



**ENERGIA E SOSTENIBILITÀ  
PER LA  
PUBBLICA AMMINISTRAZIONE**



# Diagnosi Energetica su Edifici Pubblici e Scolastici

*Viterbo, 27 novembre 2018*

**Ing. Carmen Lavinia  
Dipartimento Unità Efficienza Energetica**

### Definizione di Diagnosi Energetica (DE)

“Procedura sistematica finalizzata ad 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, a individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi - benefici e a riferire in merito ai risultati”.

Fonte: Dlgs 141/2016

#### Norme tecniche

**UNI CEI EN 16247-1: 2012** “Diagnosi Energetiche - Parte 1: Requisiti generali” che definisce i requisiti, la metodologia e la reportistica comune a tutte le DE;

**UNI CEI EN 16247-2: 2014** “Diagnosi Energetiche - Parte 2: Edifici” che si applica alle diagnosi energetiche specifiche per gli edifici, definendone i requisiti, la metodologia e la reportistica. Essa si applica anche al settore terziario.

**UNI CEI EN 16247-5: 2015** “Diagnosi energetiche - Parte 5: Competenze dell’auditor energetico” che specifica le competenze che deve possedere il referente della DE (REDE).



ENERGIA E SOSTENIBILITÀ  
PER LA  
PUBBLICA AMMINISTRAZIONE

APE



DE



## IMPORTANTE

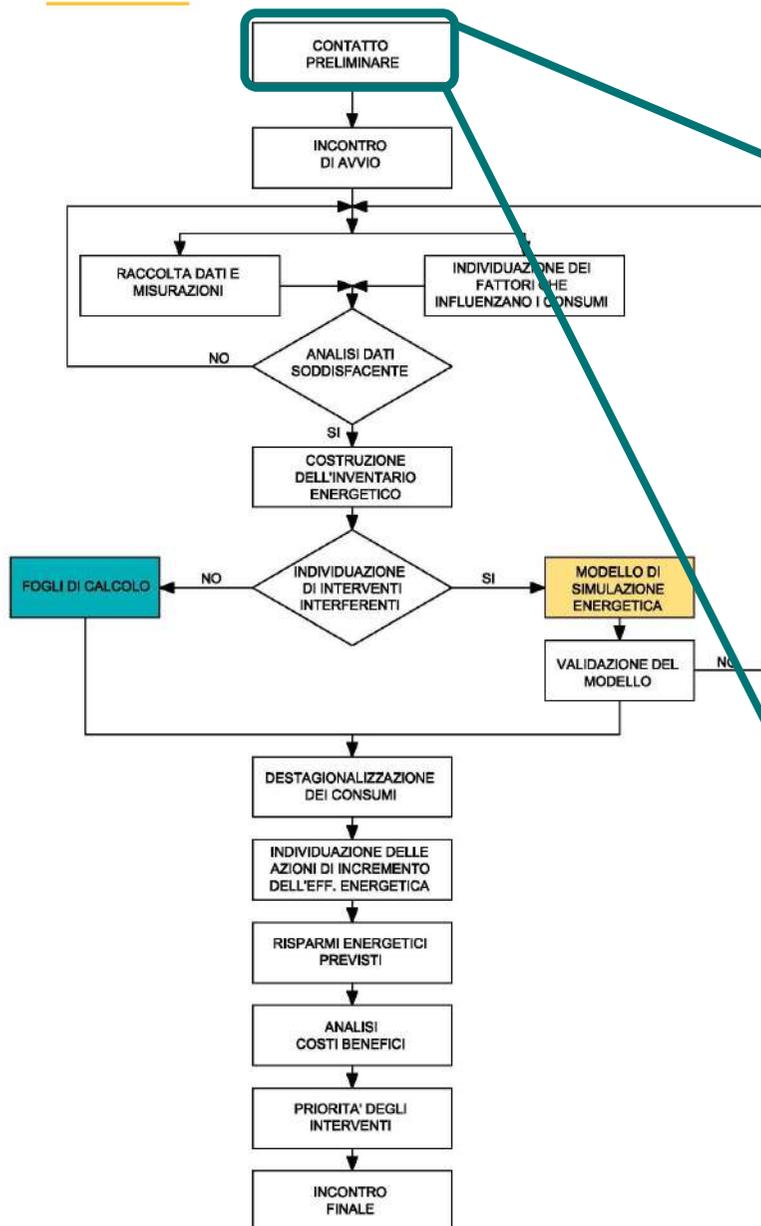
La DE è differente da un Attestato di Prestazione Energetica (APE).  
Si tratta di un tipo di valutazione Adattata all'utenza che ha come dati in ingresso  
Profili di utilizzo, Clima e caratteristiche Edificio non standard ma REALI. La  
valutazione adattata all'utenza può consentire una stima realistica dei consumi  
energetici.

## Classificazione tipologie di valutazione energetica per applicazioni omogenee all'intero edificio

Tipo di valutazione		Dati di ingresso		
		Uso	Clima	Edificio
A1	Sul progetto (Design Rating)	Standard	Standard	Progetto
A2	Standard (Asset Rating)	Standard	Standard	Reale
A3	Adattata all'utenza (Tailored Rating)	In funzione dello scopo		Reale

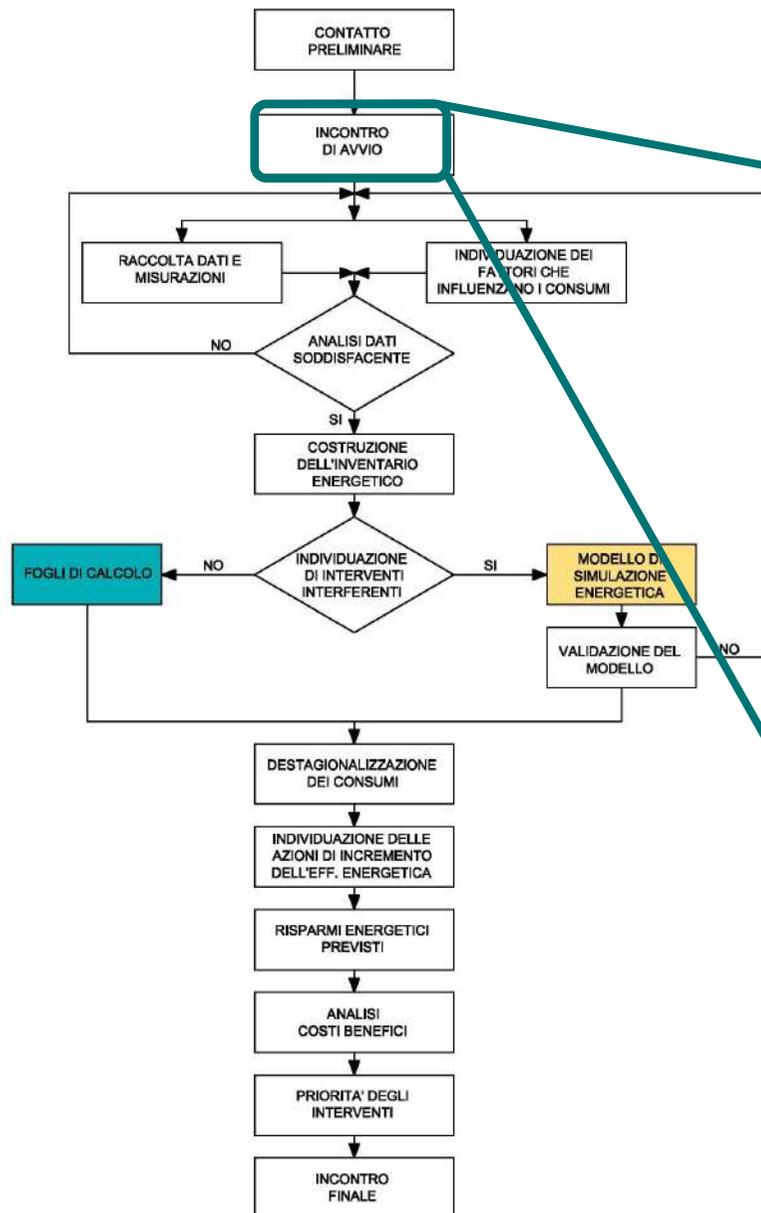
Fonte: UNI TS 11300-1:2014

## Diagramma di flusso - DE edifici



Il (REDE) deve concordare con il committente **scopo, grado di accuratezza e finalità** della DE. Il REDE deve chiedere al committente di nominare un referente, informare il personale e assicurare la cooperazione delle parti interessate.

## Diagramma di flusso - DE edifici

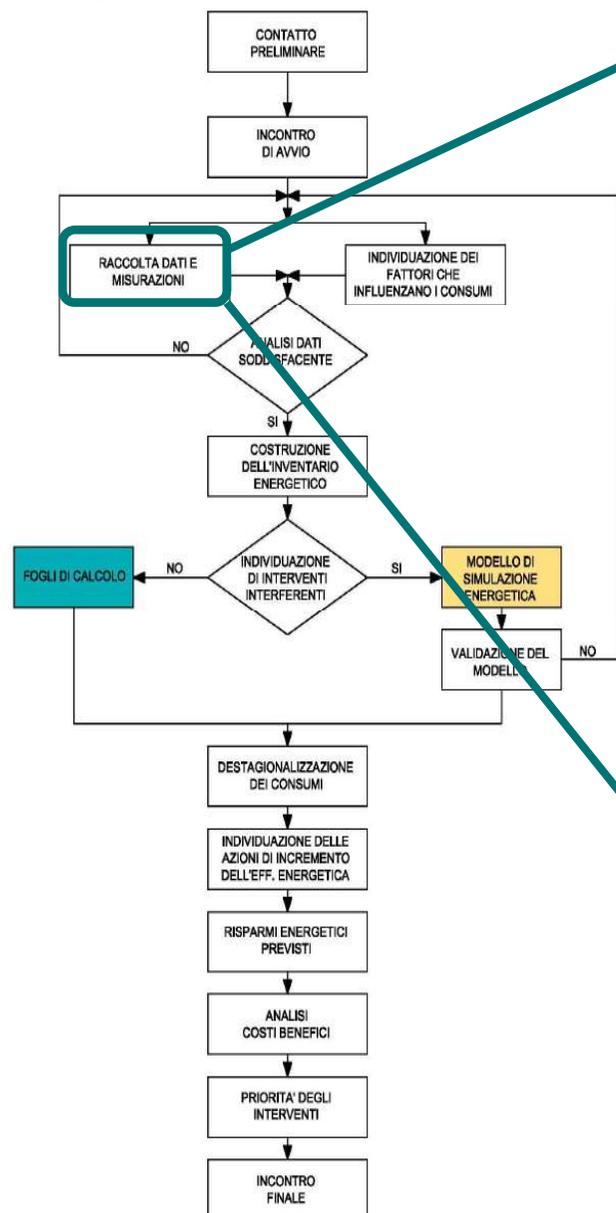


Oggetto dell'incontro:

- crono-programma dei sopralluoghi;
- livello di coinvolgimento degli occupanti dell'edificio;
- condizioni di accesso alle aree oggetto di indagine;
- rischi e pericoli per la salute;
- documentazione tecnica esistente.

## Diagramma di flusso - DE edifici

### CASO STUDIO: Dati dell'edificio



Indirizzo: via Greve, 61 (RM)

Latitudine: 41.84

Longitudine: 12.45

Anno di costruzione: 1970

N. medio occupanti: 116

Zona Climatica: D

GG (DPR 412/93): 1415

# CASO STUDIO: Tipologia di vincolo Fascia di rispetto fluviale



Scuola oggetto di studio

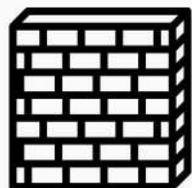
Ricognizione delle aree tutelate  
Dlgs 42/04, art.134



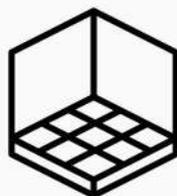
corsi delle acque pubbliche



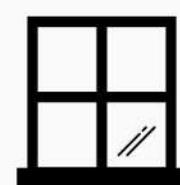
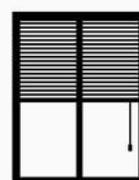




**Parete** a cassa vuota con mattoni forati



**Solaio** in laterocemento



**Finestre** con telaio di alluminio senza taglio termico con vetro doppio. Schermature solari: tapparelle



**Copertura** piana non coibentata

## Stato di conservazione





**ENERGIA E SOSTENIBILITÀ  
PER LA  
PUBBLICA AMMINISTRAZIONE**

## CASO STUDIO: Impianti



**Centrale termica**  
**Marca:** Unical  
**Modello:** TRISTAR 300  
 a gas naturale  
**Pu:** 225÷300 kW  
**Pfoc:** 234,5÷315,6 kW  
**Anno di installazione:**  
 2011  
**Zone servite:** intero  
 edificio ad esclusione  
 Teatro di posa  
**Terminali di utenza:**  
 radiatori

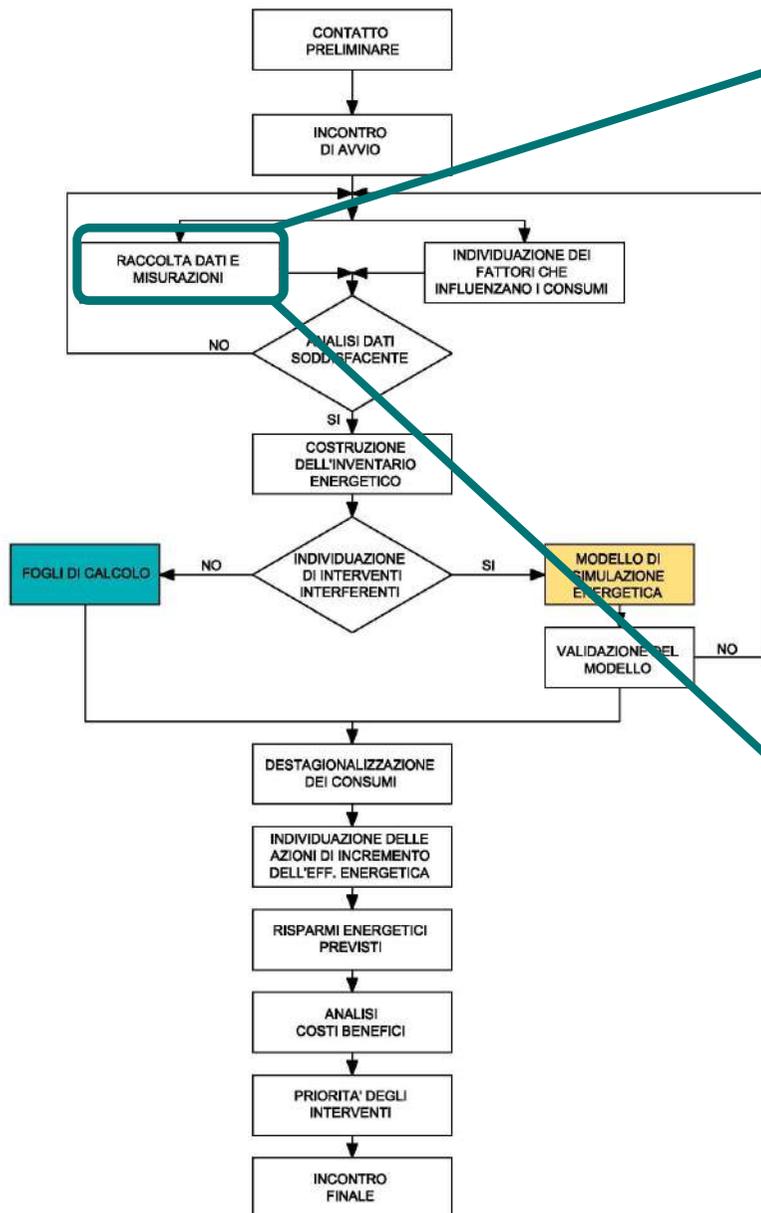
Caldia tipo	TRISTAR 300		Capacità acqua calda	304
N° fabbrica	*		Pressione max. esercizio	bar 6
Anno costruzione	2011		Temp. max. esercizio	°C 100
Reti: 230V 50Hz	Capacità	Press. max.	Temp. max.	
W	Boilitore	bar	°C	
Combustibili (solo quelli con X)	Gas Categoria	Gasolio	Nafta	Rendimento utile a potenza max. (%)
	X H 112H3+	X		95
POTENZE	min. kW max.	min. kW max.		
Utile	225-300	225-300		
Focolare	234,5-315,6	234,5-315,6		
Codice P.I.N.	1312BS4960	Sup. m²	80/60 °C - T.A. 20°C	
Approvazione	CE 1312	Temp. fumi a potenza max. (a gasolio)	125 °C	
* Vedere N° di fabbrica sul corpo caldaie				
<b>Unical AG S.p.A.</b>				
46033 CASTELDARIO (MN) - Via Roma Tel. 0376 67001 - Fax 0376 663558 www.unical.ag info@unical-ag.com				
MADE IN ITALY				

**Roof Top a pompa di calore**  
**Marca:** AERMEC  
**Modello:** RTE150H  
**Pf:** 44,7 kW  
**Pt:** 46,6 kW  
**Q:** 8000 m³/h  
**Anno di installazione:** 2011  
**Zone servite:** Teatro di posa  
**Terminali di utenza:**  
 bocchette



<b>AERMEC S.p.A.</b>		<b>CE</b>
BEVILACQUA (VERONA - ITALY)		1115
L.P. R15A008	Matr. 1112012039950001	
Mod. RTE150H02000G0000CP010	Anno Annot. 2011	
Potenza frigorifera nominale Cooling capacity Refrigerant puissance nominale Kälteleistung (nominal)	44,7 kW	Fluido refrigerante Refrigerant Kältemittel
Potenza termica nominale Heating nominal capacity Thermal Power (nominal)	46,6 kW	R-410A
		12,5 kg
Ps= 42 [bar]	Pmax LP= 25 [bar]	Pmin= 4,5 [bar]
	MANDATA SUPPL. ZUGLIFT SUPPLIERS	REPRISA EXTRACT ABLUFT ENFÜHRUNG
Potenza di fuga Leakage (nominal)	2222	2222
Capacità di lavoro Working capacity	8000	8000
Wp st. ut. [Pn]	200	150
Wp - ph - Hz	400 / 3+N / 50	
	18	kW 32,3 A

## Diagramma di flusso - DE edifici



### MISURAZIONI IN CAMPO



Termocamera



Termoflussimetro



ENERGIA E SOSTENIBILITÀ  
PER LA  
PUBBLICA AMMINISTRAZIONE

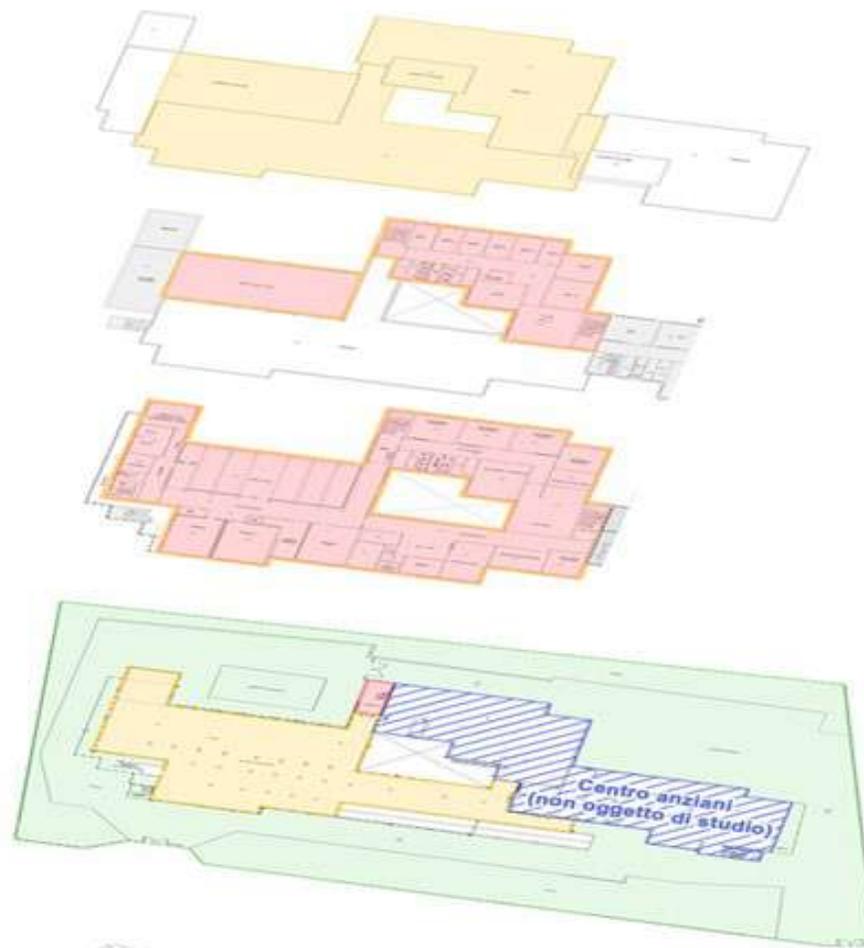
## CASO STUDIO: Consistenza e fabbisogni energetici Dati geometrici

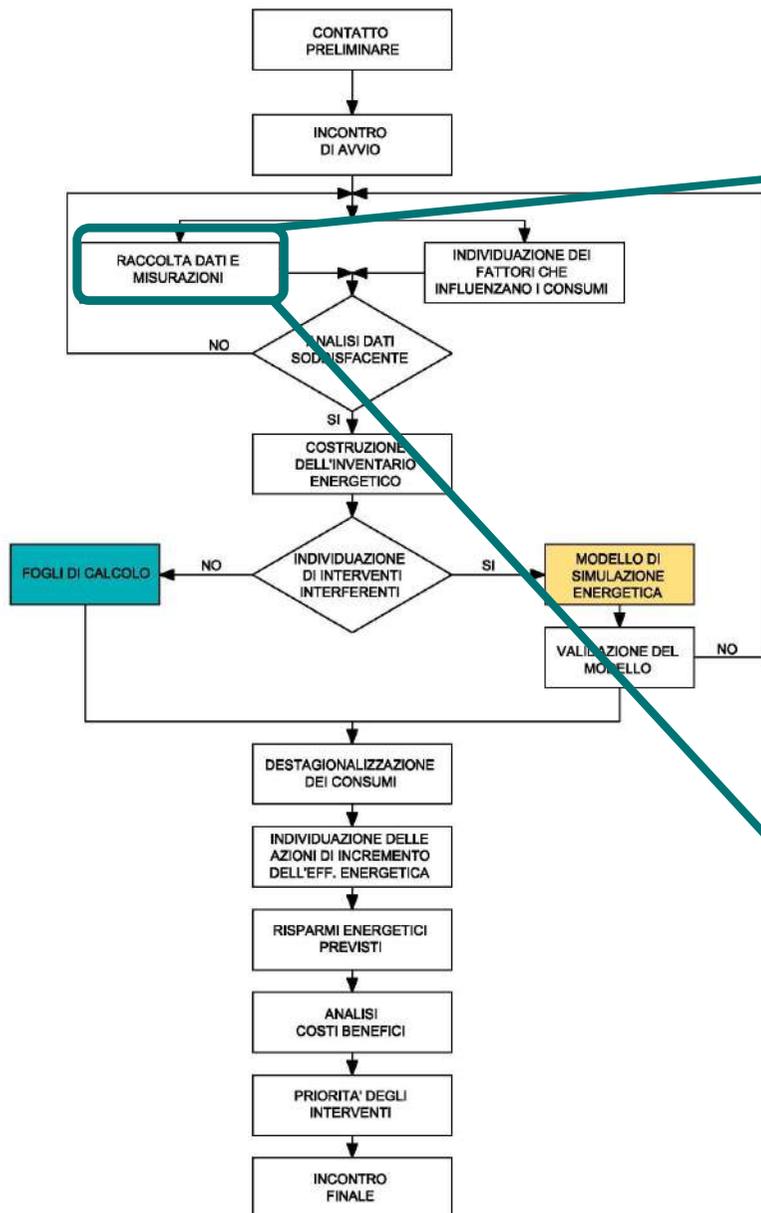
Superficie DISPERDENTE  
5258 m<sup>2</sup>

Superficie RISCALDATA  
2089 m<sup>2</sup>

Superficie tot Area Libera  
2732 m<sup>2</sup>

Superficie tot Area Scolastica  
8008 m<sup>2</sup>





## RACCOLTA DATI DI CONSUMO

- BOLLETTE
- LETTURE

Ricostruzione dell'andamento dei consumi di tre anni

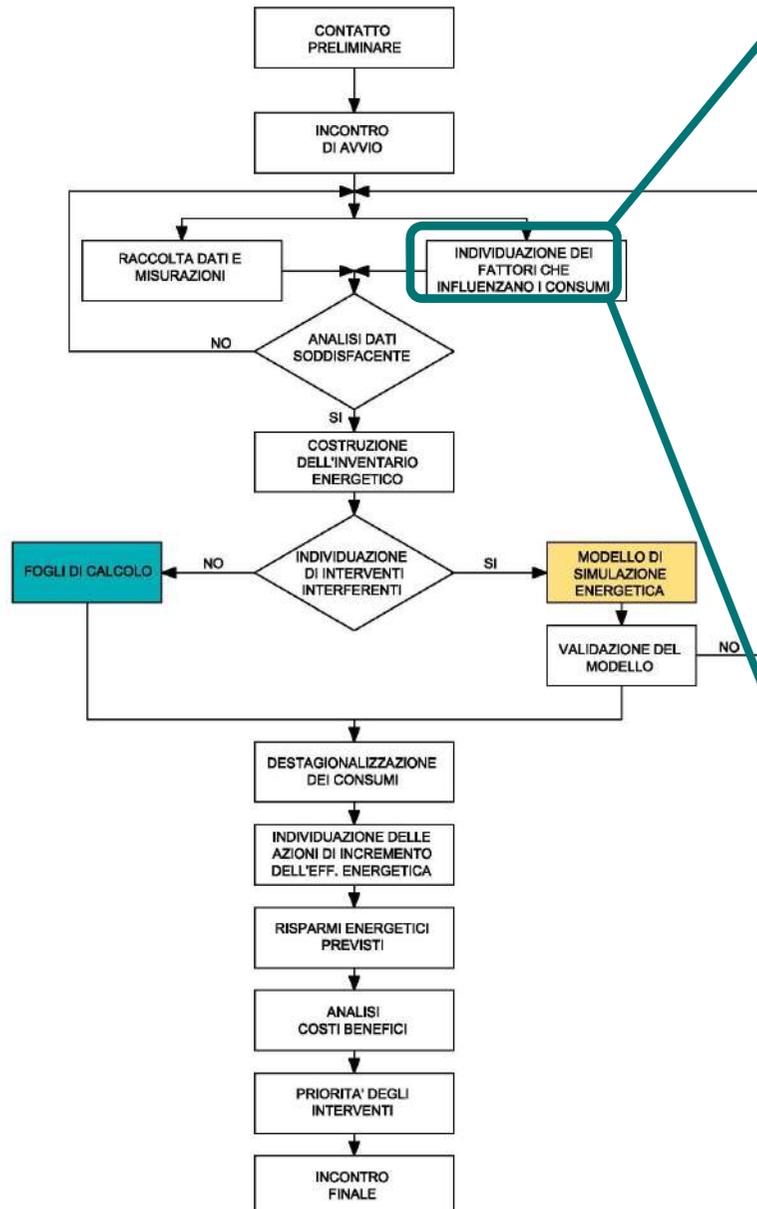
[Sm <sup>3</sup> ]	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.	Totale
<b>Consumi gas metano 2014</b>	1.855	1.804	1.695	1.135	258	208	182	203	222	192	237	1.816	9.805
<b>Consumi gas metano 2015</b>	2.127	1.966	2.000	2.007	952	200	210	151	237	926	1.609	1.995	14.380
<b>Consumi gas metano 2016</b>	2.165	1.922	1.720	1.950	590	210	90	185	202	835	2.119	2.064	14.052

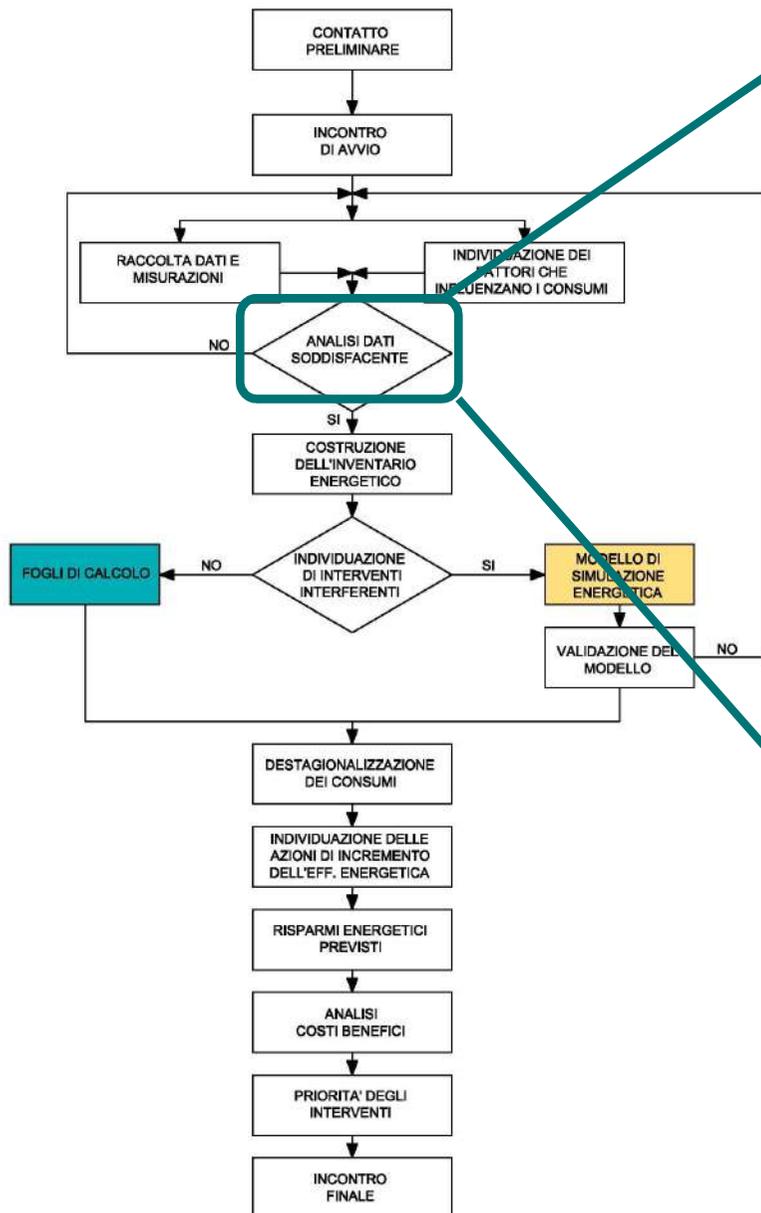


## FATTORI CHE INFLUENZANO I CONSUMI

*I fattori che potrebbero alterare l'andamento dei consumi, di un anno, rispetto agli altri presi in esame sono ad esempio:*

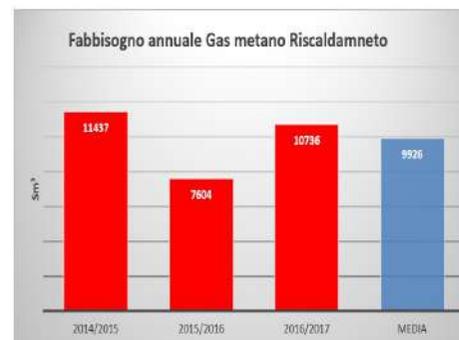
- *Dati climatici anomali;*
- *Gestione dell'edificio (variazione date e orari utilizzo e funzionamento degli impianti e periodi di chiusura, turni lavorativi...) anomali rispetto allo standard;*
- *Cambi di destinazione d'uso all'interno dell'edificio;*
- *Diverse esigenze degli utenti (diverse condizioni termoigrometriche – diverso illuminamento);*
- *Variazioni sostanziali degli elementi del fabbricato.*



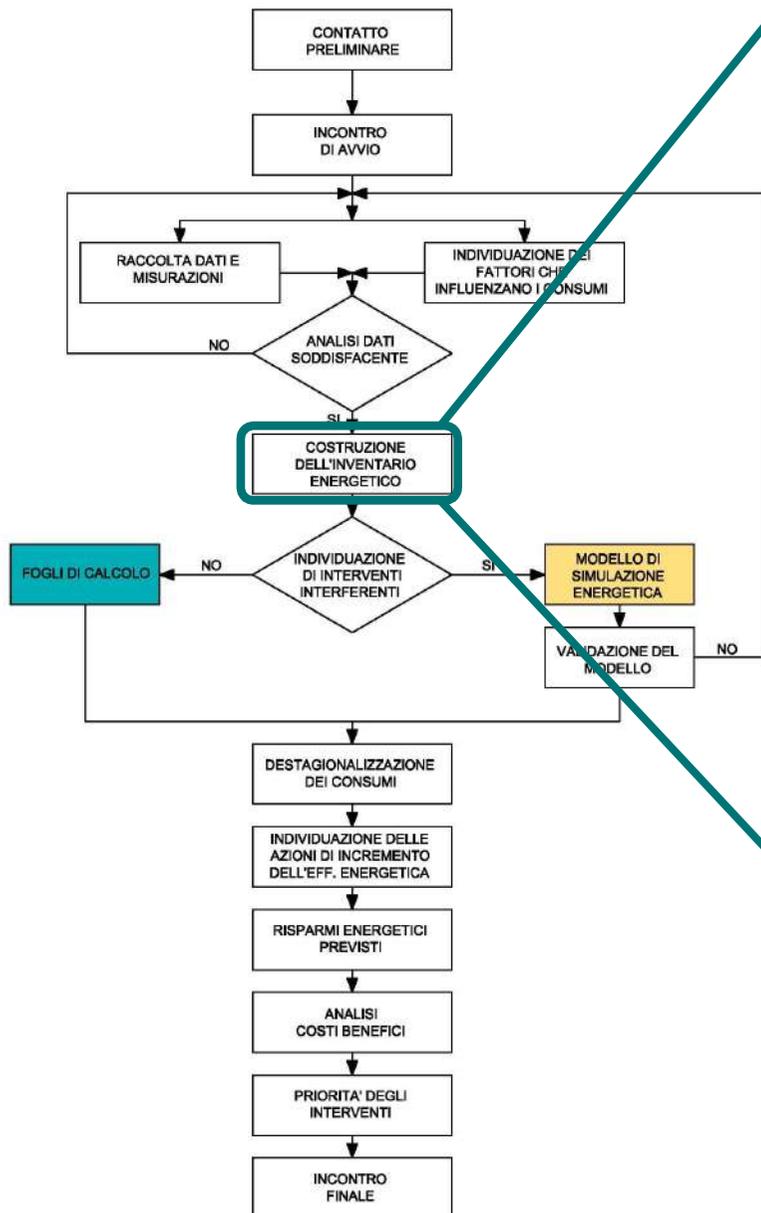


## CONSUMO DI RIFERIMENTO

Il *consumo di riferimento* si ottiene dalla media dei consumi dei tre anni in esame. Se l'andamento dei consumi di uno dei tre è differente rispetto a quello degli altri due, come nell'esempio, si analizzano le possibili cause ed, eventualmente, si decide di escludere l'utilizzo del consumo di quell'anno. Il *consumo di riferimento* è definito, in questo caso, come la media tra i due anni, tra loro, coerenti.



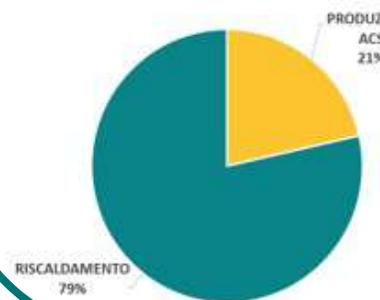
Media triennale.  
Analogo approccio  
per i consumi di  
energia elettrica.



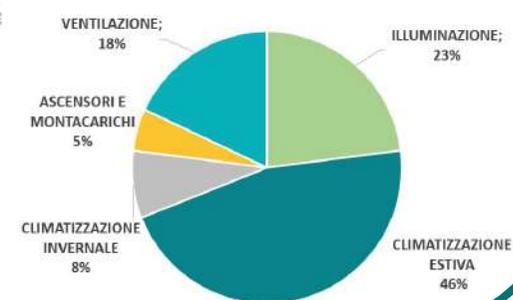
*I consumi reali, relativi ad ogni vettore energetico (energia elettrica e combustibili), vanno ripartiti secondo i servizi energetici presenti, che, in accordo con il D.M. 26 giugno 2015 (Requisiti minimi), sono:*

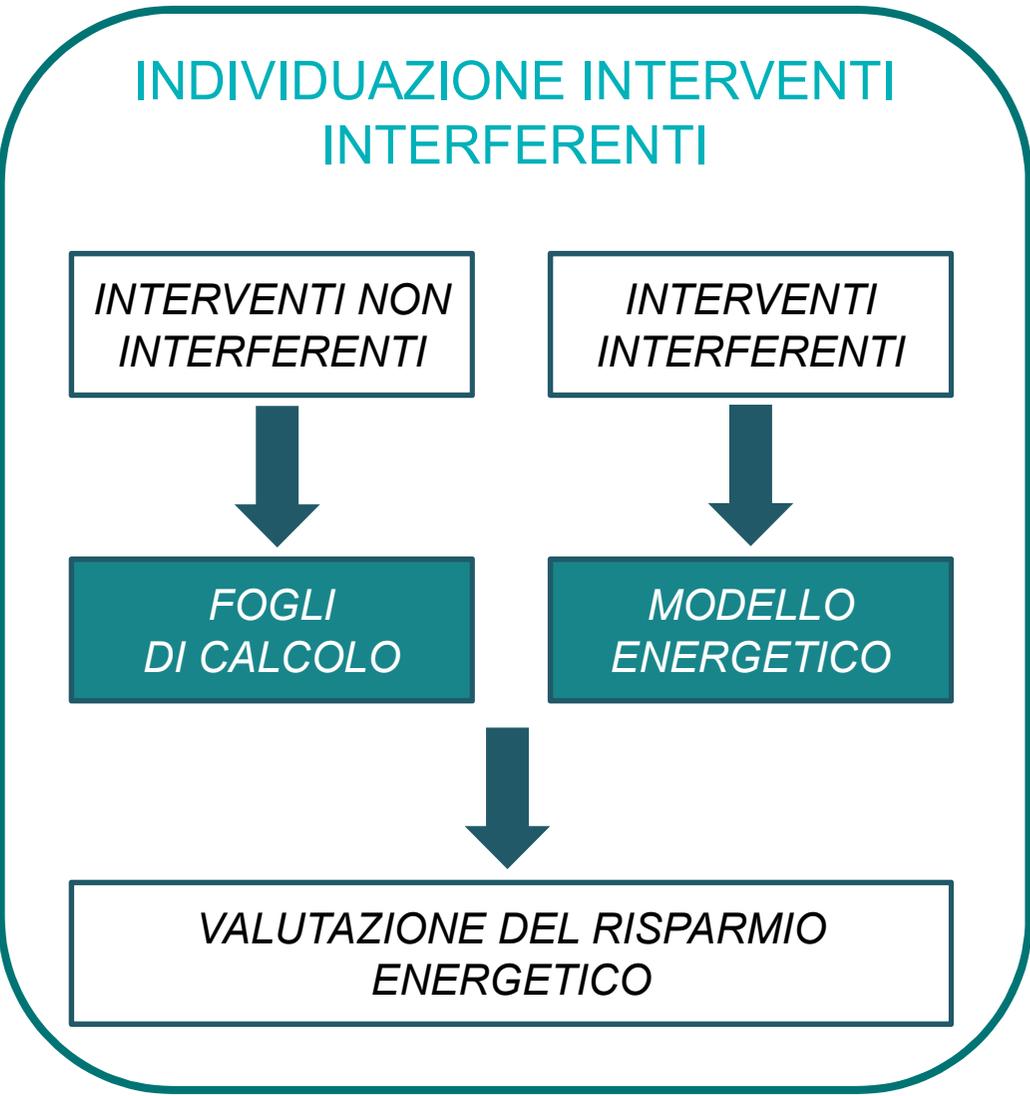
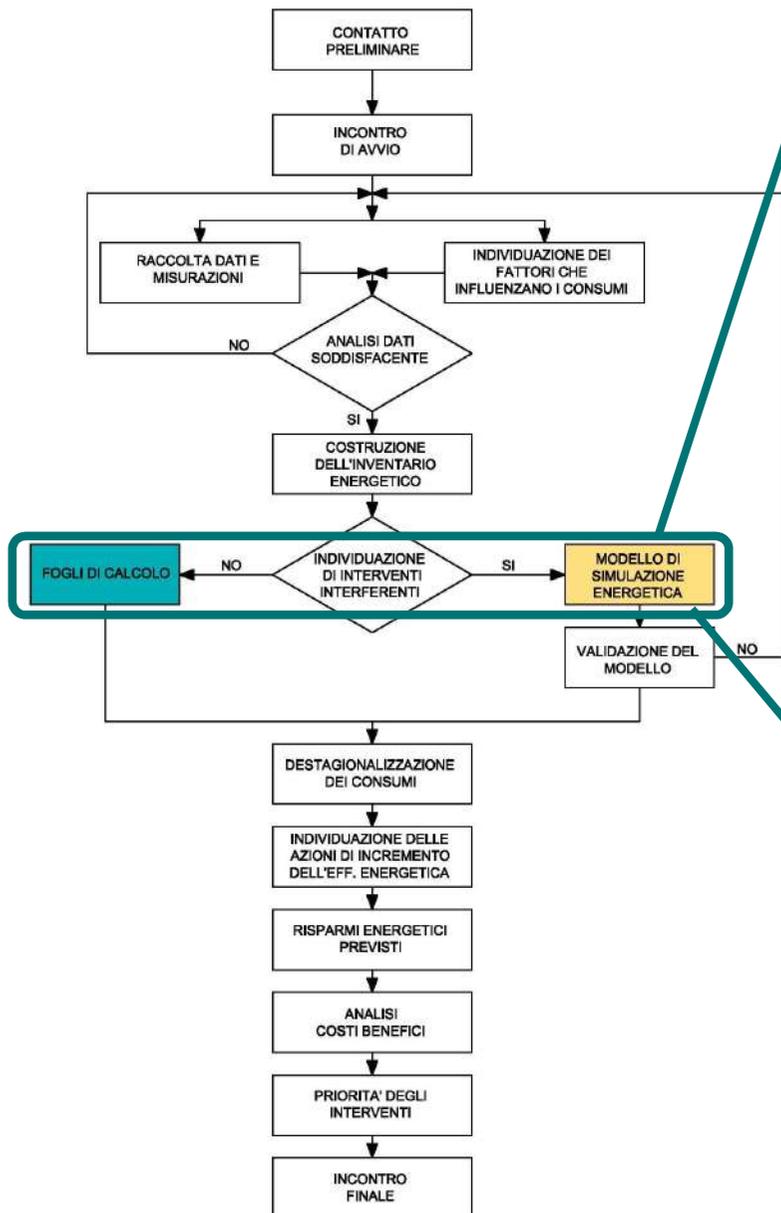
- climatizzazione invernale
- climatizzazione estiva
- produzione di ACS
- illuminazione
- ventilazione
- ascensori e scale mobili

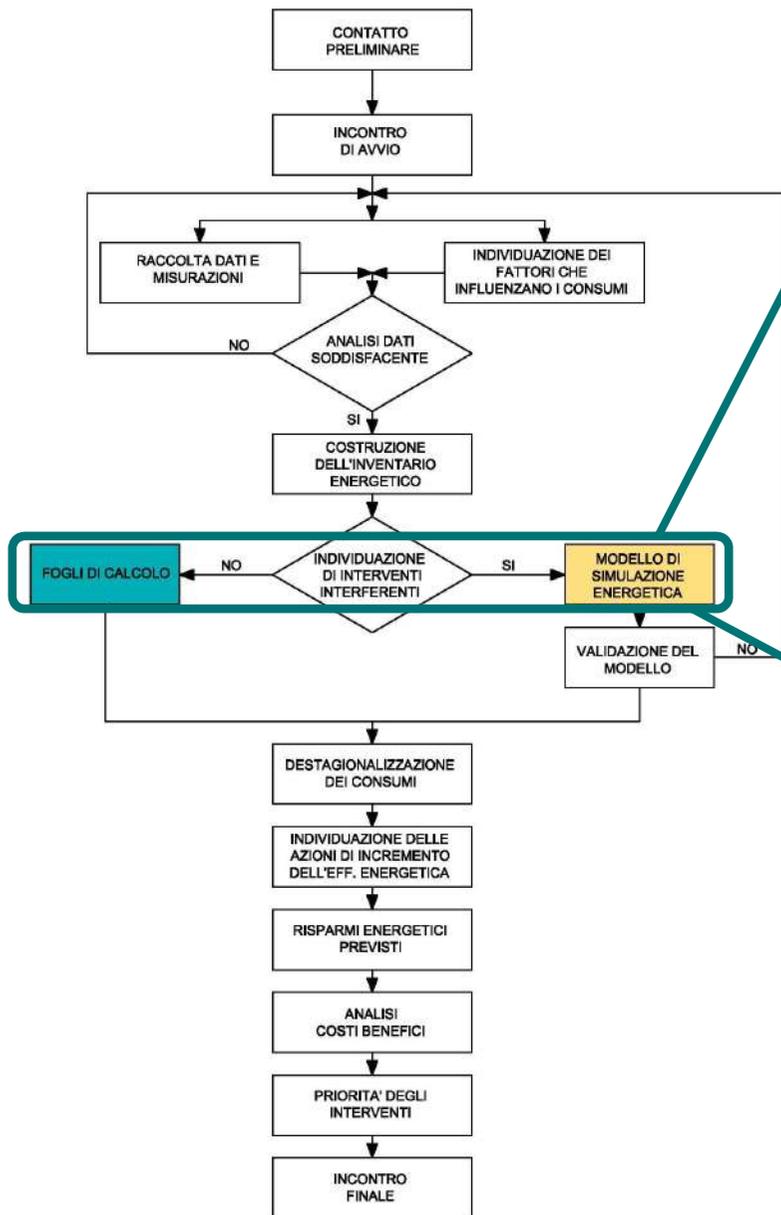
**CONSUMI DI GAS**



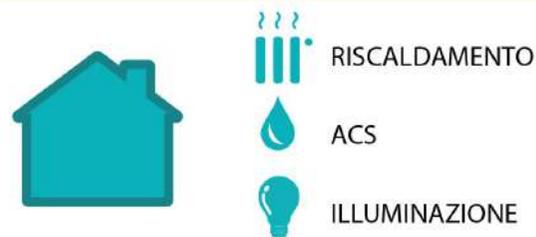
**CONSUMI DI EN. ELETTRICA**







## SERVIZI PRESENTI



### Interventi individuati:

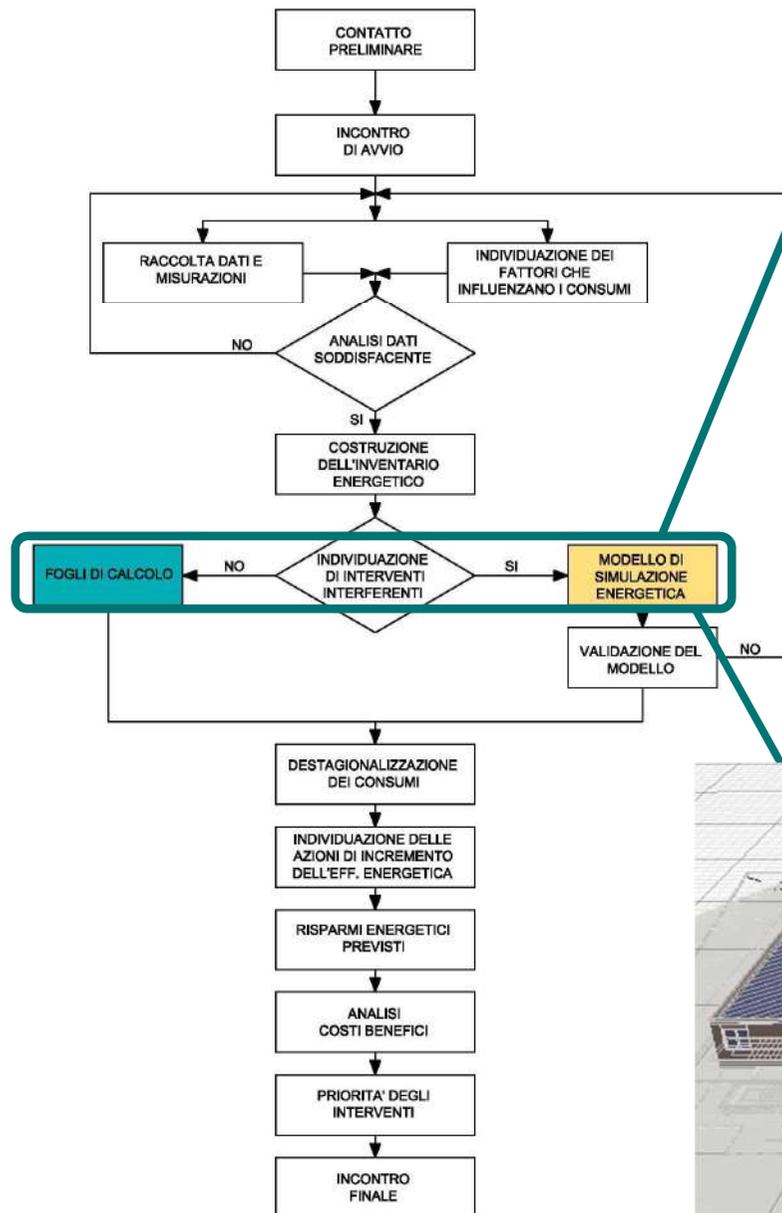
- VALVOLE TERMOSTATICHE
- LAMPADINE A LED



UTILIZZO DI FOGLI DI CALCOLO



ENERGIA E SOSTENIBILITÀ  
PER LA  
PUBBLICA AMMINISTRAZIONE



## SERVIZI PRESENTI



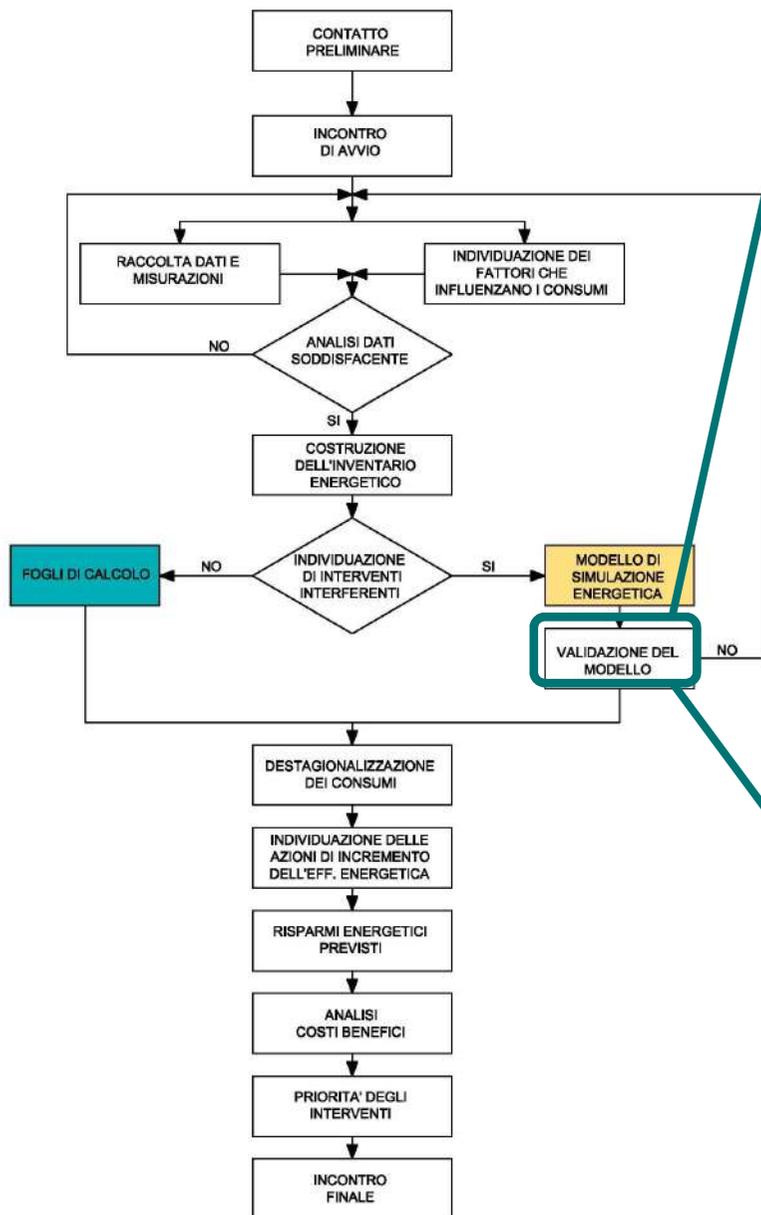
### Interventi individuati:

- ISOLAMENTO A CAPPOTTO
- SOSTITUZIONE CALDAIA



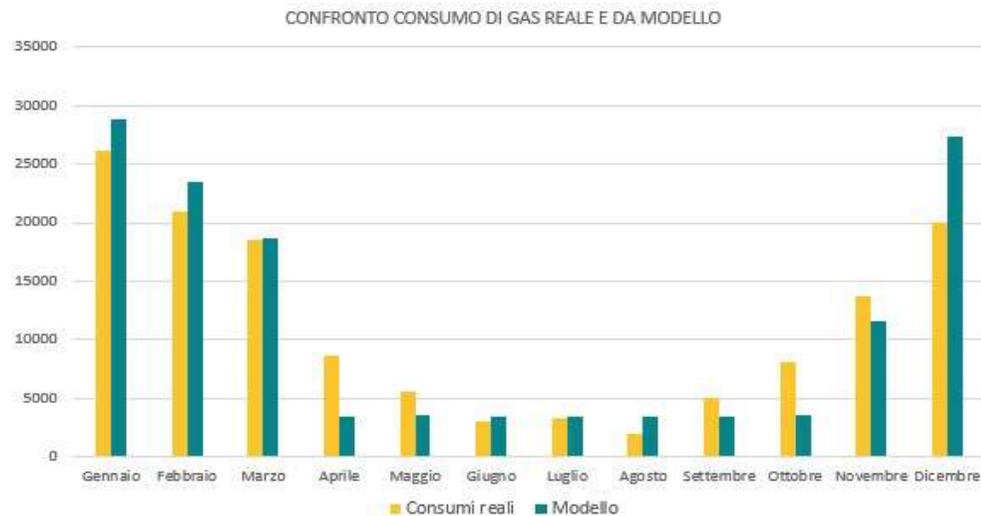
COSTRUZIONE MODELLO ENERGETICO





## VALIDAZIONE DEL MODELLO

- Confronto tra consumi di riferimento reali ( $C_e$ ) e consumi da modello in condizioni climatiche reali ( $C_o$ )

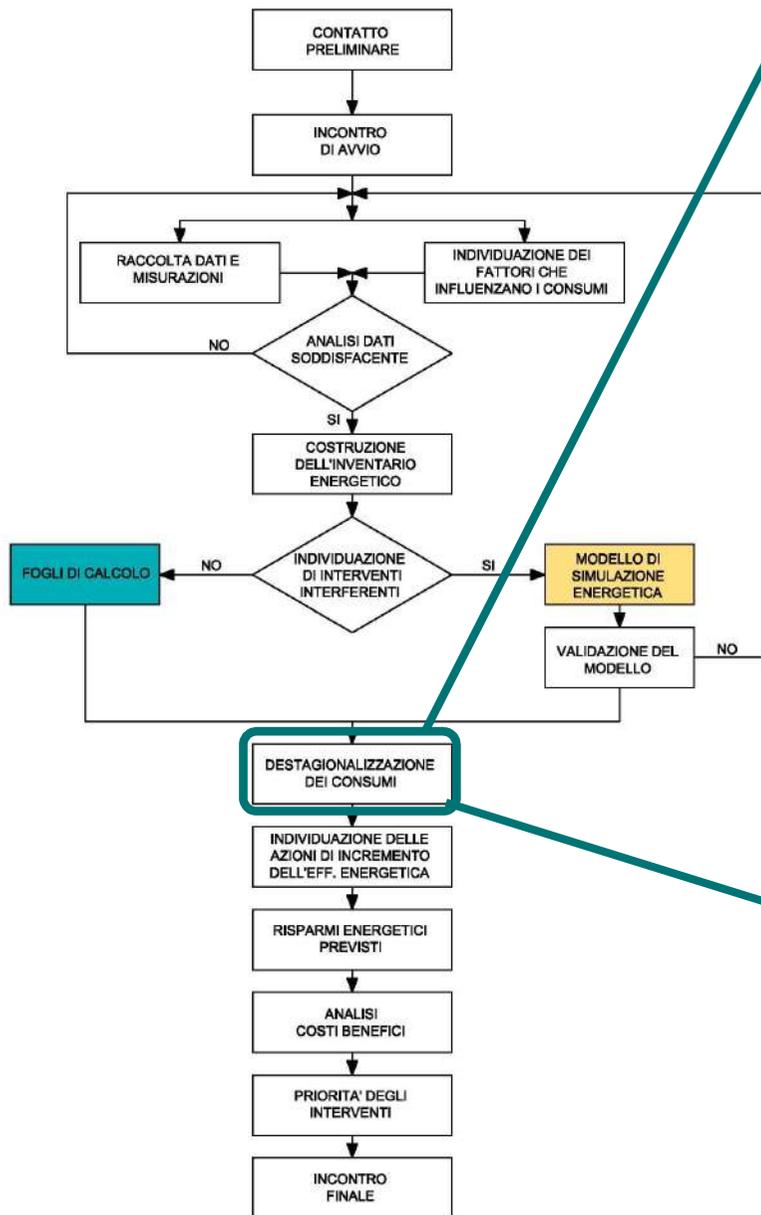


- Verifica dello scostamento tra i consumi

$$\frac{C_o - C_e}{C_e} \leq 0,1$$

La validazione è

condizione necessaria per proseguire



## DESTAGIONALIZZAZIONE DEI CONSUMI

*Validato il modello, occorre effettuare una nuova simulazione impostando i dati climatici standard. I risultati di questa simulazione diventeranno la base di confronto con i risultati delle simulazioni del modello su cui vengono inseriti gli interventi, svolte anch'esse in condizioni standard*



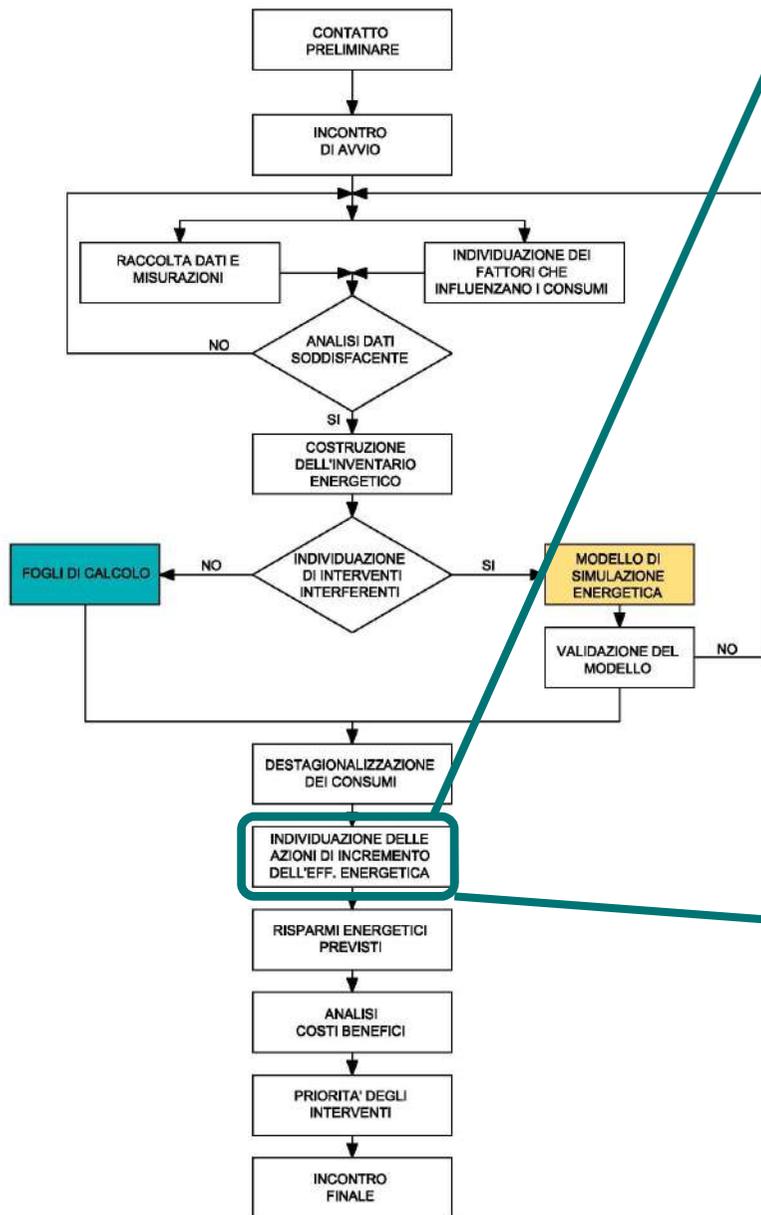
CONSUMO  
ANTE  
OPERAM



CONSUMO  
POST  
OPERAM

=  
RISPARMIO

**I modelli a confronto differiscono dal modello validato solo per i dati climatici**



## INTERVENTI

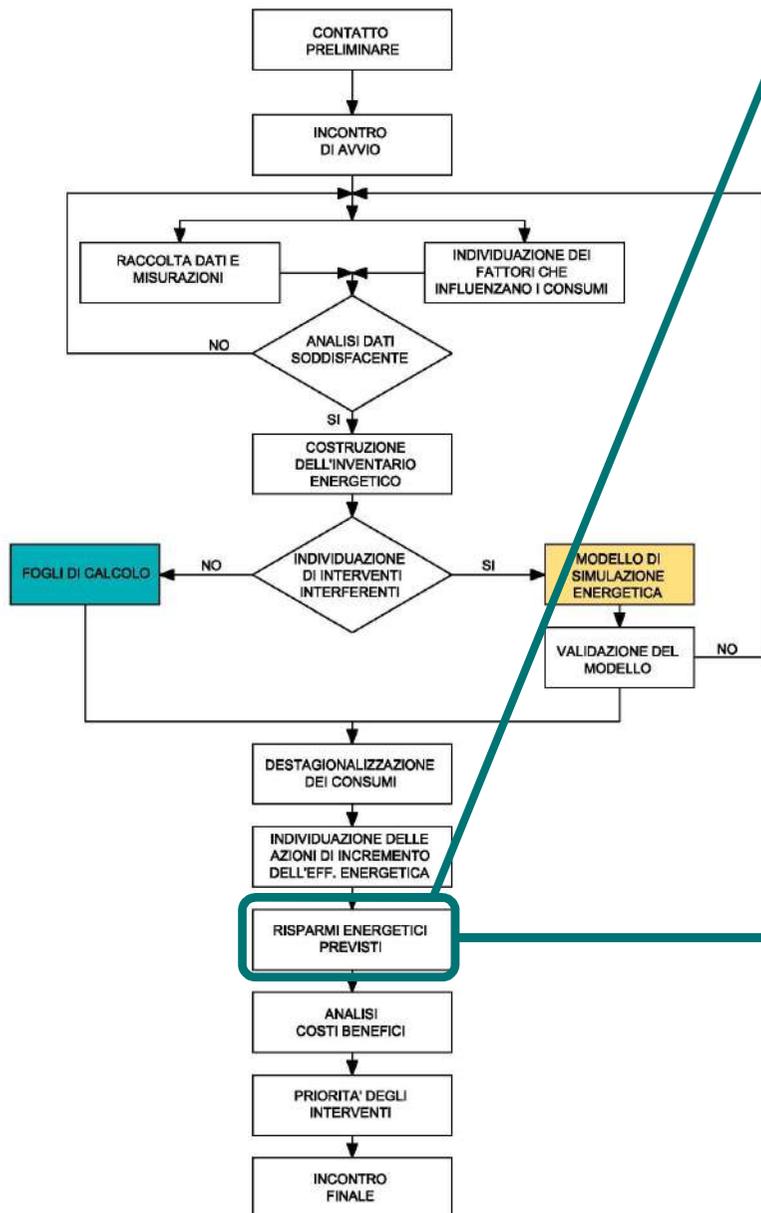
Schema di sintesi:

Interventi individuati

Area  
Involucro  
Impianti meccanici  
Impianti elettrici  
Fonti rinnovabili  
Altri interventi

<b>INV. 1</b> *	<b>INV. 3</b>	<b>INV. 4</b> **
Coibentazione del solaio sottotetto	Coibentazione interna delle pareti perimetrali	Sostituzione serramenti
<b>INM. 1</b> *	<b>INM. 2</b> *	<b>INM. 3</b> *
Sistema di Building Automation and Control System	Caldaia a Condensazione	Installazione valvole termostatiche sui radiatori
<b>INE. 1</b>	<b>INE. 2</b> *	<b>INE. 3</b> *
Sostituzione delle elettropompe con nuovi modelli ad alta efficienza e con inverter	Lampade a LED per gli spazi comuni	Sensori di presenza WC (60 ambienti)
<b>INF.1</b>	<b>INF.2</b>	
Fotovoltaico	Solare termico	
<b>INMO.1</b> *		
Monitoraggio dei consumi		

\* interventi raccomandati  
\*\* intervento economicamente non vantaggioso ma necessario



## RISPARMI ENERGETICI PREVISTI

Fabbisogno energia elettrica kWh/anno	Rif.	Risparmio energetico conseguibile			
		Energia elettrica		Gas naturale	
Fabbisogno gas metano Sm <sup>3</sup> /anno		kWh/anno	Rif1%	Sm <sup>3</sup> /anno	Rif2%

INVOLUCRO	Coibentazione dei solai esterni	INV.1			—	—
	Coibentazione del solaio sottotetto	INV.2			—	—
	Coibentazione pareti perimetrali	INV.3			—	—
	Sostituzione infissi	INV.4			—	—

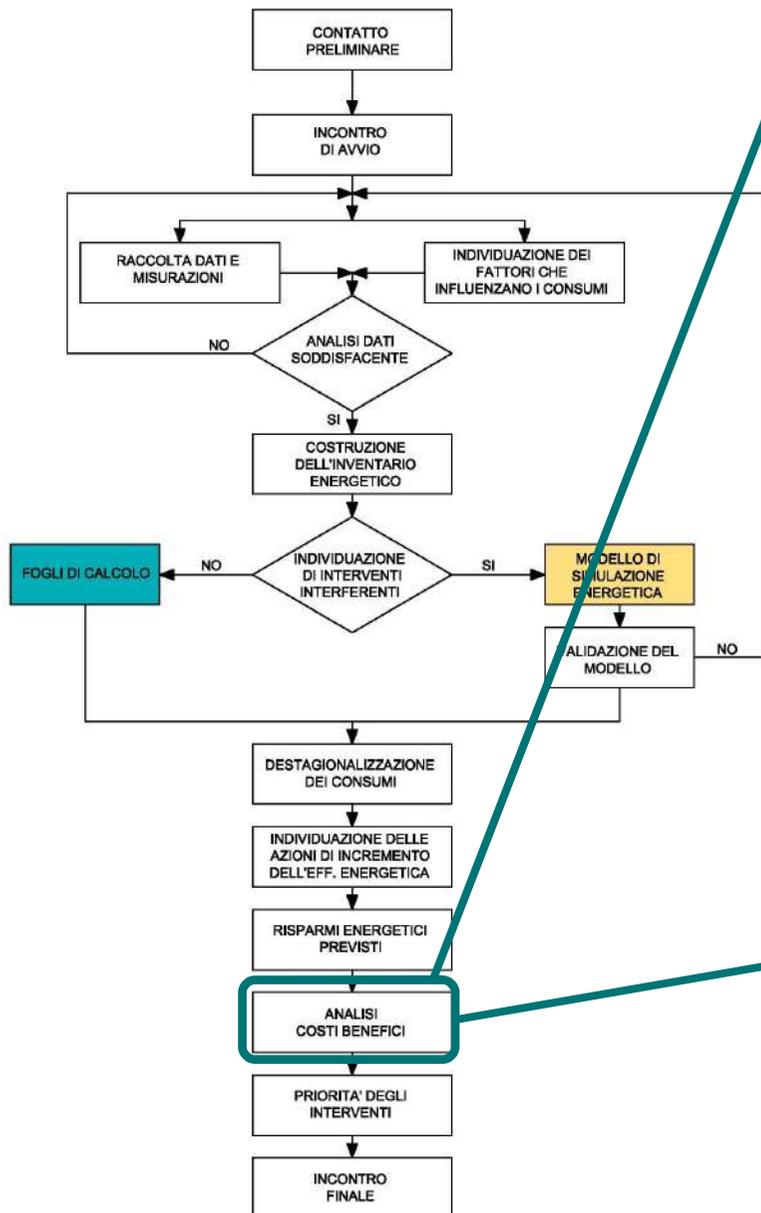
IMPIANTI MECCANICI	Sistema di Building Automation and Control System	INM.1	—	—	—	—
	Caldaia a condensazione	INM.2			—	—
	Valvole termostatiche radiatori	INM.3			—	—

IMPIANTI ELETTRICI	Elettropompe di circolazione	INE.1	—	—		
	Lampade LED corridoi	INE.2	—	—		
	Sensori presenza WC	INE.3	—	—		

FONTI RINNOVABILI	Fotovoltaico	INF.1	—	—		
	Solare termico	INF.2			—	—

SCENARIO COMPLETO	Tutti gli interventi	TOT	—	—	—	—
-------------------	----------------------	-----	---	---	---	---

*Ogni riga rappresenta il risparmio energetico conseguibile valutando il singolo intervento. La riga «scenario completo» tiene, invece, conto delle interferenze tra gli interventi*



## ANALISI COSTI-BENEFICI

Rif.	Descrizione intervento	Costo stimato	Risparmio atteso
			..... €
		Incentivi	Ritorno dell'investimento
			..... anni

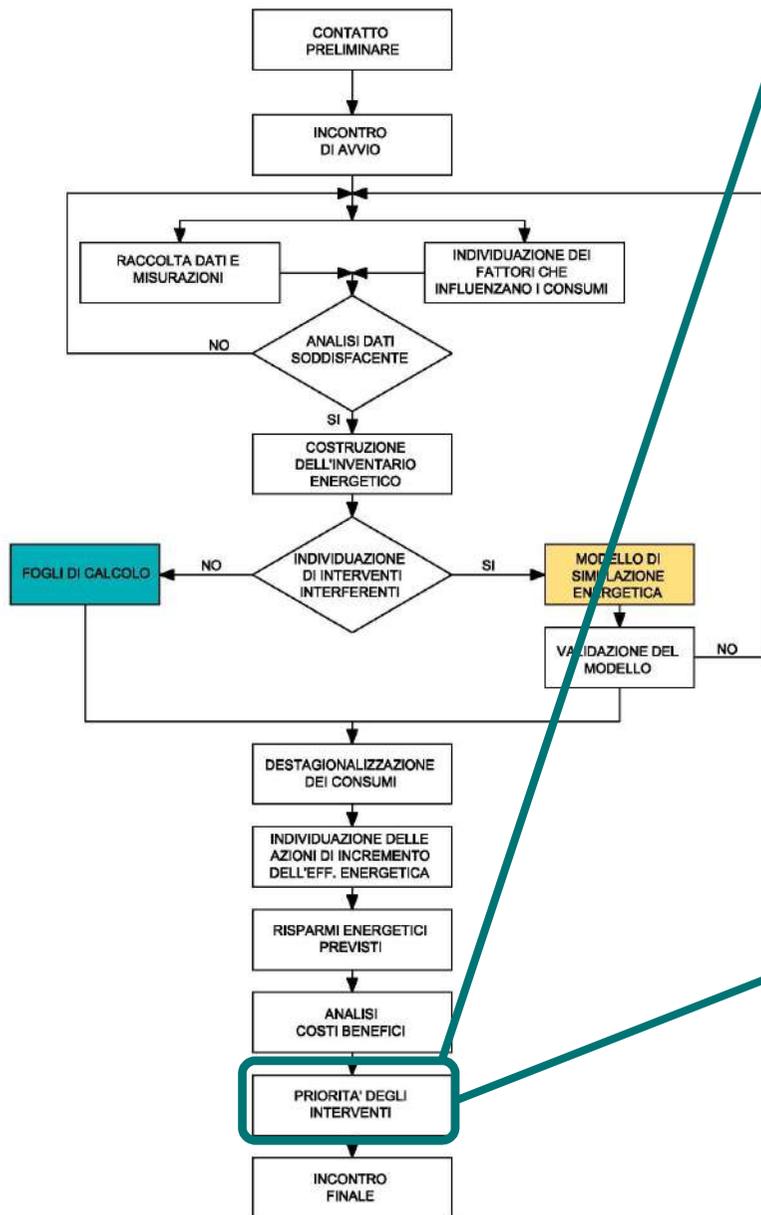
Di ciascun intervento, viene verificato il tempo di ritorno semplice che definisce la redditività dell'investimento

$$T_R = \frac{I_0}{FC}$$

Come flusso di cassa si considera il risparmio economico conseguente all'intervento, calcolato come il prodotto fra il prezzo unitario del vettore energetico e il risparmio energetico conseguito

$$FC = C_u \times R_e$$

Si individuano, inoltre, le possibili **misure incentivanti** a sostegno di ogni singolo intervento



## PRIORITA' DEGLI INTERVENTI

### SCENARIO ECONOMICAMENTE PIU' VANTAGGIOSO

Scenario	Intervento	Costo [€]	Risparmio [€]	Tempo di ritorno semplice [anni]
S.1	Coibentazione del solaio su pilotis con pannello in polistirene espanso	21.910	2.212	9,9
S.2	Sostituzione infissi in alluminio senza taglio termico con Infissi in PVC e doppi vetri 4-12-4	52.404	420	125
S.3	Sostituzione caldaia tradizionale con caldaia a condensazione	15.000	676	22
S.4	Installazione valvole termostatiche sui radiatori	5.000	570	8,8
S.5	Sostituzione corpi illuminanti con lampade Led	35.750	3.689	9,7
S.6	Sensori di presenza nei WC	320	1.067	<1
S.7	Sistema di Bulding automation and control system BACS Passaggio classe di automazione da C a B	8.000	1.284	6,2
<b>SCENARIO INTERVENTI CONSIGLIATI</b>				
<b>I risparmi dei singoli interventi NON SI SOMMANO</b>				
S1+S4+S5+S.6+S.7	-Coibentazione del solaio su pilotis -Installazione valvole termostatiche -Lampade Led -Sensori di presenza WC -Sistema BACS	70.980	7.058	10

*Gli interventi andranno valutati prima singolarmente e successivamente in scenari, in modo da individuare le interferenze e le priorità*

## Interventi

### INVOLUCRO

**INV. 1**  
Coibentazione  
del solaio  
pilotis



Costo dell'intervento:  
€ 21.910

Tempo di ritorno Semplice:  
9,9 anni

**INV. 2**  
Sostituzione  
dei serramenti



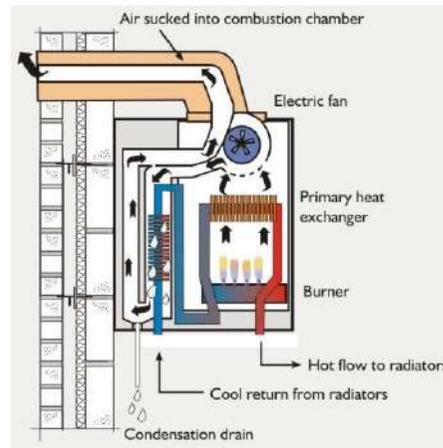
Costo dell'intervento:  
€ 52.404

Tempo di ritorno Semplice:  
125 anni

## Interventi

### IMPIANTI MECCANICI

**IM. 1**  
Sostituzione  
caldaia esistente



Costo intervento:  
€ 15.000

Tempo di ritorno Semplice:  
22 anni

**IM. 2**  
Installazione valvole  
termostatiche su radiatori



Costo intervento:  
€ 5.000

Tempo di ritorno Semplice:  
8,8 anni

## Interventi

### IMPIANTI ELETTRICI

**IE. 1**  
Lampade a  
LED per gli  
spazi comuni



Costo intervento:  
€ 35.750

Tempo di ritorno  
Semplice: 9,7 anni

**IE. 2**  
Sensori di  
presenza WC



Costo intervento:  
€ 320

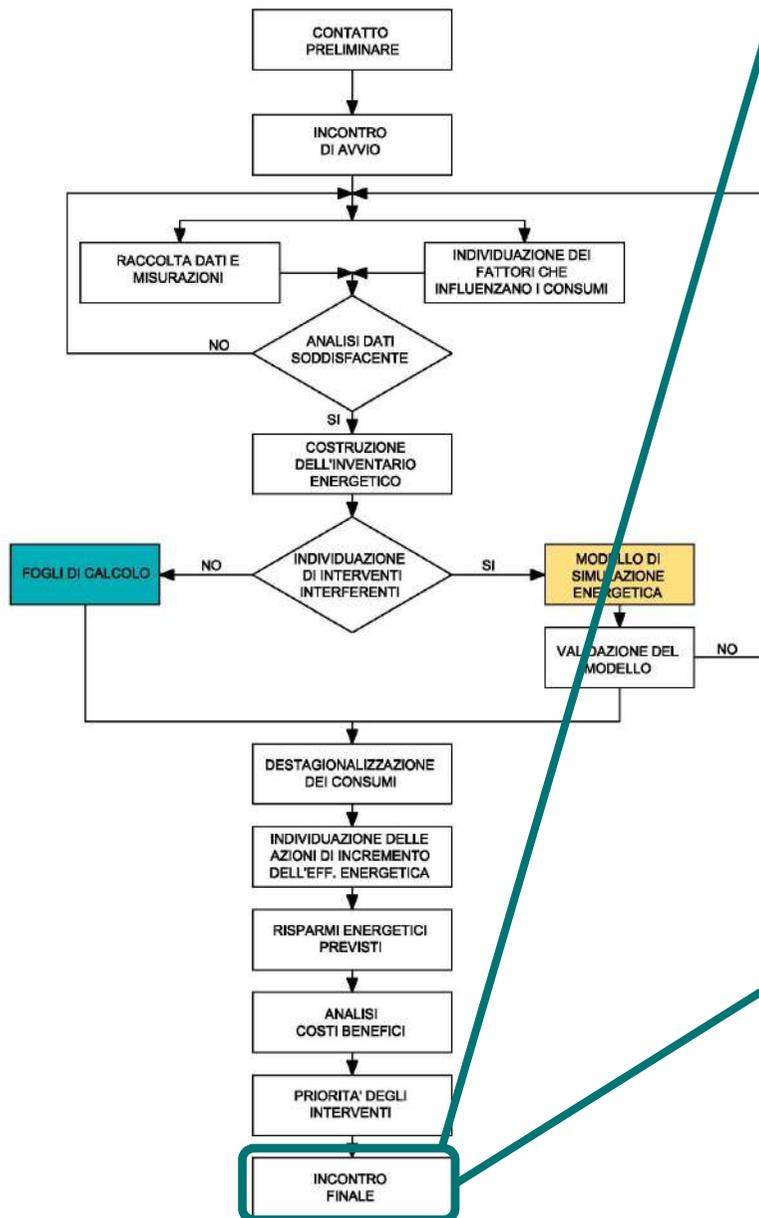
Tempo di ritorno  
Semplice: < 1 ANNO

## Prestazione energetica Ante e Post operam

(Interventi S1+S4+S5)

Tipo di valutazione A2 - APE





## REPORT DI DE

1. **PREMESSA**
2. **PRESENTAZIONE GENERALE DEL SITO**
3. **DESCRIZIONE DEL SISTEMA EDIFICIO IMPIANTO**
  1. **Involucro**
    1. Pareti verticali esterne
    2. Copertura
    3. Solai inferiori
    4. Solai intermedi
    5. Serramenti
  2. **Sistemi di climatizzazione invernale/estiva e di produzione di ACS**
    1. Impianto di riscaldamento
    2. Impianto produzione di acqua calda sanitaria
    3. Impianto di ventilazione meccanica controllata
    4. Impianto di climatizzazione estiva
    5. Sistemi di termoregolazione
  3. **Impianto elettrico**
    1. Illuminazione
4. **ANALISI DEI CONSUMI ENERGETICI**
  1. Metano
  2. Energia elettrica
  3. Principali indicatori di prestazione energetica
  4. Fabbisogno di energia primaria ed emissioni di CO<sub>2</sub>
  5. Valutazione dei costi per l'approvvigionamento energetico e per la gestione
5. **SIMULAZIONE SISTEMA EDIFICIO IMPIANTO**
  1. Risultati simulazione sistema edificio impianto
  2. Validazione del modello
6. **INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA**
  1. Individuazione delle potenziali aree d'intervento
  2. Interventi sull'involucro
  3. Interventi sugli impianti meccanici
  4. Interventi sugli impianti elettrici
  5. Monitoraggio dei consumi
  6. Utilizzo di fonti rinnovabili
  7. Misure di formazione e sensibilizzazione degli utenti
  8. Scenari di intervento e analisi costi benefici
7. **CONCLUSIONI**

Grazie per  
l'attenzione

Ing. Carmen Lavinia  
carmen.lavinia@enea.it  
nicolandrea.calabrese@enea.it



ENERGIA E SOSTENIBILITÀ  
PER LA  
PUBBLICA AMMINISTRAZIONE