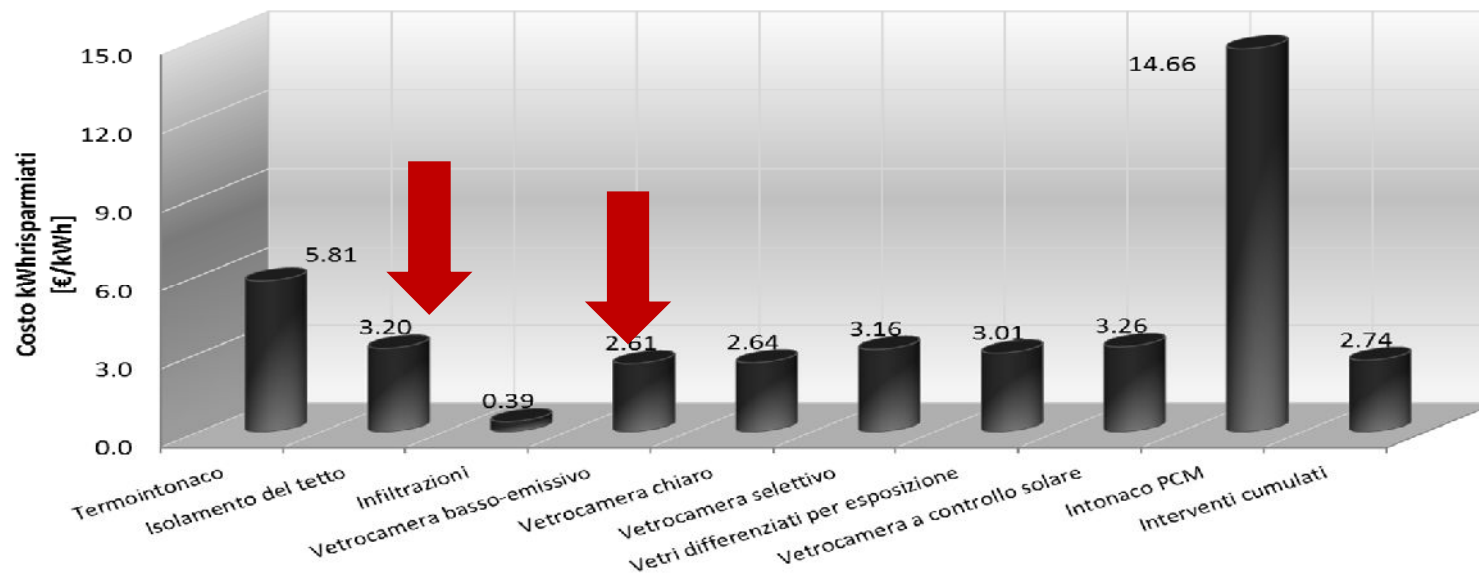


Confrontando il profilo dei consumi ricostruito attraverso l'analisi delle fatture di fornitura (5 anni) e i risultati della simulazione, il modello può considerarsi calibrato se confrontato ai valori di tolleranza proposti dalla letteratura scientifica. **Infatti l'MBE è 4% mentre il CV(RMSE<sub>mensile</sub>) è il 9.0%.**

## Tecniche di indagine e diagnosi per l'efficienza energetica

### 5) Analisi interventi di riqualificazione energetica

Intervento	EP [kWh]	Totali	Inverno	Estate	Scenario Neutro		
		$\Delta E \approx \Delta CO_2$ [%]			DPB [anni]	VAN [€]	
Termointonaco	93'175	6.0%	10.2%	-11.9%	<20	-22'960	✗
Isolamento del tetto	91'951	7.2%	9.5%	-2.6%	19	74	✓
Infiltrazioni	78'235	21.1%	24.9%	4.7%	5	32'153	✗
Vetrocamera basso-emissivo	73'668	25.7%	28.8%	12.1%	11	9'356	✓
Vetrocamera chiaro	75'159	24.2%	27.8%	8.8%	17	8'312	✗
Vetrocamera selettivo	78'051	21.2%	21.4%	20.5%	20	767	✗
Vetrocamera differenziati per esposizione	77'159	22.1%	23.5%	16.2%	19	2'705	✗
Vetrocamera a controllo solare	79'030	20.3%	19.3%	24.2%	<20	-514	✗
Intonaco PCM	96'792	2.3%	0.0%	12.3%	<20	-29'393	✗



## Tecniche di indagine e diagnosi per l'efficienza energetica

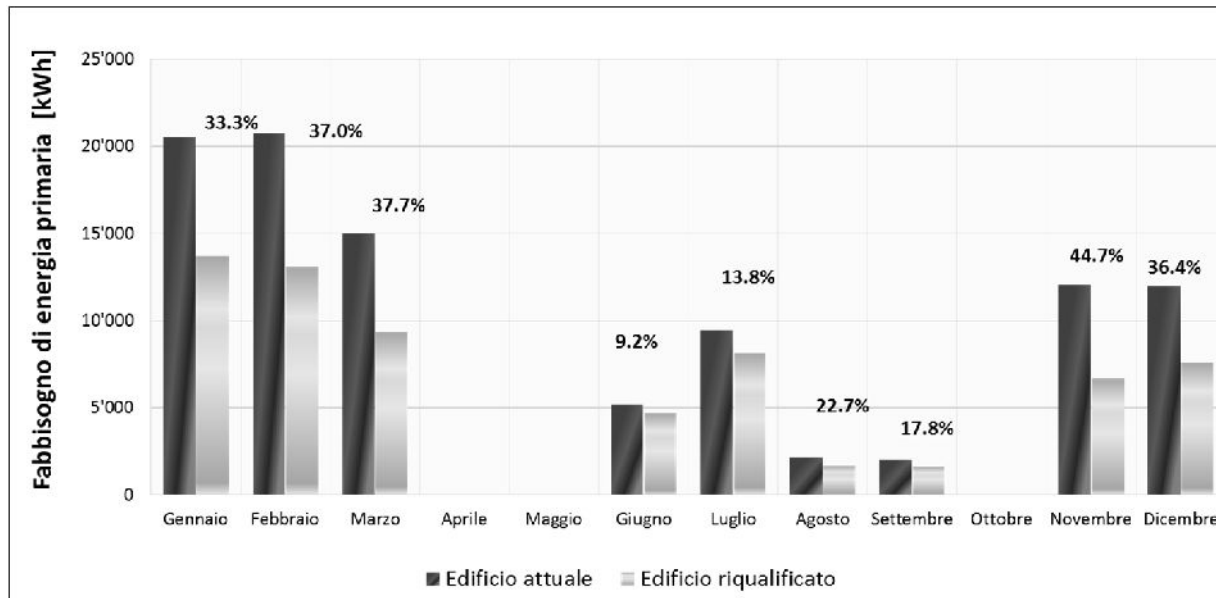
### 5) Analisi interventi di riqualificazione energetica:

### SCENARIO CUMULATO

**Annuale:**

$$\Delta E \approx \Delta CO_2 = 33\%$$

Costo investimento:  
89'200 €



	DPB [y]	NPV <sub>20</sub> [€]
Neutro	17	9'385
Molto favorevole	12	50'463

Edificio attuale

$EP_i \approx 30.9 \text{ kWh}/(\text{m}^3 \text{ year}) \rightarrow \text{Classe "G"}$  ❌

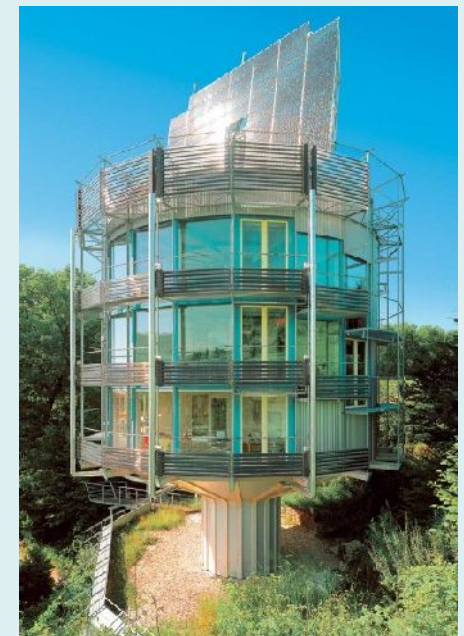


Edificio riqualificato:

$EP_i \approx 7.05 \text{ kWh}/(\text{m}^3 \text{ year}) \rightarrow \text{Classe "C"}$  ✅



## *L'efficienza energetica in edilizia: passato, presente, futuro*



# GRAZIE PER L'ATTENZIONE

***Prof. Giuseppe Peter Vanoli***

***vanoli@unisannio.it***

***giuseppe.vanoli@unimol.it***

