

La flessibilità energetica, dalla definizione alla valutazione: l'esperienza nell'ambito del IEA EBC Annex 67 – Energy Flexible Buildings

Ilaria Vigna



POLITECNICO DI TORINO
Dipartimento di Energia
(DENERG)



EURAC RESEARCH BOLZANO
Institute for Renewable Energy,
Energy Efficient Buildings group
(EEB)



INTRODUZIONE

ENERGY FLEXIBLE BUILDINGS

Definizione

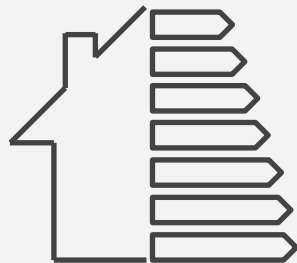
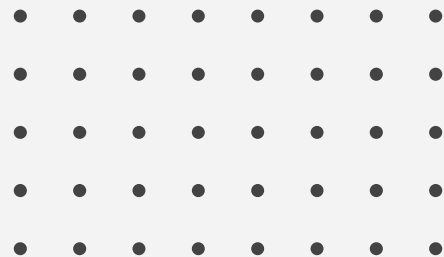
Valutazione

CONCLUSIONI

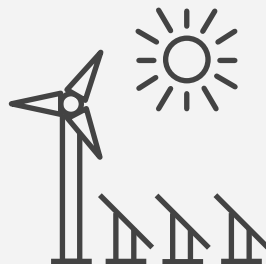
INTRODUZIONE

NUOVO CONTESTO ENERGETICO EUROPEO

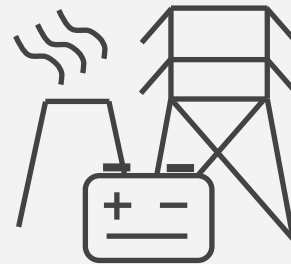
THE CLEAN ENERGY FOR ALL EUROPEANS PACKAGE



Energy efficiency first



Clean energy uptake



New electricity
market design



Energy consumer
empowerment

CONSEGUENZE

- Maggiore penetrazione del vettore elettrico
- Generazione distribuita come nuovo modello energetico alternativo alla generazione centralizzata (prosumers)
- Incremento della quota di fonti rinnovabili non programmabili nel mix di produzione di energia

L'introduzione di elementi di bidirezionalità e intermittenza minacciano la stabilità delle reti, con annesse ripercussioni sulla loro gestione sicura, affidabile ed efficiente.



IEA EBC ANNEX 67



IEA EBC Annex 67
Energy Flexible Buildings



INTEGRIDS
Studio dell'integrazione di reti elettriche e termiche con la flessibilità energetica degli edifici

Scopo del lavoro

- Sviluppare una terminologia per caratterizzare la flessibilità energetica, identificando una definizione condivisa e una serie di indicatori per quantificarne gli effetti
- Definire una metodologia per la caratterizzazione della flessibilità energetica.





**ENERGY FLEXIBLE
BUILDINGS**

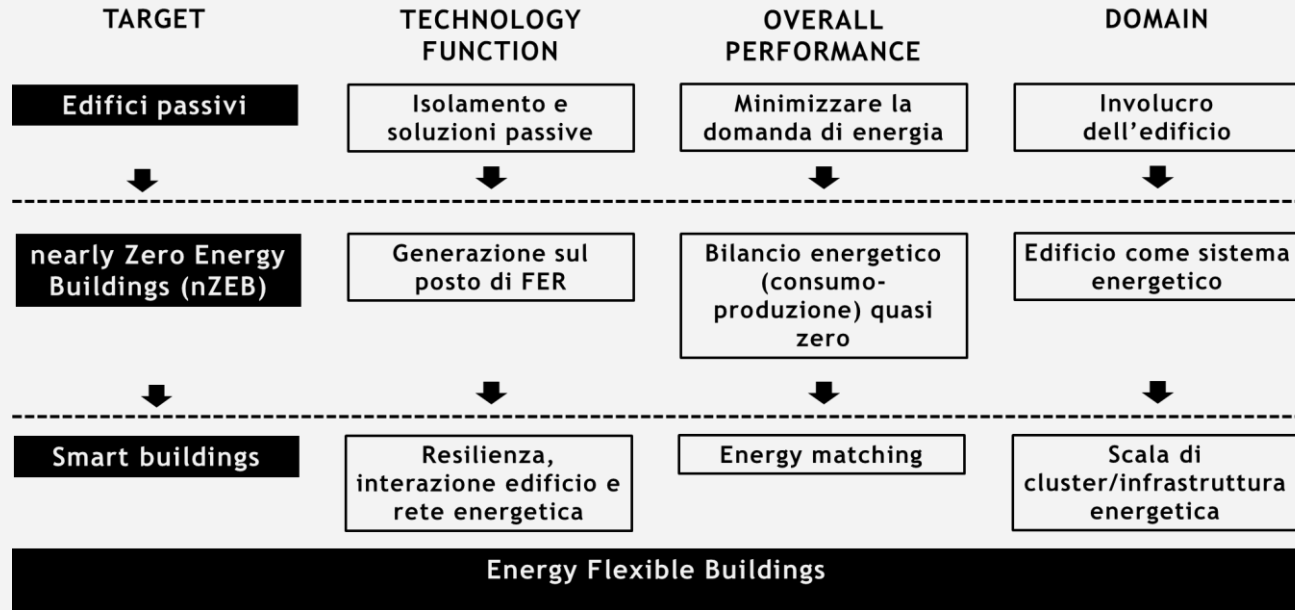
DEFINIZIONE DI FLESSIBILITÀ ENERGETICA DEGLI EDIFICI

“La flessibilità energetica rappresenta la capacità di un edificio di reagire a una o più forzanti esterne, al fine di minimizzare le emissioni di CO₂ e massimizzare l’utilizzo di fonti rinnovabili”.

FORZANTI



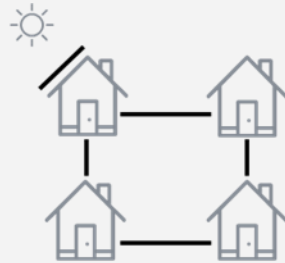
EVOLUZIONE DEL BUILDING DESIGN APPROACH



DEFINIZIONE DI BUILDING CLUSTER

“Il building cluster identifica un gruppo di edifici interconnessi alla medesima infrastruttura energetica, in modo tale che il cambiamento nel comportamento/performance energetica di ciascun edificio abbia influenza sia sull’infrastruttura energetica che sugli altri edifici del cluster”.

CONNESSIONE TRA GLI EDIFICI



CONNESSIONE
FISICA



AGGREGAZIONE
DI MERCATO



METODOLOGIA DI VALUTAZIONE DELLA FLESSIBILITÀ

- Scelta delle forzanti
- Design delle strategie di controllo
- Definizione degli indicatori
- Cluster-tailored modelling approach
- Valutazione di energy e flexibility performance: applicazione a un caso studio



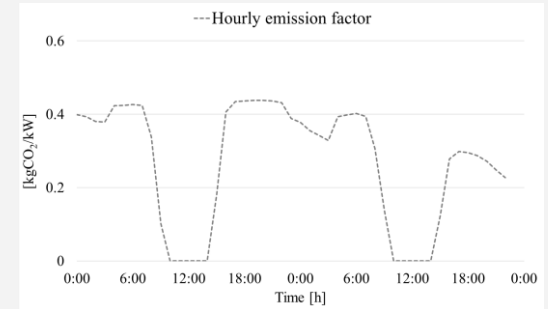
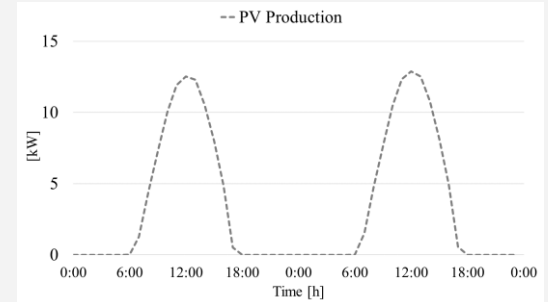
SCelta DELLE FORZANTI

Disponibilità di rinnovabili

- Profilo di produzione oraria di energia rinnovabile di un sistema fotovoltaico installato nel cluster.

Intensità di CO₂ nel mix energetico nazionale

- Profilo orario del contenuto di emissioni di CO₂ nella domanda elettrica nazionale, calcolato sulla base dei fattori di emissione europei per l'elettricità consumata.



DESIGN DELLE STRATEGIE DI CONTROLLO

Design di un controllo rule-based forcing factor-aware per agire sulla modulazione del set-point della temperatura interna dell'edificio, influenzando il tempo di funzionamento e la potenza richiesta dal sistema di riscaldamento senza compromettere il comfort termico (EN16798-1, 2019):

Forzante disponibilità di rinnovabili

PV production	Min production ←————→ Max production								
Set-point variation [°C]	20	20.5	21	21.5	22	22.5	23	23.5	24

Forzante intensità di CO₂ nel mix energetico

CO ₂ content in the energy mix	Min CO ₂ content ←————→ Max CO ₂ content								
Set-point variation [°C]	24	23.5	23	22.5	22	21.5	21	20.5	20



DEFINIZIONE DEGLI INDICATORI

Flexibility Index

In termini di *energy efficiency*, la flessibilità è quantificata come riduzione della domanda energetica non coperta dalle rinnovabili, ovvero come miglioramento dell'utilizzo di energia durante i periodi di produzione di energia rinnovabile.

$$FI = \int (q_{\text{match}}^{\text{REF}} - q_{\text{match}}^{\text{SMART}}) dt / Q_{\text{consumed}}^{\text{REF}}$$

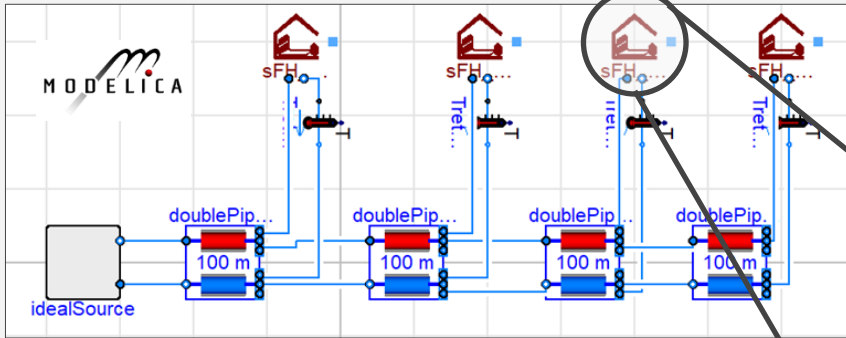
CO₂ emissions reduction

In termini di *carbon efficiency*, la flessibilità è quantificata come riduzione di emissioni di CO₂ ottenibile durante la smart operation, rispetto alla reference operation.


$$CO_2 \text{ emissions reduction} = \left(\frac{CO_2^{\text{SMART}} - CO_2^{\text{REF}}}{CO_2^{\text{REF}}} \cdot 100 \right) \%$$

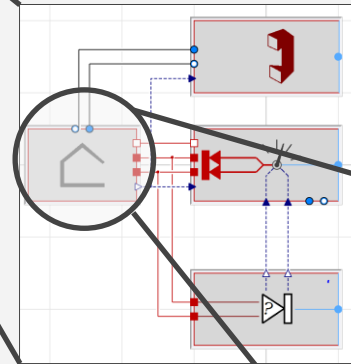


CLUSTER-TAILORED MODELLING APPROACH



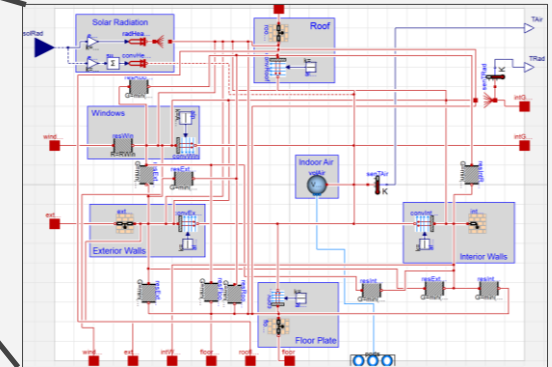
Modello del building cluster integrato con la rete termica in ambiente Dymola

OpenIDEAS framework 
Integrated District Energy Assessment by Simulation



Layout del modello di edificio in Modelica costituito dai templates della libreria IDEAS

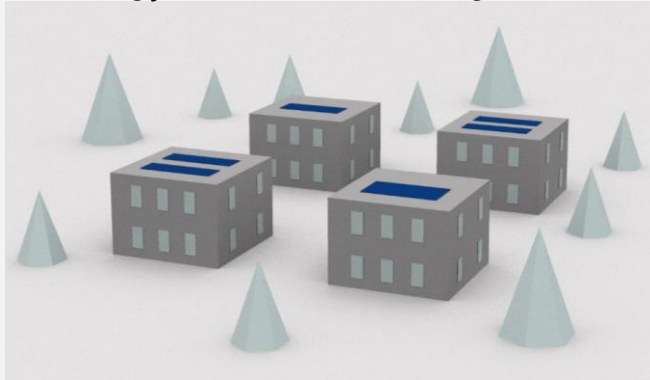
Modello di ordine ridotto della struttura di ciascun edificio del cluster



APPLICAZIONE A UN CASO STUDIO

Caratteristiche del building cluster

Energy efficient buildings



Single-Family House SFH	
Volume	607 m ³
Gross heated area	174 m ²
Number of floors	2
Component area	
External walls	225.3 m ²
Roof	96.4 m ²
Ground slab	96.4 m ²
Internal walls	225.3 m ²
Floor/ceiling decks	96.4 m ²
Windows	21.7 m ²

Geometrical properties:
TABULA database.

Thermal properties:
D.M.26.06.2015, 2015
(nearly Zero Energy
Buildings).

In ogni configurazione, il cluster è costituito da 4 edifici residenziali monofamiliari, connessi a un sistema di district heating che consente lo scambio di energia termica tra gli edifici.



APPLICAZIONE A UN CASO STUDIO

Configurazioni di building cluster

	Configuration 1	Configuration 2	Configuration 3	Configuration 4
Building thermal mass level	Heavy (H)	Light (L)	Medium (M)	Very heavy (HH)
Structural core	Concrete	Timber	Hollow bricks	Insulating concrete
Heat capacity [MJ/K]	68	25	41	78

Varying parameter

Massa termica degli edifici.

Forzanti

Disponibilità di rinnovabili
Contenuto di CO₂ nel mix energetico.

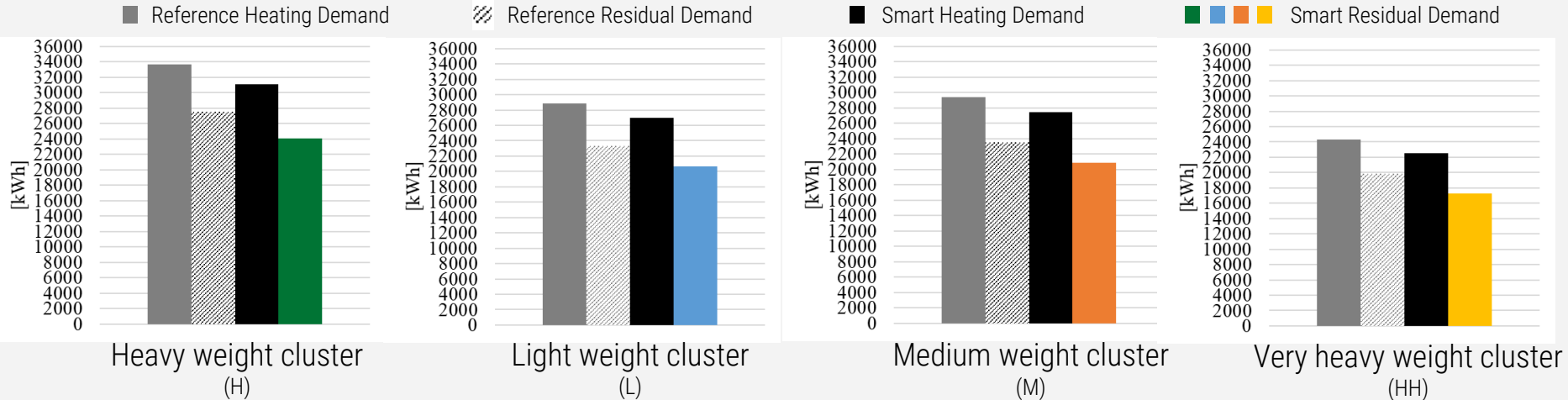
Boundary conditions

Dati climatici di Bolzano.



APPLICAZIONE A UN CASO STUDIO

Forzante disponibilità di rinnovabili – Energy performance

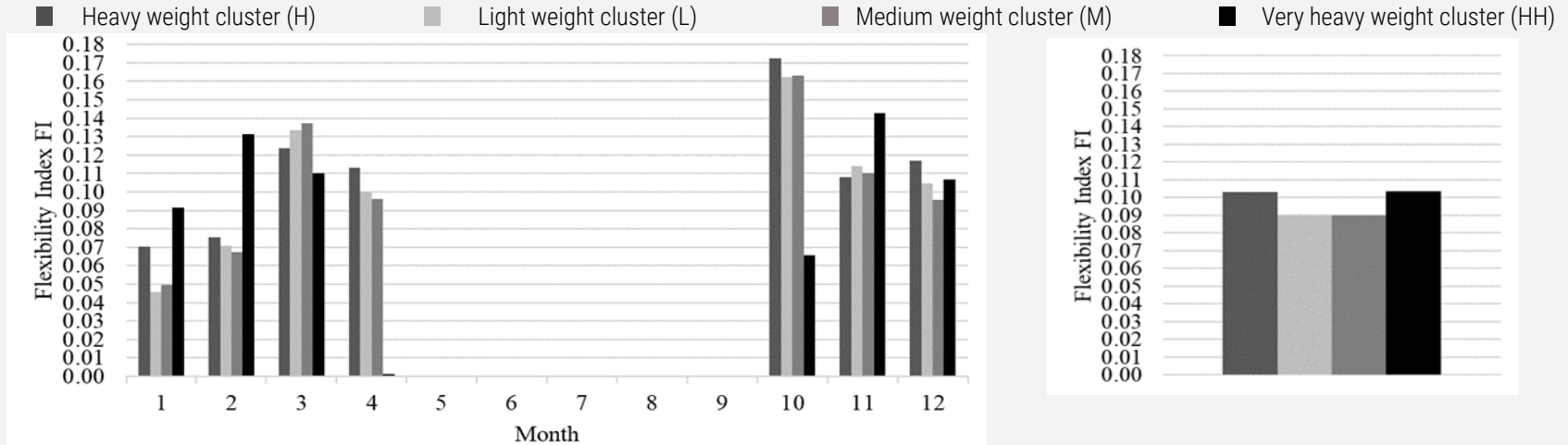


Per tutte le configurazioni, la smart operation ha consentito di migliorare il consumo di energia durante i periodi di disponibilità di rinnovabili, determinando una riduzione della domanda residua (ovvero la domanda di energia non coperta dalle energie rinnovabili) compresa tra l'11,5% e il 12,7% rispetto alla reference operation.



APPLICAZIONE A UN CASO STUDIO

Forzante disponibilità di rinnovabili – Flexibility performance



Su base annuale, il valore del FI ottenuto per le configurazioni di cluster heavy (H) e very heavy (HH) weight risulta superiore al FI delle configurazioni light (L) e medium (M) weight. Pertanto, in questo caso, la presenza di massa termica più elevata ha determinato un incremento dell'indice di flessibilità del cluster.

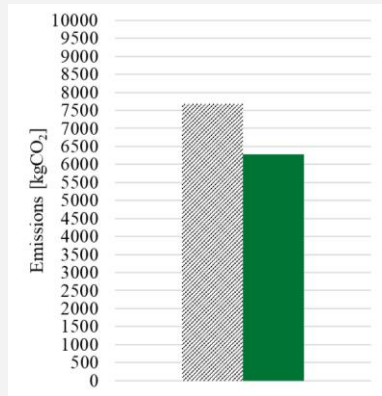


APPLICAZIONE A UN CASO STUDIO

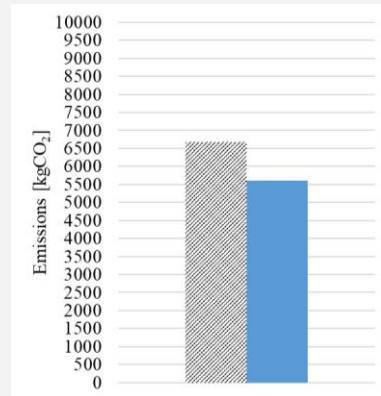
Forzante intensità di CO₂ nel mix energetico nazionale – Emissions reduction

▨ Reference Energy-related Carbon Emissions

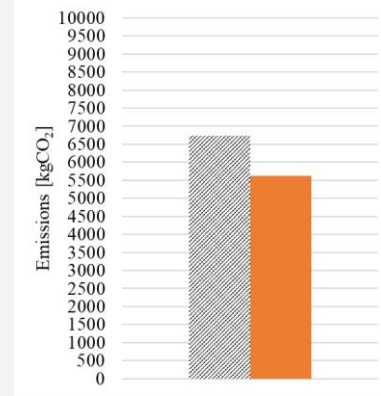
■ ■ ■ ■ Smart Energy-related Carbon Emissions



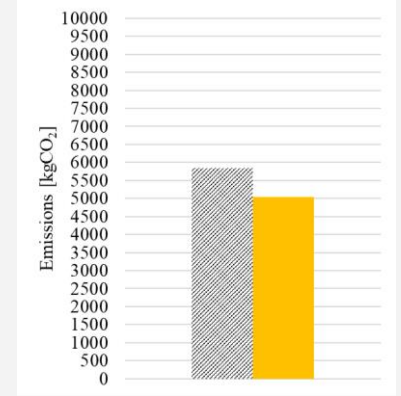
Heavy weight cluster
(H)



Light weight cluster
(L)



Medium weight cluster
(M)



Very heavy weight cluster
(HH)

Per tutte le configurazioni, la smart operation ha consentito una riduzione annuale di emissioni compresa tra il 14% e il 18%, a fronte di un leggero aumento (~5-6%) della heating demand del cluster rispetto alla reference operation.





CONCLUSIONI

OSSERVAZIONI CONCLUSIVE

- Nel framework dell'IEA EBC ANNEX 67, questa ricerca ha contribuito a:
 - Formulare una definizione del concetto di flessibilità energetica degli edifici che enfatizza la capacità di reagire alle forzanti esterne al fine di ottenere una riduzione delle emissioni e un miglioramento dell'energy matching
 - Stabilire una metodologia di valutazione pratica della flessibilità alla scala del building cluster e definire due indicatori per valutare la flessibilità energetica in termini di **energy efficiency** ed **emission efficiency**
- I risultati dell'applicazione preliminare a un caso studio mostrano che il controllo smart di tutte le configurazioni simulate consente un miglioramento dell'utilizzo delle rinnovabili e una diminuzione delle emissioni.



APPLICAZIONE-IMPLEMENTAZIONE

ENERGY FLEXIBLE BUILDING CLUSTERS

Definizione

Indicatori

Metodologia
di valutazione



- **Comunità scientifica:** creare di un quadro teorico di riferimento per comunicare efficacemente il concetto
- **Policy makers:** promuovere l'efficienza energetica nell'attuale panorama di trasformazione del mercato, degli edifici e delle reti, nonché nel quadro legislativo dell'Unione Europea
- **Building designers:** valutare la flessibilità energetica nella fase progettuale, identificando soluzioni tecnologiche e strategie di progettazione in grado di implementare un'elevata penetrazione di energia rinnovabile e riduzione delle emissioni di CO₂
- **Energy network:** comprendere come la flessibilità energetica degli edifici possa essere un elemento attivo delle future reti energetiche.





AUTONOME
PROVINZ
BOZEN
SÜDTIROL



PROVINCIA
AUTONOMA
DI BOLZANO
ALTO ADIGE



eurac
research

GRAZIE PER L'ATTENZIONE



POLITECNICO DI TORINO
Dipartimento di Energia
ilaria.vigna@polito.it