

Utilizzo dei dati reali per un nuovo sistema di certificazione degli edifici

Prof. Ing. Vincenzo Corrado

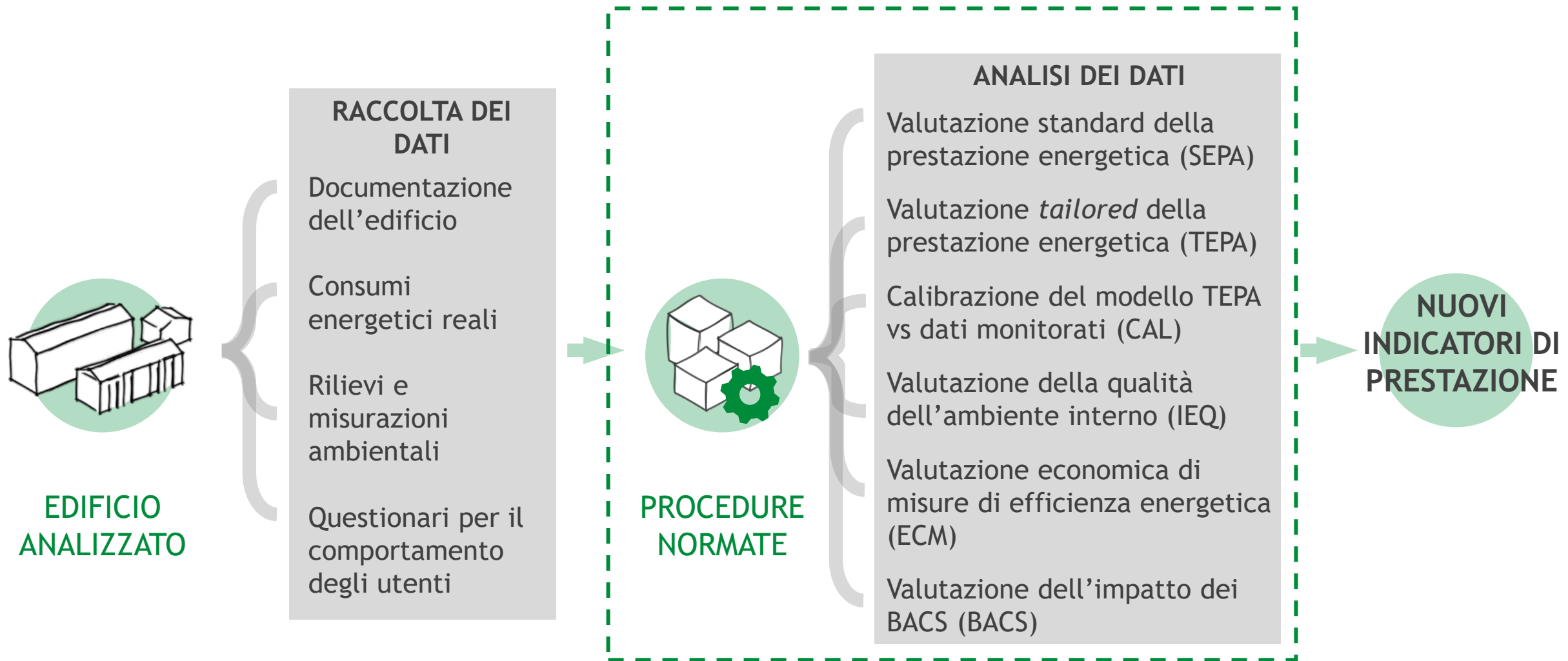
Ing. Franz Bianco Mauthe Degerfeld

Politecnico di Torino

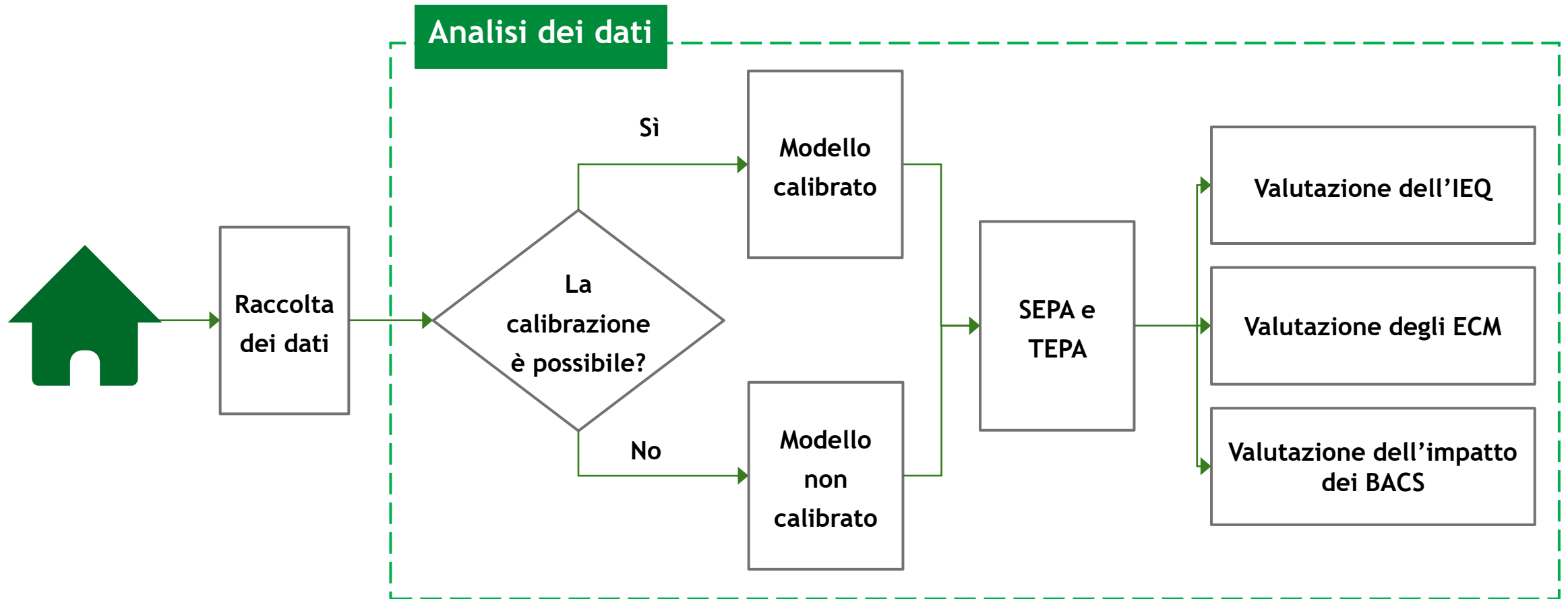


This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 101033819

Analisi dei dati – Quadro generale



Analisi dei dati – Quadro generale



Valutazioni standard e *tailored* della prestazione energetica

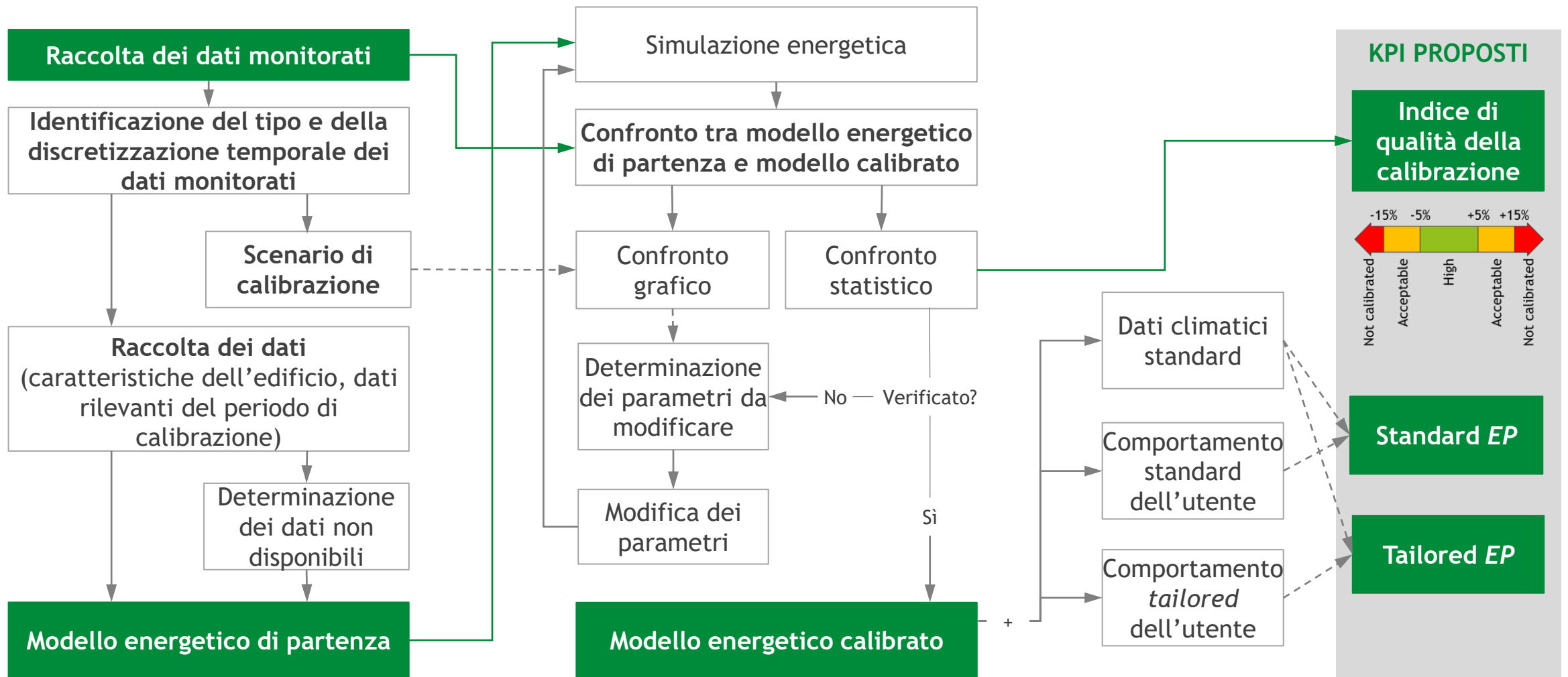
1. Creazione del **modello energetico** dell'edificio da analizzare usando:

- Dati di input che possono essere associati a cinque categorie principali (dati geografici e climatici, caratteristiche geometriche, proprietà termiche dei componenti dell'edificio, caratteristiche del sistema impiantistico dell'edificio e condizioni operative).
- Dati standard di utilizzo e climatici per la valutazione standard della prestazione energetica (**SEPA**),
- Dati reali di utilizzo e dati climatici standard per la valutazione *tailored* della prestazione energetica (**TEPA**).

2. **Simulazione** energetica standard e/o adattata all'utenza (*tailored*)

3. Estrazione dei **risultati** (**KPI** attualmente implementati nello schema dell'APE)

Calibrazione del modello TEPA vs dati monitorati (CAL)



Calibrazione del modello TEPA vs dati monitorati (CAL)

Fasi preliminari

1. Analisi dei dati monitorati disponibili e identificazione della discretizzazione temporale e del tipo di dati
 - Tipi di dati più comuni: temperature interna dell'aria e consumi energetici
 - Discretizzazioni temporali più comuni: orario, giornaliero, settimanale, mensile e stagionale
2. Identificazione dello **scenario di calibrazione**, in accordo con la discretizzazione temporale ed il tipo di dato. Ad esempio, potrebbe essere effettuata una calibrazione basata su dati giornalieri di consumo di gas naturale.

Calibrazione del modello TEPA vs dati monitorati (CAL)

Fasi preliminari

3. Determinazione del **periodo di calibrazione**

- Derivato dall'analisi dei dati monitorati (step 1)
- Necessario per identificare e ricavare i dati di input per la creazione del modello energetico dell'edificio

4. Creazione del modello energetico dell'edificio (**modello energetico di partenza**)

- Dati reali obbligatori:
 - Informazioni generali dell'edificio,
 - Dati geografici,
 - Dati meteorologici (riferito al periodo di calibrazione e coerente con il *time step* di calcolo)
 - Dati geometrici
- Eventuali dati di riferimento o standard ammessi:
 - Proprietà termofisiche dei componenti edilizi,
 - Caratteristiche dei sistemi impiantistici,
 - Condizioni operative

Calibrazione del modello TEPA vs dati monitorati (CAL)

Scenario 1 – consumo energetico giornaliero, settimanale, mensile o stagionale

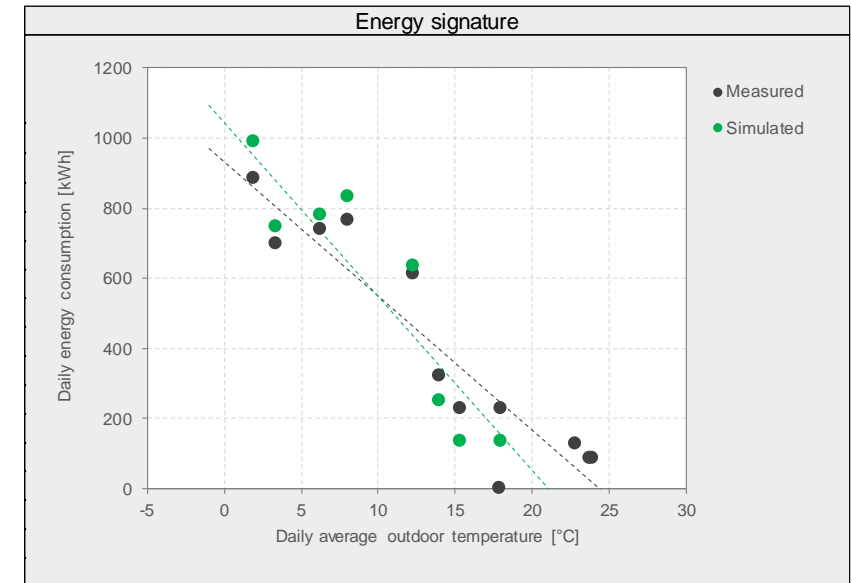
1.1. **Simulazione** della prestazione energetica del **modello di partenza**

1.2. Estrazione e/o elaborazione dei **risultati**

- Consumo di energia per i vettore energetici possibili
- Definizione dei risultati simulati nel medesimo intervallo temporale di quelli misurati
- Costruzione della firma energetica

1.3. Confronto tra dati misurati e simulati

- **Confronto grafico (a)**
- **Confronto statistico (b)**



(a)

Statistical indices		
MBE	-11,4%	5%
cv(RMSE)	25,5%	15%

Calibration needed!

(b)

Calibrazione del modello TEPA vs dati monitorati (CAL)

Scenario 1 – consumo energetico giornaliero, settimanale, mensile o stagionale

1.4. Verifica del rispetto degli indici statistici

- Errore medio (MBE), valore limite: $\pm 5\%$
- Coefficiente di variazione dell'errore quadratico medio [cv(RMSE)], valore limite: 15%

Possibili situazioni:

- Se sia l'MBE che il cv(RMSE) rientrano nei valori limite, **la calibrazione è conclusa!**
- Se almeno uno tra MBE e cv(RMSE) supera i valori limite, passare al passo successivo (5).

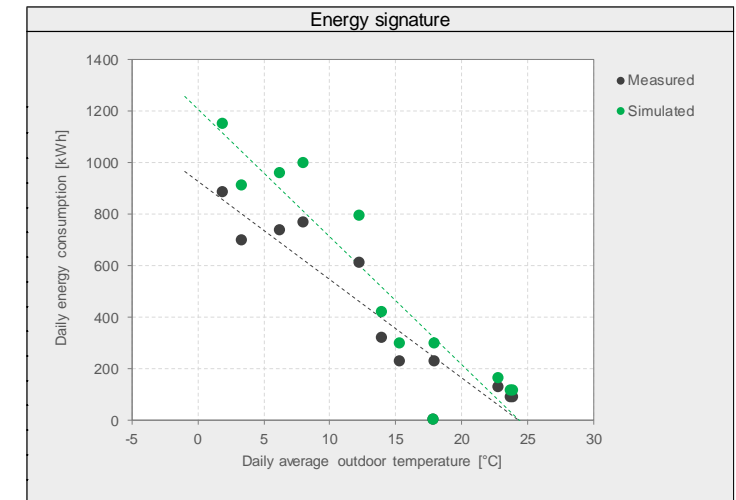
Calibrazione del modello TEPA vs dati monitorati (CAL)

Scenario 1 – consumo energetico giornaliero, settimanale, mensile o stagionale

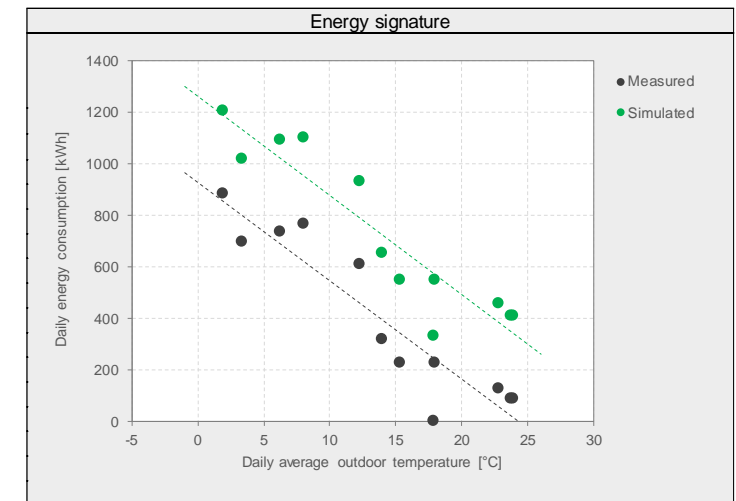
1.5. Modifica del modello energetico di partenza e ripetizione delle fasi da 1 a 5, fino alla verifica degli indici statistici.

I parametri da modificare vengono scelti tramite il confronto grafico. Possono verificarsi le seguenti situazioni:

- **Differenze nelle pendenze delle linee di tendenza (a):** modifica delle proprietà termofisiche dei componenti dell'edificio, dei ponti termici e/o dei tassi di ventilazione/infiltrazione.
- **Scostamento tra le linee di tendenza (b):** modifica dei carichi e/o dei profili degli apporti termici interni, dei set point di riscaldamento/raffreddamento, delle specifiche tecniche dei sistemi impiantistici e/o dei profili di funzionamento dei sistemi impiantistici.

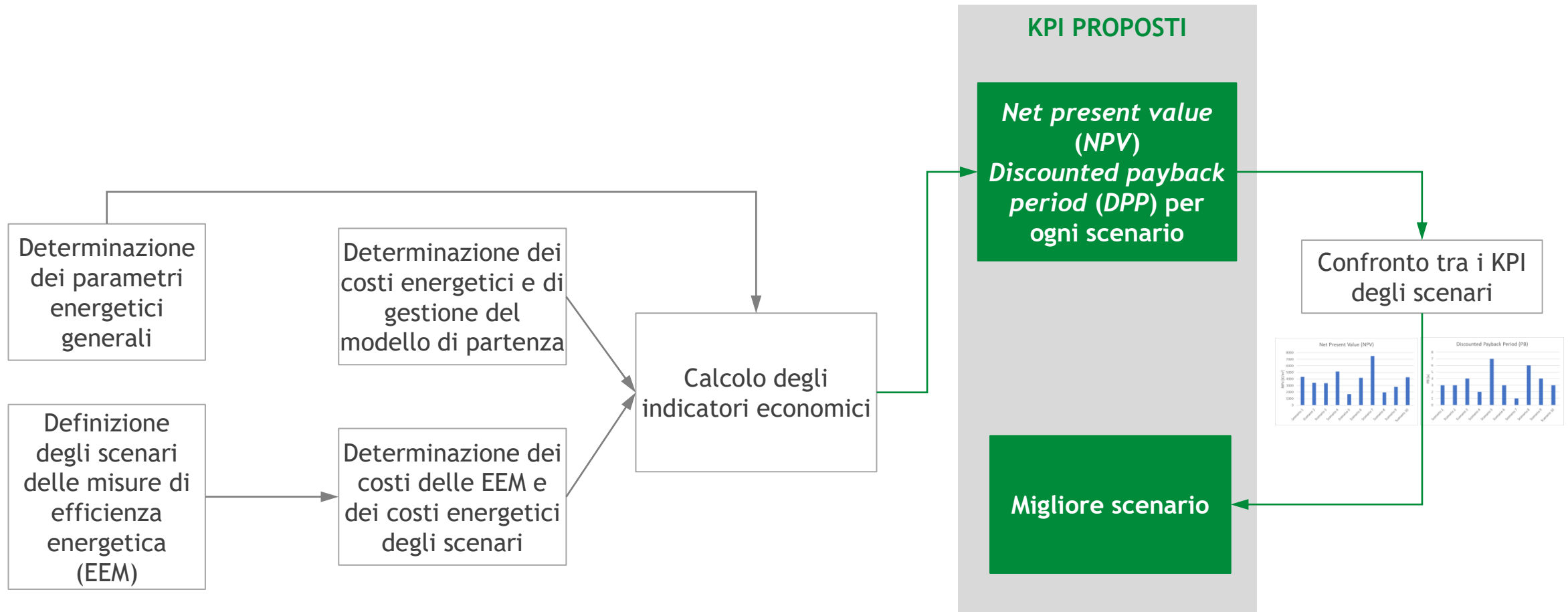


(a)



(b)

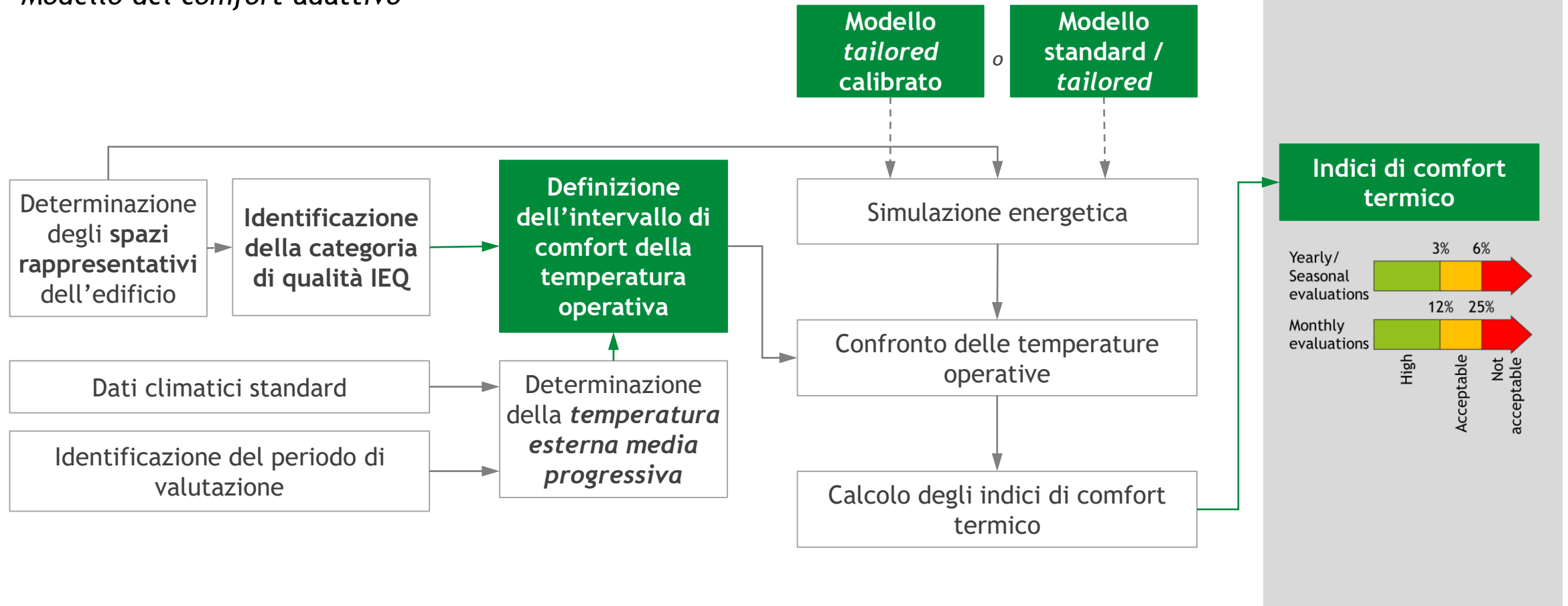
Valutazione economica delle misure di efficienza energetica (ECM)



Valutazione dell'IEQ

Comfort termico

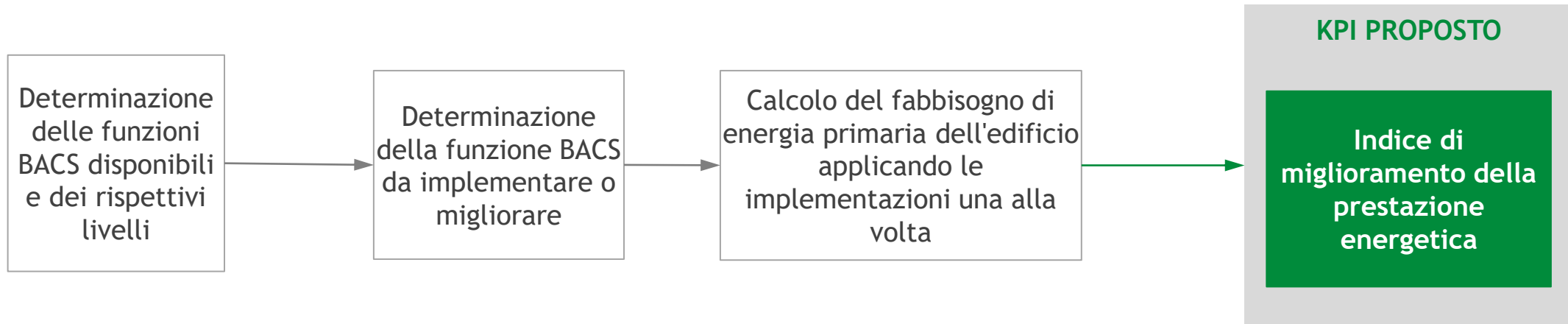
Modello del comfort adattivo



Valutazione dell'IEQ IAQ

1. Confronto tra la portata d'aria esterna effettiva (misurata o valore di progetto) e quella minima per garantire la qualità dell'aria interna
2. Definizione dell'indice dell'IAQ, che identifica se il requisito minimo di portata d'aria per la qualità dell'aria interna (q_{IAQ}) è garantito
 - Se $q_{m/d} < q_{IAQ}$, allora la portata d'aria minima per la IAQ **non è garantita**
 - Se $q_{m/d} \geq q_{IAQ}$, allora la portata d'aria minima per la IAQ **è garantita**

La valutazione dell'impatto dei BACS



L'indice per determinare il miglioramento della prestazione energetica è così calcolato:

$$E_{\text{BACS}} = \frac{E_{\text{P}0} - E_{\text{P}i}}{E_{\text{P}0}} \cdot 100 [\%]$$

Dove:

$E_{\text{P}0}$ è il fabbisogno di energia primaria dell'edificio nello stato originario [kWh],

$E_{\text{P}i}$ è il fabbisogno di energia primaria dell'edificio con la funzione i implementata.

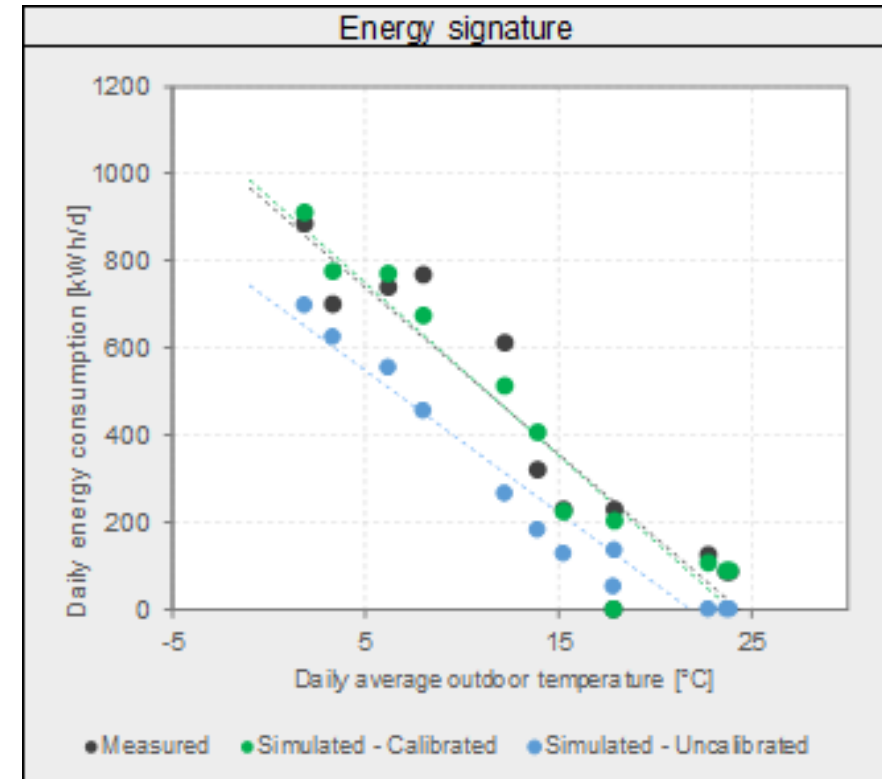
L'edificio oggetto di analisi

- Edificio adibito ad attività scolastiche (scuola dell'infanzia) sito a Borgofranco d'Ivrea (TO) costruito intorno al 1980
- Struttura portante in calcestruzzo armato, chiusure esterne in pannelli prefabbricati in cls debolmente isolati. Infissi a vetro singolo con telaio in alluminio
- Sono presenti i servizi di riscaldamento, ACS e illuminazione. Come generatore è presente una caldaia tradizionale accoppiata ad un bollitore per la produzione di ACS.



La calibrazione del modello

- È stata svolta la procedura di calibrazione a partire dal modello originale
- Sono stati modificati i seguenti parametri:
 - le trasmittanze lineari dei ponti termici;
 - i periodi di accensione dell'impianto;
 - i periodi di utilizzo dell'acqua calda sanitaria;
 - gli apporti interni;
 - le portate di ventilazione;
 - le temperature di *set point* e *set back*
- Le variazioni sono state attuate in diverse fasi modificando uno o più parametri alla volta, reiterando le valutazioni energetiche e calcolando gli indicatori statistici



Statistical indices		
MBE	-35,0%	5%
cv(RMSE)	43,5%	15%

Calibration needed!

Indici prima della procedura di calibrazione

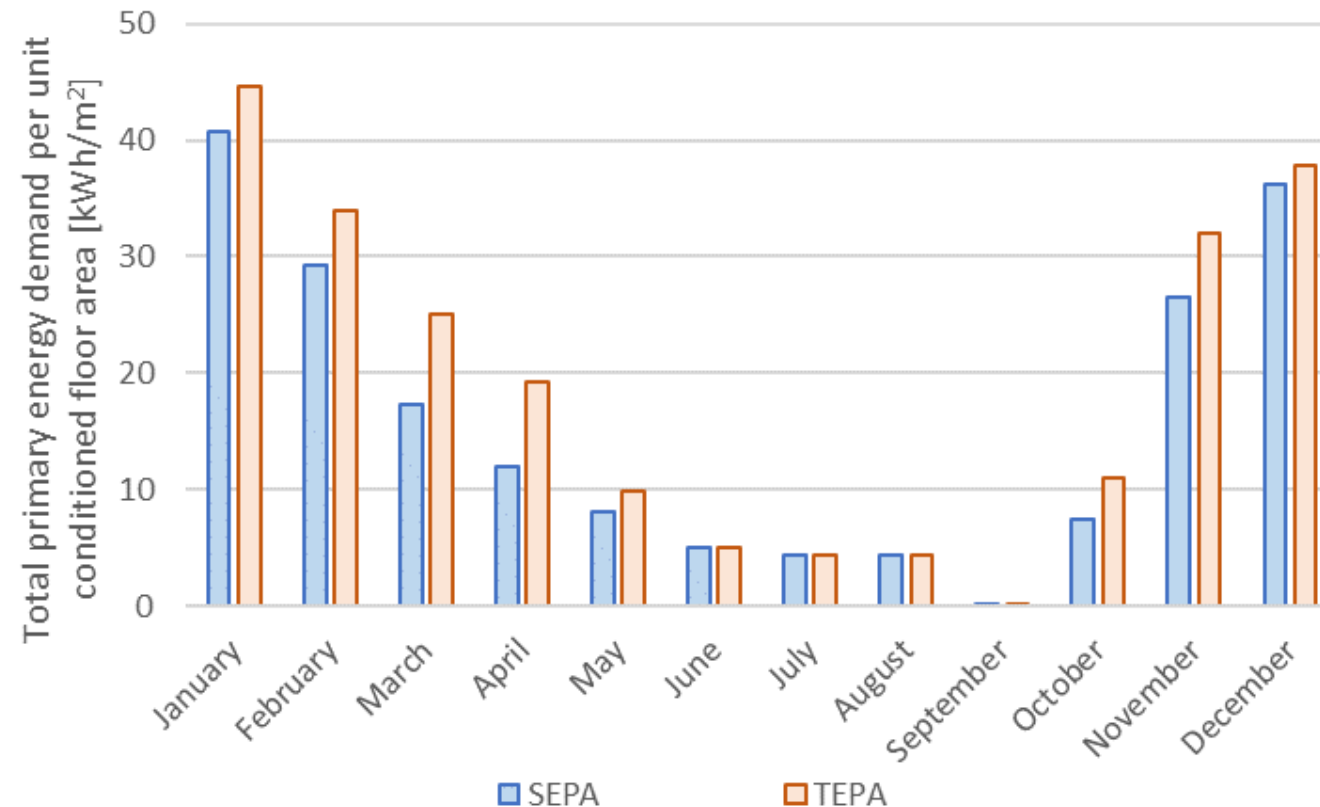
Statistical indices		
MBE	-0,5%	5%
cv(RMSE)	13,4%	15%

Calibrated energy model!

Indici dopo la procedura di calibrazione

SEPA e TEPA

- Per la valutazione *tailored* (TEPA) è stato utilizzato il modello calibrato
- Per la valutazione standard (SEPA) sono stati ripristinati i valori standard di occupazione, ventilazione e di apporti interni



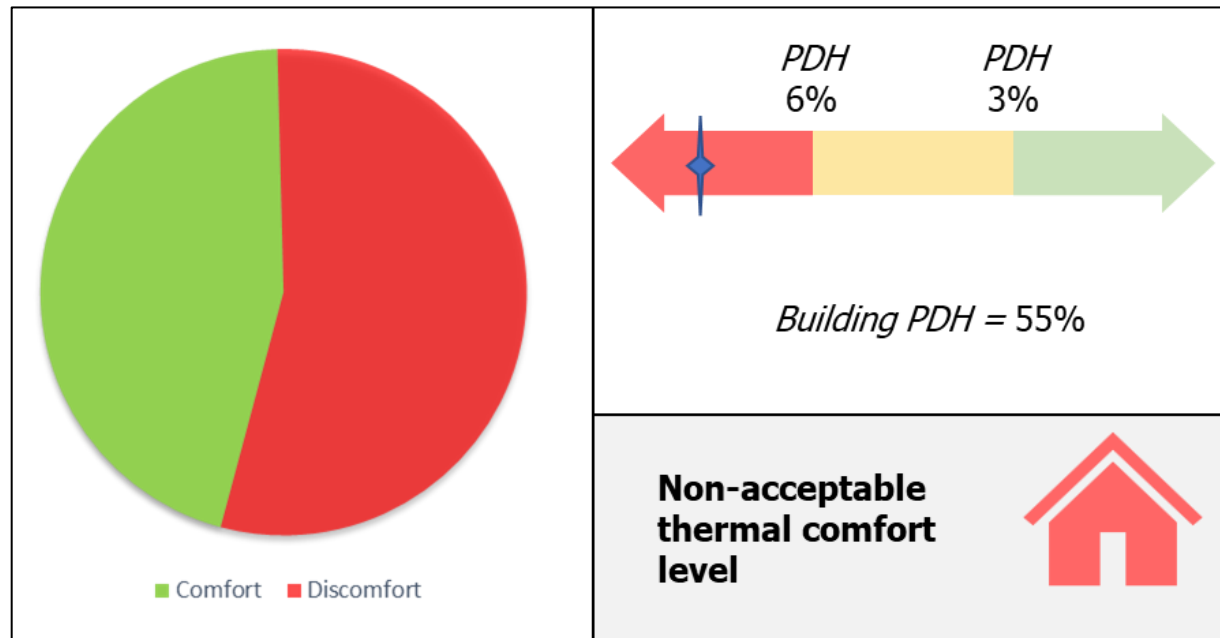
La valutazione economica delle misure di efficienza energetica

- Sono state analizzate cinque misure di efficienza energetica:
 - Isolamento delle pareti esterne;
 - Isolamento della copertura;
 - Sostituzione degli infissi;
 - Sostituzione del generatore di calore;
 - Installazione di pannelli fotovoltaici.
- Sono stati determinati tre scenari combinando le misure analizzate.
- Lo scenario economicamente più vantaggioso è stato definito grazie agli indicatori economici.

Scenario	Misure di efficienza energetica	NPV/A _f [€/m ²]	DPP [a]
1	Isolamento delle pareti esterne e della copertura, sostituzione delle finestre	260	19
2	Sostituzione del generatore di calore (pompa di calore), installazione di pannelli fotovoltaici	-263	>30
3	Scenario 1 + Scenario 2	-231	>30

La valutazione dell'IEQ

- Un ambiente tipo, un'aula, è stata definita per le valutazioni di comfort termico e di IAQ
- Le valutazioni del comfort termico, come prescritto dal modello di comfort adattivo, sono state svolte nei periodi in cui non è presente il riscaldamento



Representative space intended use **Kindergarten**

Comfort category **Category II**

Building polluting level **Low**

Conditioned net floor area **232,39 m²**

Conditioned net volume **734,35 m³**

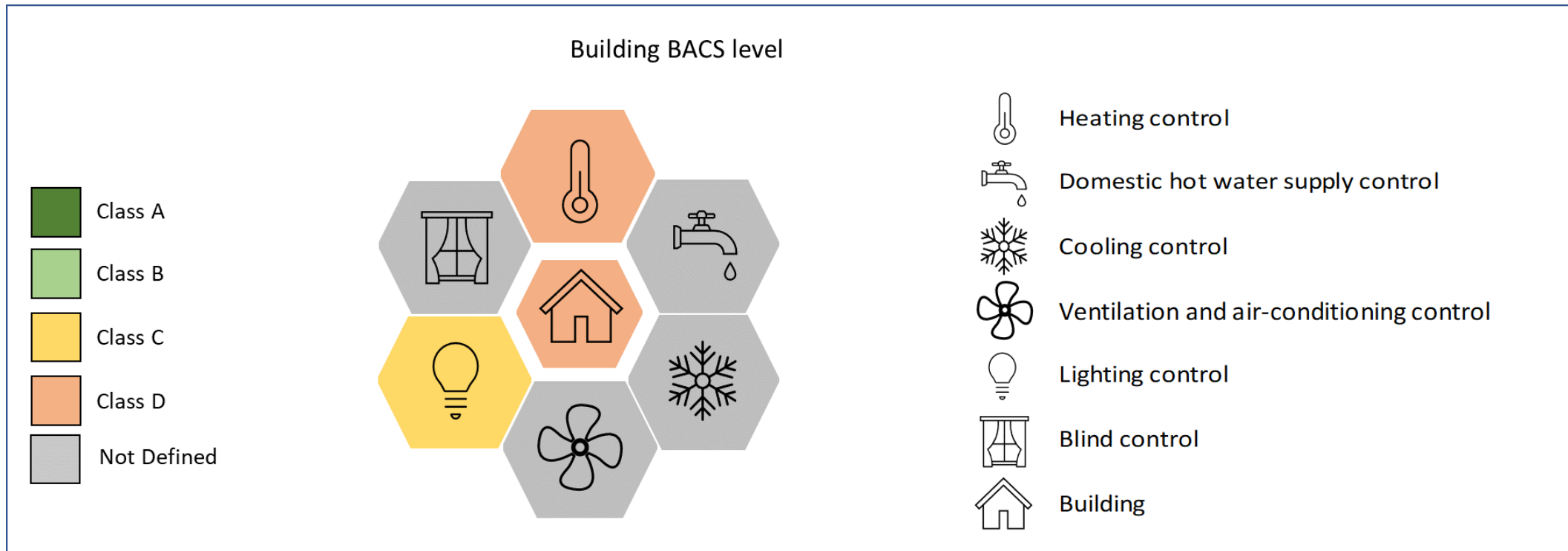
Number of occupants

Design / Measured external air flow rate **6,44 1/h**

Design / Measured	Minimum for IAQ
6,44 1/h	4,8 1/h

Minimum air flow rate for IAQ is guaranteed!

La valutazione dell'impatto dei BACS



Scenario	Servizio	Funzione BACS nello stato originale	Funzione BACS implementata	Riduzione dell' E_p [%]
1	Regolazione del Sistema di riscaldamento	Regolazione del sistema di emissione – Nessuna regolazione automatica	Regolazione del sistema di emissione – Regolazione per singolo ambiente	4

If you would like more information,
please visit www.timepac.eu or contact us at
vincenzo.corrado@polito.it

Thanks for your attention!

