



Incrementare il valore degli edifici civili e industriali
*Il valore dell'affidabilità delle misure, prove e certificazioni
nella Diagnosi Energetica*

18 Aprile 2012

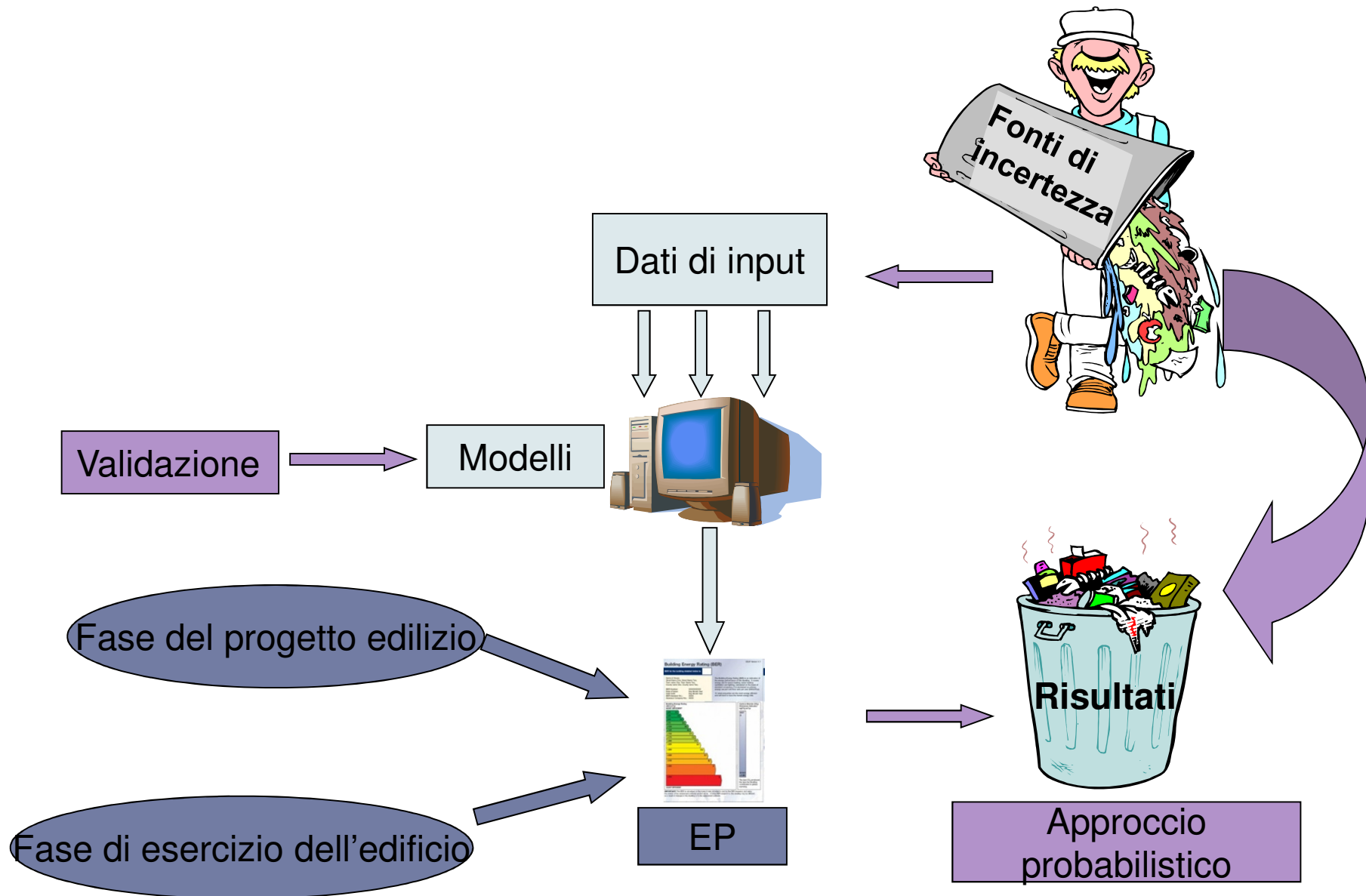
Fattori di incertezza nella certificazione energetica

prof. Vincenzo Corrado
Dipartimento Energia, Politecnico di Torino

Valutazione energetica (*energy rating*) dell'edificio

Tipo di valutazione		Dati di ingresso		
		Utenza	Clima	Edificio
A1	Sul progetto (<i>Design Rating</i>)	Standard	Standard	Progetto
A2	Standard (<i>Asset Rating</i>)	Standard	Standard	Reale
A3	Adattata all'utenza (<i>Tailored rating</i>)	Reale	Reale	Reale

Qualità dei dati di input nella certificazione energetica



Intervalli di confidenza (UNI EN 15603)

- ▶ Il risultato di una valutazione energetica non rappresenta i consumi di energia dell'edificio in modo esatto, con un errore che dipende dall'**incertezza dei dati di input** :
 - ▶ caratteristiche del sistema fabbricato - impianti
 - ▶ condizioni climatiche
 - ▶ modalità di utilizzo dell'edificio
- ▶ Attorno al valore di consumo calcolato è possibile definire un **intervallo di confidenza**, che rappresenta l'intervallo entro il quale con una data probabilità (es. 95% o 99%) si trova il valore reale di consumo.

Stima dell'intervallo di confidenza (UNI EN 15603)

L'intervallo di confidenza del consumo di energia può essere stimato:

- ▶ dalla dispersione di molte misure dello stesso dato; se la distribuzione è Gaussiana:

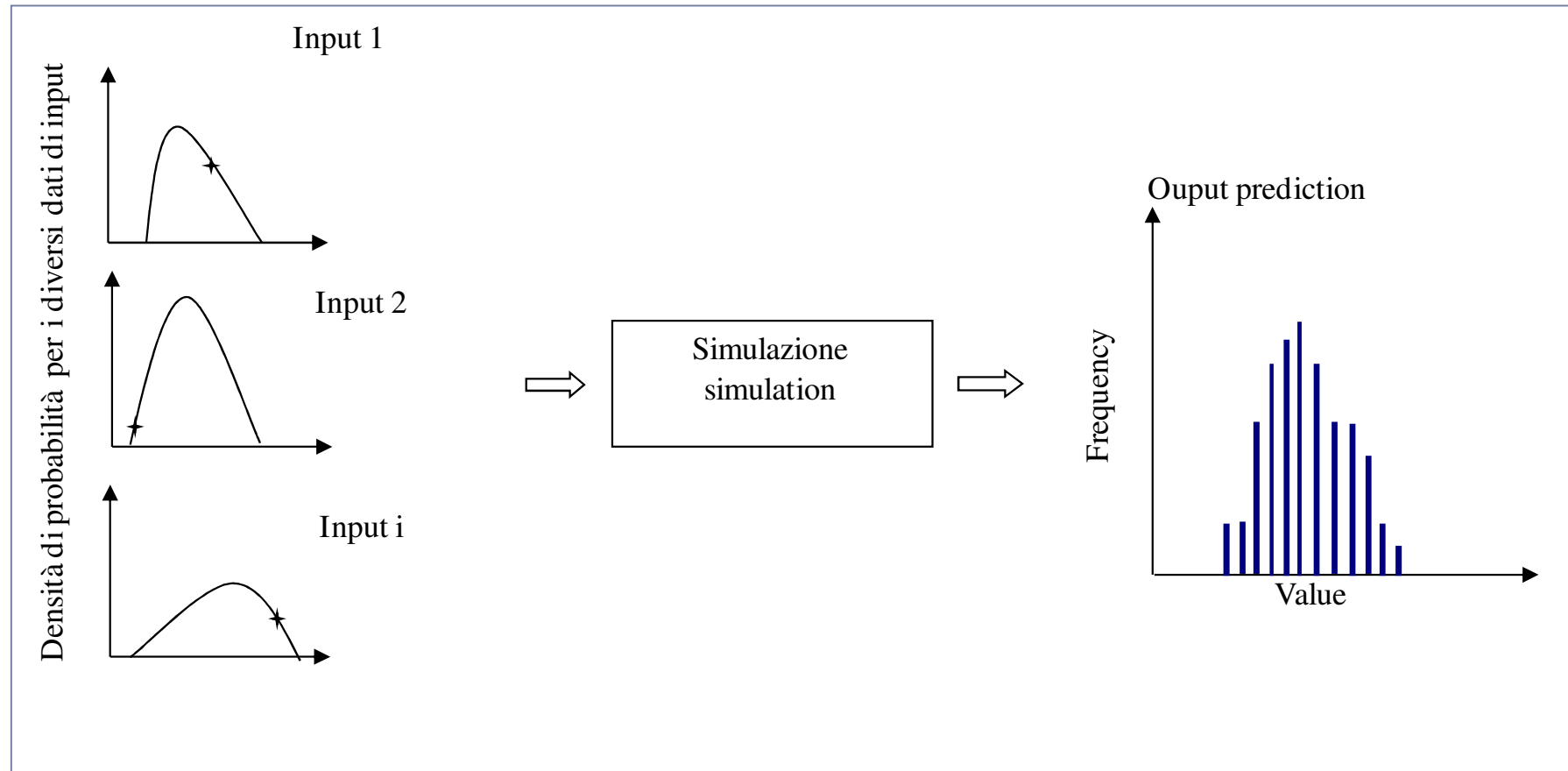
$$\rightarrow \delta x = \frac{s(x)}{\sqrt{N}} T(P, N - 2)$$

- ▶ combinando gli intervalli di confidenza delle variabili usate per calcolare il dato di consumo;

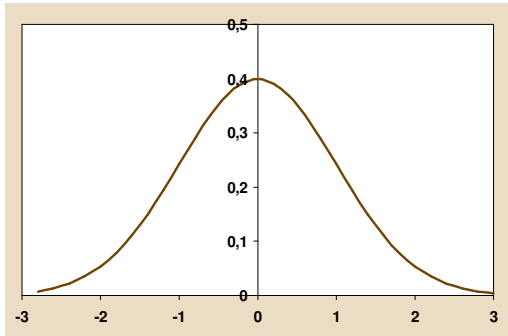
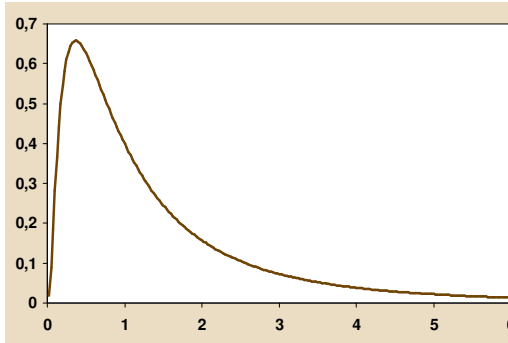
$$\rightarrow \delta y = \sqrt{\sum_i \left(\frac{\delta y}{\delta x_i} \right)^2 (\delta x_i)^2}$$

- ▶ attraverso il **metodo Monte-Carlo**.

L'applicazione del metodo Monte-Carlo

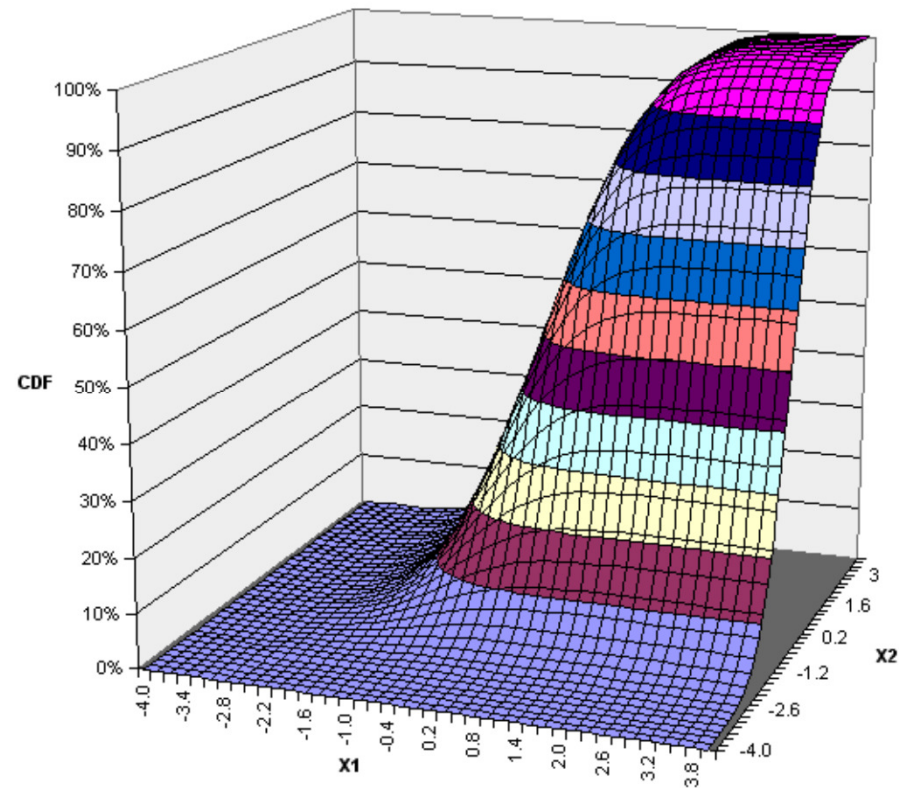
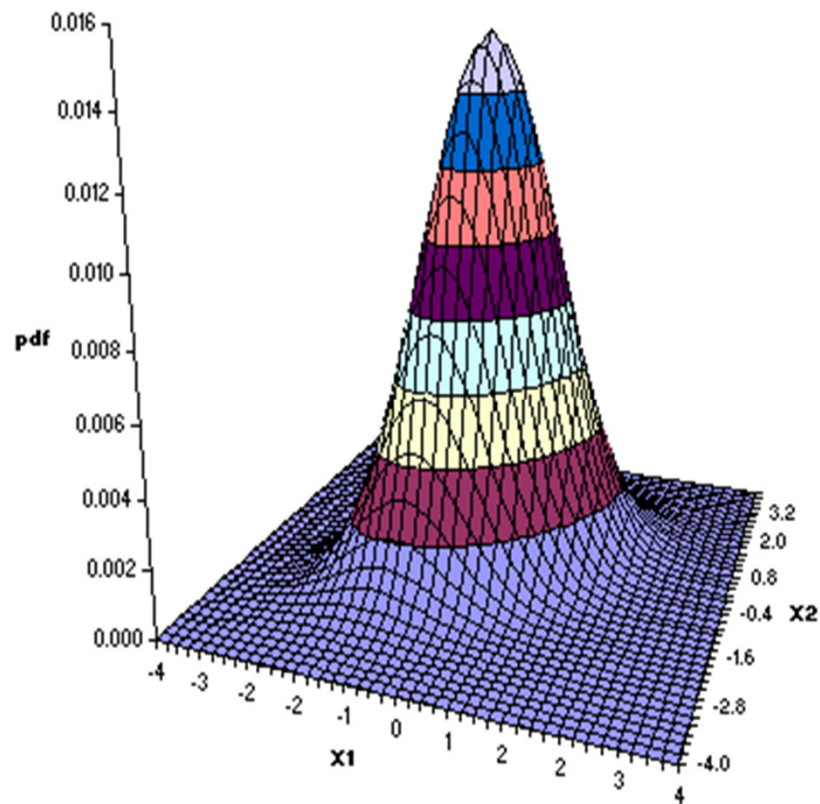


Fattori d'incertezza nella determinazione dei consumi

Variabile	Tipo di distribuzione
<ul style="list-style-type: none">• Temperatura interna• Orientamento delle superfici	
<ul style="list-style-type: none">• Portata d'aria per infiltrazioni e per ventilazione artificiale• Tempo di utilizzo• Consumi elettrici• Numero di occupanti• Area, volume, perimetro, lunghezze, spessori• Trasmittanza termica, trasmittanza termica lineare• Coefficiente di assorbimento, emissività• Fattore telaio, fattore di ombreggiamento• Capacità termica della struttura• Rendimenti impiantistici	

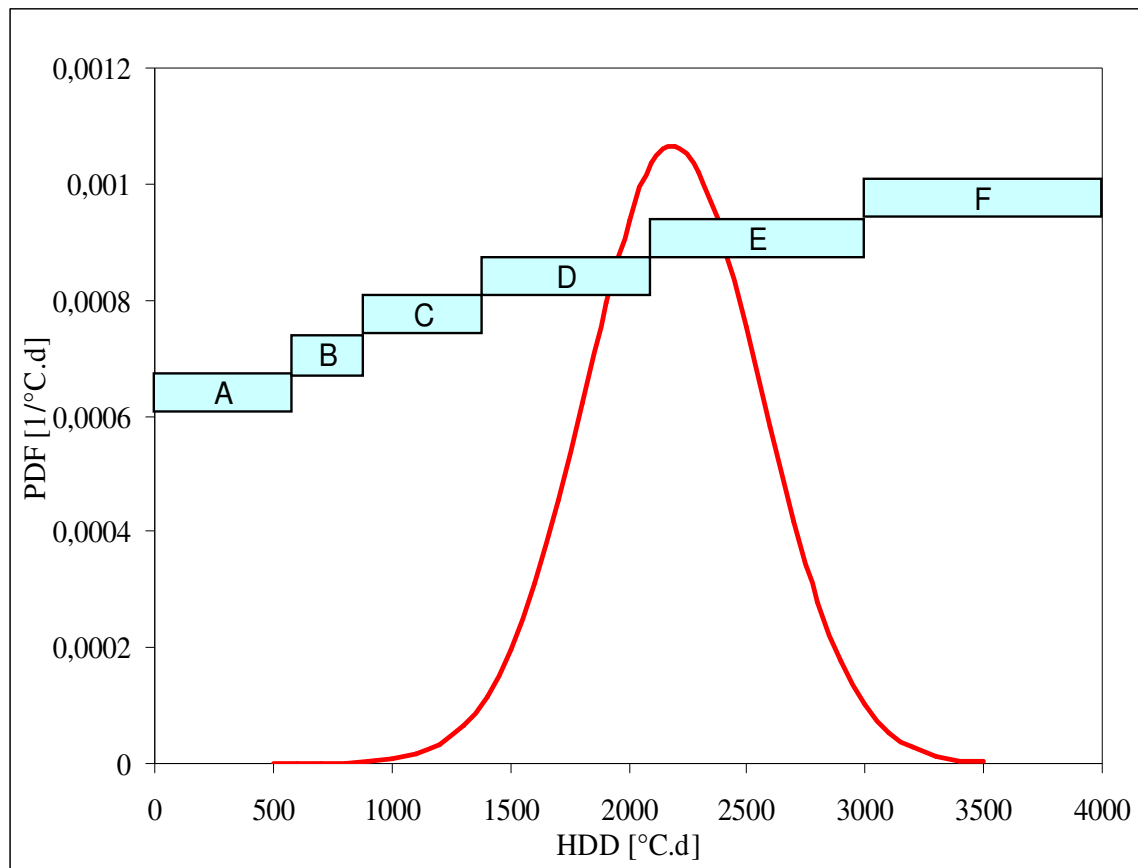
L'incertezza sui dati climatici

La temperatura e la radiazione solare globale orizzontale sono correlate secondo una distribuzione normale bi-variabile

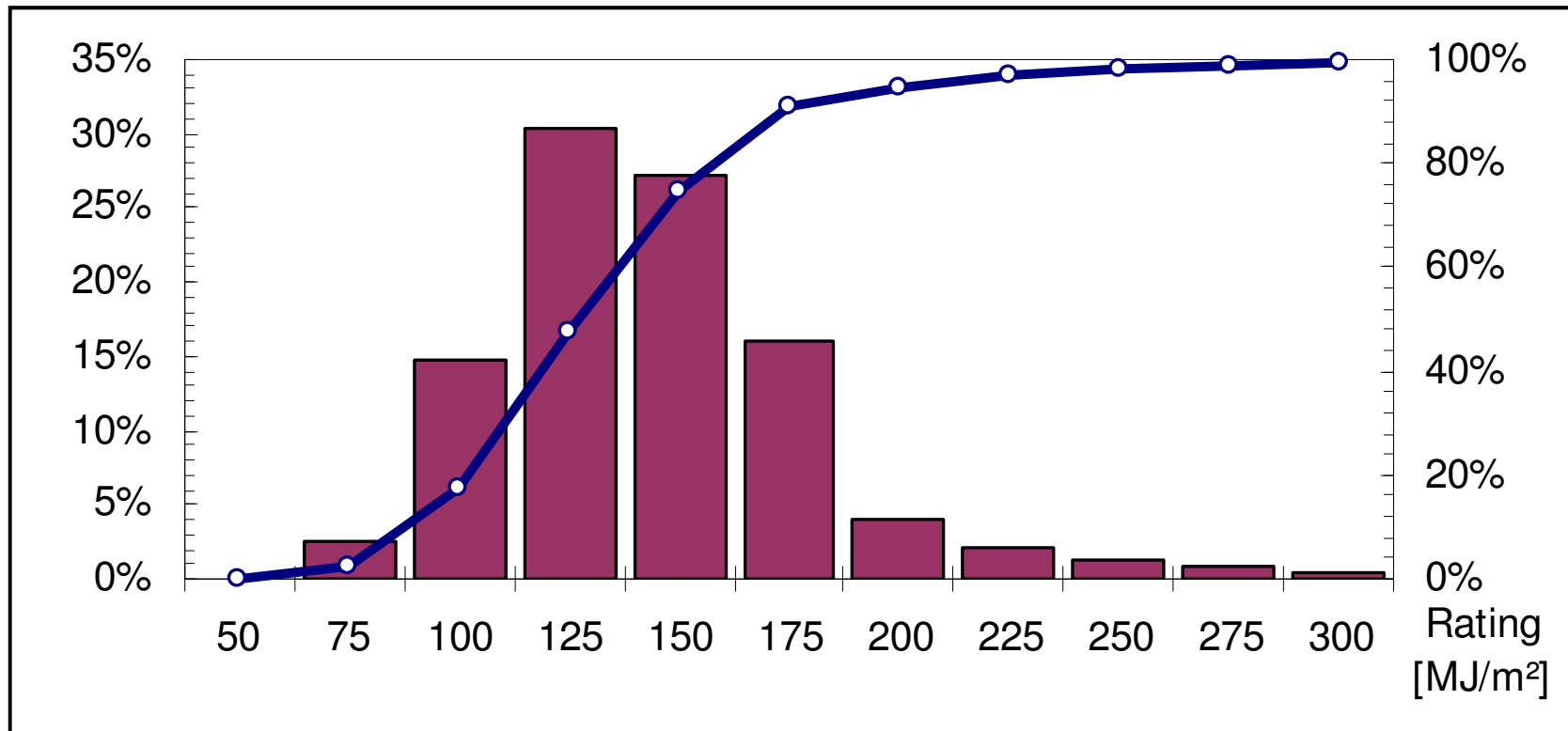


L'incertezza sui dati climatici

Distribuzione statistica dei gradi giorno a Torino

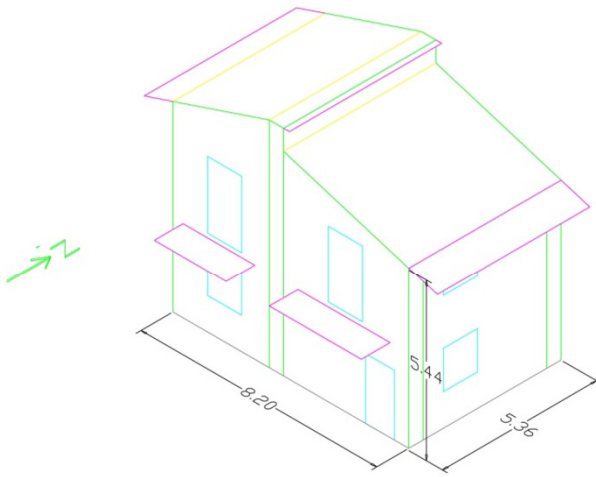


Esempio di distribuzione del fabbisogno di energia

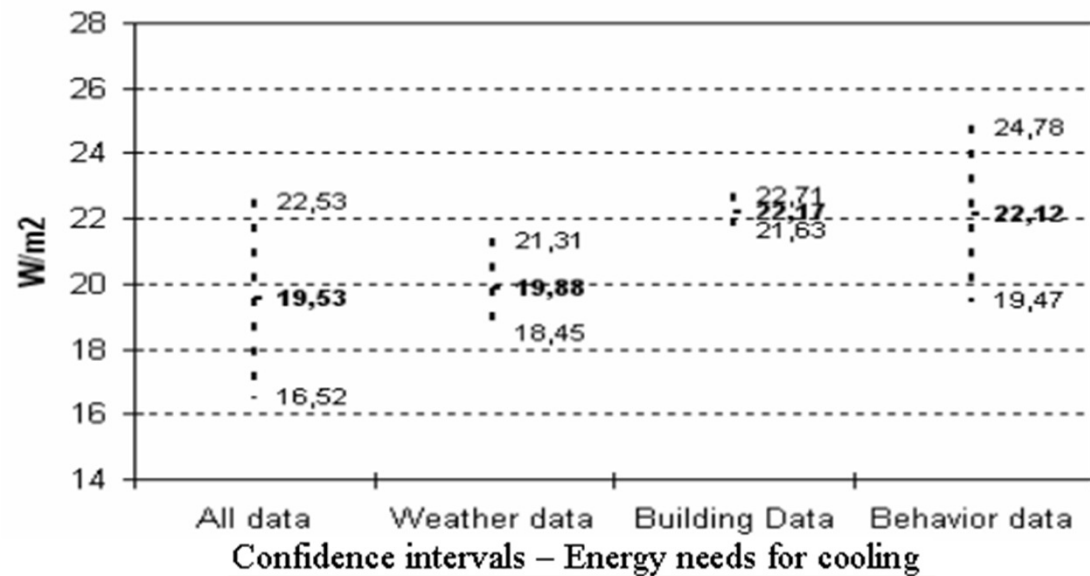
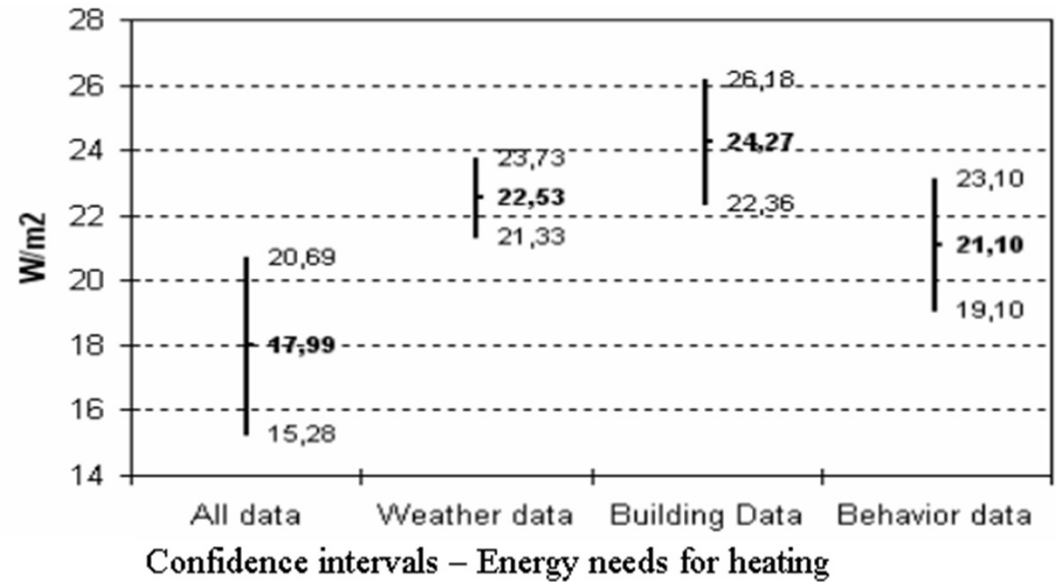


Fonte UNI EN
15603

Analisi dell'incertezza per un appartamento a Torino

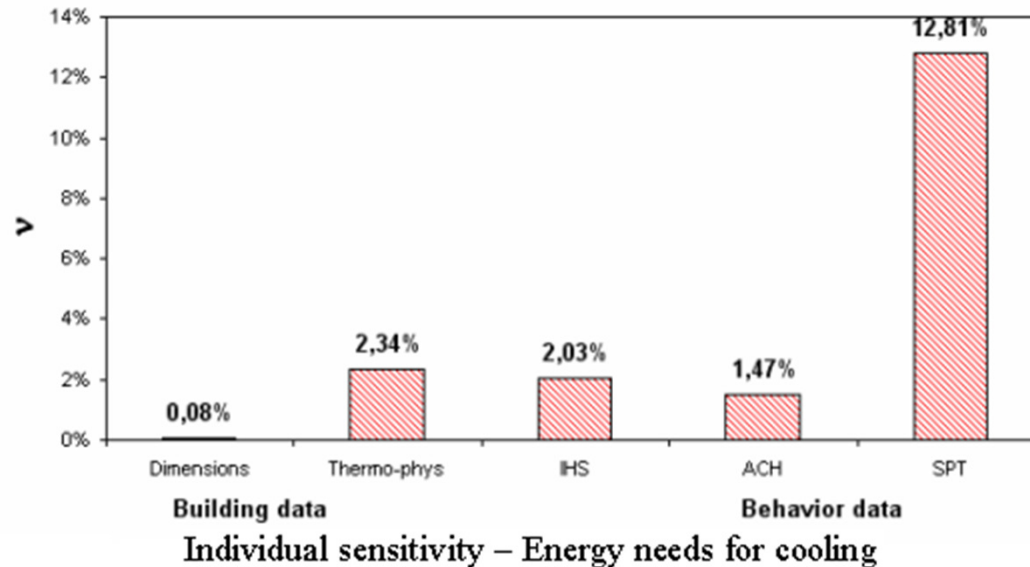
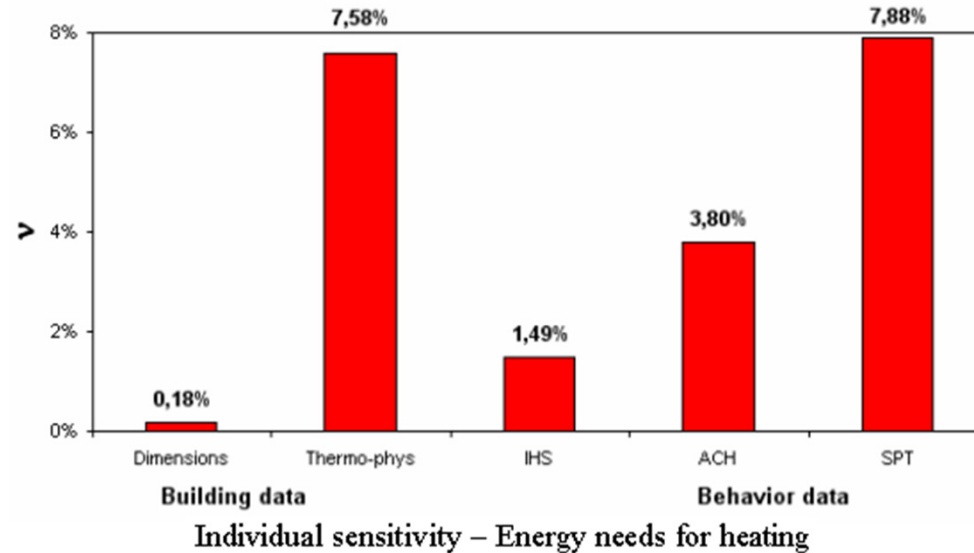


Intervalli di confidenza



Analisi dell'incertezza per un appartamento a Torino

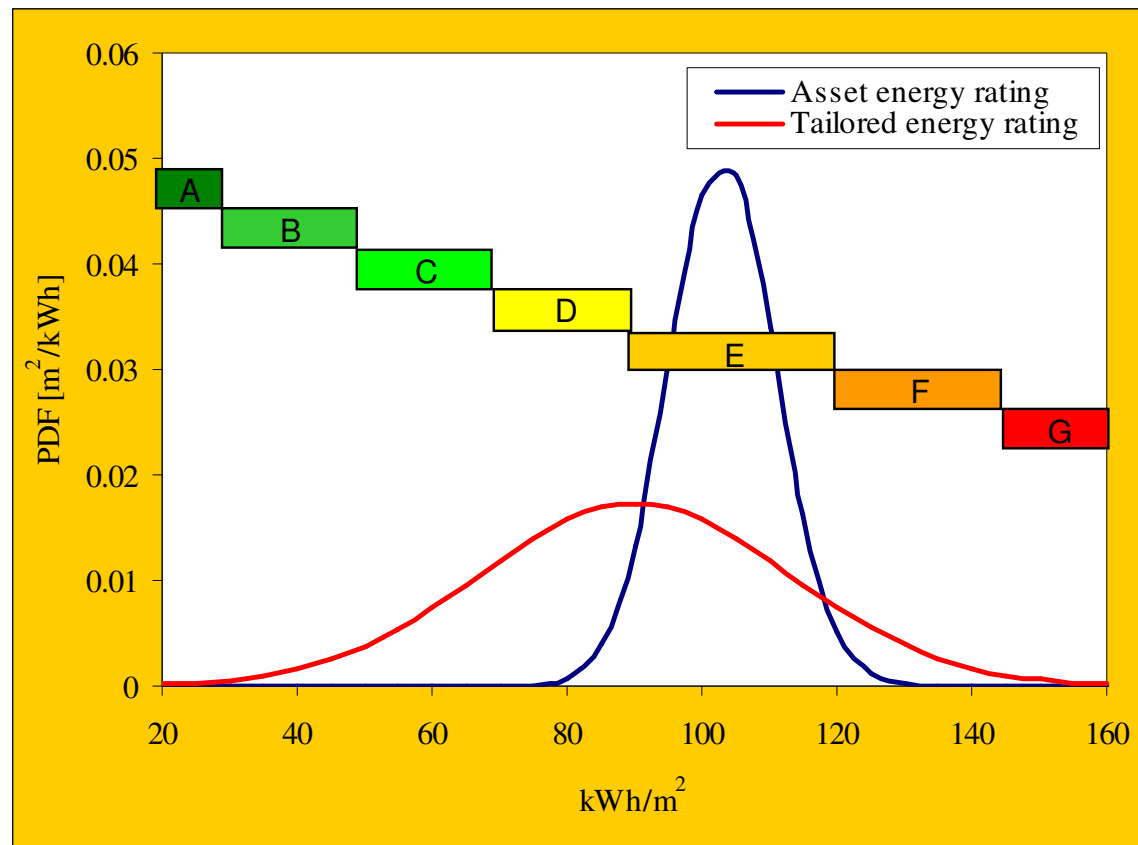
Indice di sensibilità del fabbisogno di energia, pari al rapporto tra lo scarto quadratico medio e il valore medio



Analisi dell'incertezza per un appartamento a Torino

L'analisi di incertezza
effettuata considera 129 dati
di input:

- climatici
- dell'edificio
- dell'utenza



Analisi dell'incertezza per un appartamento a Torino

	Classe	A+	A	B	C	D	E	F	G
Valutazione energetica standard	Probabilità	0%	0%	0%	0%	5%	93%	2%	0%
Valutazione energetica adattata all'utenza	Probabilità	0%	1%	4%	15%	31%	40%	8%	1%

È importante associare:

- una valutazione energetica adattata all'utenza (diagnosi energetica) oppure

- una valutazione d'esercizio (misura dei consumi) alla valutazione energetica standard (certificazione energetica) per evidenziare

l'influenza del **comportamento dell'utente** sulla prestazione energetica.

COME RIDURRE L'INCERTEZZA DI UNA VALUTAZIONE energetica

- ▶ Utilizzo di materiali, prodotti e componenti certificati
- ▶ **Rilievo** delle caratteristiche del fabbricato e degli impianti
- ▶ **Misura in campo** delle prestazioni dei componenti edili ed impiantistici
- ▶ Misura dei dati climatici
- ▶ Rilievo e misura in campo d'utenza
- ▶ **Confronto** tra fabbisogni energetici calcolati e consumi reali

rilevo e misura delle prestazioni dell'involucro edilizio

- ▶ Trasmittanza termica dei **componenti opachi**
 - rilievo mediante effettuazione di un piccolo foro e controllo attraverso un endoscopio
 - misura in situ della trasmittanza termica del componente attraverso l'uso del termoflussimetro (ISO 9869)
- ▶ Trasmittanza termica e fattore solare dei **componenti trasparenti**
 - misura dei parametri dimensionali
 - identificazione del materiale del telaio e del tipo di vetrata
 - misura in situ della trasmittanza termica del vetro attraverso l'uso del termoflussimetro (ISO 9869)
 - misura in situ della trasmittanza solare
- ▶ Caratteristiche termiche dei **ponti termici**
 - esame termografico per la rivelazione delle irregolarità termiche (UNI EN 13187)
- ▶ **Permeabilità all'aria** dell'involucro
 - misura con pressurizzazione mediante ventilatore (UNI EN 10297)

Rilievo dati di utenza

▶ **Temperatura interna**

- misura della temperatura sull'estrazione degli impianti di ventilazione
- monitoraggio con data-logger in ambienti rappresentativi
- rilevamento dei valori di set-point dei termostati ambiente

▶ **Infiltrazione d'aria e ventilazione**

- stima delle portate d'aria delle unità di trattamento aria
- misure con l'uso dei gas traccianti (UNI EN ISO 12569)
- monitoraggio delle concentrazioni di CO₂

▶ **Apporti termici interni**

- rilievo dei profili di occupazione
- lettura delle bollette elettriche

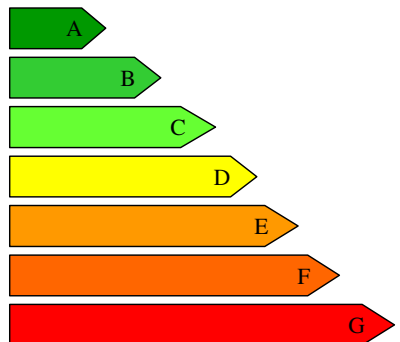
▶ **Consumo di acqua calda**

- contabilizzazione dei consumi
- stima del numero di occupanti e delle abitudini locali,

▶ **Illuminazione artificiale**

- lettura delle bollette elettriche

ESEMPIO DI CERTIFICATO ENERGETICO CON DOPPIA VALUTAZIONE

Certificato energetico	Prestazione energetica dell'edificio		Come costruito	In uso
	Spazio per fare riferimento allo schema di certificazione usato		Valutaz. standard	Valutaz. d'esercizio
	<p>Molto energeticamente efficiente</p>  <p>Non energeticamente efficiente</p>			
	Nome dell'indicatore usato unità		calcolato	misurato
			130	170
	Spazio per inserire informazioni aggiuntive sugli usi energetici dell'edificio			
Informazioni amministrative - indirizzo dell'edificio - area climatizzata - data di validità - nome e firma del certificatore				

Fonte UNI EN 15217