



AI PER IL CONTROLLO DEL CONSUMO ENERGETICO DEGLI OSPEDALI TOSCANI

Esperienze di ricerca in corso all'**Università di Pisa** su presidi ospedalieri dell'**Azienda USL Nord-Ovest**

(Prof. Umberto Desideri¹, Prof. Giacomo Salvadori^{1*})

1) Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni, Università di Pisa

*) Relatore

RILEVANZA DEI CONSUMI ENERGETICI DEI PRESIDI OSPEDALIERI

Principali fonti

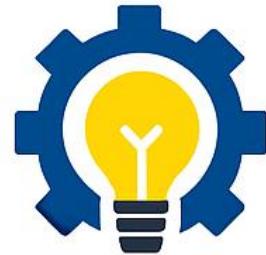
- ISPRA – *Inventario nazionale delle emissioni 2024*
- ENEA/RSE – *Rapporti su efficienza energetica e consumi ospedalieri*



- Gli ospedali presentano consumi energetici molto elevati: in media **400–600 kWh/m²·anno** di energia primaria, con valori **molto superiori a quelli del settore residenziale** (circa 10 volte superiori se consideriamo l'edilizia ad elevate prestazioni energetiche).
- Si può stimare che il comparto sanitario pesi per **circa il 5% dei consumi di energia finale nazionali**.
- Ai consumi energetici è associata un'impronta ambientale: si può stimare che il comparto sanitario sia responsabile di circa il **5% delle emissioni**, pari a **~20 Mt CO₂eq/anno** (Emissioni totali Italia 2023: ~400 Mt CO₂eq).

MODELLI PREDITTIVI DEI CONSUMI ENERGETICI

Ottimizzazione



- La previsione affidabile permette di **gestire la richiesta di energia in modo efficiente** (anche smart), riducendo costi e sprechi.

Diagnosi immediata



- Il confronto tra consumi attesi e reali aiuta ad **individuare rapidamente (anche real-time) anomalie**, guasti o usi impropri degli impianti.

Affidabilità



- Anche grazie all'uso dei modelli predittivi è possibile **garantire un funzionamento più continuo e sicuro** degli impianti critici, migliorando la qualità dei servizi.

Contatori generali



MONITORAGGIO DEI CONSUMI ENERGETICI

- Molto frequentemente, anche in strutture complesse come i presidi ospedalieri, i **monitoraggi dei consumi energetici non sono automatizzati**, e condotti tramite lettura dei contatori generali dei vettori energetici.
- Raramente si rileva la presenza di **contabilizzatori di energia termica e di energia elettrica** che siano dedicati a specifiche linee di distribuzione o specifici gruppi di utenze e che consentano dei monitoraggi smart e capillari dei relativi consumi.

Misuratori su specifiche linee o gruppi di utenze



PERCHE' PROPRIO A.I. NELLO SVILUPPO DI MODELLI PREDITTIVI



ACCURATI

Sono in grado di elaborare con precisione grandi quantità di dati.



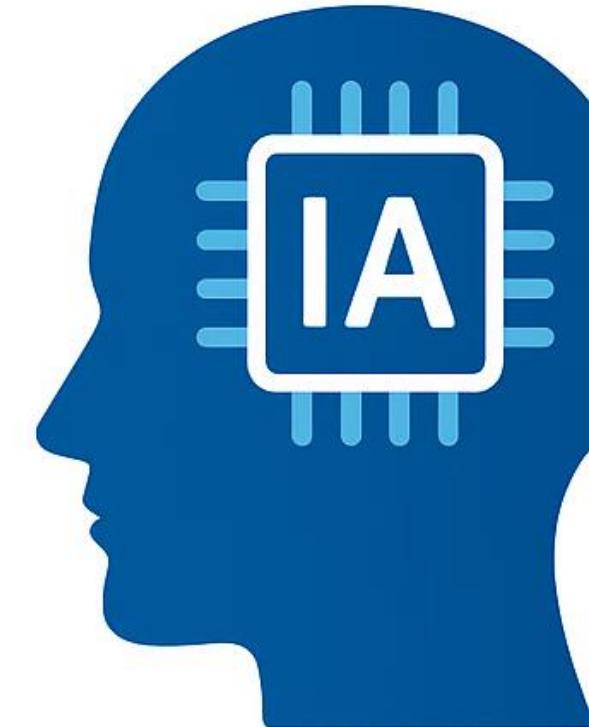
AGGIORNABILI

Possono essere continuamente aggiornati in base a nuovi dati disponibili.



SCALABILI

Si adattano a differenti scale e contesti, da una singola porzione ad un intero complesso di edifici.

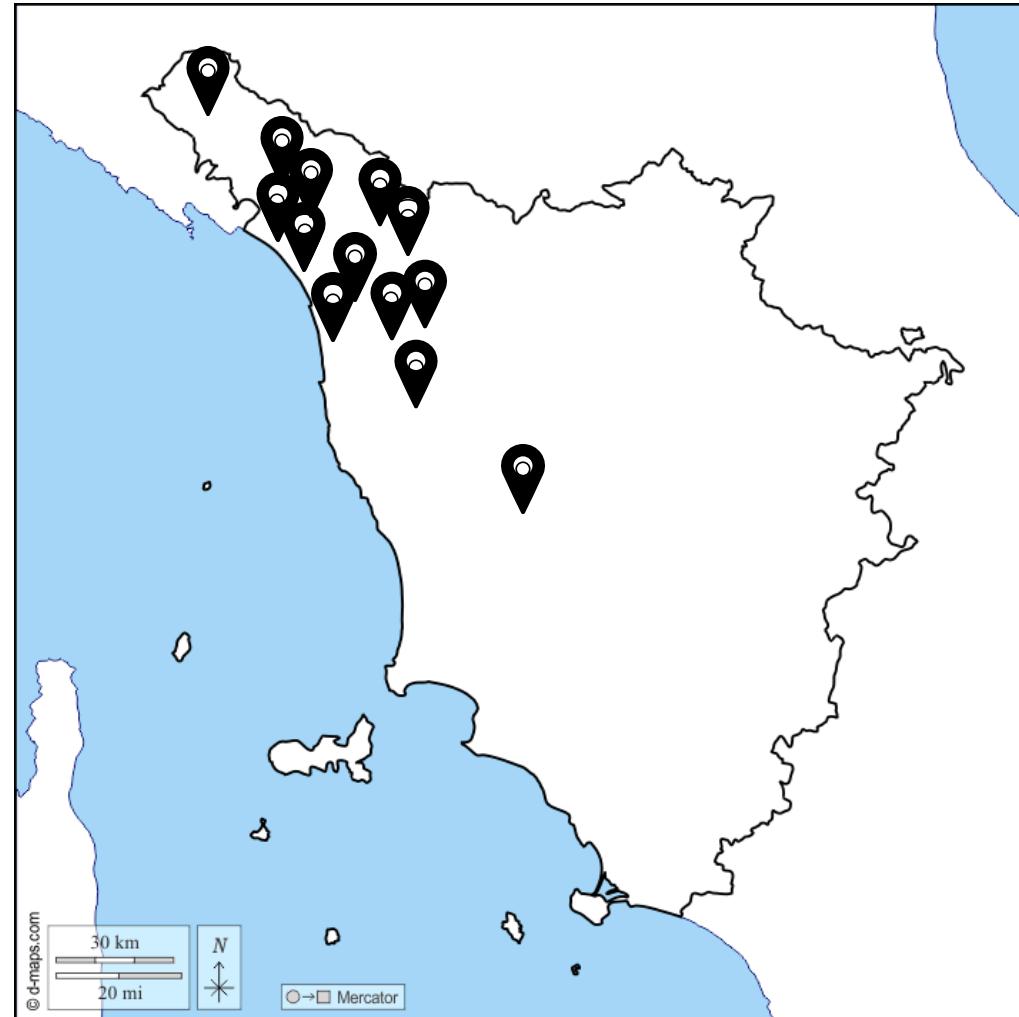


IL CASO DI STUDIO DEI 13 PRESIDI OSPEDALIERI DI USL TOSCANA NORD-OVEST ANALIZZATI DALL'UNIVERSITA' DI PISA

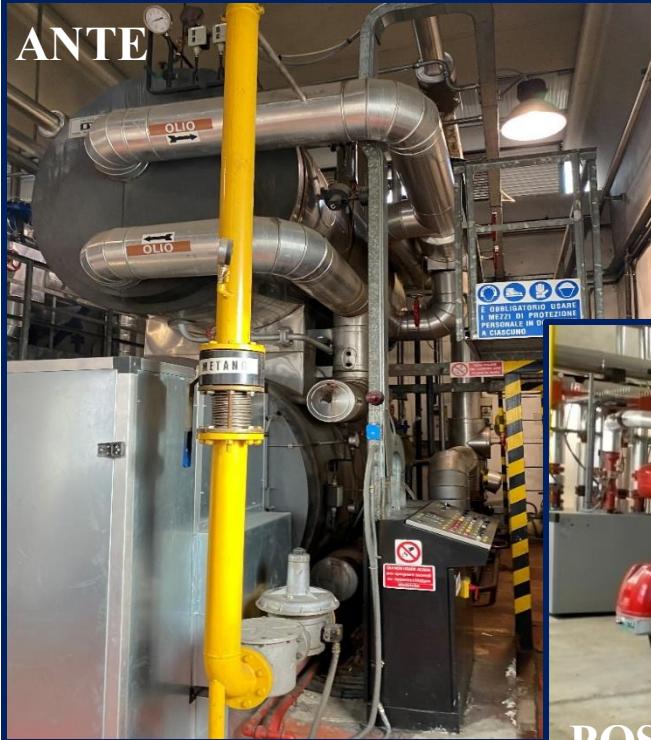
Pontremoli
Fivizzano
Carrara
Massa
Ex Civico di Carrara
Castelnuovo di Garfagnana
Barga
Capannori
Lucca
Viareggio
Camaiore
Volterra
Pontedera

25-28 NOVEMBRE 2025
AREZZO FIERE E CONGRESSI

20
Years
2006-2025



ANTE



CENTRALI TERMICHE



Ex. Osp. Lucca
Campo di Marte
Centrale termica

25-28 NOVEMBRE 2025
AREZZO FIERE E CONGRESSI

20 Years
2006-2025

GRUPPI DI POMPAGGIO E DISTRIBUZIONE



UNITÀ TRATTAMENTO ARIA



Osp. di Castelnuovo di
Garfagnana
UTA 5

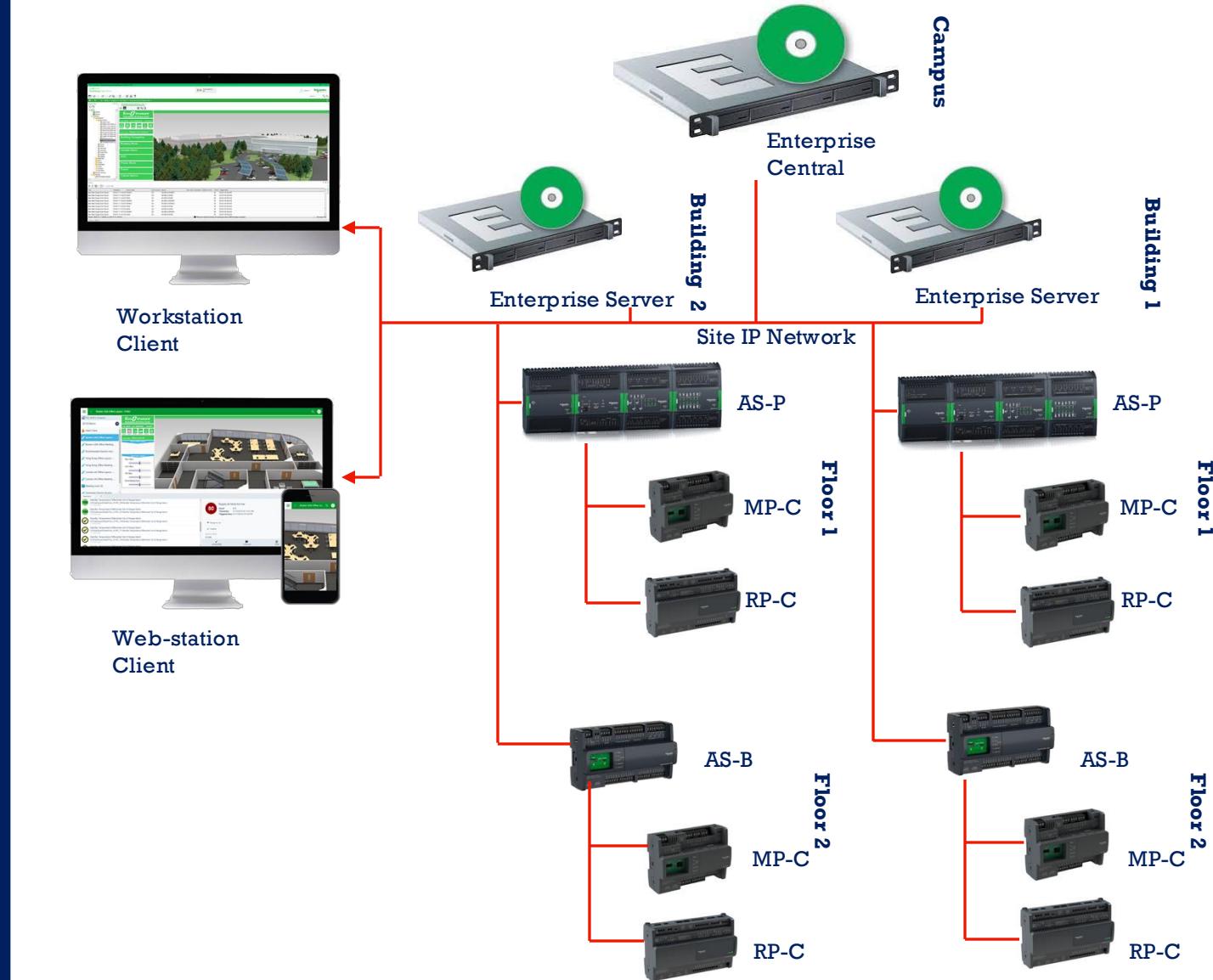
#ForumRisk20

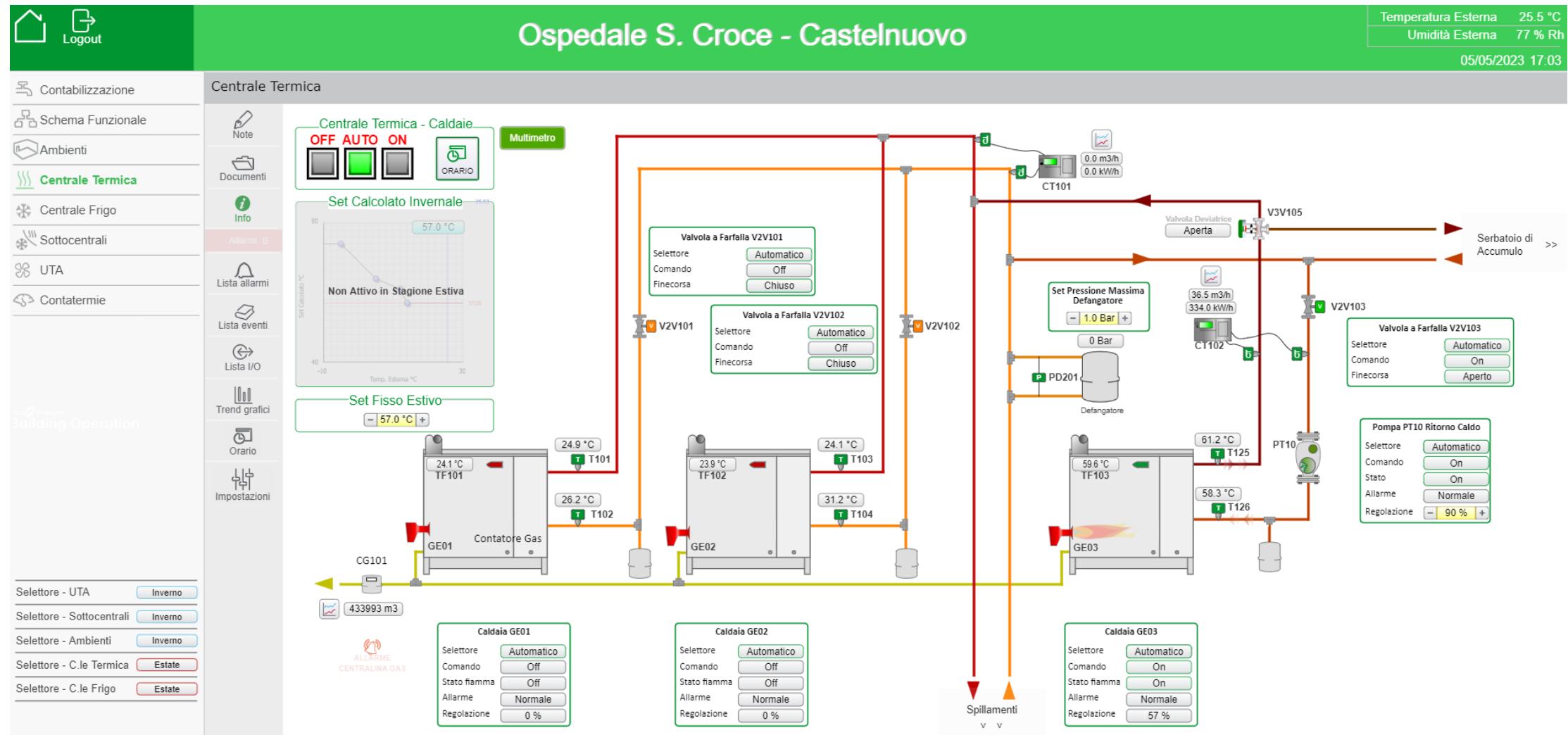


Ospedale di Volterra
Gruppo pompe

Schema di EcoStruxure:

1. **Enterprise Central:** Server centrale che raccoglie dati da tutti gli *Enterprise Servers*. Nel presente caso localizzato presso l'ospedale unico Versilia di Camaiore.
2. **Enterprise Server:** Dispositivi locali negli edifici, che coordinano i controller e inviano dati all'*Enterprise Central*. Nel nostro caso pari a nove dispositivi per tredici strutture.
3. **Moduli per il controllo ambientale:**
 - Quadri di telegestione:**
 - AS-P (*Automation Server Premium*) : Controller avanzato che gestisce operazioni complesse e coordina dispositivi locali. Può operare autonomamente o in rete, ideale per impianti più sofisticati.
 - AS-B (*Automation Server Basic*) : Controller per operazioni locali più semplici, che gestisce impianti specifici e comunica con l'AS-P e i server.
 - Controllers:**
 - MP-C (*Multi-Purpose Controller*) : Controller per gestire apparecchiature multiple, principalmente HVAC, ottimizzando l'efficienza energetica.
 - RP-C (*Room Purpose Controller*) : Controller dedicato a singoli ambienti, regolando comfort locale tramite sensori e attuatori.
4. **Site IP Network:** Rete di comunicazione tra tutti i dispositivi per assicurare gestione integrata.
5. **Workstation Client & Web-station Client:** Interfacce grafiche per il controllo e monitoraggio del sistema, accessibili da computer e dispositivi mobili.







Edificio E - Piano Terra

Navigatore e Impostazioni

Stato Fascia Oraria
Set Gen. Invernale Fancoil 21.0°C +
Set Gen. Estivo Fancoil 25.0°C +
Set Gen. Radiatori 22.0°C +
Reset Setpoint
Set Delta Fancoil 1.0°C +
Set Delta Radiatori 1.0°C +

Ambienti

- Stanza 12: 24.8°C , -21.0°C +, -24.0°C +, Off
- Stanza 13: 24.1°C , -21.0°C +, -24.0°C +, Off
- Stanza 14: 23.3°C , -21.0°C +, -24.0°C +, Off
- Sala Attesa: 25.1°C , -20.0°C +, -24.0°C +, Off
- Attesa Triage: 24.7°C , -21.0°C +, -24.0°C +, Off
- Triage: 25.2°C , -21.0°C +, -24.0°C +, Off
- Codice Rosso: 25.0°C , -21.0°C +, -24.0°C +, Off
- Codice Giallo: 25.1°C , -21.0°C +, -24.0°C +, Off
- Camera 6: 23.7°C , -21.0°C +, -24.0°C +, Off
- Camera 4: 24.5°C , -21.0°C +, -24.0°C +, Off
- Camera 5: 24.0°C , -21.0°C +, -24.0°C +, Off
- Camera 3: 25.1°C , -21.0°C +, -24.0°C +, Off
- Camera 2: 25.0°C , -21.0°C +, -24.0°C +, Off
- Camera 1: 24.4°C , -21.0°C +, -24.0°C +, Off

Contabilitazione

Schema Funzionale

Centrale Termica

Centrale Frigo

Sottocentrali

UTA

Contatermie

Building Operation

Selettore - UTA: Inverno

Selettore - Sottocentrali: Inverno

Selettore - Ambienti: Inverno

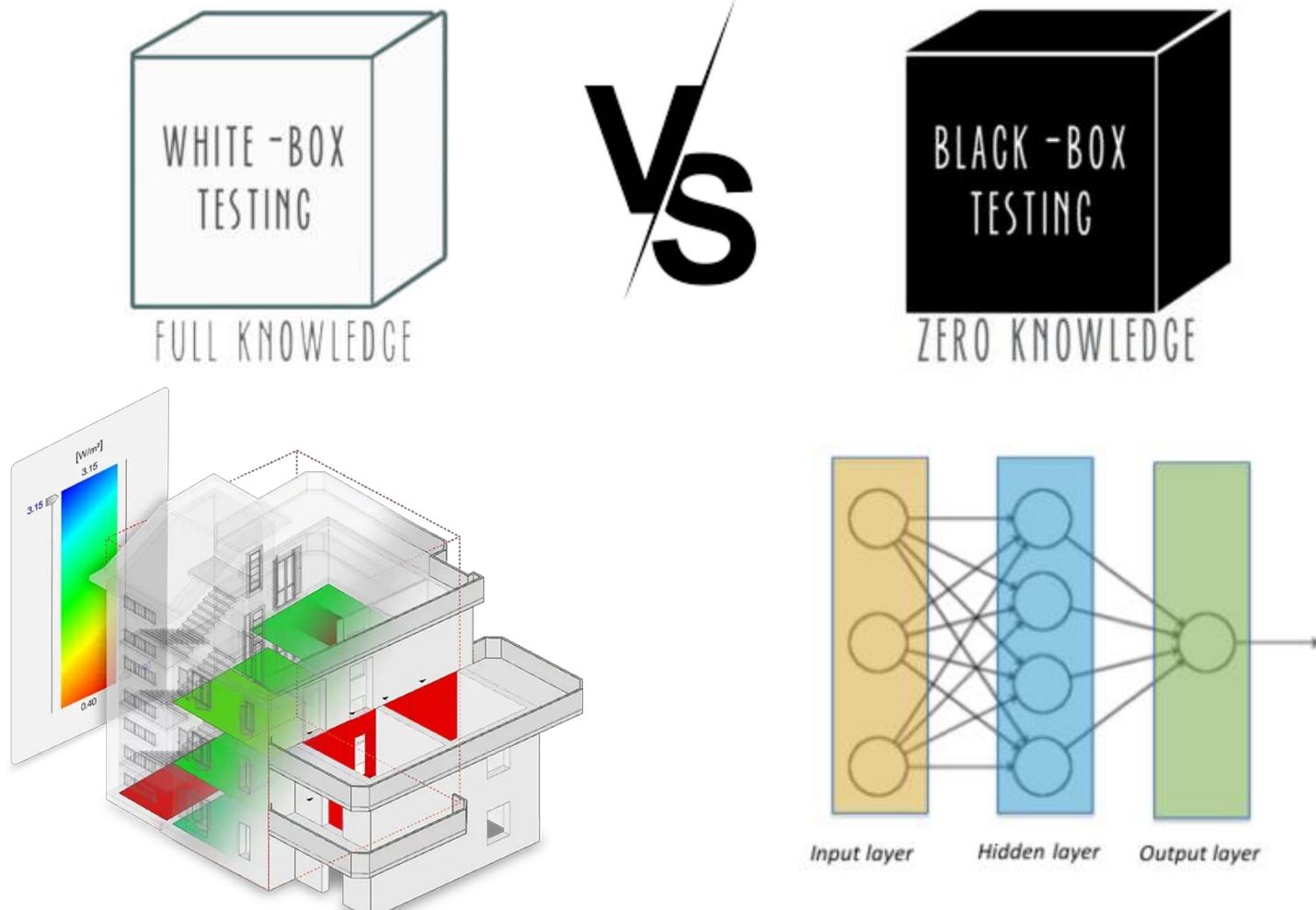
Selettore - C.le Termica: Estate

Selettore - C.le Frigo: Estate

DIFFERENTI APPROCCI ALLO SVILUPPO DI MODELLI PREDITTIVI DEI CONSUMI ENERGETICI

25-28 NOVEMBRE 2025
AREZZO FIERE E CONGRESSI

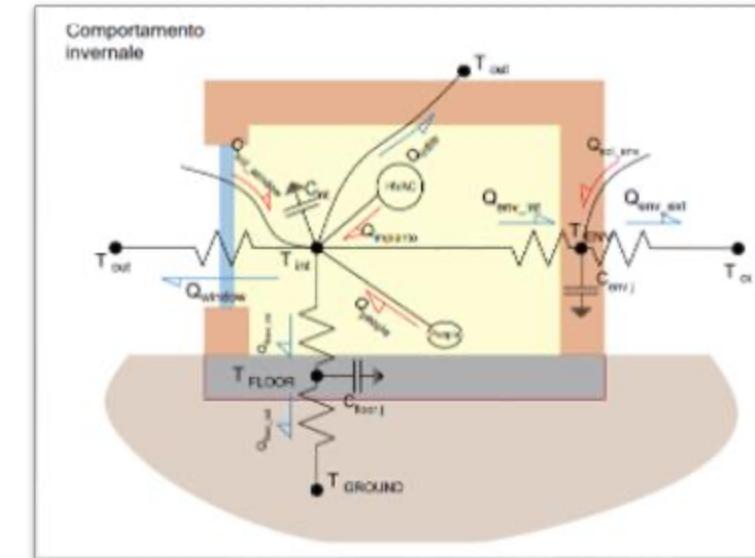
20
Years
2006-2025



DIFFERENTI APPROCCI ALLO SVILUPPO DI MODELLI PREDITTIVI DEI CONSUMI ENERGETICI

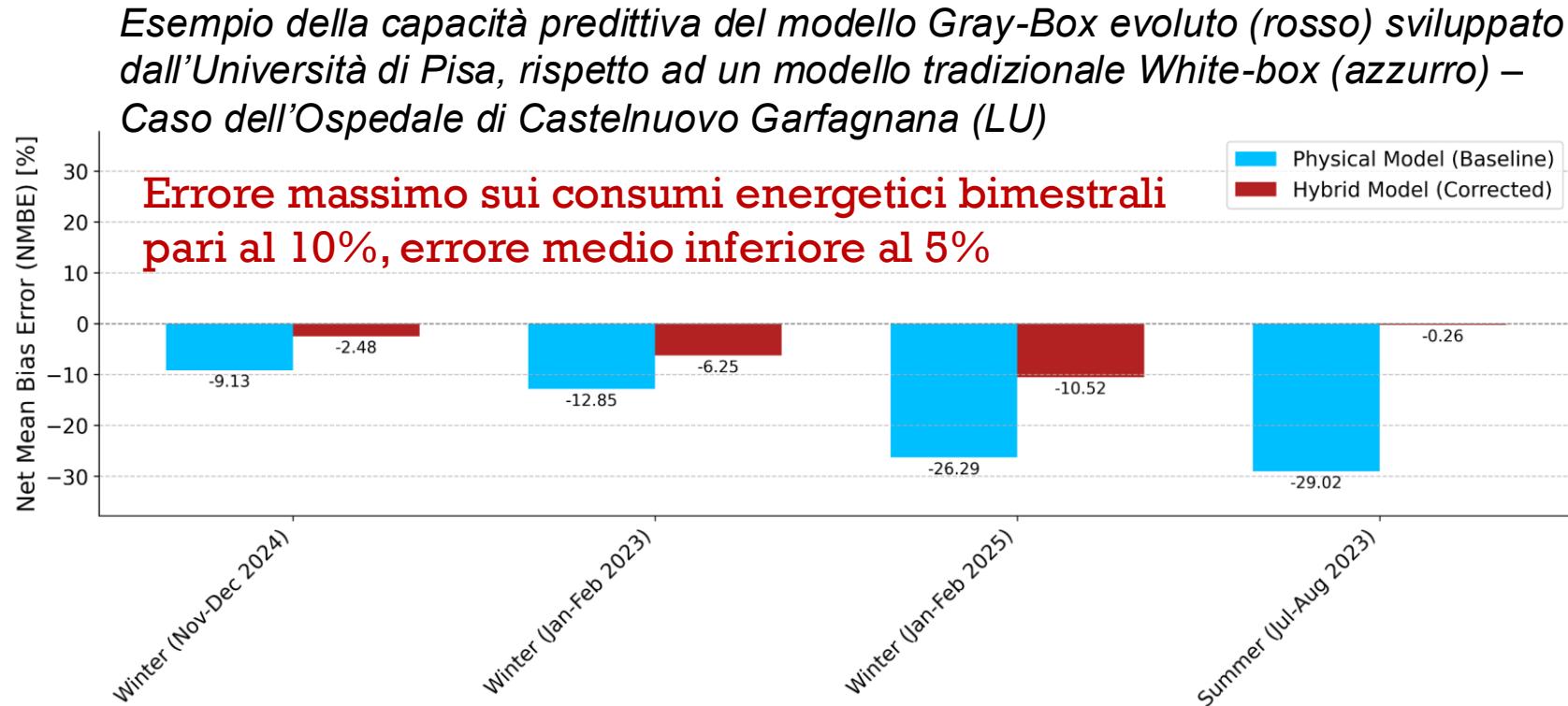


- Modellazione molto semplificata del comportamento energetico dell'edificio;
- Il comportamento fisico del sistema è garantito da bilanci energetici essenziali;
- L'impatto delle variabili di ingresso conosciute con maggiore incertezza vengono determinate attraverso tecniche di AI.



- Con i modelli Gray-Box evoluti (integrati con sistemi di AI) possono essere realizzati **modelli predittivi molto accurati**, con **tempi di modellazione contenuti** (decisamente inferiori ai modelli White-Box) e **oneri computazionali limitati** (decisamente inferiori ai modelli Black-Box).

RISULTATI OTTENUTI CON I MODELLI GRAY-BOX EVOLUTI



**GRAZIE PER
L'ATTENZIONE**

Giacomo Salvadori, PhD

Università di Pisa

Professore Associato di «Fisica Tecnica Ambientale»

Dip. di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi, del Territorio e delle Costruzioni

Largo Lucio Lazzarino 1, 56122 PISA (I), tel.: +39 050 2217144

<giacomo.salvadori@unipi.it>



**UNIVERSITÀ
DI PISA**