



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



Consiglio Nazionale
Geometri e Geometri Laureati



Ordine degli Ingegneri
della Provincia
di Roma



Cultura e Tecnica per Energia Uomo e Ambiente

Seminario

Riqualificazione di edifici pubblici e privati Le misure previste dalle Direttive sull'efficienza energetica e sulla prestazione energetica degli edifici

Roma, 13 novembre 2025 ore 14:30 Aula Magna della
Facoltà di Architettura La Sapienza Università di Roma
Sede di Valle Giulia - Via Antonio Gramsci 53, Roma

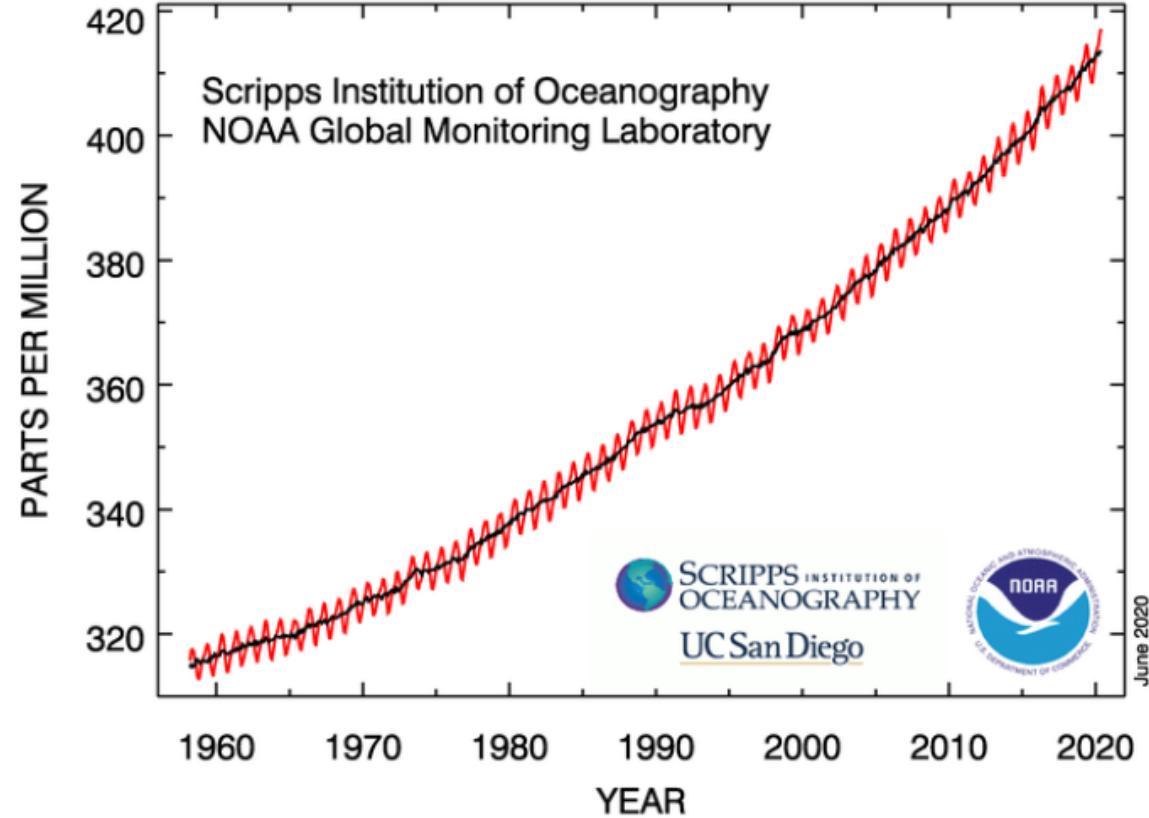
La digitalizzazione a supporto dell'efficienza energetica degli edifici

Prof. Fabrizio Cumo, Commissione BIM per l'edilizia e il
patrimonio storico-architettonico,
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

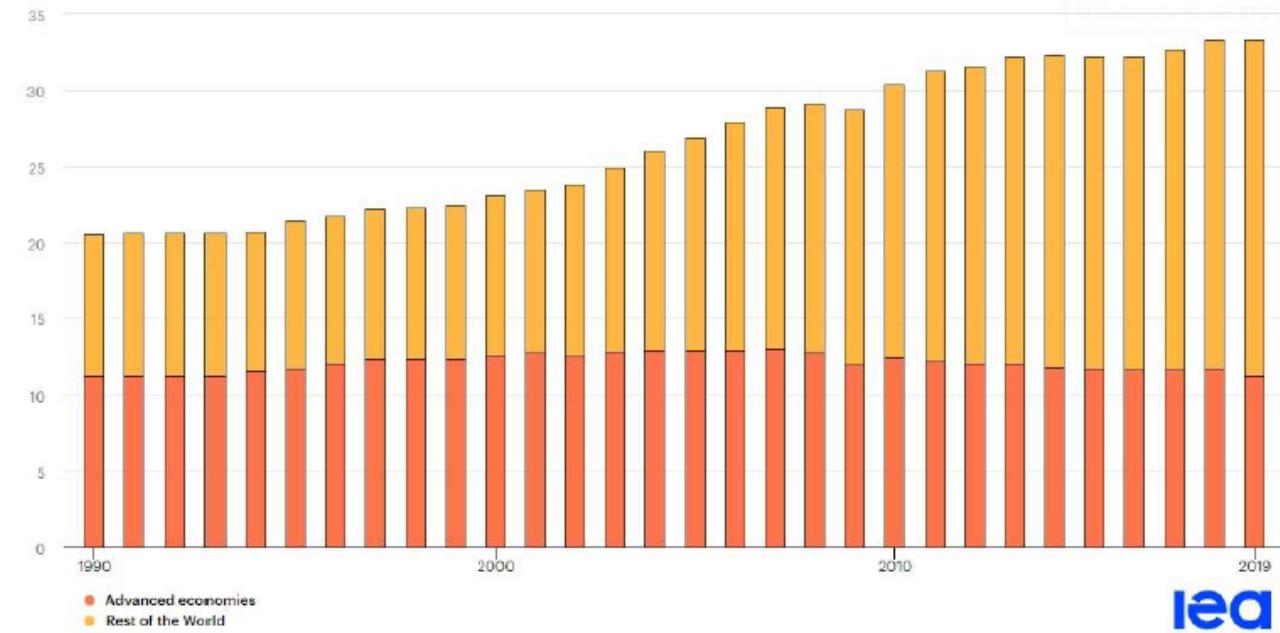


SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Atmospheric CO₂ at Mauna Loa Observatory



Energy related CO₂ emissions, 1990-2019



La digitalizzazione a supporto dell'efficienza energetica degli edifici

Prof. Fabrizio Cumo, Commissione BIM per l'edilizia e il patrimonio storico-architettonico, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

next gen eu



Low-carbon strategy for 2050

Targets compared to 1990 levels



Source: European Commission



La digitalizzazione a supporto dell'efficienza energetica degli edifici

Prof. Fabrizio Cumo, Commissione BIM per l'edilizia e il patrimonio storico-architettonico, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

PNRR – 6 MISSIONS 191,5 Mld for Italy in period 2021-2026

green revolution and
ecological transition
59,47 Mld

digitisation, innovation,
culture and tourism
40,32 Mld

mission and research
30,88 Mld

infrastructure
for sustainable
mobility
25,40 Mld

health
15,63 Mld

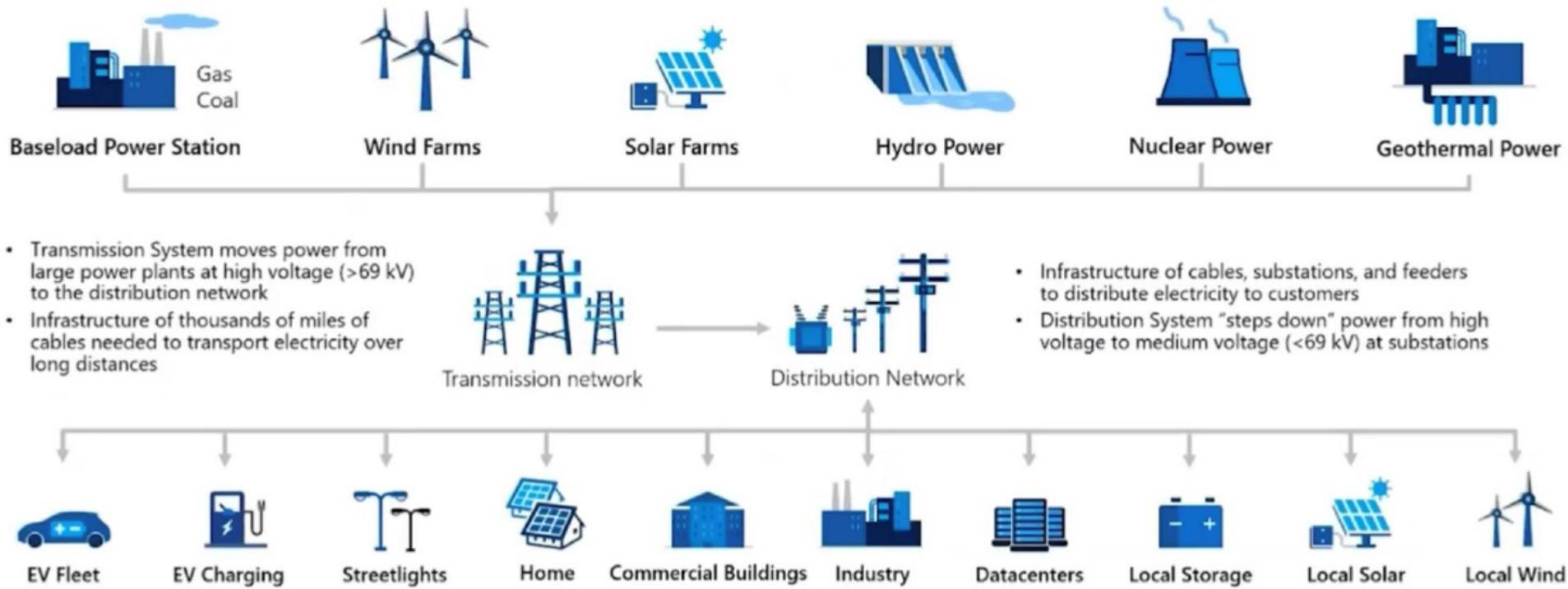
inclusion
and
cohesion
19,81 Mld



La digitalizzazione a supporto dell'efficienza energetica degli edifici

Prof. Fabrizio Cumo, Commissione BIM per l'edilizia e il patrimonio storico-architettonico, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

Electric grid assets and infrastructure



A distributed energy resource (DER) is a local unit of power generation, connected to a larger power grid at the distribution level

Customers generate and store their own electricity through solar panels, batteries, electric vehicles, fuel cells, microturbines, generators



La digitalizzazione a supporto dell'efficienza energetica degli edifici

Prof. Fabrizio Cumo, Commissione BIM per l'edilizia e il patrimonio storico-architettonico, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

Changing energy landscape

Market Forces

-  Renewable Energy ↑
-  Distributed Energy Resources ↑
-  IoT Devices ↑ & Digital Transformation ↑
-  Policy and Regulations ↑
-  Geopolitical & Energy Market Volatility ↑

Operational Challenges

-  Supply & Demand Volatility ↑
-  Aging Grid - Investments ↑
-  New Scenarios ↑ (Solar, Electric Vehicle, ...)
-  Prediction Complexity ↑
-  Cybersecurity concerns ↑

Fundamental Changes

-  Bidirectional flow of Electric Power ↑
-  Electricity Storage (large quantity) ↑



La digitalizzazione a supporto dell'efficienza energetica degli edifici

Prof. Fabrizio Cumo, Commissione BIM per l'edilizia e il patrimonio storico-architettonico, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

Active Efficiency

Optimize energy use by blending traditional energy efficiency measures with digital transformation

Coalesce well-established energy efficiency approaches with the new capabilities of digital twins, distributed energy resources, and key decarbonization strategies

Multi-system integration
Component-level (LEDs)
→ multi-system, cross-ecosystem integration (GEB, EV2G, EV2H)



Autonomous systems

Static (building envelope improvements)
→ Real-time response and interaction
(demand response / demand flexibility)

Multi-dimensional benefits

Energy savings and economic productivity
→ Resilience, health, and GHG reductions

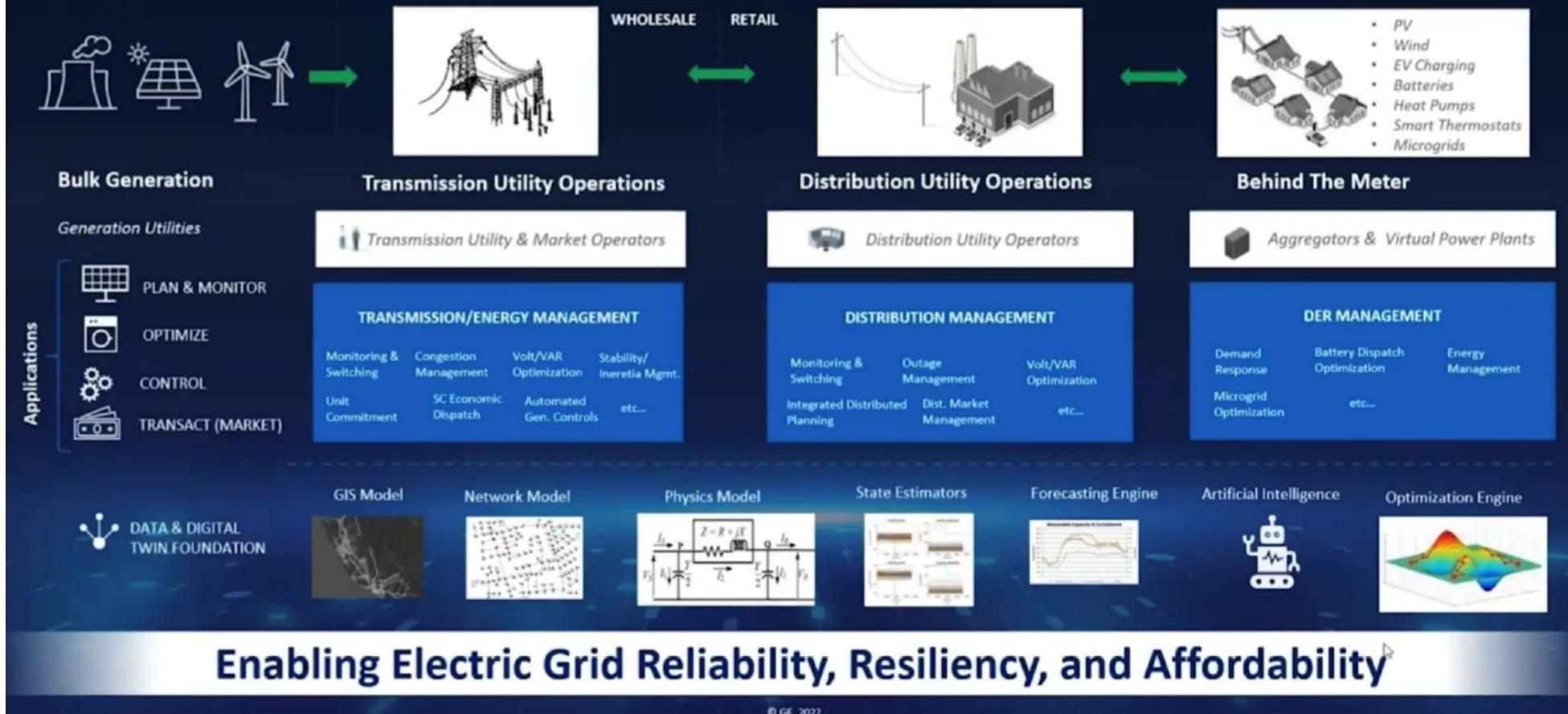


La digitalizzazione a supporto dell'efficienza energetica degli edifici

Prof. Fabrizio Cumo, Commissione BIM per l'edilizia e il patrimonio storico-architettonico, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

Digital Twin Tech Stack to Drive Renewables/DER Growth

Helping utilities transform to a **sustainable** and **intelligent** energy network



La digitalizzazione a supporto dell'efficienza energetica degli edifici

Prof. Fabrizio Cumo, Commissione BIM per l'edilizia e il patrimonio storico-architettonico, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

What is a Physics-Based Digital Twin?

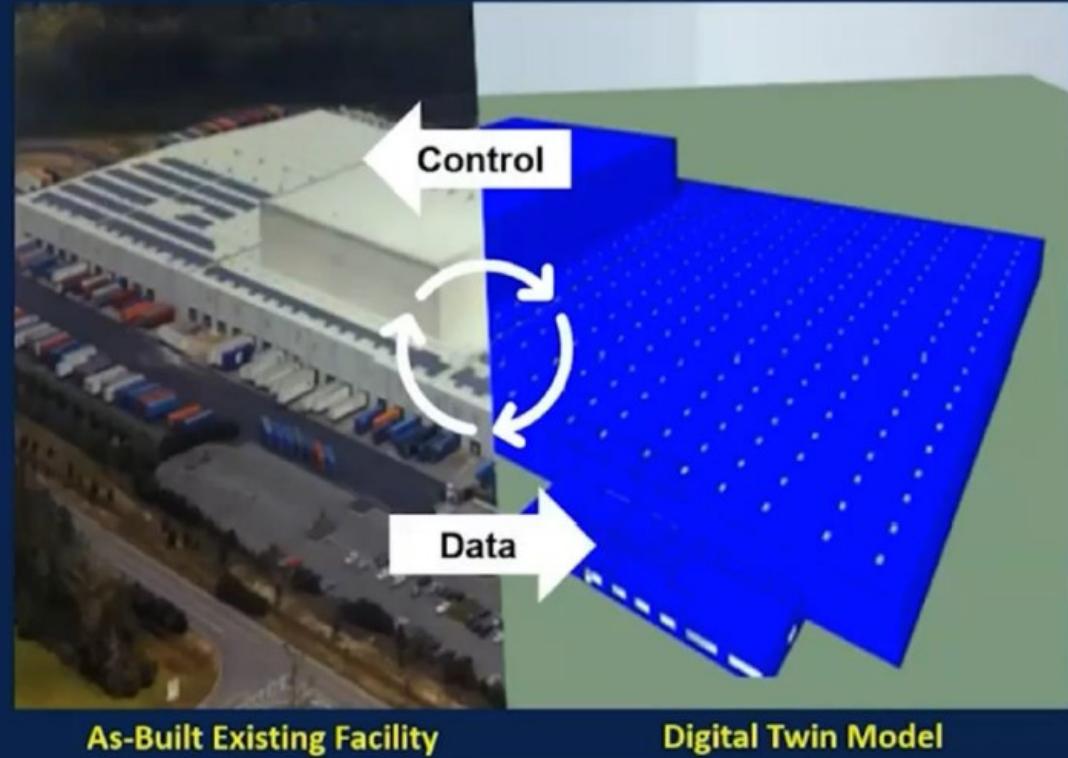
A digital twin is a virtual representation of an object or system that spans its lifecycle, is updated in real-time data, and uses physics-based simulation, Artificial Intelligence (AI), Machine Learning (ML) and reasoning for **informed** decision-making.

This presentation will cover:

- Physics-based digital twin analysis
- Virtual sensors and physical sensors
- Lifecycle performance and data aggregation
- Integration of AI and ML for continuous improvement

The Problems with Buildings:

- Operations typically don't match design
- 90% of our time is spent indoors
- 96% of Generation Y employees concerned with sustainability and decarbonization
- Buildings are designed for **energy** but not for **operations**
- Need for **holistic** Digital Building Lifecycle (DBL)
- Employees in high-performance buildings showed:
 - 26% higher cognitive function test scores
 - 30% fewer sick building symptoms versus non-certified



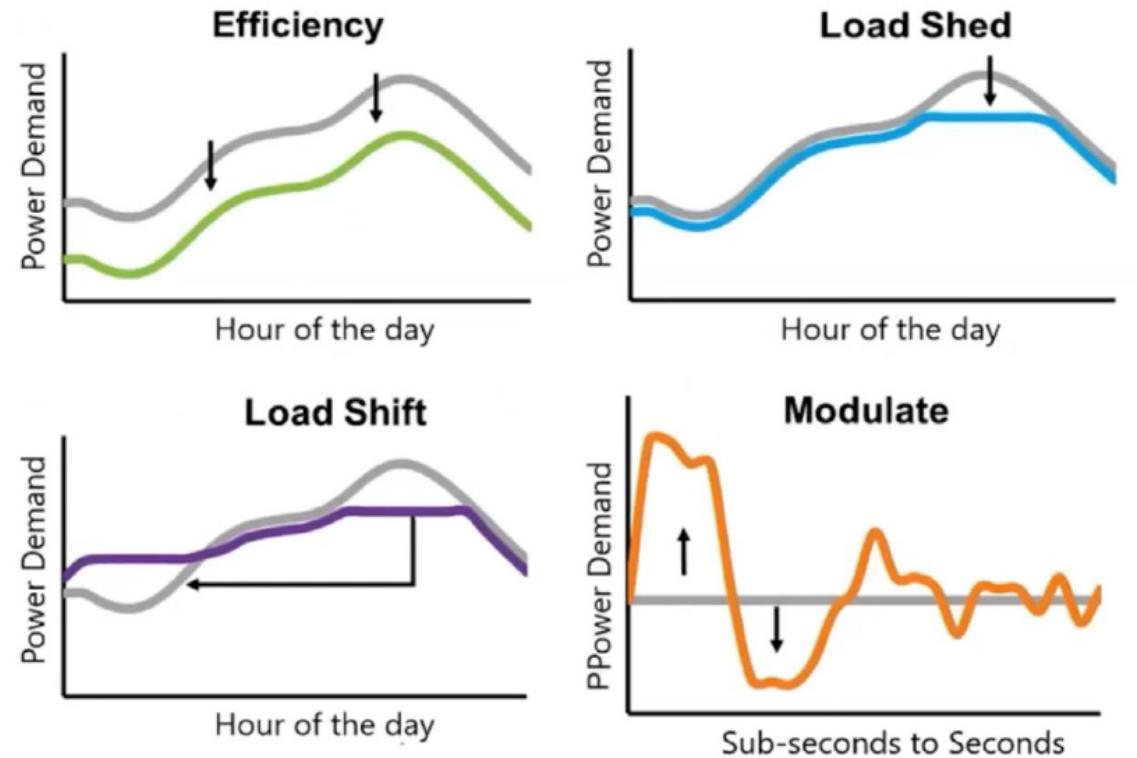
La digitalizzazione a supporto dell'efficienza energetica degli edifici

Prof. Fabrizio Cumo, Commissione BIM per l'edilizia e il patrimonio storico-architettonico, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

Intelligent load management

Flexibility Load Curves

In these graphs, the gray curve represents an example baseline building load and the colored curves (green, blue, purple and orange) show the resulting building load.



A virtual sensor is a type of software that processes what a physical sensor otherwise would. It learns to interpret the relationships between the different variables and observes readings from different instruments. These sensors use data to gather information that would not be measurable by a single device.



La digitalizzazione a supporto dell'efficienza energetica degli edifici

Prof. Fabrizio Cumo, Commissione BIM per l'edilizia e il patrimonio storico-architettonico, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

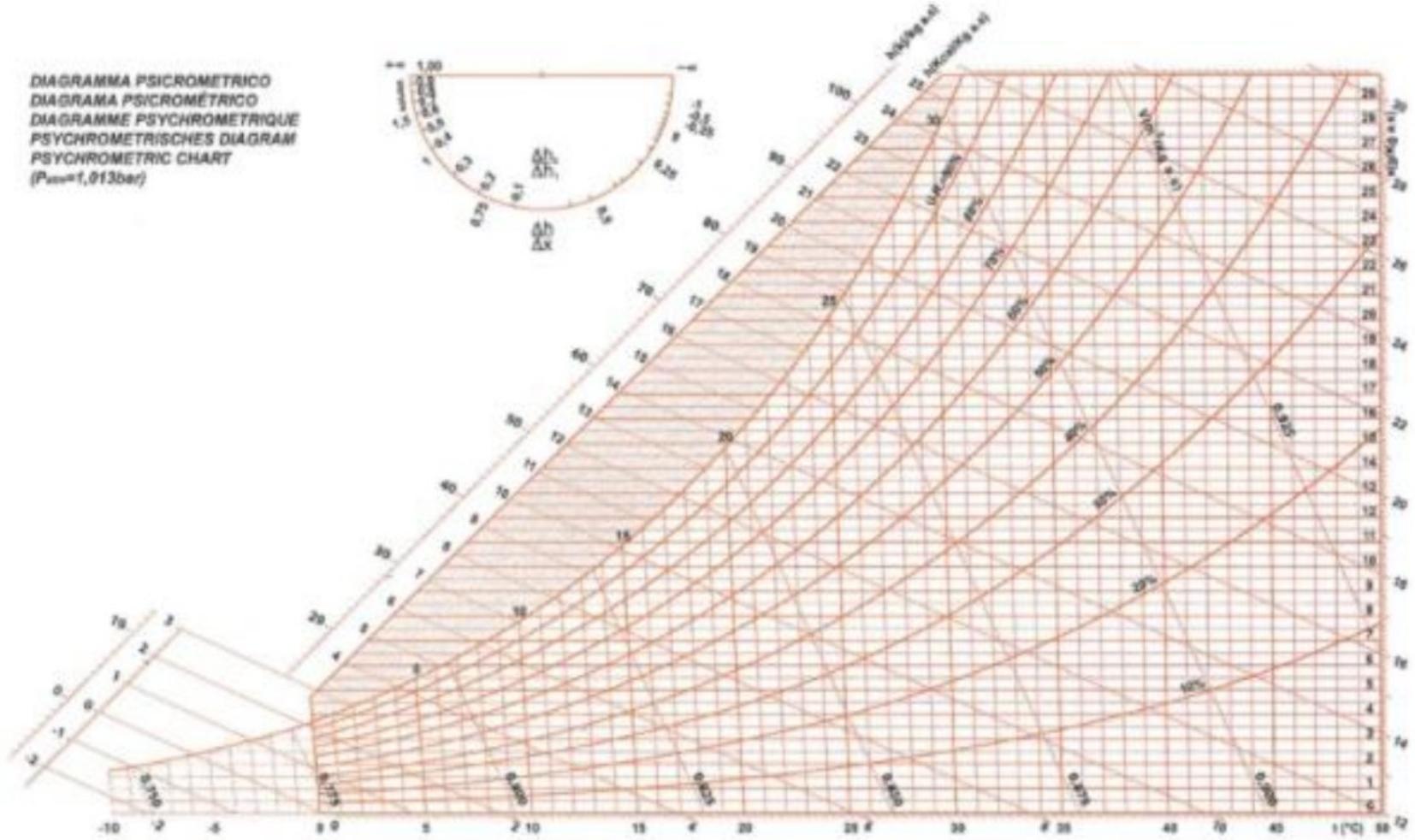
Virtual sensors

offer an additional abstraction layer built on digital representations of sensor hardware;
issue signals that aggregate input from physical sensors or even indirect measurement of physically non-measurable properties;
make low-level physical sensor information more broadly available for application in cyber-physical systems: they foster collaboration on the level of sensors (e.g., improving accuracy of individual sensors), on the level of assets (e.g., replacing or substituting individual sensors) and even on the level of organizations (e.g., enabling different service providers to offer services based on the same sensor hardware).
physical sensors typically feed specific, isolated applications only, virtual sensors become the primary source of physical world data for generalized and connected cyber-physical systems.





DIAGRAMMA PSICROMETRICO
DIAGRAMMA PSICROMÉTRICO
DIAGRAMME PSYCHROMÉTRIQUE
PSYCHROMETRISCHES DIAGRAM
PSYCHROMETRIC CHART
($P_{atm}=1,013\text{ bar}$)

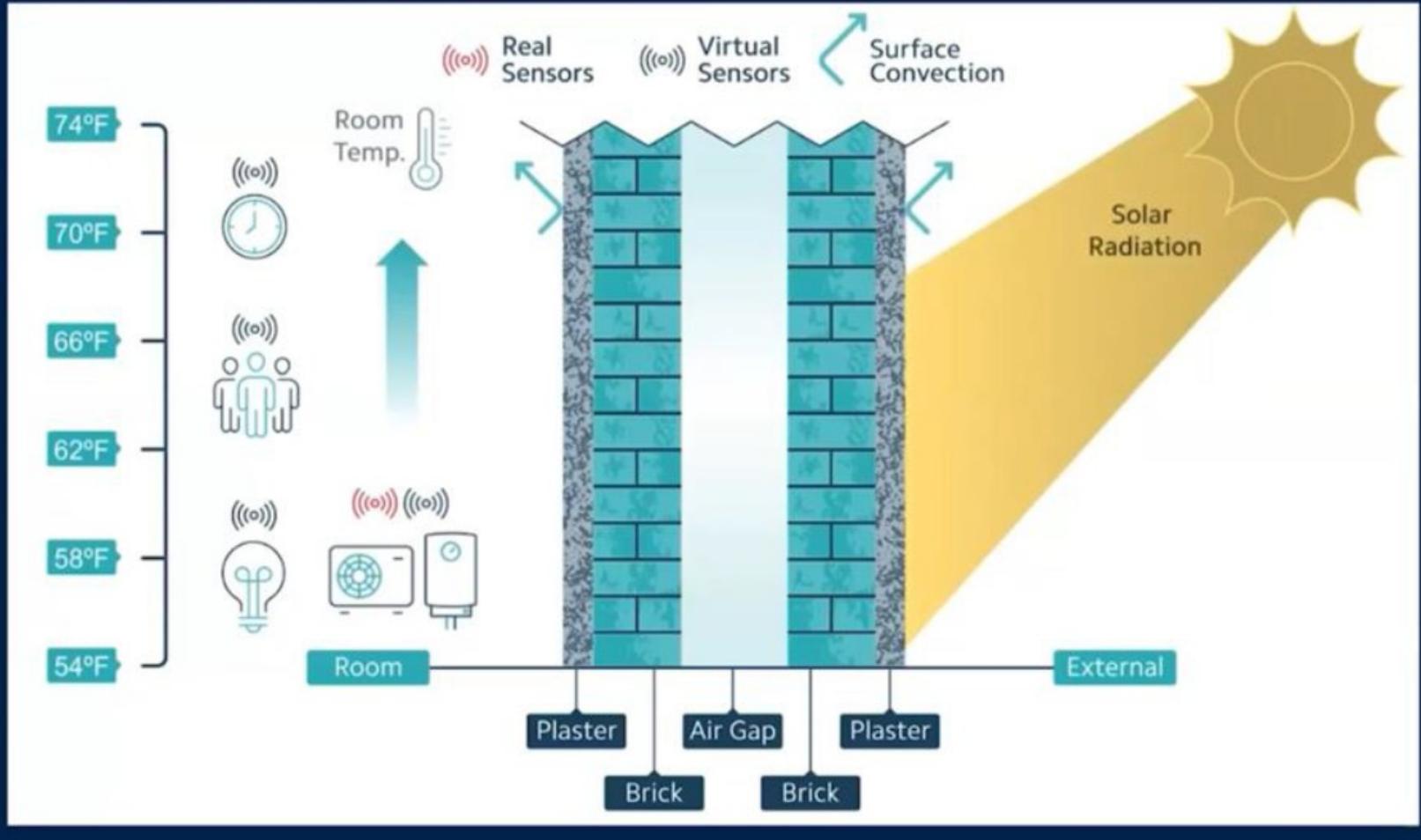


La digitalizzazione a supporto dell'efficienza energetica degli edifici

Prof. Fabrizio Cumo, Commissione BIM per l'edilizia e il patrimonio storico-architettonico, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

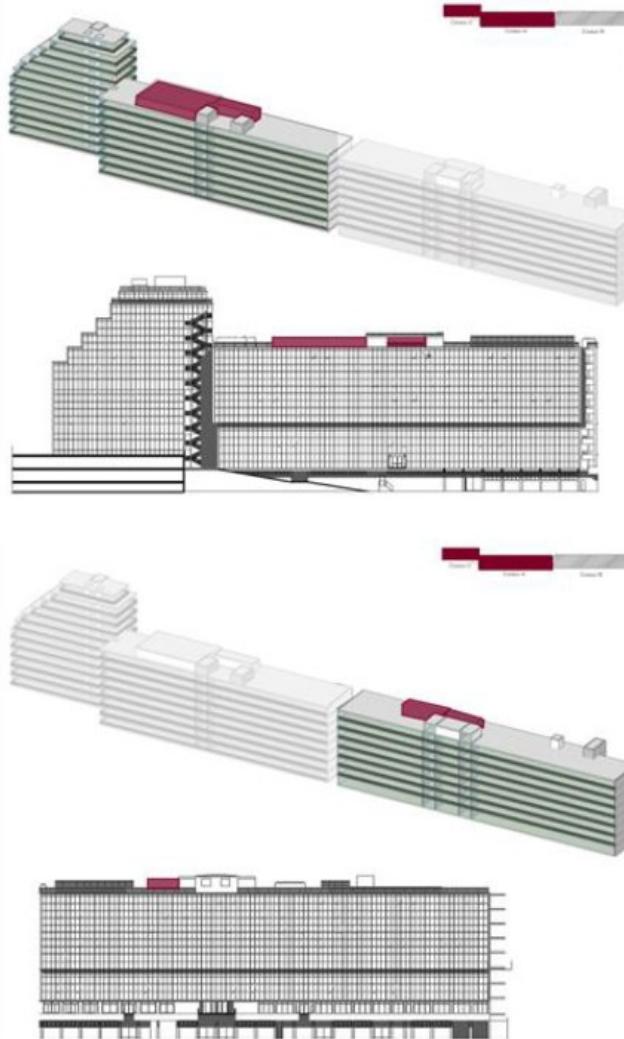
Digitizing Physics, Virtual Sensors & Virtual BMS

- Each room can have >650+ virtual sensors
- Data can register and record every 1-30 mins
- Sensitive rooms (e.g., datacenters) can record data every few seconds
- Virtual sensors don't fail unlike physical sensors with limited useful life-span
- Comparing costs of a physical sensor vs a virtual sensor
- Combining physical and virtual sensors provide greater analysis and comprehensive understanding of asset performance



La digitalizzazione a supporto dell'efficienza energetica degli edifici

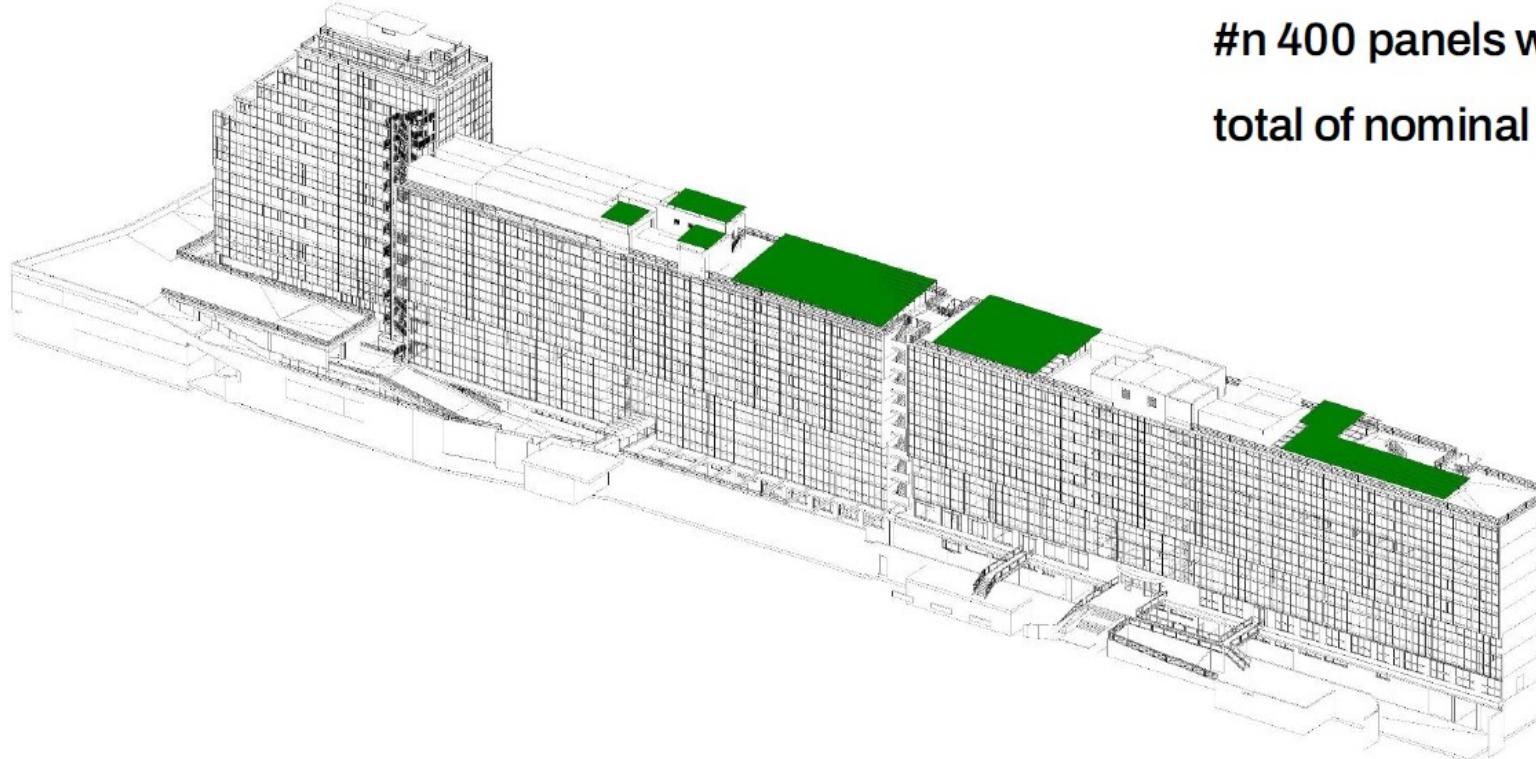
Prof. Fabrizio Cumo, Commissione BIM per l'edilizia e il patrimonio storico-architettonico, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma



La digitalizzazione a supporto dell'efficienza energetica degli edifici

Prof. Fabrizio Cumo, Commissione BIM per l'edilizia e il patrimonio storico-architettonico, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

Upgrading project



■ **photovoltaic panels system**

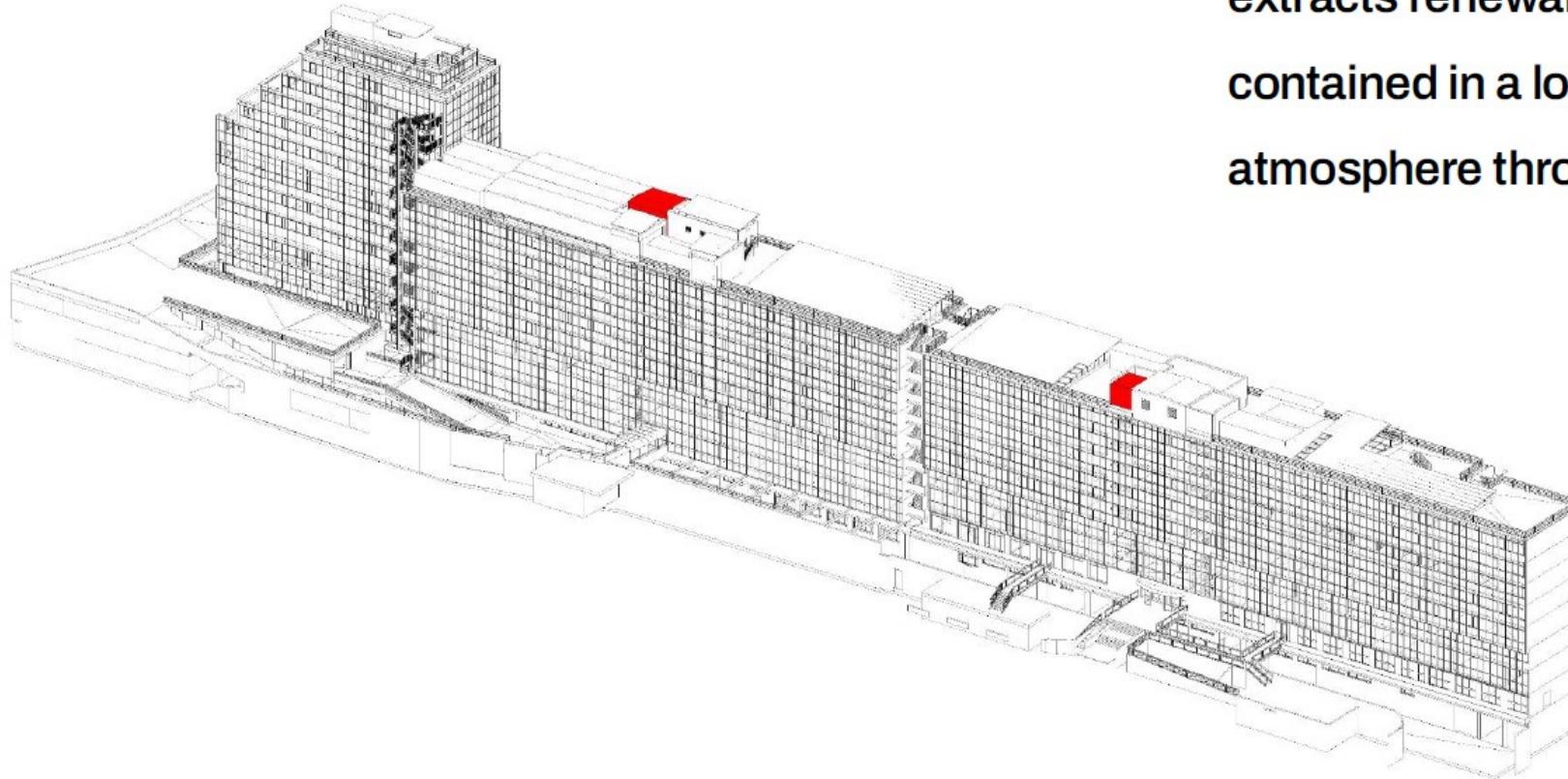
#n 400 panels with 0,4 kW of nominal power
total of nominal power production: 160 kW



La digitalizzazione a supporto dell'efficienza energetica degli edifici

Prof. Fabrizio Cumo, Commissione BIM per l'edilizia e il patrimonio storico-architettonico, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

Upgrading project



■ **heat pump with CO₂ recuperator**
extracts renewable thermal energy
contained in a low temperature
atmosphere through the evaporator



La digitalizzazione a supporto dell'efficienza energetica degli edifici

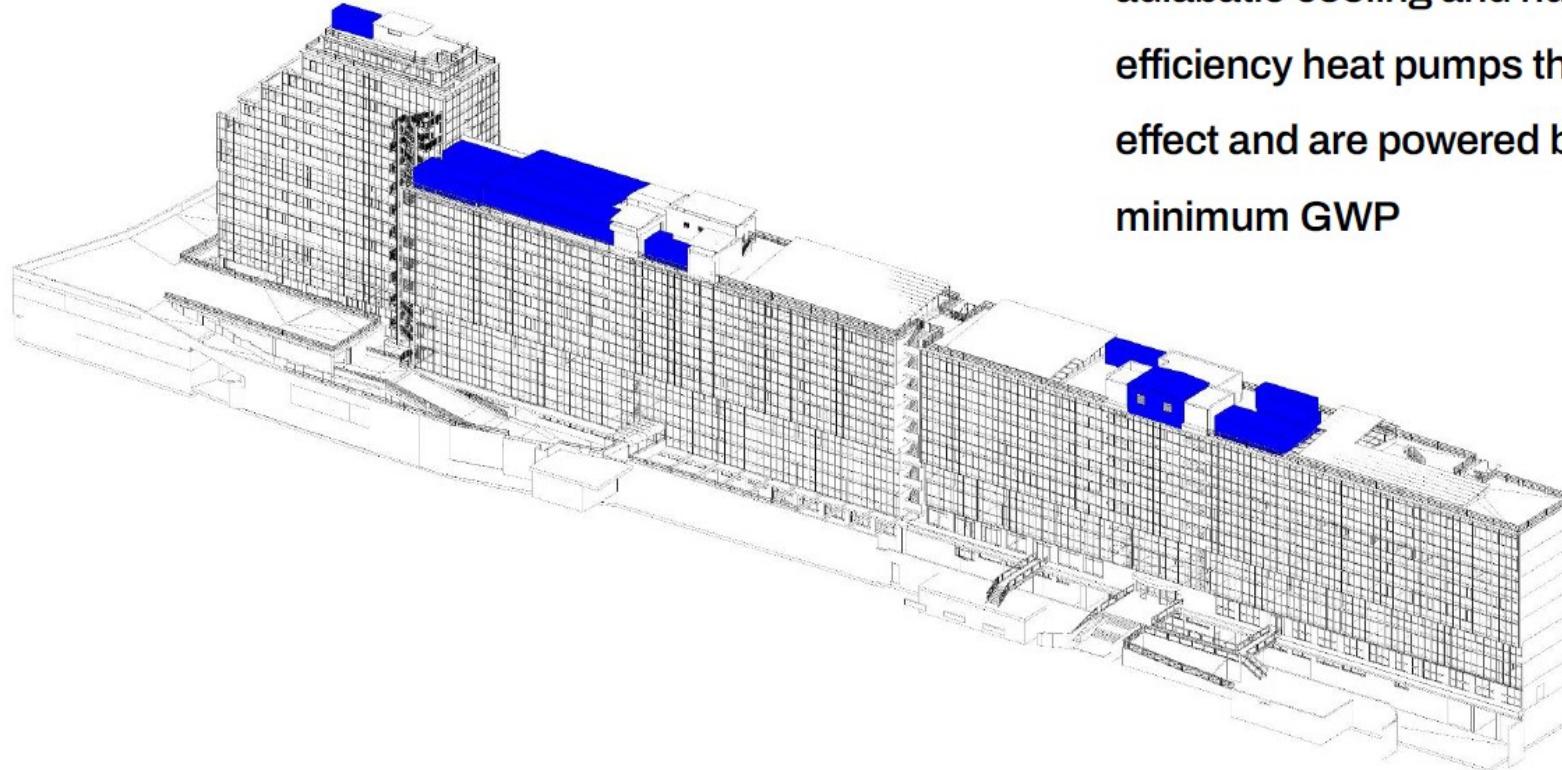
Prof. Fabrizio Cumo, Commissione BIM per l'edilizia e il patrimonio storico-architettonico, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

Upgrading project



cooling systems

new AHU with double heat recovery system with adiabatic cooling and humidification system; high-efficiency heat pumps that reduce the greenhouse effect and are powered by eco-friendly fluid with a minimum GWP

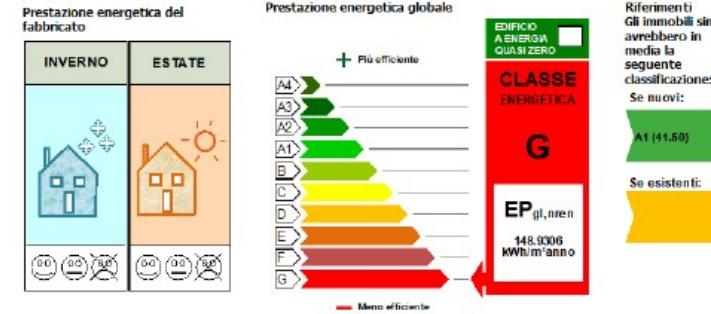


La digitalizzazione a supporto dell'efficienza energetica degli edifici

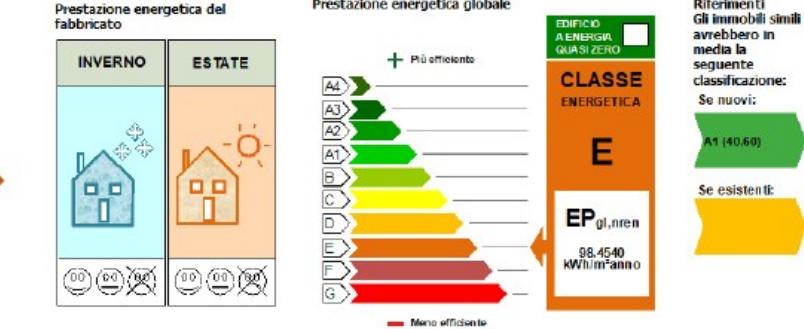
Prof. Fabrizio Cumo, Commissione BIM per l'edilizia e il patrimonio storico-architettonico, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

Results

PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO

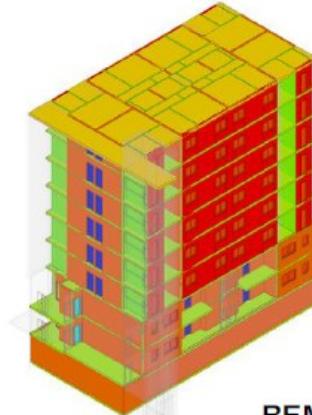


PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE E DEL FABBRICATO



SERVIZI ENERGETICI PRESENTI

- Climatizzazione invernale
- Ventilazione meccanica
- Illuminazione
- Climatizzazione estiva
- Prod. acqua calda sanitaria
- Trasporto di persone o cose

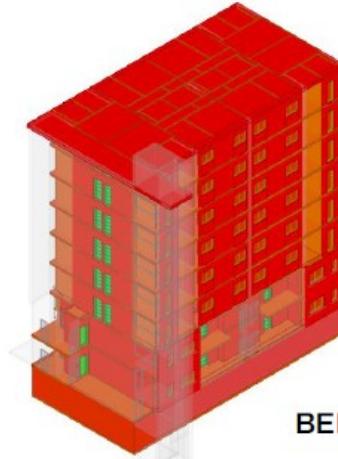


**148,9306
kWh/m² yy**

BEM ante operam



**98,4540
kWh/m² yy**



BEM post operam



La digitalizzazione a supporto dell'efficienza energetica degli edifici

Prof. Fabrizio Cumo, Commissione BIM per l'edilizia e il patrimonio storico-architettonico, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

Progetto AI.FER



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

CITERA Centro di Ricerca Interdipartimentale
Territorio Edilizia Restauro Ambiente

AI.FER - Il Progetto è finalizzato allo **sviluppo di una “Energy Intelligence Data Platform”** applicata alla gestione di smart grid che ottimizzino, per distretti energetici ed in particolare per Comunità di Energia Rinnovabile (CER), la produzione da Fonti di Energia Rinnovabile (FER) e gli impieghi dell'energia così prodotta, con l'obiettivo di migliorare l'utilizzo (autoconsumo, minimizzazione degli accumuli) delle energie rinnovabili in Italia e di ridurre l'impatto ambientale di edifici ed infrastrutture di dimensioni rilevanti.

Finalità

si propone la realizzazione e validazione di un **Sistema per la gestione di “distretti elettrici”**, con l'obiettivo di minimizzare gli scambi con la rete di distribuzione del sistema elettrico nazionale, tendendo all'autonomia energetica.



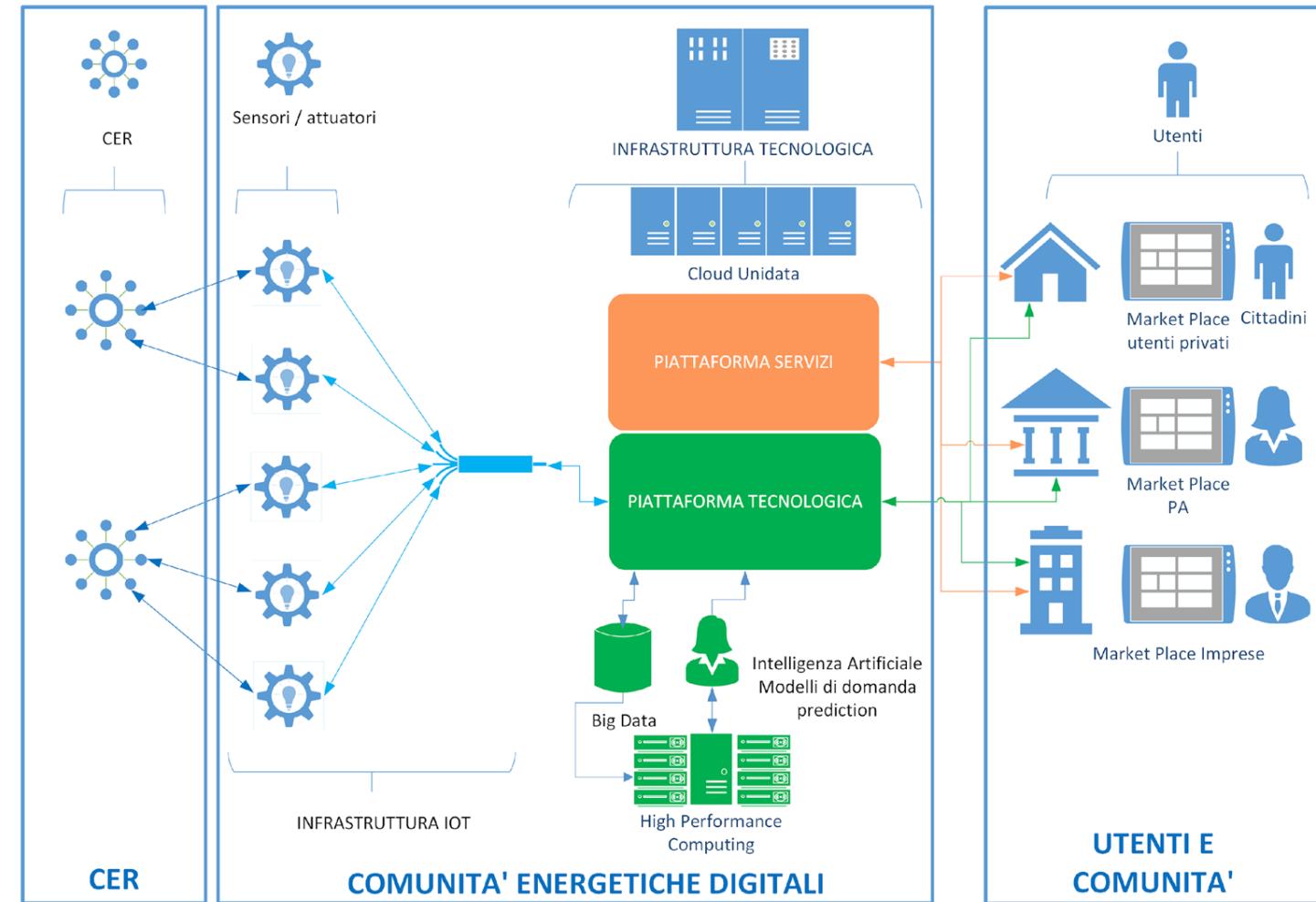
La digitalizzazione a supporto dell'efficienza energetica degli edifici

Prof. Fabrizio Cumo, Commissione BIM per l'edilizia e il patrimonio storico-architettonico, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

Progetto AI.FER



Il Progetto **AI.FER** si colloca nel **settore di destinazione dell'Energy Management**, e in particolare nel contesto delle **Comunità Energetiche Rinnovabili (CER)**, ovvero comunità di produttori e consumatori di energia che si aggregano, in applicazione delle recenti normative, allo scopo di creare una rete di scambio di energia del tutto (o quasi) prodotta da Fonti Energetiche Rinnovabili (FER).



La digitalizzazione a supporto dell'efficienza energetica degli edifici

Prof. Fabrizio Cumo, Commissione BIM per l'edilizia e il patrimonio storico-architettonico, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

CER - Vision

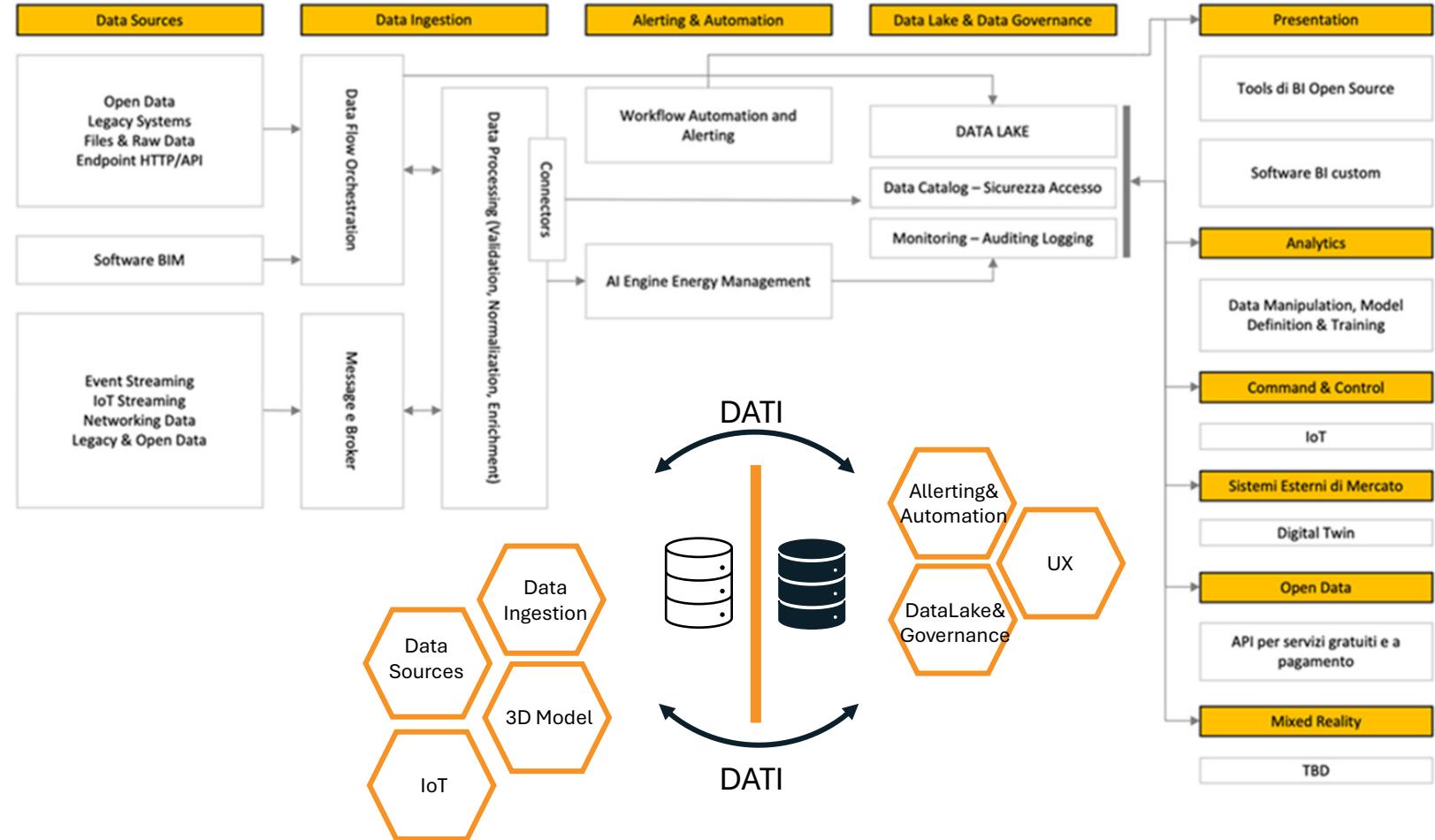
Progetto AI.FER



Il prototipo risultante dal Progetto sarà pienamente funzionante e validato per le funzionalità: i digital twin, le principali interfacce evolute in realtà virtuale/aumentata, la gestione della rete dei sensori IoT, la gestione dei Big Data e la Analytics, ecc.

Il Sistema derivante dal Progetto è stato concepito, e sarà realizzato, per soddisfare **un bisogno emergente** dalle evoluzioni del sistema regolatorio del sistema elettrico nazionali.

Data Platform Architecture



La digitalizzazione a supporto dell'efficienza energetica degli edifici

Prof. Fabrizio Cumo, Commissione BIM per l'edilizia e il patrimonio storico-architettonico, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

Progetto AI.FER



Piano di sviluppo

La penetrazione in altri mercati è legata ad evoluzioni del Sistema, ed in particolare delle componenti tecnologicamente innovative, verso impieghi differenti dall'Energy Management.

Il concetto alla base del Progetto AI.FER, ovvero:

- la **possibilità di gestire sistemi complessi**, quale il sistema elettrico di un distretto energetico,
- con il **supporto di digital twin** che simulano i comportamenti di entità fisiche reali,
- utilizzando **tecnologie AI/ML** che apprendono dagli eventi e possono proporre interventi sempre più “orientati ai risultati positivi”,

è assolutamente generale e può essere applicato in molti ambienti con caratteristiche di complessità, imprevedibilità, incertezza di relazioni fra le varie entità che coesistono nell'ambiente interessato.

Un esempio, fra tanti possibili, è costituito, nell'ambito della tematica della **“smart city”**, dalla necessità di gestire il traffico veicolare dove si incrociano esigenze di trasporto pubblico urbano, trasporto industriale, traffico veicolare privato, illuminazione pubblica, comunicazioni, gestione di eventi (partite, concerti, manifestazioni politiche, ecc.) in concomitanza ad eventi imprevedibili (incidenti, black out, ecc.) o incerti (condizioni meteorologiche, ecc.).



La digitalizzazione a supporto dell'efficienza energetica degli edifici

Prof. Fabrizio Cumo, Commissione BIM per l'edilizia e il patrimonio storico-architettonico, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

Progetto AI.FER



CITERA Centro di Ricerca Interdipartimentale
Territorio Edilizia Restauro Ambiente

Piano di sviluppo

La **data platform** su cui si innestano le diverse funzionalità di simulazione, analytics e gestione dati strutturati e non strutturati è **flessibile e riconfigurabile** per un riallineamento sulle differenti esigenze di un sistema complesso diverso da un distretto energetico.

Analogamente la **concezione modulare di tutte le funzionalità** permette la riconfigurazione del Sistema con investimenti contenuti. Necessariamente devono essere **rielaborate le funzioni di digital twin e di intelligenza artificiale** per renderle coerenti con le nuove necessità.

La realizzazione del Progetto AI.FER potenzia le aziende partecipanti, non solo dal punto di vista del know-how maturato sulle tecnologie applicate, ma arricchisce anche la loro dotazione di “prodotti e semilavorati” con cui riconfigurare, con investimenti e in tempi accettabili, sistemi per diverse applicazioni.



La digitalizzazione a supporto dell'efficienza energetica degli edifici

Prof. Fabrizio Cumo, Commissione BIM per l'edilizia e il patrimonio storico-architettonico, Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA



Consiglio Nazionale
Geometri e Geometri Laureati



Ordine degli Ingegneri
della Provincia
di Roma



Cultura e Tecnica per Energia Uomo e Ambiente

Seminario

Riqualificazione di edifici pubblici e privati Le misure previste dalle Direttive sull'efficienza energetica e sulla prestazione energetica degli edifici

Roma, 13 novembre 2025 ore 14:30 Aula Magna della
Facoltà di Architettura La Sapienza Università di Roma
Sede di Valle Giulia - Via Antonio Gramsci 53, Roma

La digitalizzazione a supporto dell'efficienza energetica degli edifici

Prof. Fabrizio Cumo, Commissione BIM per l'edilizia e il
patrimonio storico-architettonico,
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA