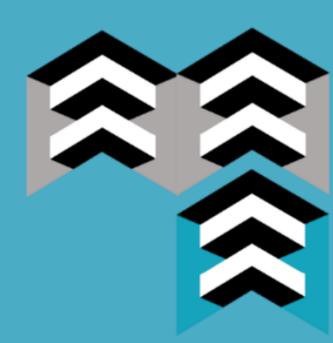




URBEM

Urban Reference Buildings for Energy Modelling





Esempi di simulazioni energetiche a livello urbano

Politecnico di Milano, Dipartimento di Energia
26.03.2025

Prof. Angelo Zarrella, Dipartimento di Ingegneria Industriale (DII)
Università degli Studi di Padova





Esempi di simulazioni energetiche a livello urbano

Gruppo di Ricerca

Unità di Ricerca 3



Nicola Borgato

Dipartimento di Ingegneria Industriale
(DII), UNIPD



Enrico Prataviera

Dipartimento di Ingegneria Industriale
(DII), UNIPD



Piercarlo Romagnoni

Dipartimento di culture del progetto,
IUAV, Venezia



Laura Carnieletto

Dipartimento di scienze ambientali, informatica
e statistica, UNIVE



Lorenzo Teso

Dipartimento di culture del progetto,
IUAV, Venezia





Esempi di simulazioni energetiche a livello urbano

1 Introduzione

- E' utile fare una simulazione energetica a livello urbano?
- Quali informazioni servono?
- Quali strumenti si possono usare?





Esempi di simulazioni energetiche a livello urbano

1 Introduzione

Simulare 1, 10, 1000, n edifici è un problema?

L'ordine di risoluzione influenza i risultati

Proprietà dell'involucro edilizio

Comportamento delle Persone (Utenti)

Dati climatici locali

Ombreggiamenti / Radiazione mutua

Verde urbano

....

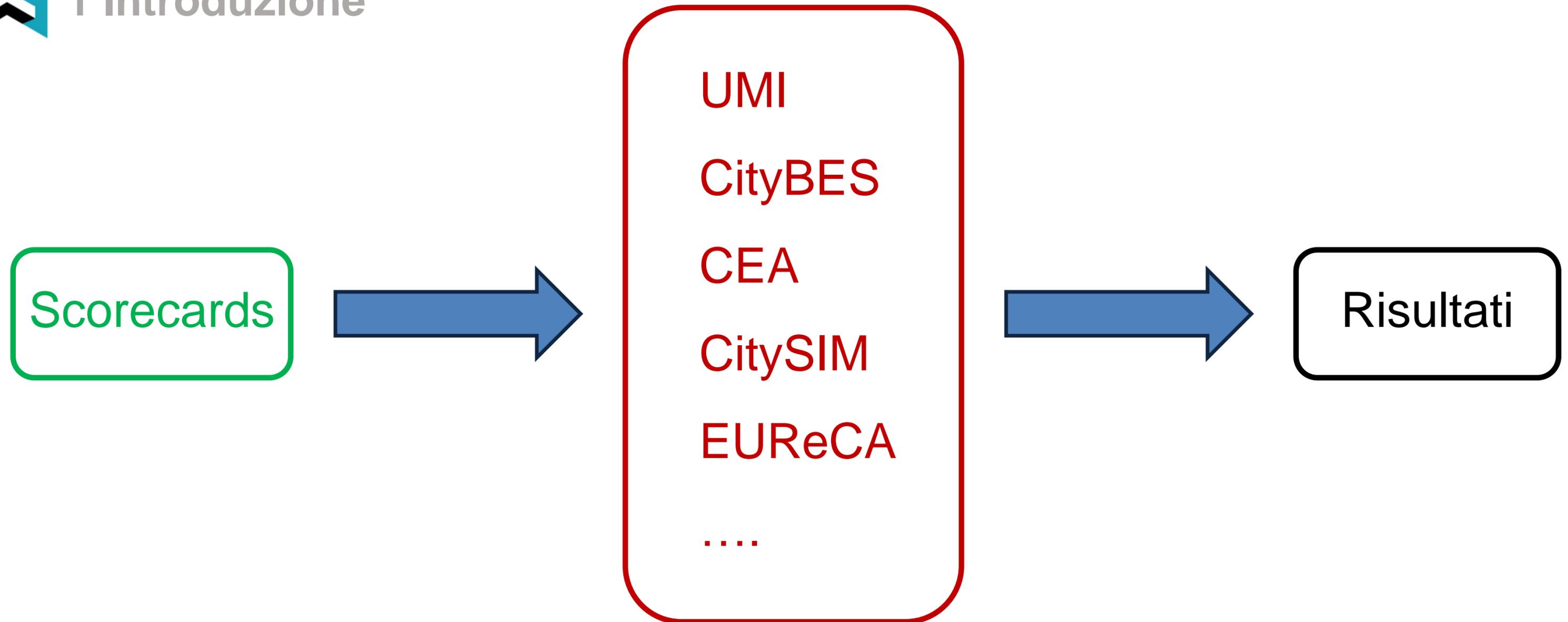
L'uso della simulazione in modo *relativo*...





Esempi di simulazioni energetiche a livello urbano

1 Introduzione



Le Scorecards **non** sono state costruite pensando ad uno specifico strumento/software





Esempi di simulazioni energetiche a livello urbano

2 UMI e EUReCA

UMI - Urban Modeling Interface



1

Obiettivo

Valuta le **prestazioni ambientali** di quartieri e città, concentrandosi su aspetti quali l'uso dell'**energia**, la **percorribilità**, l'**illuminazione naturale** e consumo di **cibo**

2

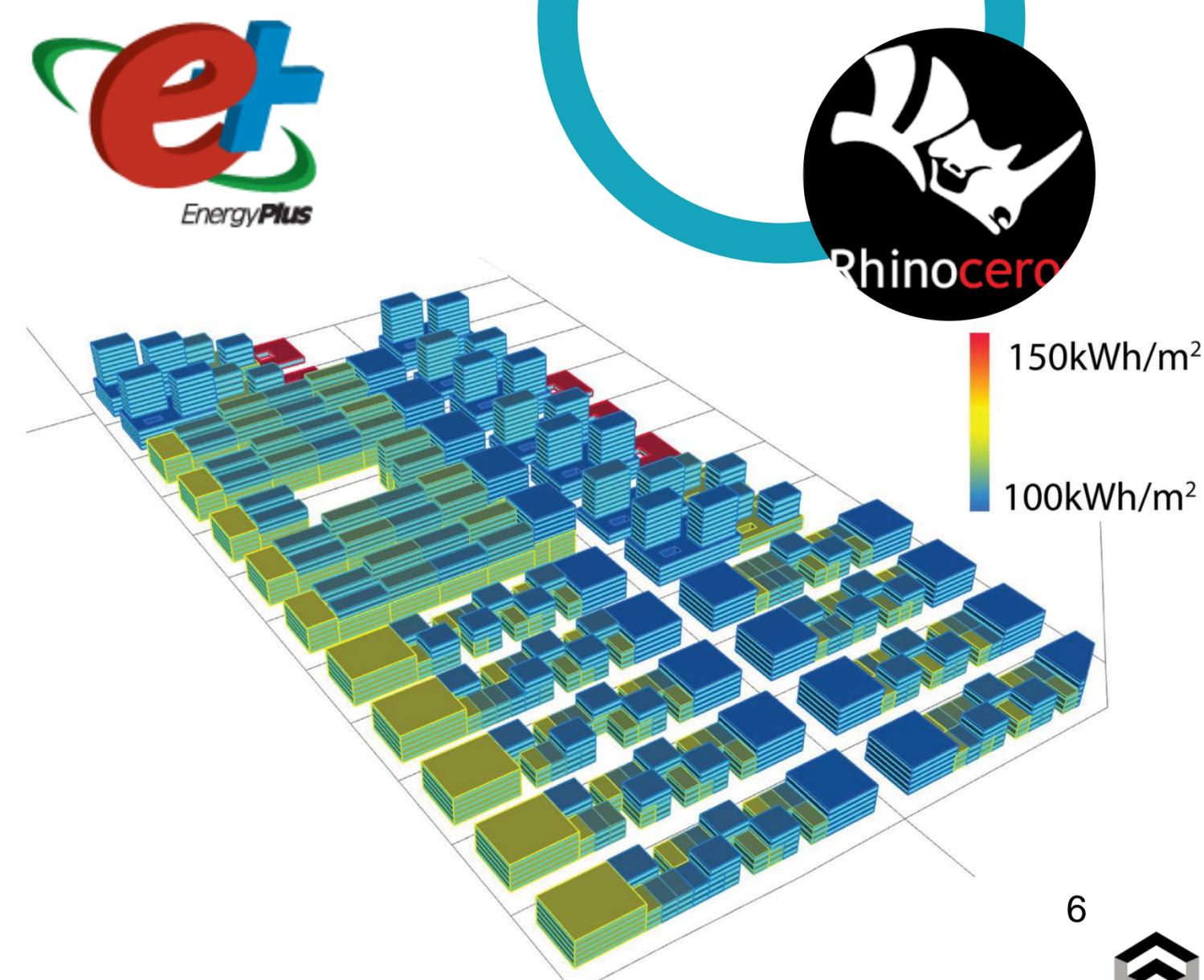
Integrazione

UMI è progettato come plugin di Rhinoceros 3D

3

Sviluppatore

MIT Sustainable Design Lab





Esempi di simulazioni energetiche a livello urbano

2 UMI e EURECA

UMI - Urban Modeling Interface



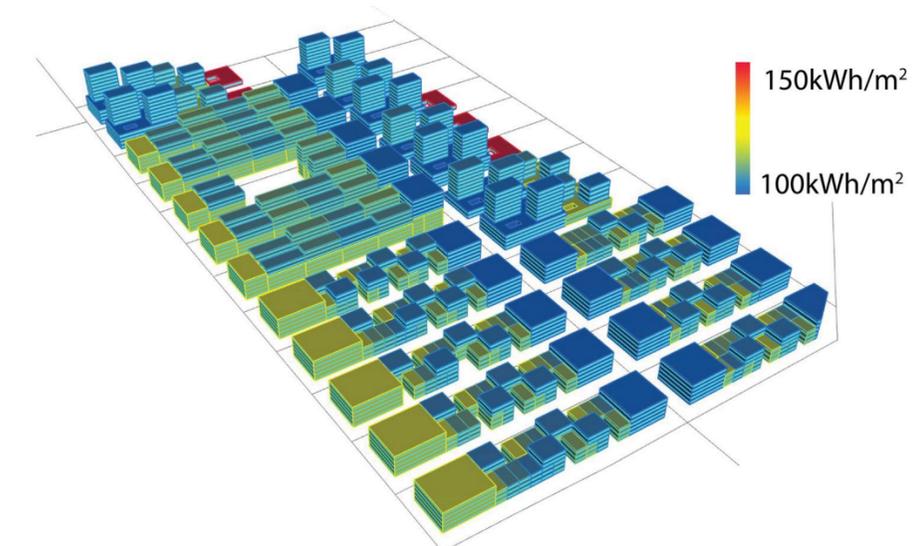
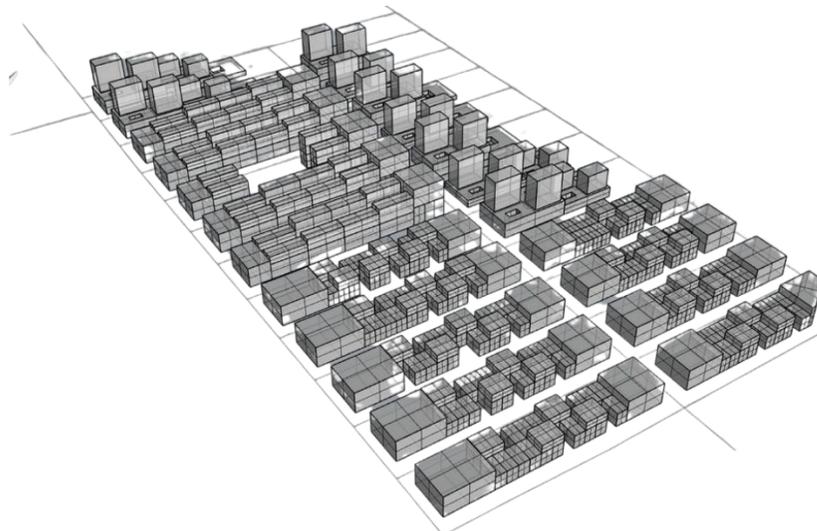
Input

- **Modello 3D** del distretto urbano
- Caratteristiche **fisiche** e **geometriche** degli edifici
- **Schedule**
- **Impianti**
- **File climatico**



Output

- **Consumo energetico** orario/ mensile / annuale per ogni edificio
- **Riscaldamento, raffrescamento, illuminazione, elettrodomestici, ACS**

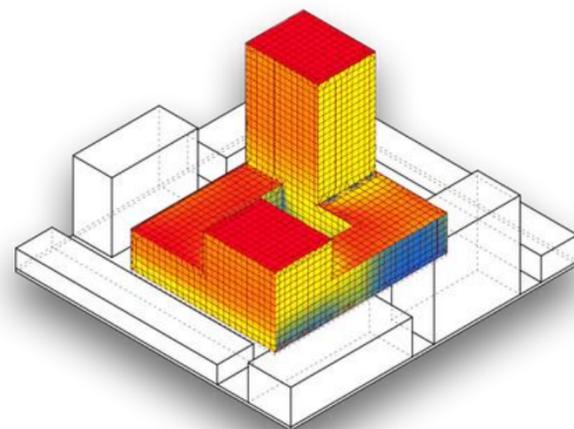
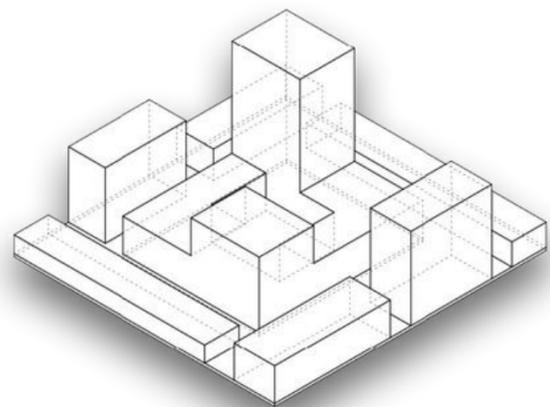




Esempi di simulazioni energetiche a livello urbano

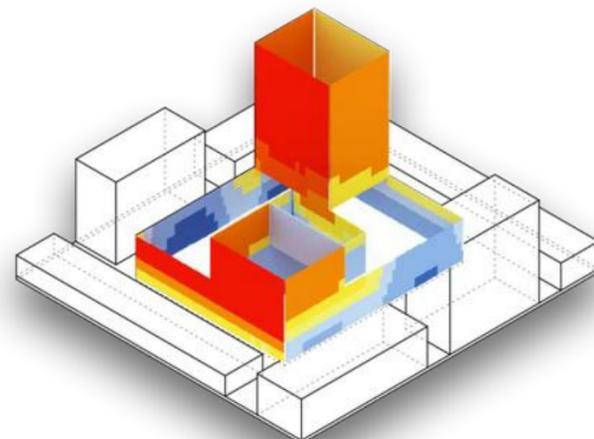
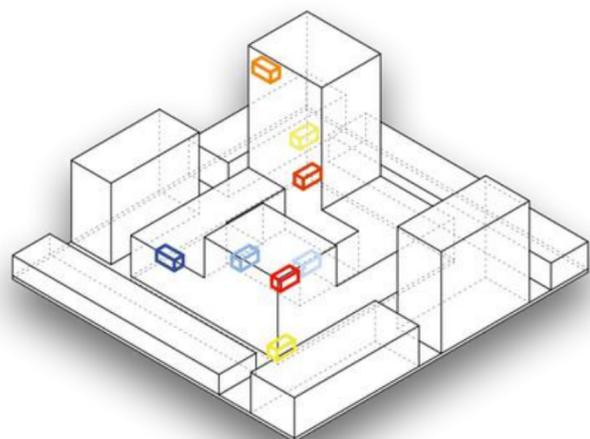
2 UMI e EURECA

UMI - Urban Modeling Interface



1 - Geometria di Input

2 - Calcolo della radiazione solare incidente



4 - Simulazione Shoebox

3 - Clusterizzazione delle superfici



Modello

- **Clusterizzazione** preliminare delle superfici degli edifici basata sulla **radiazione solare incidente**
- **Algoritmo Shoebox**: ad ogni cluster di superfici viene fatto corrispondere un **modello semplificato** di una **stanza**



Pro / Contro



- Interfaccia grafica
- Interfaccia per diverse analisi urbane



- Risultati diversi ad ogni simulazione (fattore casuale)
- Richiesta di modello 3D





Esempi di simulazioni energetiche a livello urbano

2 UMI e EUReCA

EUReCA - Energy Urban Resistance Capacitance Approach

1 Obiettivo

Urban Building Energy Model (**UBEM**): modello per il calcolo dei consumi energetici degli edifici su piccola e grande scala

2

Implementazione

EUReCA è scritto in linguaggio Python. Funziona con qualsiasi interprete Python.

3

Integrazione

Input e output di EUReCA possono essere gestiti attraverso **Excel** e **GIS** (QGIS, ArcGIS, ...)

4

Sviluppatore

BETA_Lab Università degli Studi di Padova





Esempi di simulazioni energetiche a livello urbano

2 UMI e EUReCA

EUReCA - Energy Urban Resistance Capacitance Approach



Input

- GeoJSON distretto urbano
- Caratteristiche **fisiche e geometriche** degli edifici
- **Schedule**
- **Impianti**
- **File climatico**



Output

- **Consumo energetico** orario/ mensile / annuale per ogni edificio
- **Riscaldamento, raffrescamento, illuminazione, elettrodomestici, ACS**

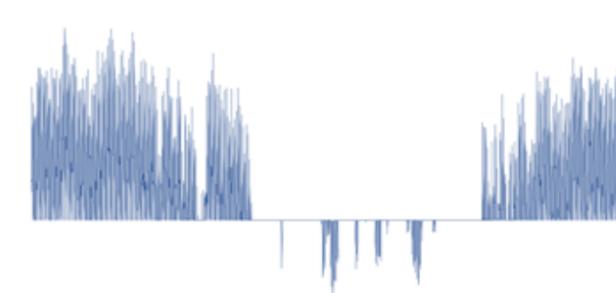
Weather data



Archetypes DB



RC model



Heating and cooling demand

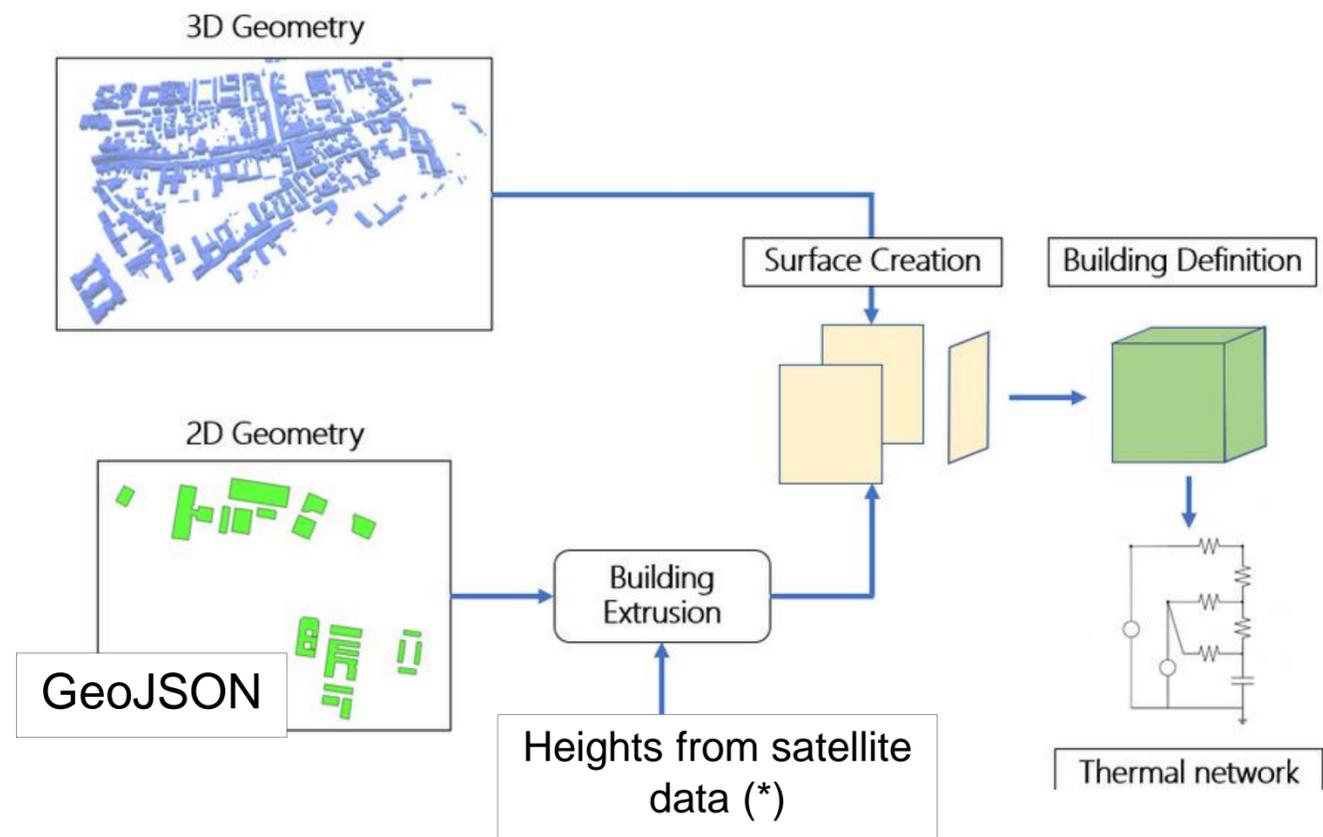




Esempi di simulazioni energetiche a livello urbano

2 UMI e EUReCA

EUReCA - Energy Urban Resistance Capacitance Approach



Bd 1	1995	Residential	3 Floors
Bd 2	1970	Office	1 Floor
....



Modello

- **Modello 7R2C:** resistenze e capacità per modellare lo scambio termico
- Ogni edificio viene rappresentato con una rete RC.



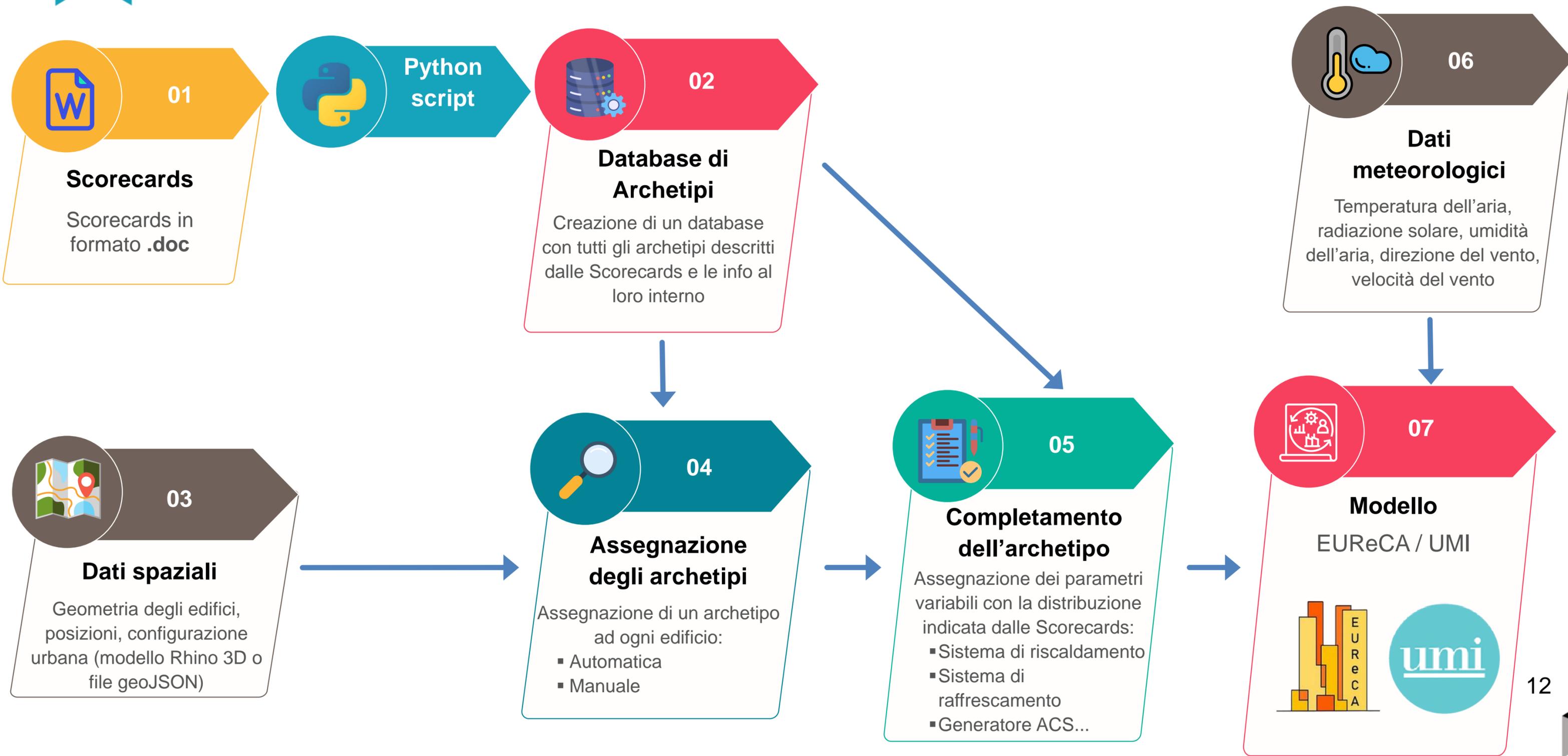
Pro / Contro

- Velocità di calcolo
- Input creabili automaticamente e da fonti open source
- Possibilità di calibrazione su dati reali
- Assenza di interfaccia grafica



Esempi di simulazioni energetiche a livello urbano

3 Gestione degli input



Esempi di simulazioni energetiche a livello urbano

3 Gestione degli input

05

Completamento dell'archetipo

Assegnazione dei parametri variabili con la distribuzione indicata dalle Scorecards:

- Sistema di riscaldamento
- Sistema di raffrescamento
- Generatore ACS
- ...



UMI

Creazione manuale o automatica di una **libreria** di "building templates"
Ad **ogni** template sono associate **tutte** le caratteristiche dell'archetipo



VAR

Variabili **presenti** nelle Scorecards



VAR

Variabili **assenti** nelle Scorecards. Da **derivare** o **stimare**



EURECA

Creazione manuale o automatica di una libreria di **strutture, impianti e schedule**.
Ad ogni edificio è possibile assegnare **indipendentemente** i **3** parametri



VAR

Variabili **presenti** nelle Scorecards



VAR

Variabili **assenti** nelle Scorecards. Da **derivare** o **stimare**





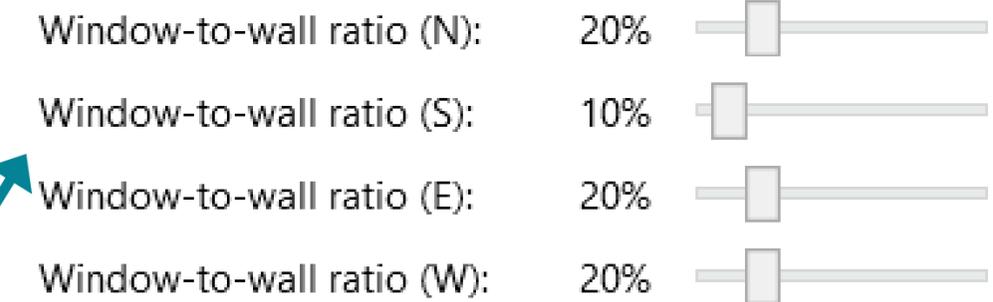
Esempi di simulazioni energetiche a livello urbano

3 Gestione degli input



Esempio: WWR

Data	Symbol	Mean
WWR - North orientation	WWRN	0.20
WWR - South orientation	WWR S	0.10
WWR - East orientation	WWR E	0.20
WWR - West orientation	WWRW	0.20



WWR N	WWR S	WWR E	WWR W
0.2	0.1	0.2	0.2
0.2	0.1	0.2	0.2
0.2	0.1	0.2	0.2
0.2	0.1	0.2	0.2
0.2	0.1	0.2	0.2



Variabili presenti nelle Scorecards





Esempi di simulazioni energetiche a livello urbano

3 Gestione degli input

Esempio: Parametri delle finestre

Data	Symbol	Mean
Windows type	Double glazing, wooden frame: 46%; Double glazing, PVC frame: 32%; ...	
U-value of the windows	U_w	2.78 W/(m ² K)

UMI

- Conductivity
- Density
- Back side IR emissivity
- Front side IR emissivity
- IR transmittance
- Back side Solar Reflectance
- Front side Solar Reflectance
- Solar Transmittance
- Back side Visible Reflectance
- Front side Visible Reflectance
- Visible Transmittance

- **Niente U-value**
- **Valore estrapolato** dai parametri delle finestre riportate nel "Windows type"

EURCA

- U - value
- Solar Heat Gain Coefficient
- Visible Transmittance
- Frame Factor
- Internal Shading Coefficient
- External Shading Coefficient

- **✓ U-value**
- **Valore estrapolato** dai parametri delle finestre riportate nel "Windows type"



Variabili **assenti** nelle Scorecards.
Da **derivare** o **stimare**





Esempi di simulazioni energetiche a livello urbano

4 Caso studio - Catania



Panoramica

- Quartiere **centro storico** Catania
- Prevalenza di edifici **residenziali**
- **Alta** densità di edifici
- **140** edifici

Anni di costruzione

- Pre - 1951 (31%)
- 1951 - 1960 (43%)
- 1961 - 1970 (26%)

Involucri

- **Muri**
U-value: 1.09 - 1.81 W/(m² K)
- **Finestre**
U-value: 4.32 - 5.87 W/(m² K)

Impianti

- **Riscaldamento:** pompe di calore e caldaia a gas
- **Raffrescamento:** chiller aria-aria

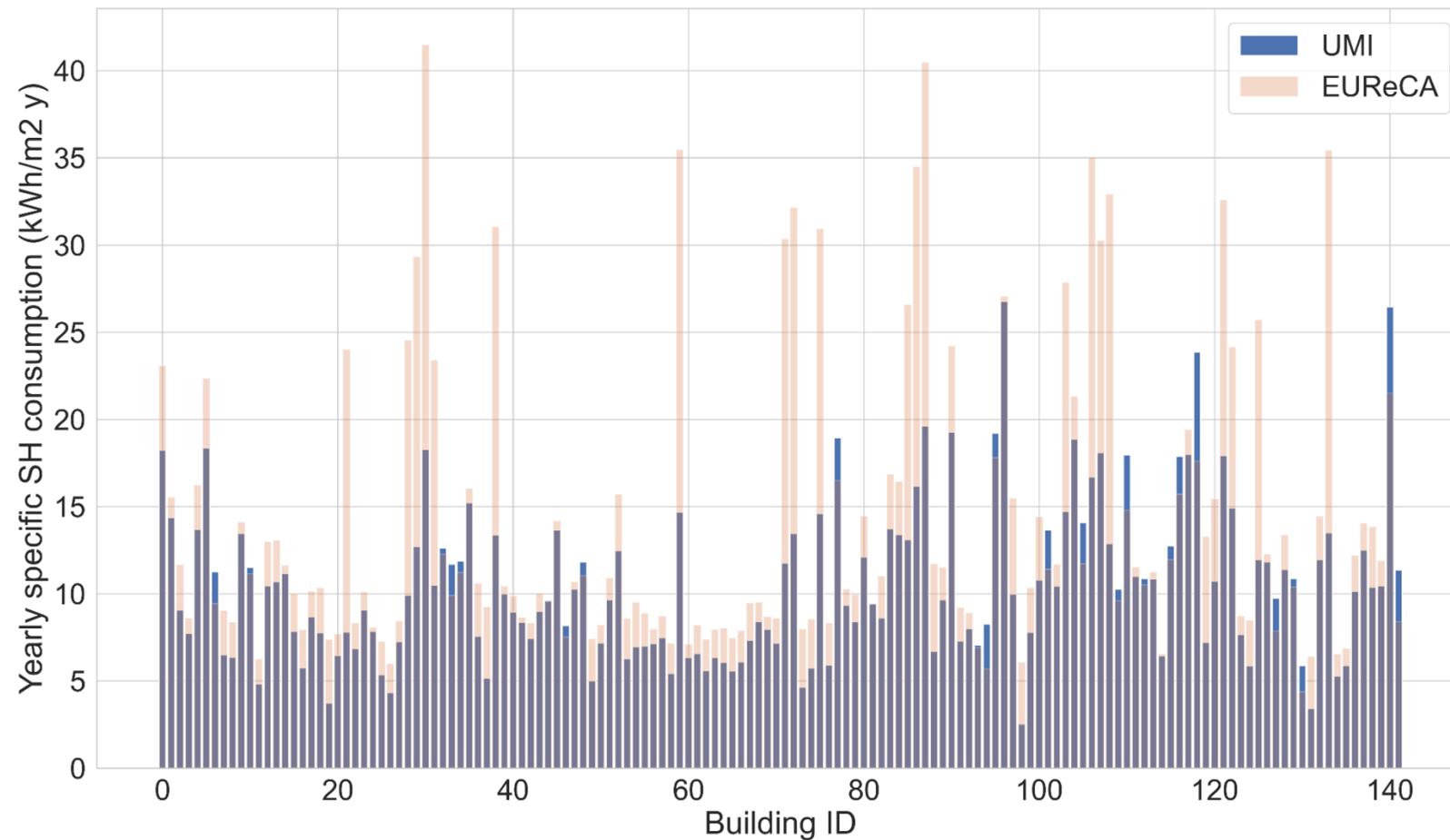




Esempi di simulazioni energetiche a livello urbano

4 Caso studio - Catania

Confronto risultati UMI - EURECA



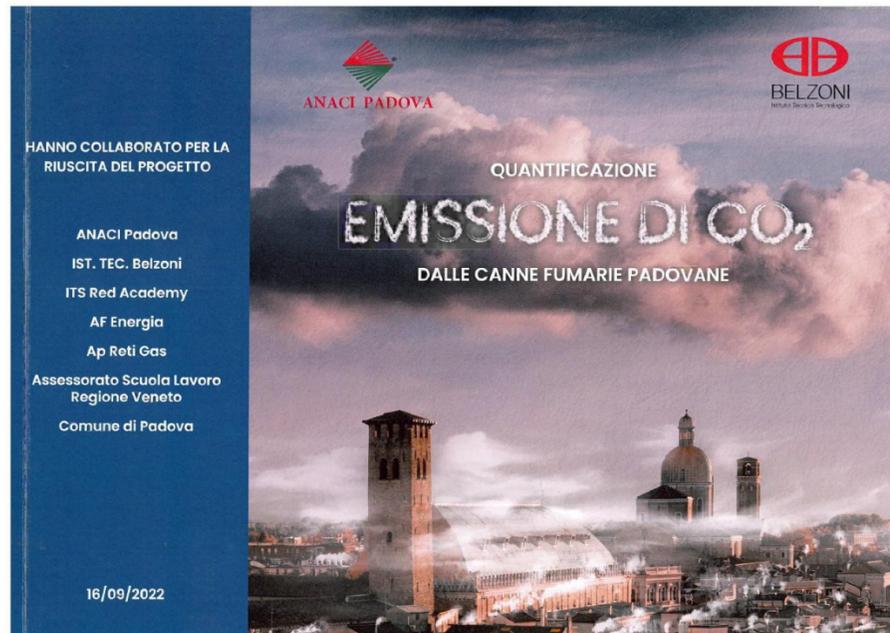
- **Riscaldamento (H):** EURECA tende a sovrastimare rispetto a UMI (media di +11%)
- **Raffrescamento (C):** differenza trascurabile a livello distrettuale (0.2%)
- Differenze per il raffrescamento a livello del singolo edificio presenti soprattutto con **geometrie complesse**





Esempi di simulazioni energetiche a livello urbano

5 Caso studio - Padova



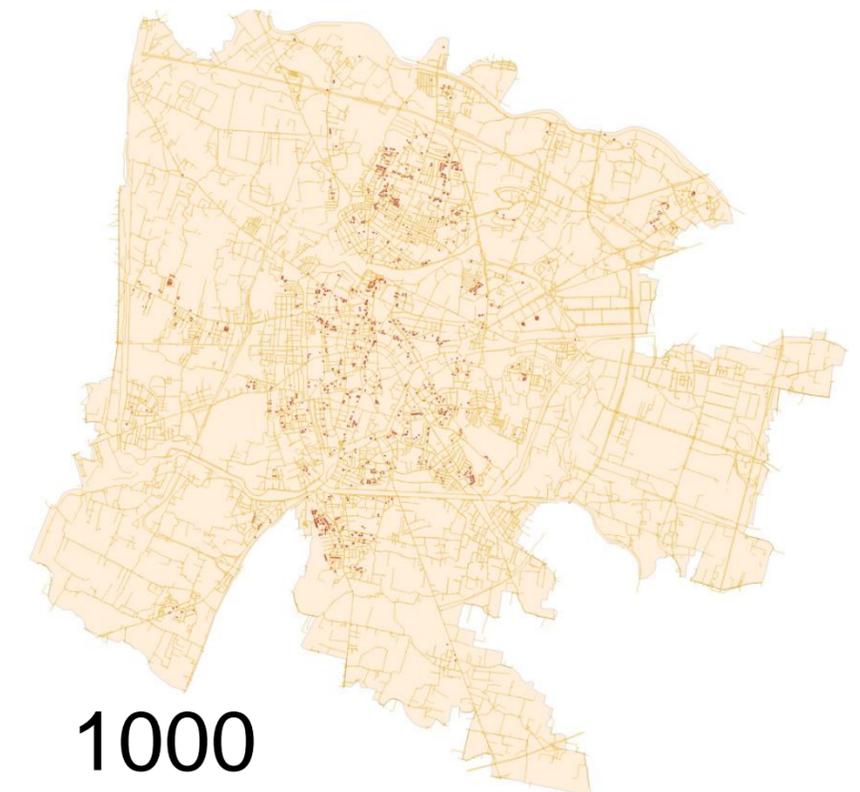
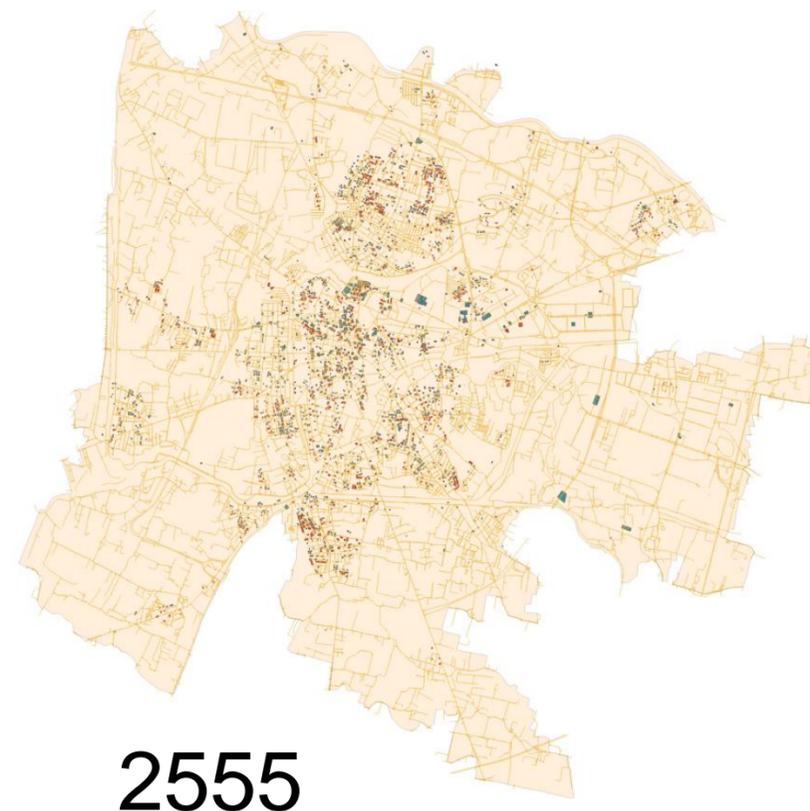
Punto di partenza: dataset creato da **ANACI Padova** in collaborazione con l'**Istituto Belzoni**, che ha raccolto e ordinato dati di consumo di gas di **2555** condomini per l'anno 2020, a cui sono poi stati aggiunti anche quelli degli anni 2021, 2022 e 2023.

Per un campione di **1000 condomini** del dataset iniziale:

- controllo ed eventuale correzione della pianta dell'edificio
- aggiunta di informazioni utili al modello (numero di piani, sup. vetrate, isolamento ecc).

Anni di costruzione

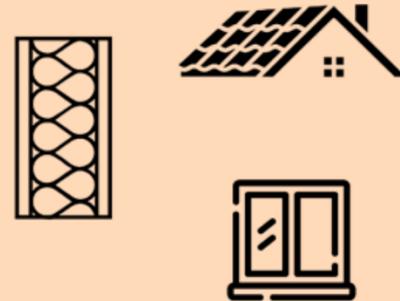
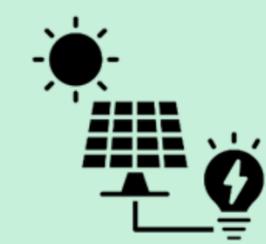
- Pre - 1945 (15.5 %)
- 1946 - 1976 (65.5%)
- 1976 - 1991 (18%)
- Post 1991 (1%)





Esempi di simulazioni energetiche a livello urbano

5 Caso studio - Padova

Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
 $U_{muri,est} = 0.28 \frac{W}{m^2K}$ $U_{tetto} = 0.24 \frac{W}{m^2K}$ $U_{finestre} = 1.40 \frac{W}{m^2K}$	<p><i>Scenario 1</i></p> <p>+</p>  $SCOP = 3.2$	<p><i>Scenario 2</i></p> <p>+</p>  $A_{module} = 2 m^2$ $P_{module} = 440 W$ $f_{covarage} = 20\%$

La città di Padova ha aderito al **Climate City Contract:**
Neutralità climatica entro il 2030

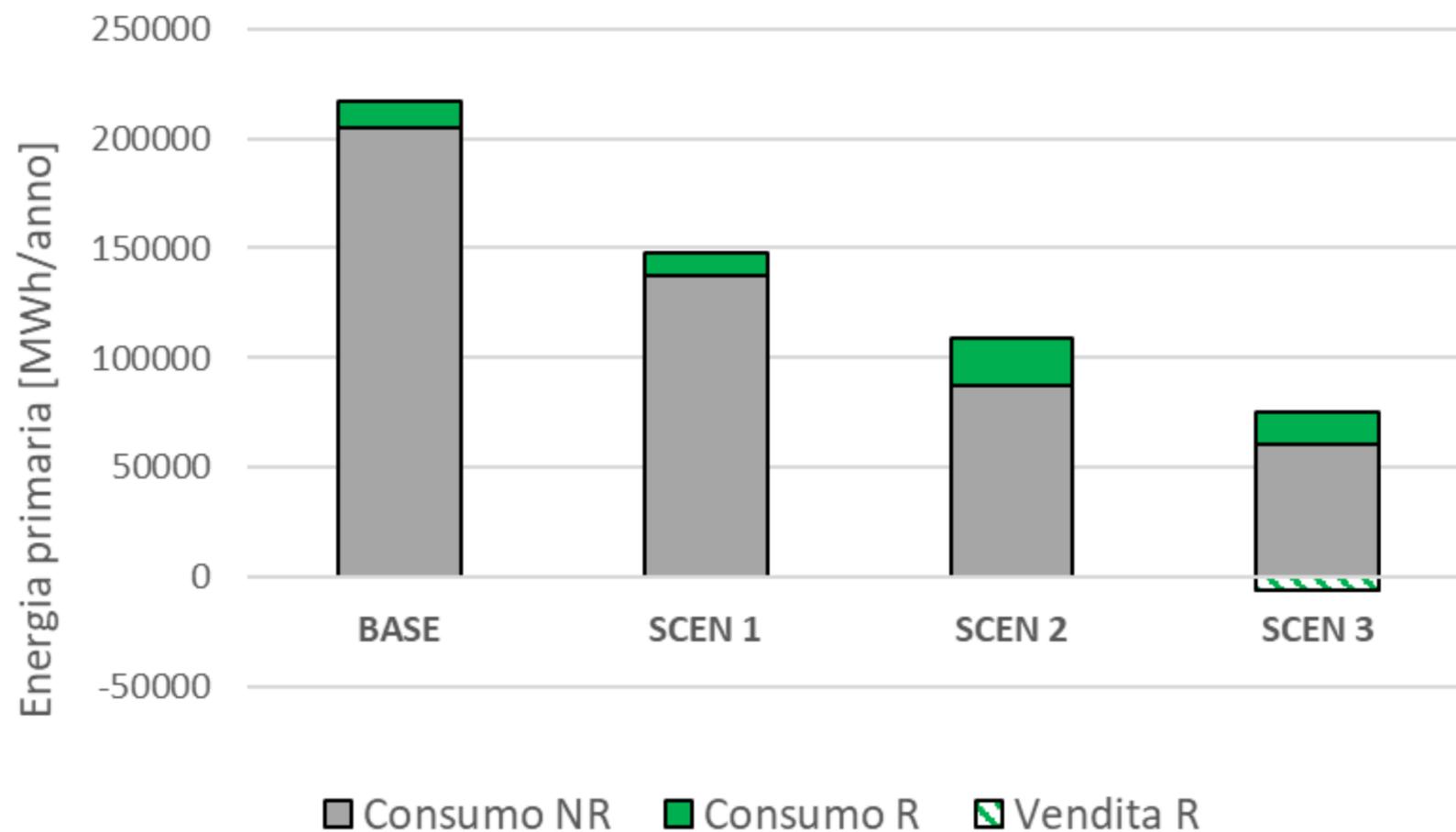




Esempi di simulazioni energetiche a livello urbano

5 Caso studio - Padova

Impatto della riqualificazione



Scenario	Quota rinnovabile	Variazione energia primaria
BASE	5.7%	/
SCEN 1	6.8%	-32%
SCEN 2	19.4%	-50%
SCEN 3	19.4%	-65%





Esempi di simulazioni energetiche a livello urbano

6 Conclusioni

Simulazione energetica urbana richiede:

- **Dati** su caratteristiche **fisiche** e **geometriche** degli edifici, **impianti**, **comportamento** degli utenti, **clima** urbano
- **Modello** capace di considerare le **interazioni** tra gli **edifici** in ambiente urbano
- **Competenze specifiche** per la creazione degli input dei modelli e l'interpretazione dei risultati

Un modello energetico urbano è uno strumento utile per definire le **migliori** strategie per raggiungere obiettivi di **decarbonizzazione**, **riduzione dei consumi** e aumento generale della **qualità della vita** in contesti urbani.



Università partner di progetto:



1222 · 2022
800
ANNI



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



Università
di Catania



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Università partner associate:



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE



UNIVERSITÀ
DI PAVIA

I
- - -
U
- - -
A
- - -
V

Università Iuav
di Venezia



UNIVERSITÀ
DELLA CALABRIA



TOR VERGATA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA





URBEM

Urban Reference Buildings for Energy Modelling

Esempi di simulazioni energetiche a livello urbano

Angelo Zarrella

Dipartimento di Ingegneria Industriale (DII)

Università degli Studi di Padova

