

SALONE DELL'ECONOMIA, DELLA CONSERVAZIONE DELLE TECNOLOGIE E DELLA
VALORIZZAZIONE DEI BENI CULTURALI E AMBIENTALI
FERRARA 23 MARZO 2017



Convegno e tavola rotonda

**La riqualificazione energetica profonda
del patrimonio edilizio pubblico:
panorama normativo, criticità e
opportunità, metodi e strumenti operativi**

23 marzo ore 15.00-18.00

Salone del Restauro 2017, via della Fiera, Ferrara
Pad. 6, Sala Diamanti

**DIAGNOSI ED ENERGY COMMISSIONING PER UN' ACCURATA
PROGETTAZIONE DEL RISANAMENTO ENERGETICO DI EDIFICI STORICI**

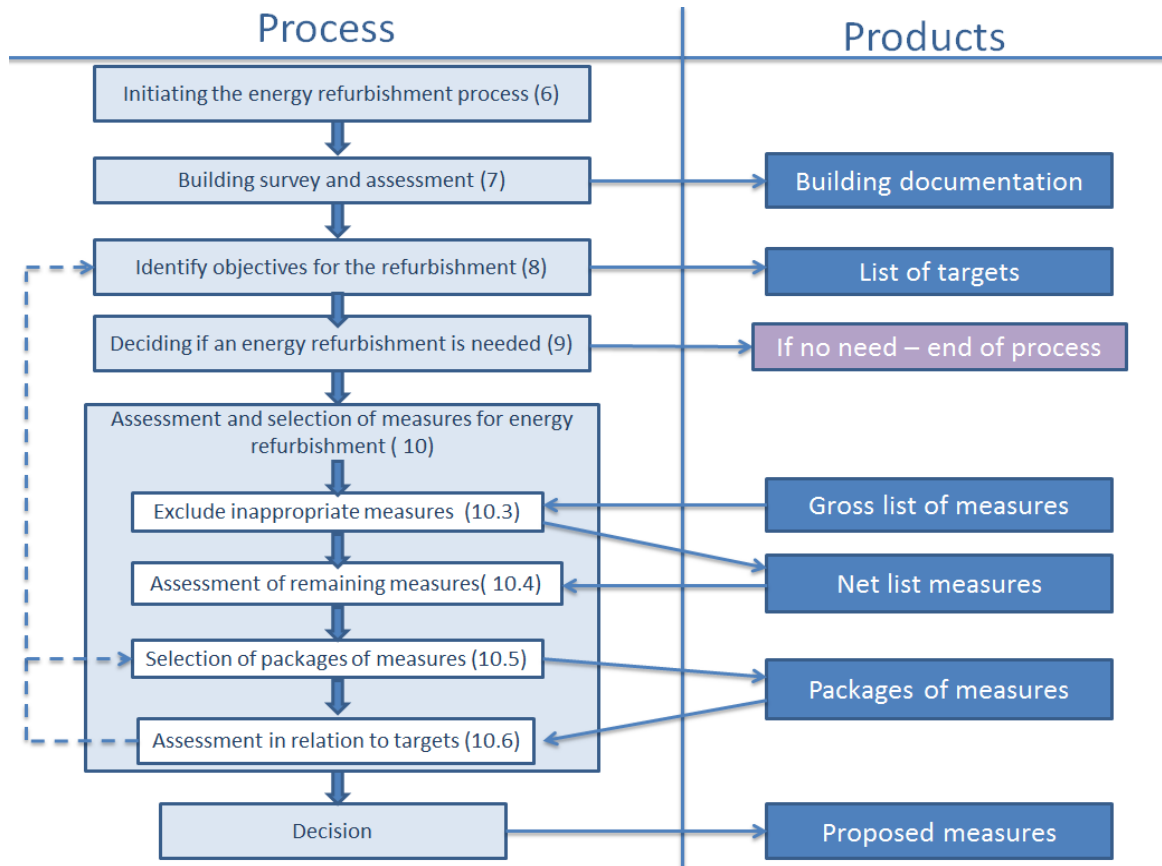
*Arch. PhD Elena Lucchi
Senior Researcher, EURAC Research*

Indice

- **Diagnosi dell'edificio:**
 - Analisi storica e conservazione materica
 - Funzioni, tecnologie e materiali
 - Analisi energetica e ambientale
 - Termografia a raggi infrarossi
 - Analisi Sonica
 - Blower door test e fumi traccianti
 - Termoflussimetria
 - Analisi stratigrafica
- **Riqualificazione energetica:**
 - Isolamento termico interno:
 - Materiale a capillarità attiva
 - Aerogel
 - Confronto tra materiali diversi

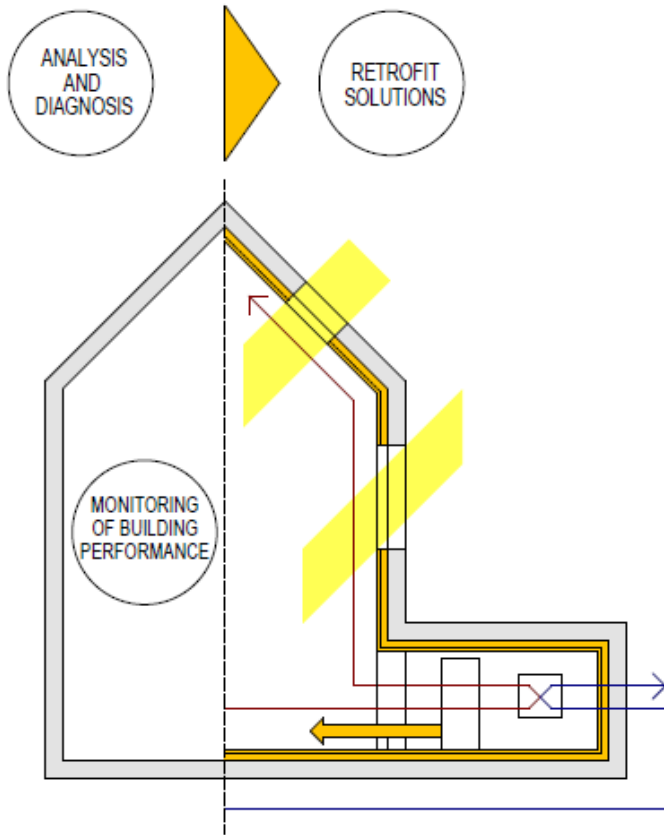
Diagnosi dell'edificio

Approccio complesso



CEN/TC 346
 Pr EN 16883
 Energy performance
 of historical buildings

Approccio complesso



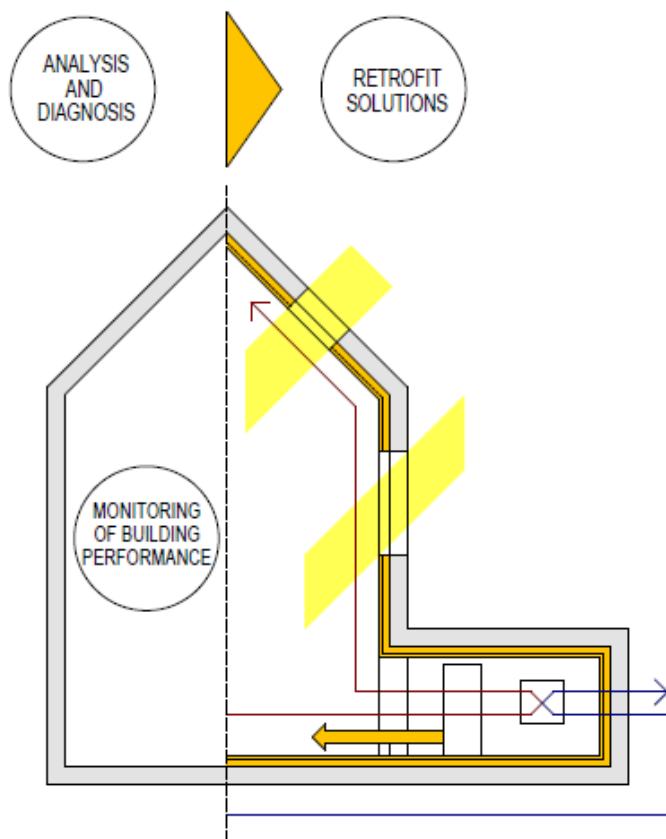
Inizio dei lavori

- Coinvolgimento delle autorità
- Definizione di obiettivi generali
- Definizione delle risorse economiche

Diagnosi

- Analisi storica
- Vincoli storici e significato culturale
- Stato di conservazione
- Aspetti funzionali e di uso
- Aspetti tecnologici e costruttivi
- Diagnosi energetica
- Monitoraggio ambientale

Approccio complesso



Identificazione degli obiettivi di progetto

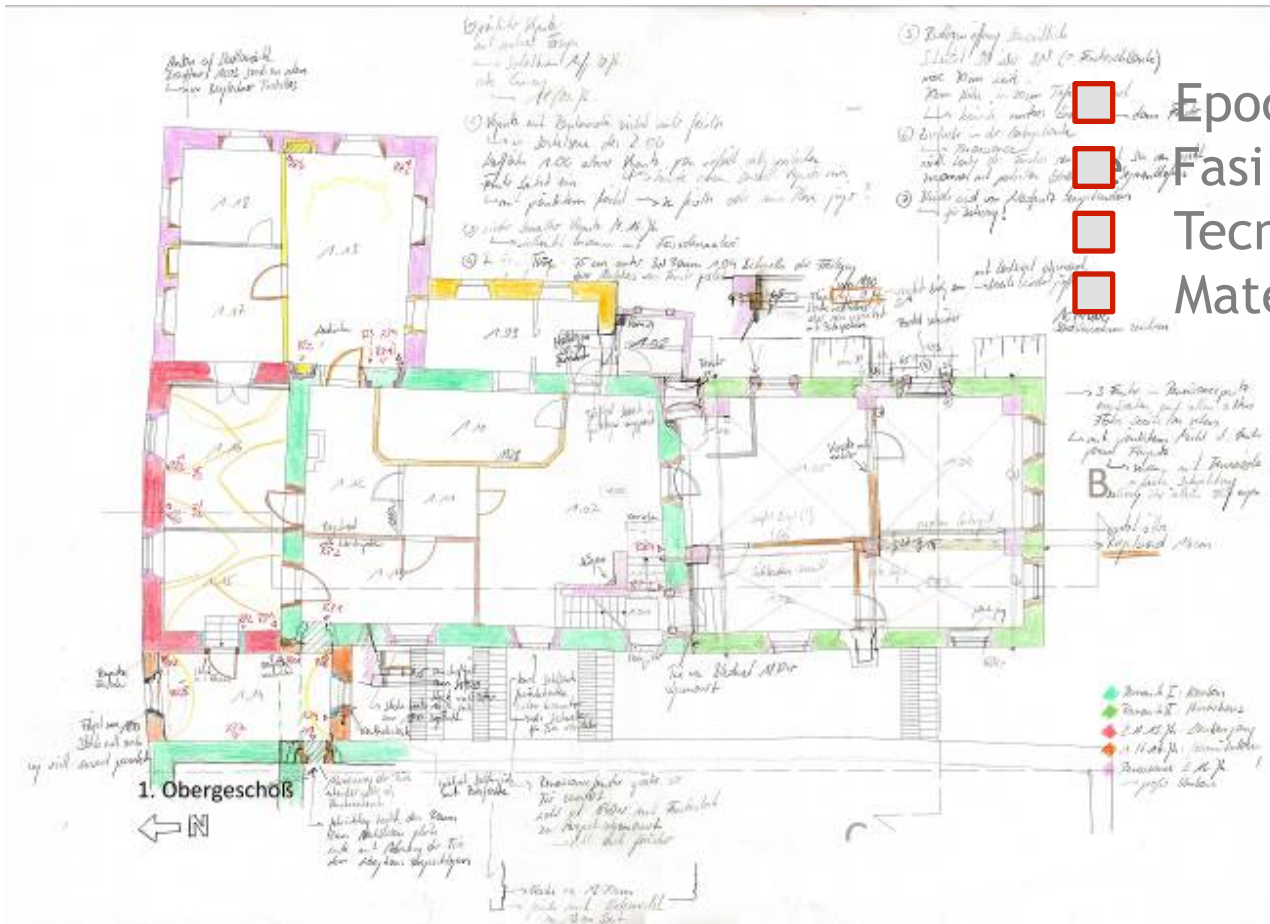
- Compatibilità tecnica
- Significato culturale
- Fattibilità economica
- Efficienza energetica
- Ambiente interno ed esterno

Selezione degli interventi

- Valutazione della necessità o meno
- Selezione delle misure più appropriate

Continuous commissioning

Analisi storica



- Epoche storica
- Fasi costruttive
- Tecniche costruttive
- Materiali

Vincoli storici e significato culturale



- Vincoli architettonici
- Vincoli artistici
- Vincoli archeologici
- Vulnerabilità ai cambiamenti
- Priorità conservative per i proprietari e le autorità

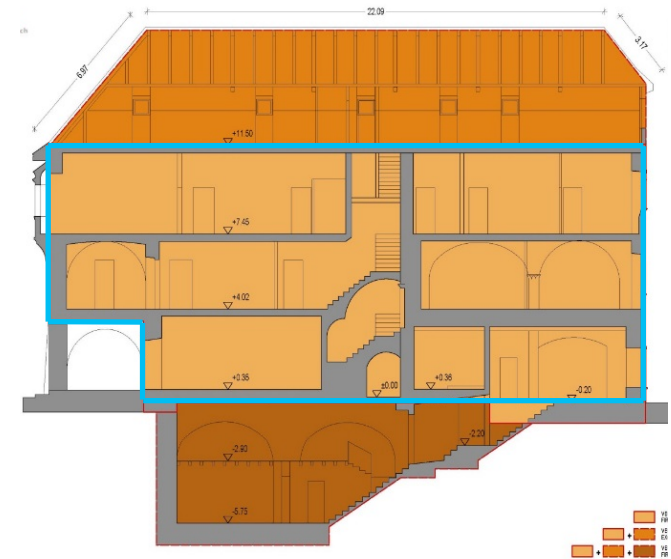
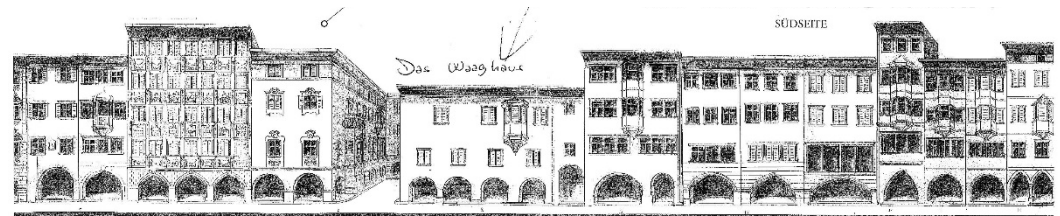
Analisi dello stato di conservazione



- Stato di conservazione
- Problemi di degrado
- Epoche storiche
- Stato di manutenzione

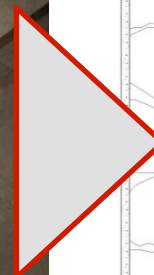
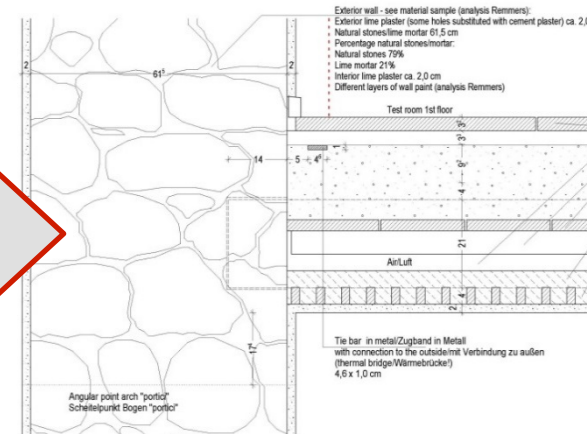
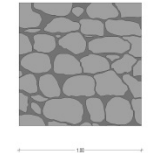
Aspetti funzionali e di uso

- Uso attuale
- Uso nella storia
- Uso futuro



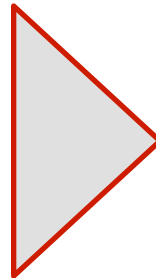
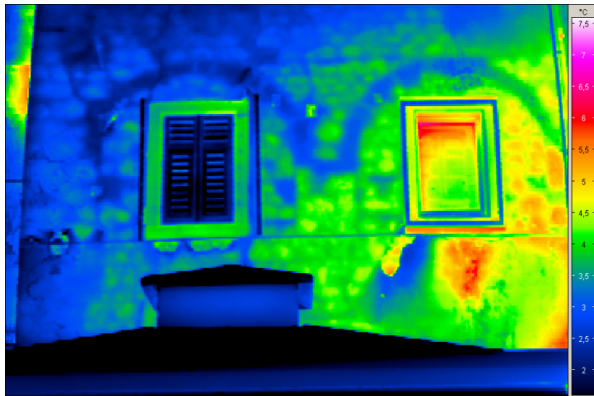
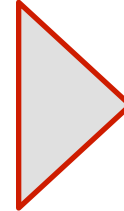
Aspetti tecnologici e costruttivi

- Dimensioni di ambienti
- Spessori murari
- Materiali utilizzati
- Epoche storiche
- Problemi di degrado evidenti
- Malfunzionamento impiantistico
- Gestione dell'edificio



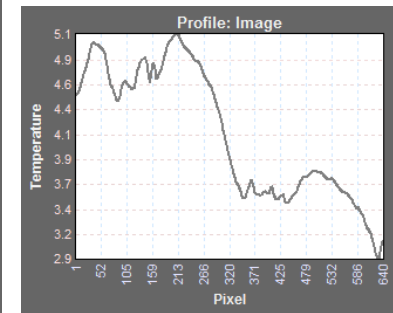
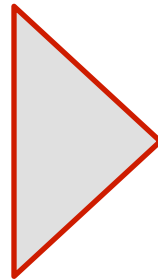
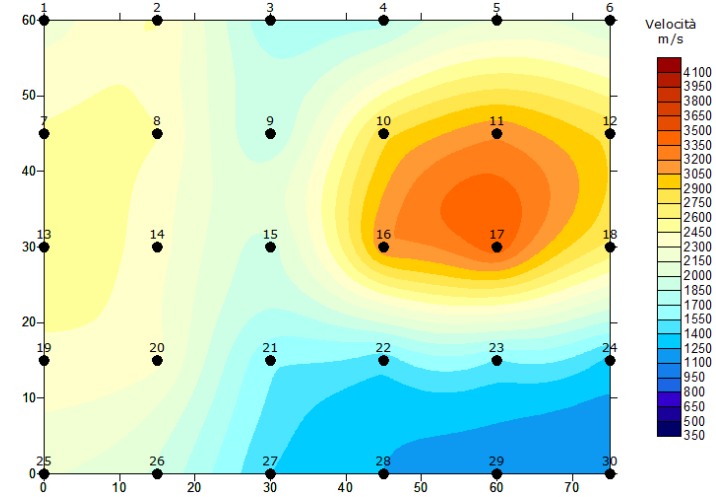
Diagnosi energetica strumentale

- ❑ Termografia a raggi infrarossi
- ❑ Analisi sonora
- ❑ Blower Door Test e fumi traccianti
- ❑ Analisi termoflussimetrica
- ❑ Analisi stratigrafica
- ❑ Monitoraggio ambientale



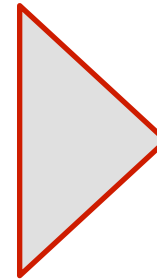
Termografia a raggi infrarossi e analisi sonora

- ☐ Stratigrafie e materiali costruttivi
- ☐ Modifiche strutturali e costruttive
- ☐ Stato di conservazione
- ☐ Anomalie termiche
- ☐ Infiltrazioni d'aria
- ☐ Infiltrazioni d'acqua
- ☐ Malfunzionamento impiantistico



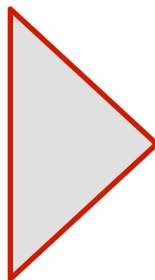
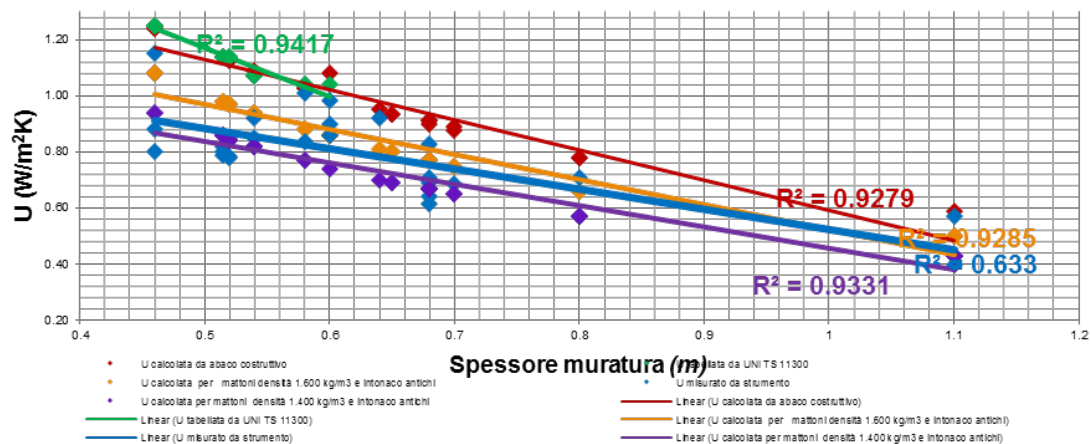
Blower Door Test e fumi traccianti

- Infiltrazioni d'aria
- Ricambi d'aria
- Fessurazioni e cricche nelle pareti
- Giunzioni



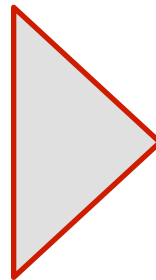
Analisi termoflussimetrica

- Trasmittanza termica
- Conduttanza termica

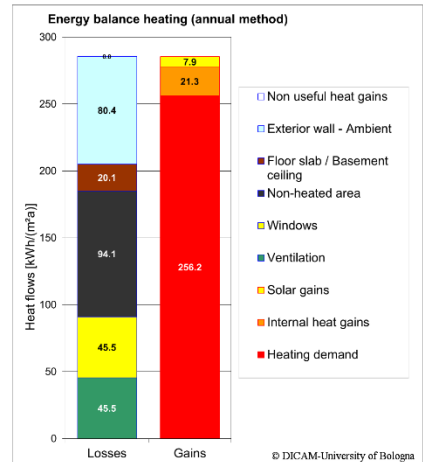
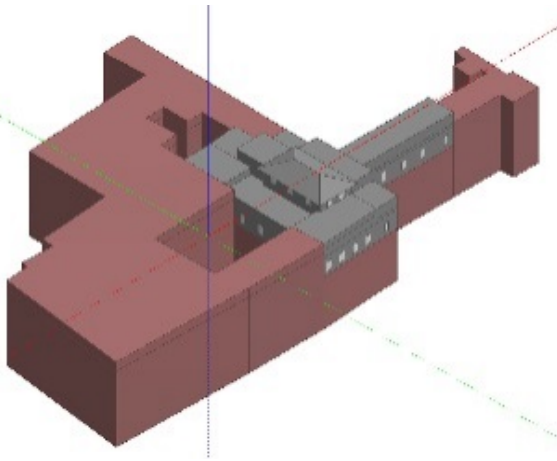


Analisi stratigrafica

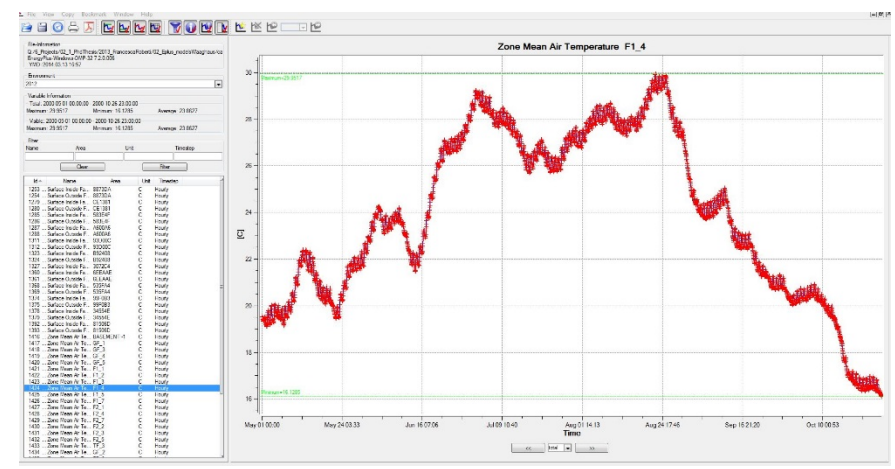
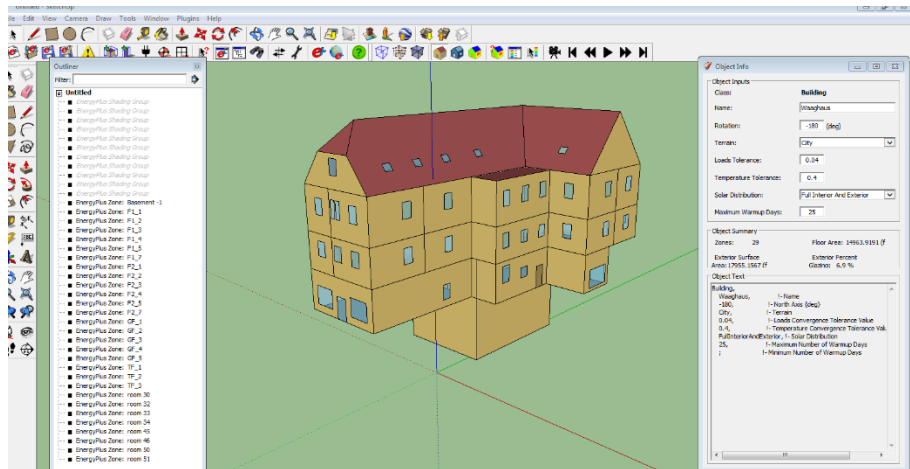
- Stratigrafie murarie
- Epoche storiche
- Tracce di materiali
- Caratteristiche fisiche chimiche e meccaniche dei materiali



Simulazione energetica



Space heating	Treated floor area	1015.0 m²
	Heating demand	273 kWh/(m²a)
	Heating load	124 W/m²
Space cooling	Overall specif. space cooling demand	2 kWh/(m²a)
	Cooling load	19 W/m²
	Frequency of overheating (> 25 °C)	1.7 %
Primary energy	Heating, cooling, dehumidification, DHW, auxiliary electricity, lighting, electrical appliances	543 kWh/(m²a)
	DHW, space heating and auxiliary electricity	439 kWh/(m²a)
	Specific primary energy reduction through solar electricity	kWh/(m²a)
Airtightness	Pressurization test result n ₅₀	5.9 1/h



© DICAM-University of Bologna

DIAGNOSI ED ENERGY COMMISSIONING PER UN'ACCURATA PROGETTAZIONE DEL RISANAMENTO ENERGETICO DI EDIFICI STORICI
 Arch. PhD Elena Lucchi - Senior Researcher, EURAC Research



Ferrara, Salone del Restauro, 23 Marzo 2017

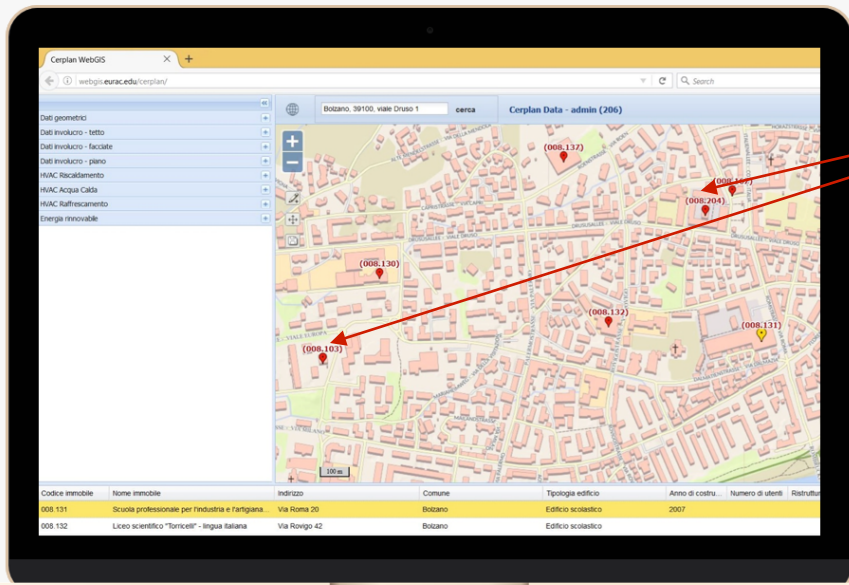
La riqualificazione energetica profonda del patrimonio edilizio pubblico: panorama normativo, criticità e opportunità, metodi e strumenti operativi

Raccolta dati di diagnosi

CERPlan Permette di effettuare degli studi di fattibilità su tutto il patrimonio edilizio

1. con tutti i dati necessari adeguatamente organizzati
2. considerando le sinergie con manutenzione e riqualificazione energetica
3. dando una priorità degli interventi e una programmazione nel tempo

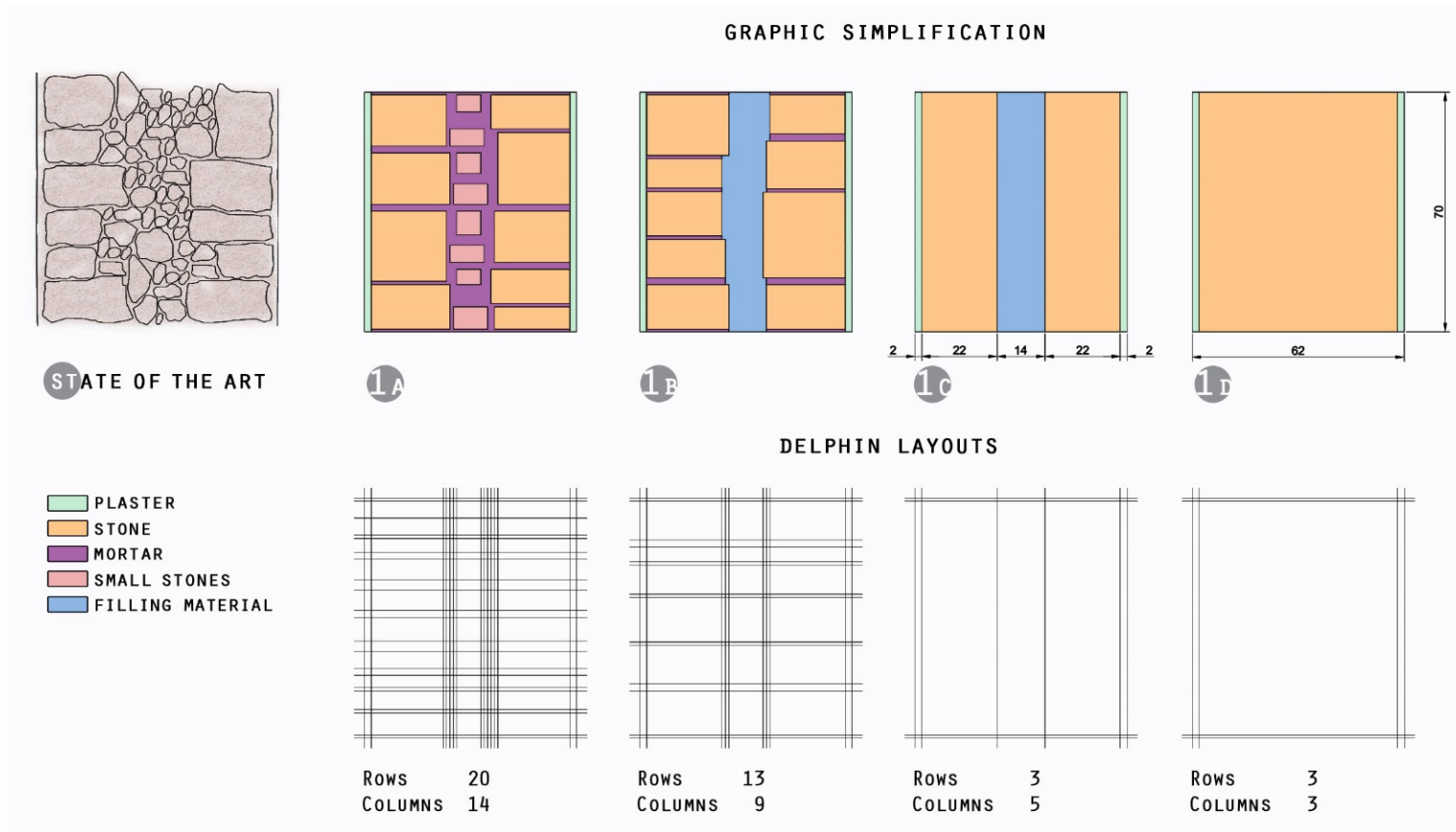
Anno di riferimento	Interventi involucro opaco	Interventi impianto
	n. edifici su cui intervenire	n. edifici su cui intervenire
2016	13	25
2017	2	6
2018	1	2
2019	1	5
2020	1	3
2021	4	1
2022	2	3
2023	3	2
2024	1	2
2025	5	2
2026	3	3
2027	0	3
2028	2	5
2029	1	9
2030	2	12
2031	0	13
2032	3	12
2033	2	2
2034	5	8
2035	8	2



SIMULAZIONE TERMOIGROMETRICA

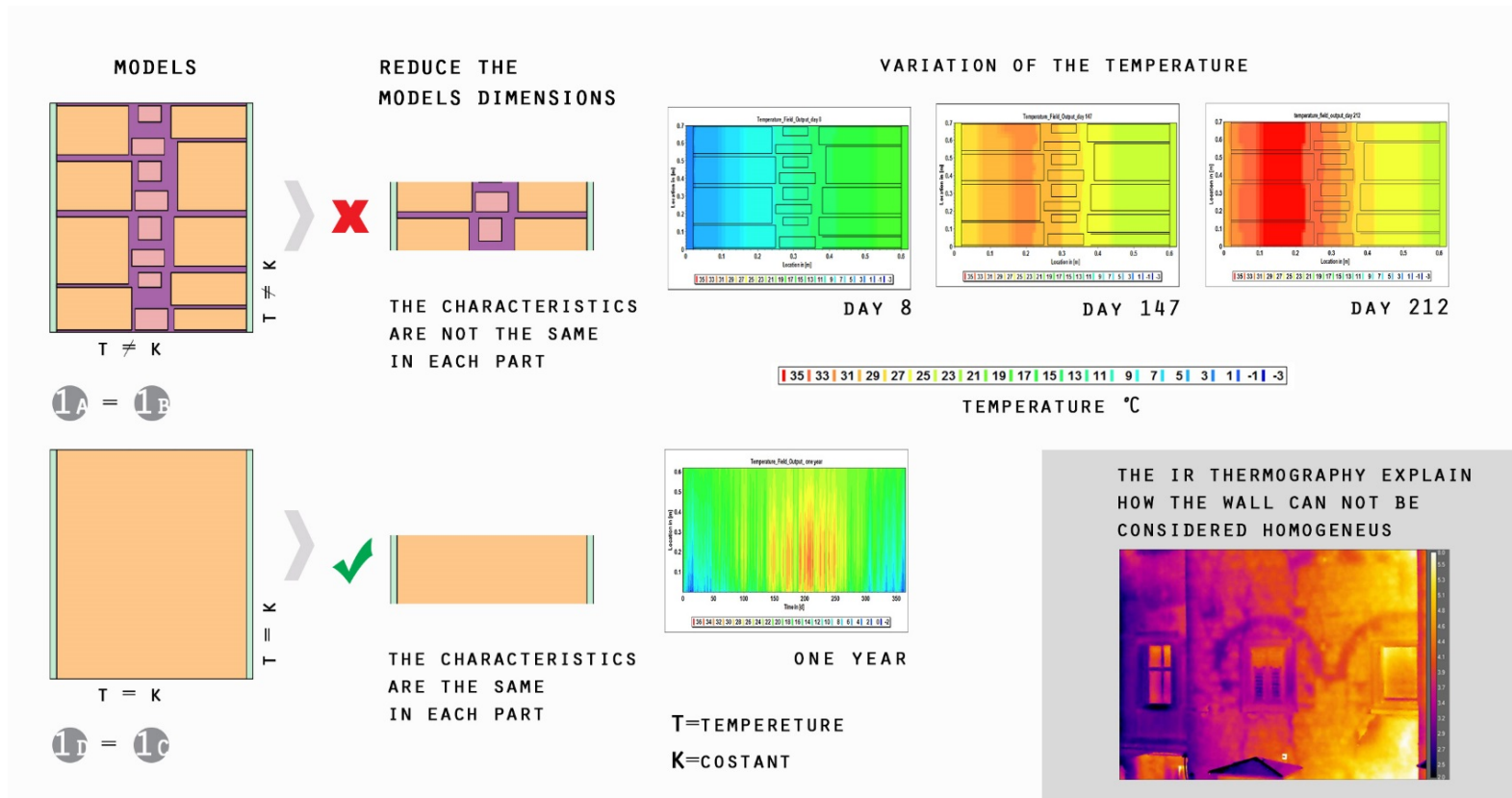
Simulazione termoisolante

□ Semplificazione geometrica della struttura interna



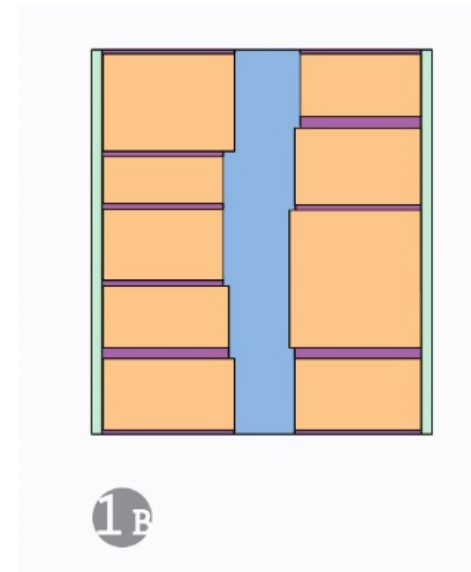
Simulazione termogrametrica

□ Semplificazione della struttura interna



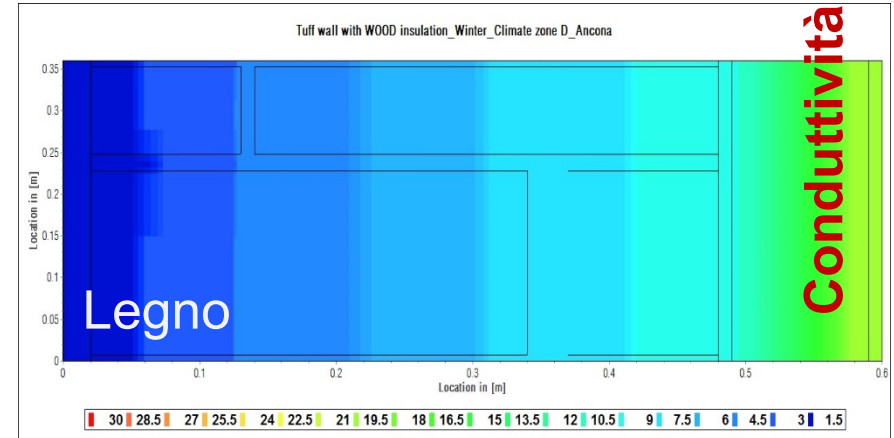
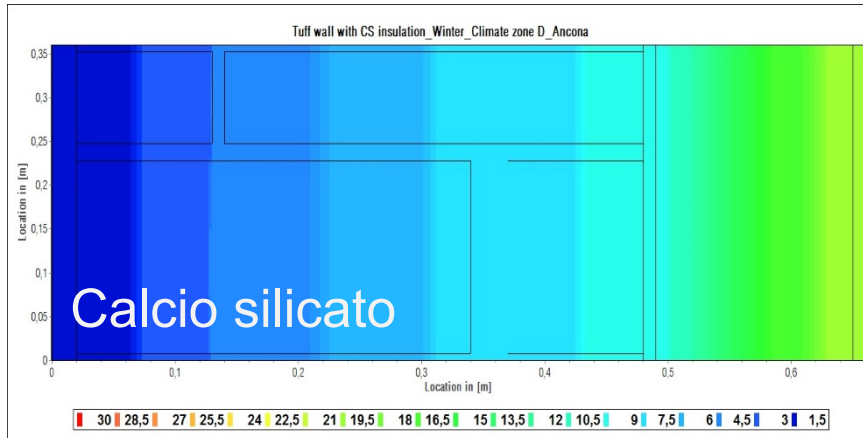
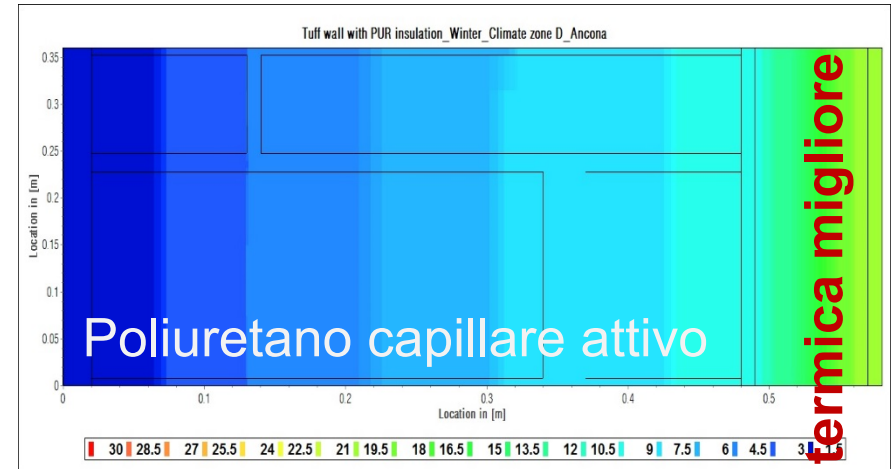
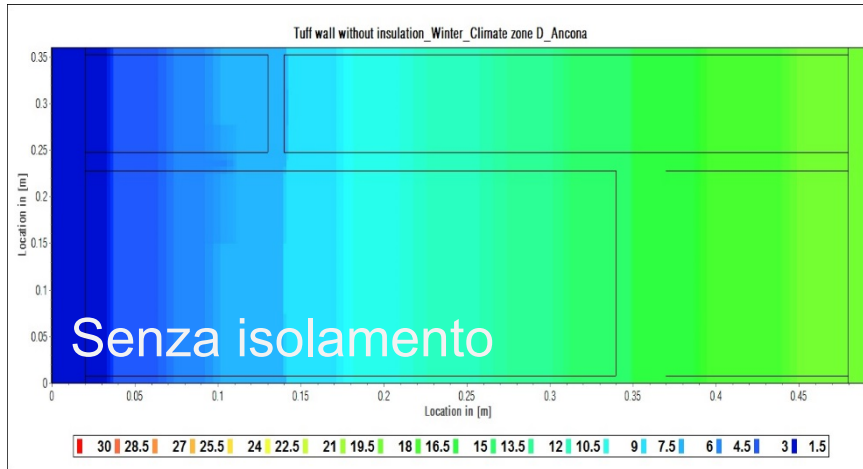
Simulazione termoisometrica

- ❑ Isolamento interno: 3 materiali traspiranti al vapore che non modificano il profilo isometrico dei materiali tradizionali:
 - Poliuretano capillare attivo (PUR)
 - Calcio silicato (CS)
 - Fibra di legno (WOOD)
- ❑ Due contesti climatici differenti:
 - zona D - Ancona, $U_{max} = 0.34 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - zona E - Milano e Bolzano, $U_{max} = 0.30 \text{ W/m}^2\text{K}$



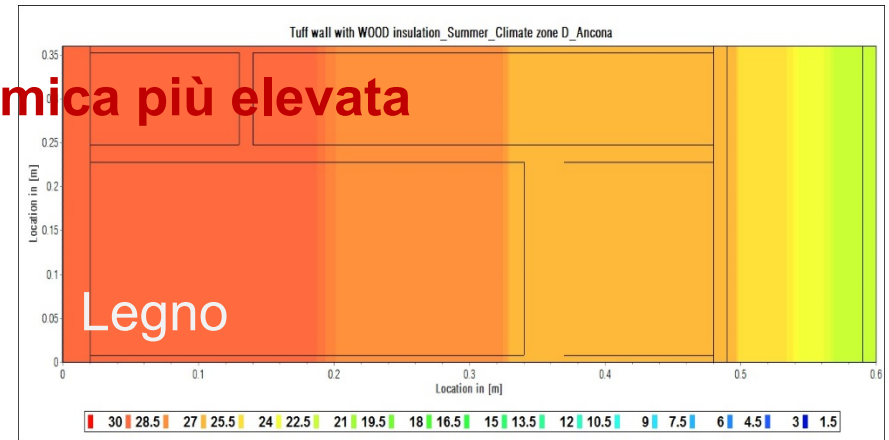
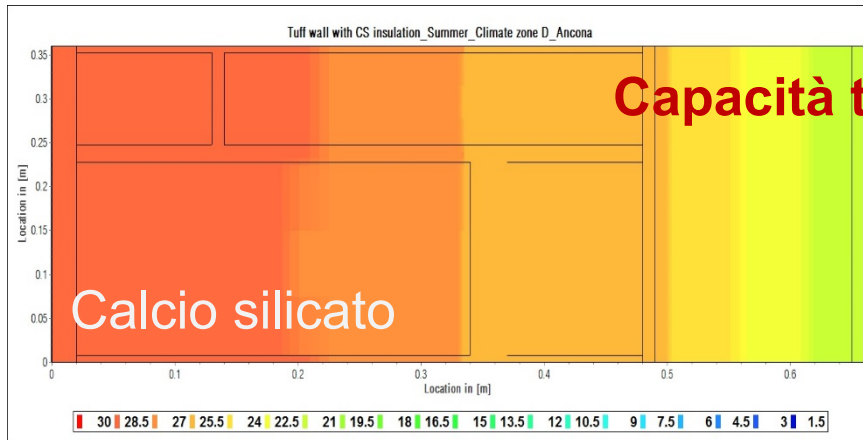
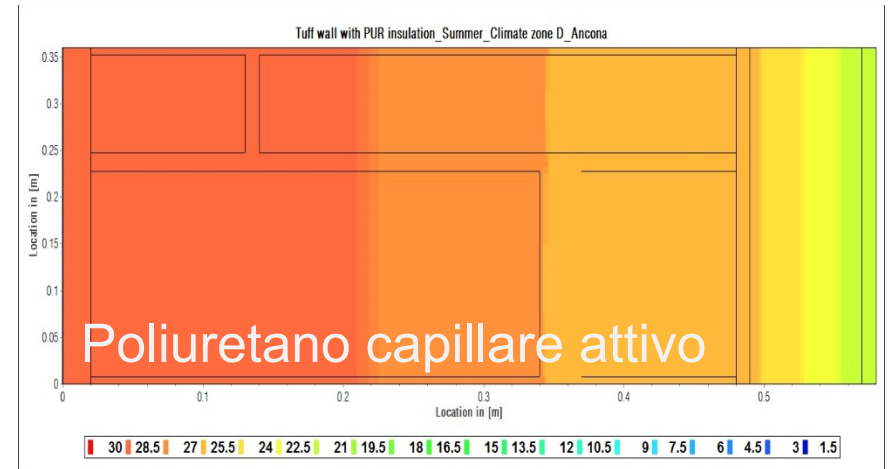
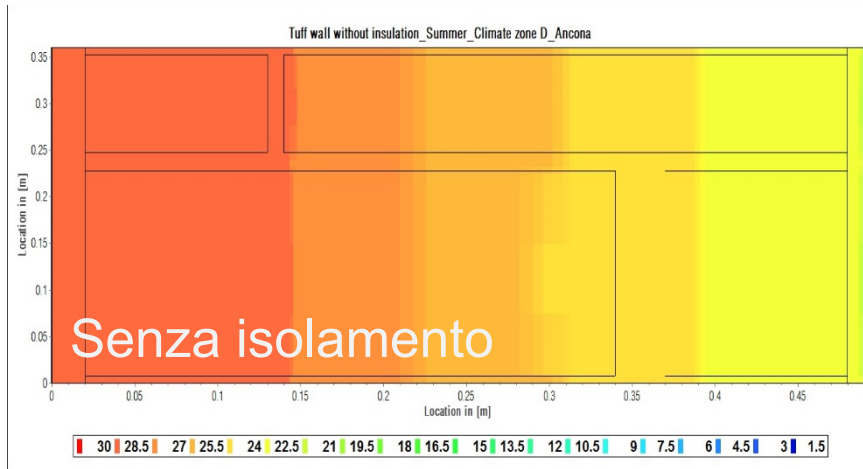
Simulazione termoisometrica

Temperature invernali_Muro di tufo_Ancona



Simulazione termoisometrica

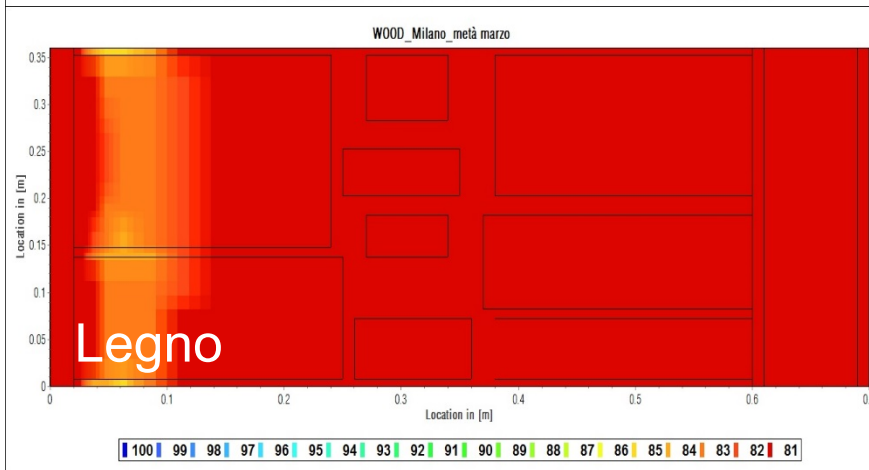
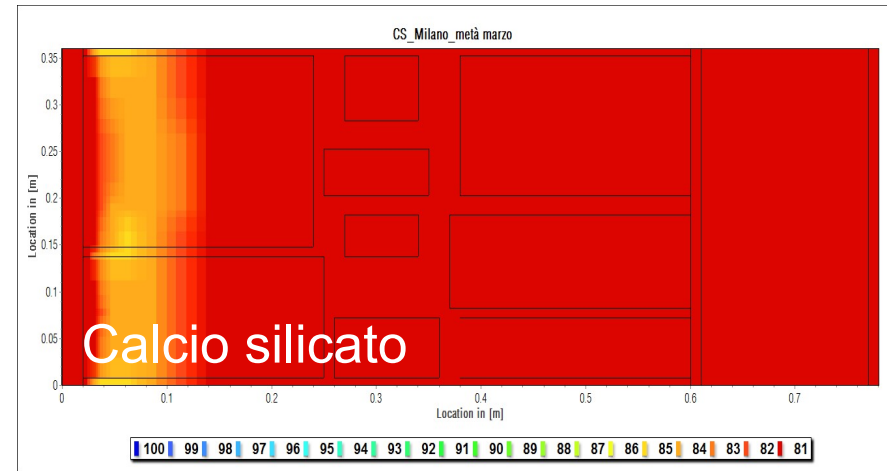
Temperature estive_Muro di tufo_Ancona



Capacità termica più elevata

Simulazione termoisometrica

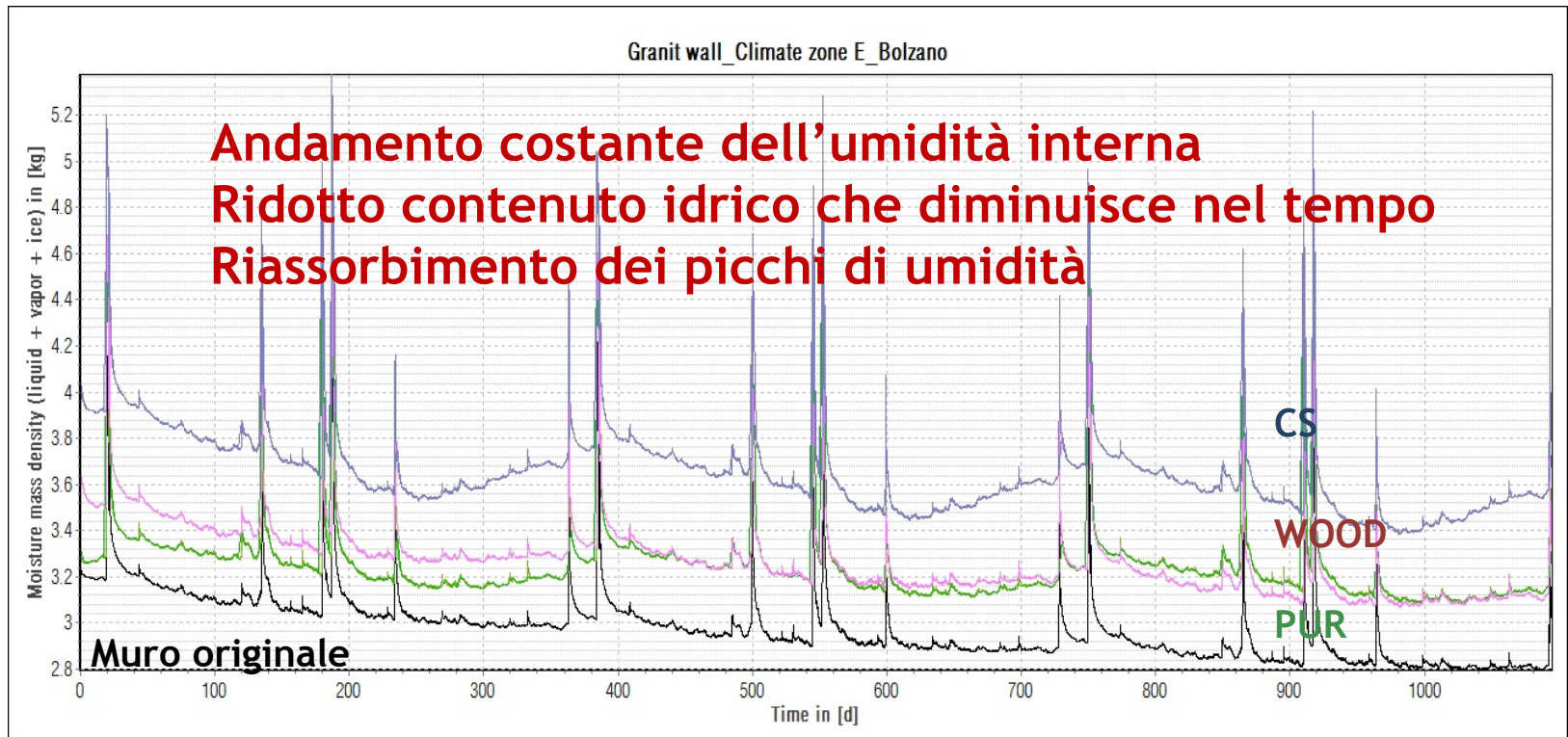
Contenuto di umidità_Muratura di granito_Milano



Muratura in granito: caso peggiore
PUR: umidità nella parete
CS e WOOD riassorbimento rapido dell'umidità

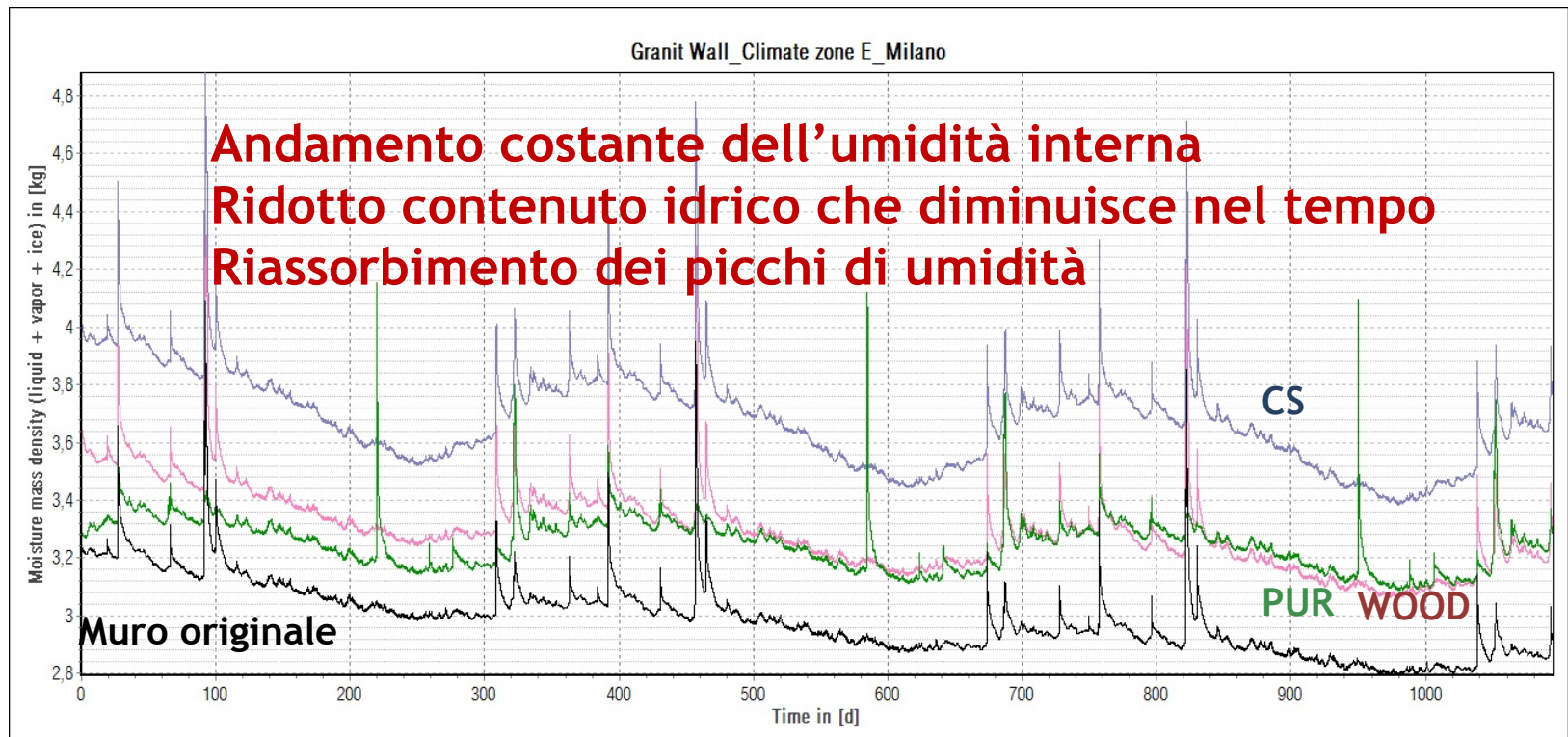
Simulazione termoisometrica

- Contenuto di umidità_Bolzano: analisi per 3 anni



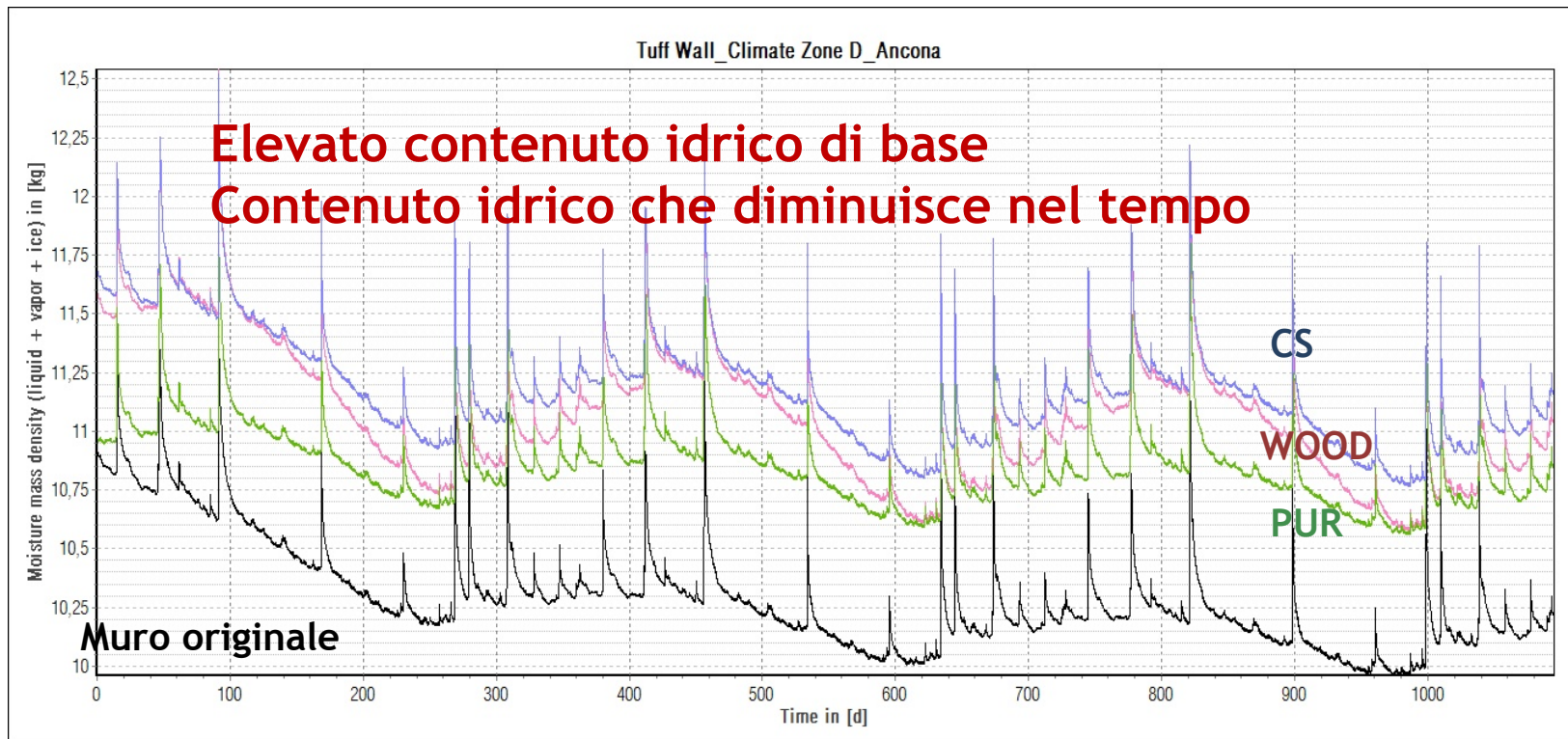
Simulazione termoisometrica

- Contenuto di umidità_Milano: analisi per 3 anni



Simulazione termoisometrica

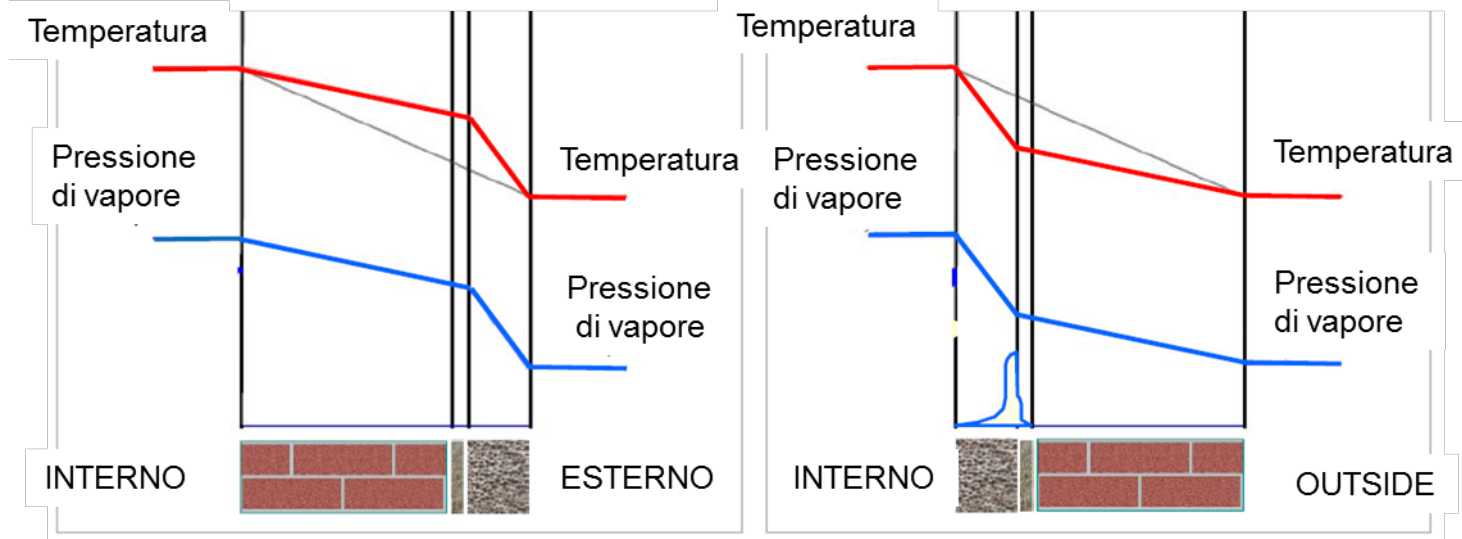
- Contenuto di umidità_Ancona: analisi per 3 anni



INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DELL'INVOLUCRO EDILIZIO ED ENERGY COMMISSIONING

Isolamento delle pareti

Tipologie di isolamento



Vantaggi:

- Riduzione dei ponti termici
- Sfruttamento della massa della parete grazie alle proprietà di accumulo della parete
- Riduzione dei danni dovuti a gradienti termici locali

Svantaggi:

- Impatto estetico molto elevato

Vantaggi:

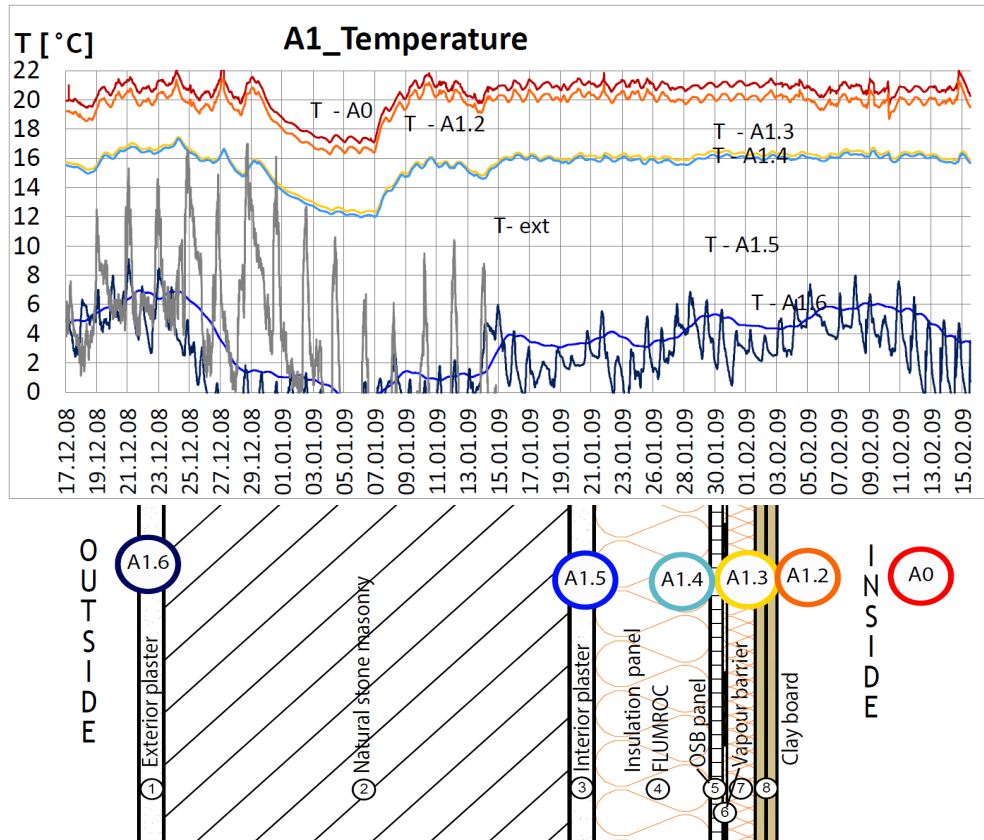
- Assenza di vapore all'interno della parete
- Impatto estetico ridotto

Svantaggi:

- Rischio di condensa tra parete interna e isolamento
- Rapida redistribuzione della condensa per capillarità
- Difficoltà di asciugatura della condensa interna alla parete

Isolamento delle pareti

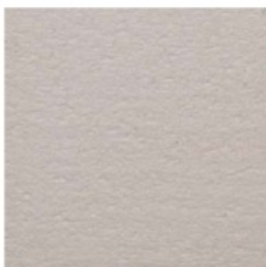
□ Come funziona l'isolamento interno



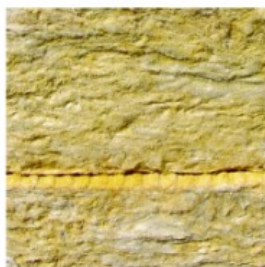
Wood fiber

Isolamento delle pareti

□ Materiali utilizzabili



Perlite



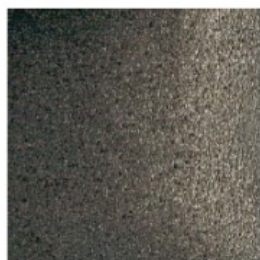
Mineral fiber



Mineral foam



Calcium silicate



Foam glass



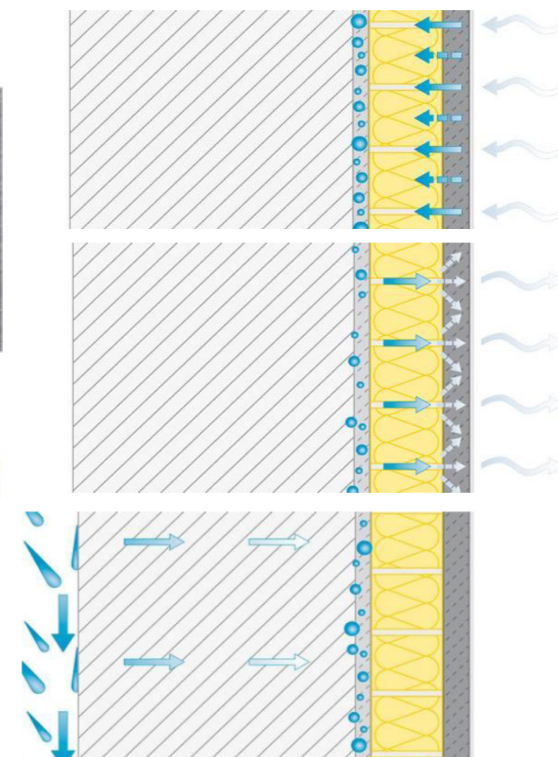
Wood fiber



Cellulose



PUR



Isolamento delle pareti

- ❑ Inserimento di un isolamento PUR capillare attivo (IQ-Therm)
- ❑ Prove preliminari su una parete priva di valore culturale per verificare la reversibilità e la ridotta invasività dell'intervento



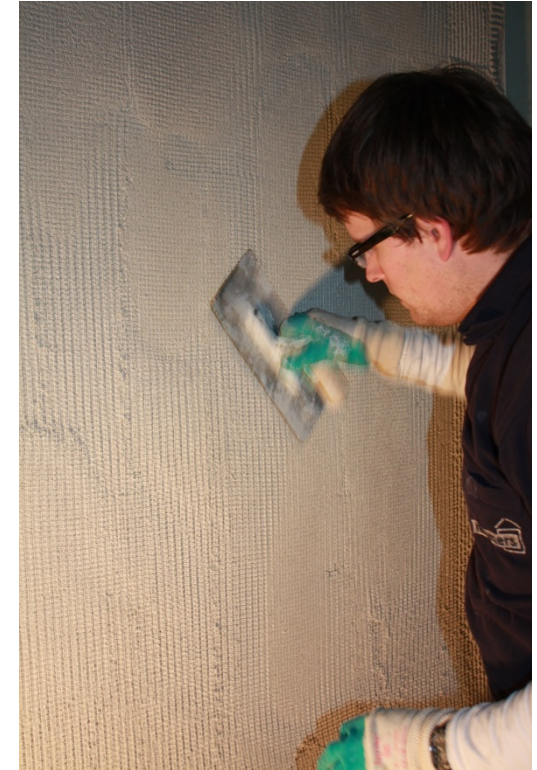
Isolamento delle pareti

- ❑ Conoscenza dell'edificio e delle caratteristiche della parete
- ❑ Raccomandazioni dei conservatori – paradigmi del restauro
- ❑ Opere preliminari - Consolidamento ad opera del restauratore



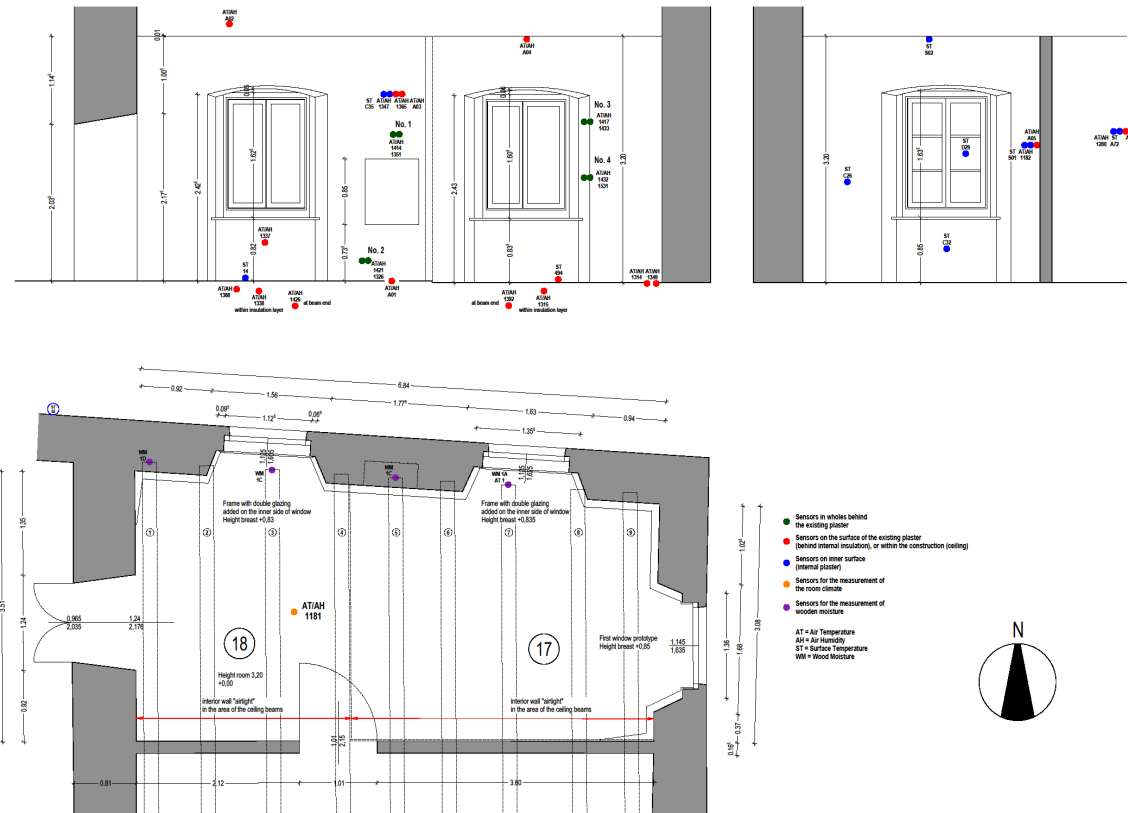
Isolamento delle pareti

- Installazione del prototipo in una stanza test



Isolamento delle pareti

Monitoraggio della test room



Test room Weighhouse (1st floor, room 17/18): Ground plan, prospectives

Isolamento delle pareti

- Monitoraggio della stratigrafia di parete



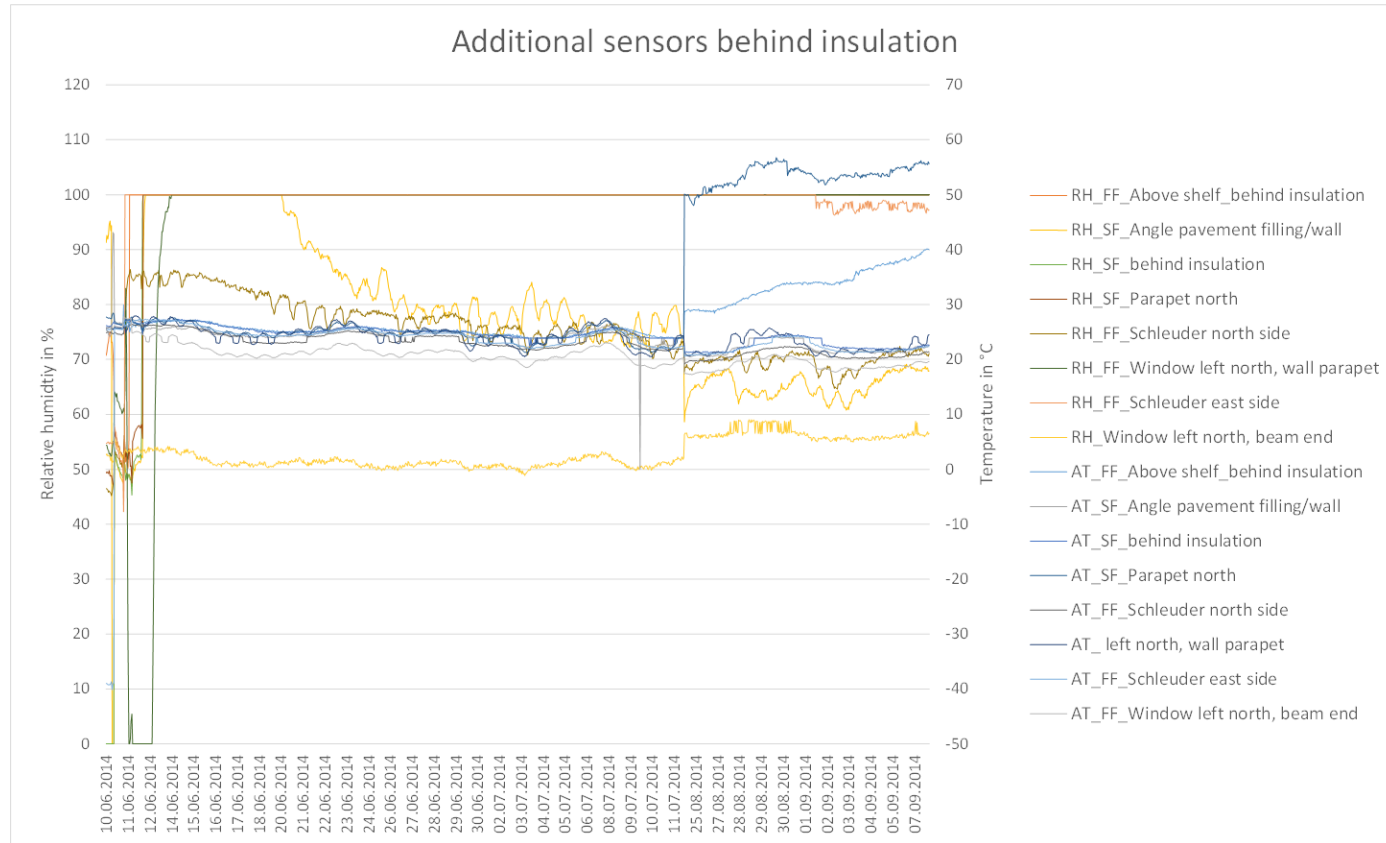
Isolamento delle pareti

- Monitoraggio dell'umidità assoluta di punti critici



Isolamento delle pareti

□ Monitoraggio dell'umidità assoluta di punti critici



Conclusioni:

Realizzabilità dell'isolamento interno di pareti storiche:

Valore storico (minimo intervento)

Reversibilità

Compatibilità

Elementi di attenzione:

Clima e stagioni (estate/inverno)

Umidità

Ponti termici ed elementi di discontinuità (testa delle travi)

UN'ESPERIENZA SPERIMENTALE DA VIVERE

#HELIVINGLABs

Heritage's energy Living Labs

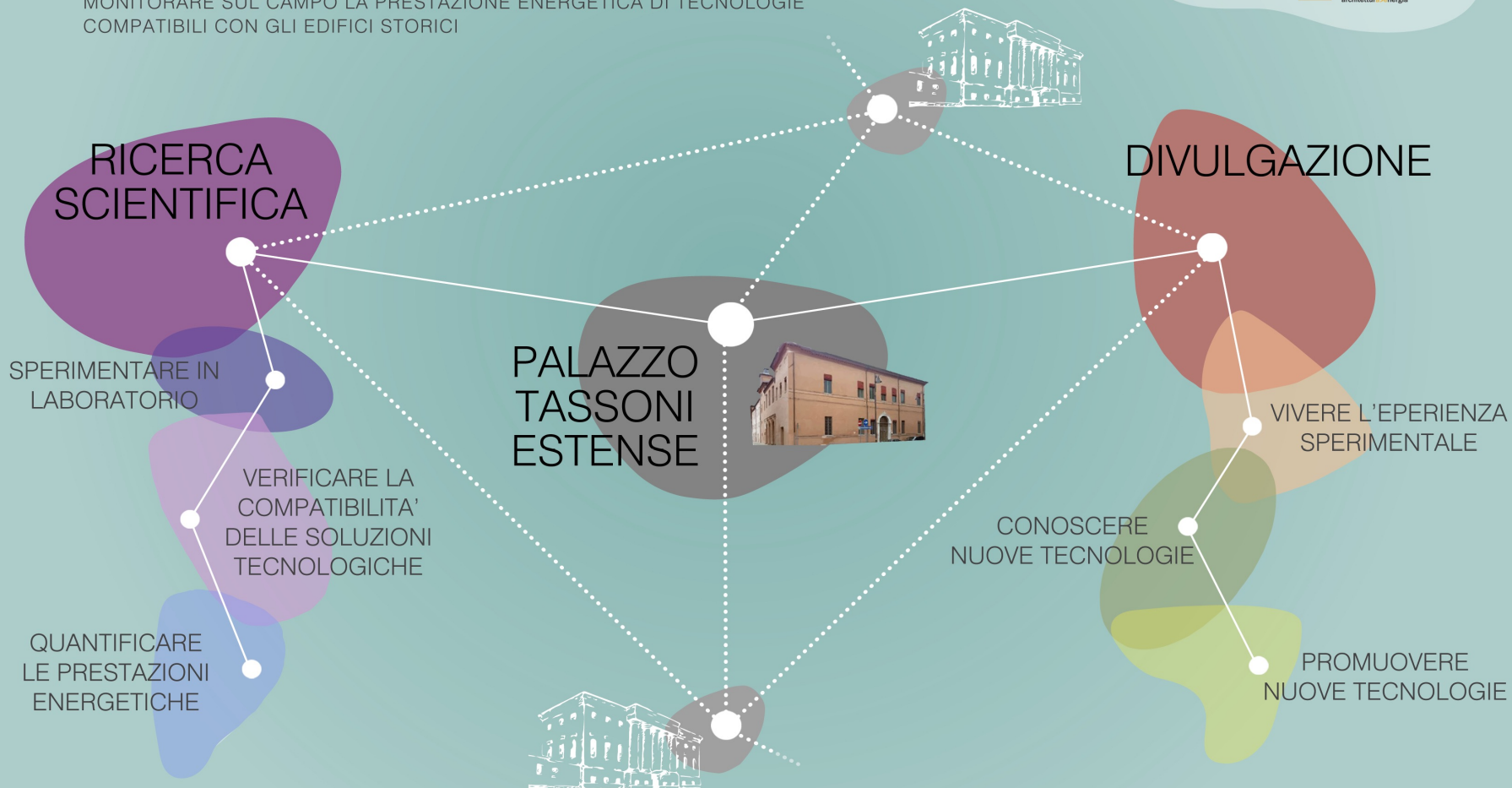
UN'ESPERIENZA SPERIMENTALE DA VIVERE

MONITORARE SUL CAMPO LA PRESTAZIONE ENERGETICA DI TECNOLOGIE COMPATIBILI CON GLI EDIFICI STORICI

PARTNERS DEL PROGETTO:

EURAC Research
Institute for Renewable Energy, Bolzano

Centro ricerche Architettura>Energia
Dipartimento di Architettura,
Università degli studi di Ferrara



DIAGNOSI ED ENERGY COMMISSIONING PER UN'ACCURATA PROGETTAZIONE DEL RISANAMENTO ENERGETICO DI EDIFICI STORICI
Arch. PhD Elena Lucchi - Senior Researcher, EURAC Research

eurac
research

#HELIVINGLABs

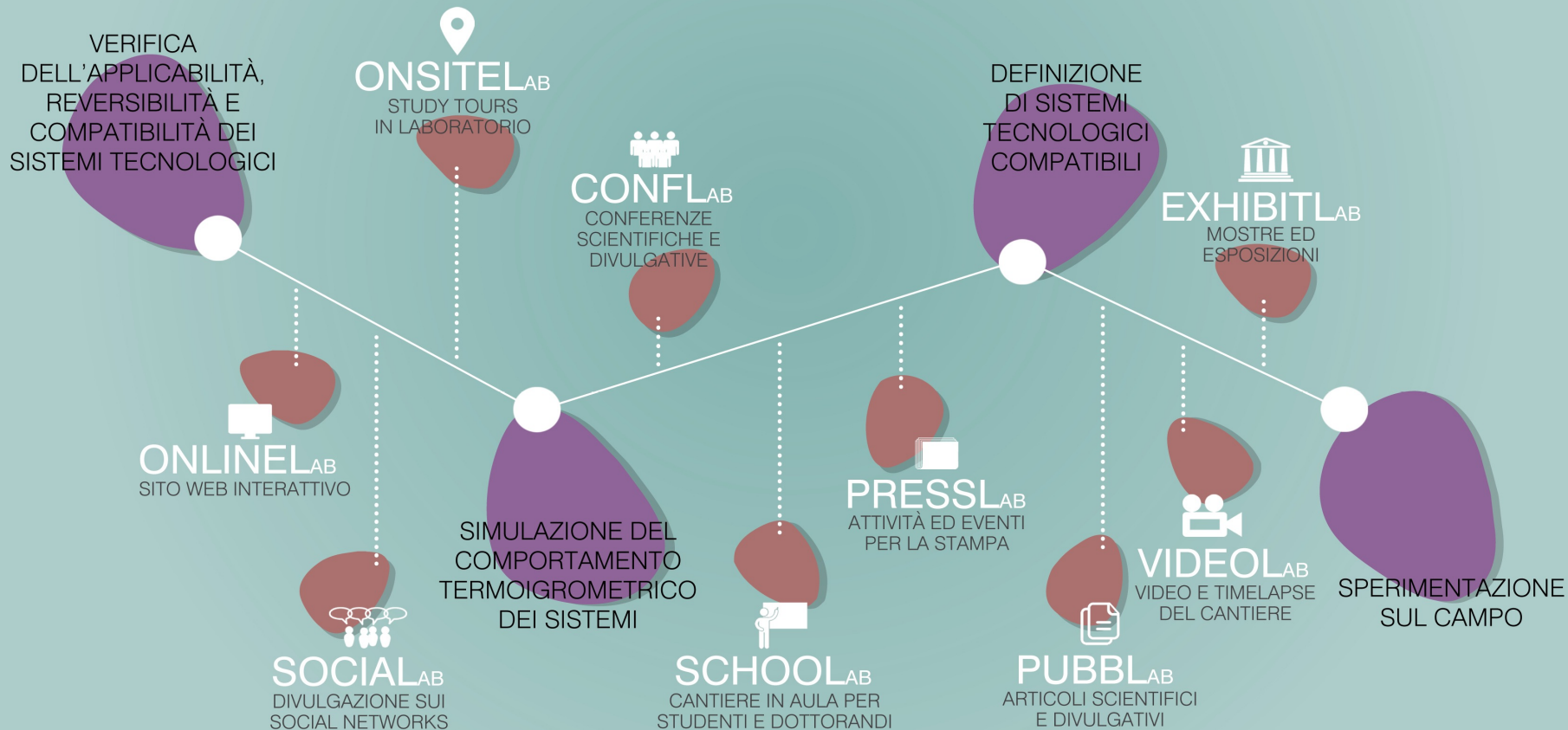
Heritage's energy Living Labs

UN'ESPERIENZA SPERIMENTALE DA VIVERE

MONITORARE SUL CAMPO LA PRESTAZIONE ENERGETICA DI TECNOLOGIE COMPATIBILI CON GLI EDIFICI STORICI

A CHI SI RIVOLGE:

progettisti, Soprintendenze e Pubbliche Amministrazioni, gestori di patrimoni architettonici tutelati, mondo accademico, utenti finali, operatori della "stampa specializzata", ricercatori e studenti



DIAGNOSI ED ENERGY COMMISSIONING PER UN'ACCURATA PROGETTAZIONE DEL RISANAMENTO ENERGETICO DI EDIFICI STORICI
Arch. PhD Elena Lucchi - Senior Researcher, EURAC Research

eurac
research

Grazie per l'attenzione!

Arch.PhD Elena Lucchi

EURAC – Istituto per le Energie Rinnovabili

Drususallee 1 / Via G. Di Vittorio 16– 39100 Bolzano/ Bozen

Email: elena.lucchi@eurac.edu