



**L'efficienza energetica negli edifici storici:
metodi, strumenti e soluzioni**
ELENA LUCCHI

EURAC - Institute for Renewable Energy

Indice

Contesto legislativo

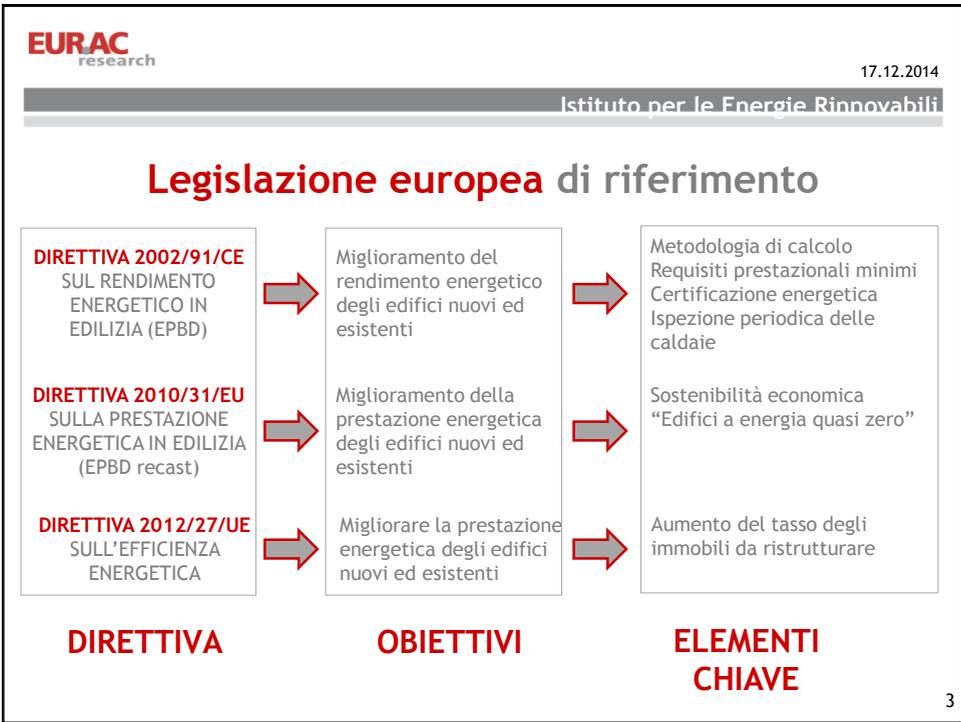
Patrimonio storico VS nuova costruzione_edificio esistente

Metodi e strumenti:

- Analisi storica
- Diagnosi dell'edificio
- Prove di laboratorio
- Ottimizzazione del comportamento energetico

Soluzioni:

- Interventi di riqualificazione energetica
- Energy commissioning



Legislazione nazionale di riferimento

- **Requisiti minimi di rendimento energetico** che riguardano l'involucro o gli impianti e sono diversi per nuova costruzione e patrimonio esistente in base a uso, clima ed età dell'immobile

- **Edifici monumentali, luoghi di culto, monumenti protetti** come patrimonio designato o in virtù dello speciale valore architettonico o storico non sono sottoposti alle prescrizioni legislative nei casi in cui implicherebbero **"(...) un'alterazione inaccettabile del loro carattere e aspetto"**


- **Edifici esistenti ma non monumentali** sono **interamente sottoposti** alle prescrizioni legislative. Quando superano determinate dimensioni, la ristrutturazione deve essere considerata un'opportunità per aumentare il rendimento energetico mediante l'adozione di misure efficaci sotto il profilo dei costi
 

5

Legislazione nazionale di riferimento

1. DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE IN MANUTENZIONE STRAORDINARIA DELL'EDIFICIO
2. RISTRUTTURAZIONE INTEGRALE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO (sup. utile > 1.000 m²)
3. AMPLIAMENTO VOLUMETRICO (>20% volume)



Indice di prestazione energetica climatizzazione invernale ($E_{p_i} < E_{p_i,lim}$)
 Indice di prestazione energetica climatizzazione estiva dell'involucro edilizio ($E_{p_e,inv} \leq E_{p_e,inv,lim}$)
 Valori minimi di trasmittanza termica per i muri divisorii
 Assenza di condensa nelle pareti
 Controllo della climatizzazione estiva con misure bioclimatiche
 Regolazione termica interna
 Opere per favorire il teleriscaldamento (solo 1 e 2)
 Inerzia termica dell'involucro opaco, solo per le residenze

 **INTERVENTO SULL'INTERO EDIFICIO**

4. RISTRUTTURAZIONE TOTALE O PARZIALE
5. DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE IN MANUTENZIONE STRAORDINARIA DELL'INVOLUCRO (sup. utile \leq 1.000 m²)

interventi su parti strutturali, restauro o rifacimento di intonaci, sostituzione dei serramenti e rifacimento dei manti di copertura



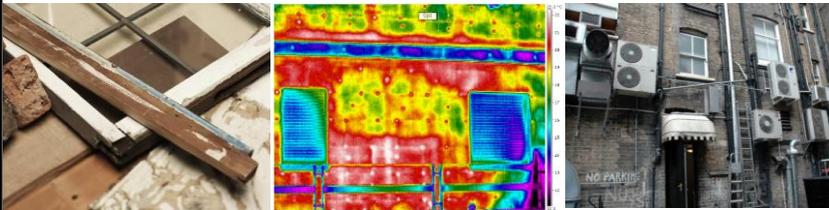
Controllo della climatizzazione estiva con misure bioclimatiche
 Valori minimi di trasmittanza termica per elementi di involucro esterno e muri divisorii
 Inerzia termica dell'involucro opaco, solo per le residenze
 Assenza di condensa nelle pareti

 **INTERVENTO PARZIALE SULL'INVOLUCRO EDILIZIO**

6

Applicazione acritica della legislazione

- L'applicazione acritica di questa legislazione su un edificio storico comporta:
 - miglioramento della prestazione energetica; ➔ **EFFICIENZA ENERGETICA**
 - **perdita** del patrimonio storico; ➔ **CONSERVAZIONE**
 - **rischio di degrado** per incompatibilità chimico-fisica dell'intervento; ➔ **COMFORT**
 - problemi di **comfort microclimatico**.



7

Patrimonio culturale /VS/ Edilizia contemporanea

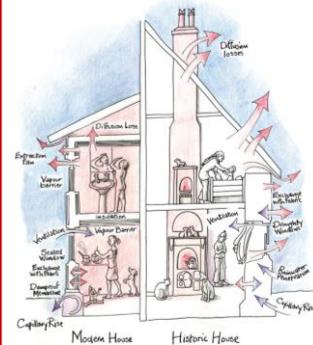
QUALI DIFFERENZE?

SCALA URBANA

Genius loci VS
Globalizzazione
Consoscenza ambientale
VS Tecnologica
Consoscenza VS
Prevaricazione sul clima
Risorse naturali VS
Combustibili fossili

SCALA EDILIZIA

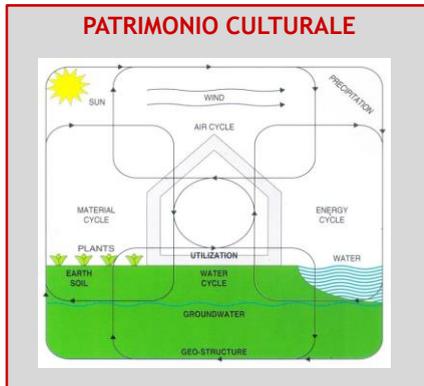
Risorse naturali VS
Risorse artificiali
Involucro edilizio VS
Impianti
Traspirabilità VS
Impermeabilità
Luce e ventilazione VS
Impiantistica sofisticata
Materiali locali VS
Materiali innovativi
Tradizione VS
Innovazione



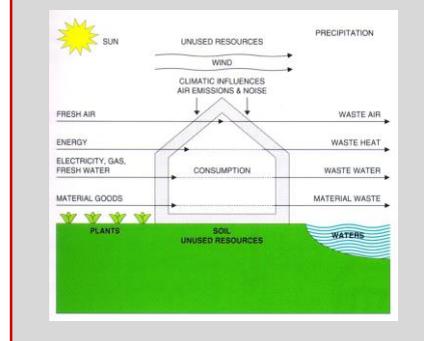
8

Patrimonio culturale **/VS/** Edilizia contemporanea

ANDAMENTO CIRCOLARE



EDILIZIA CONTEMPORANEA



ANDAMENTO LINEARE

9

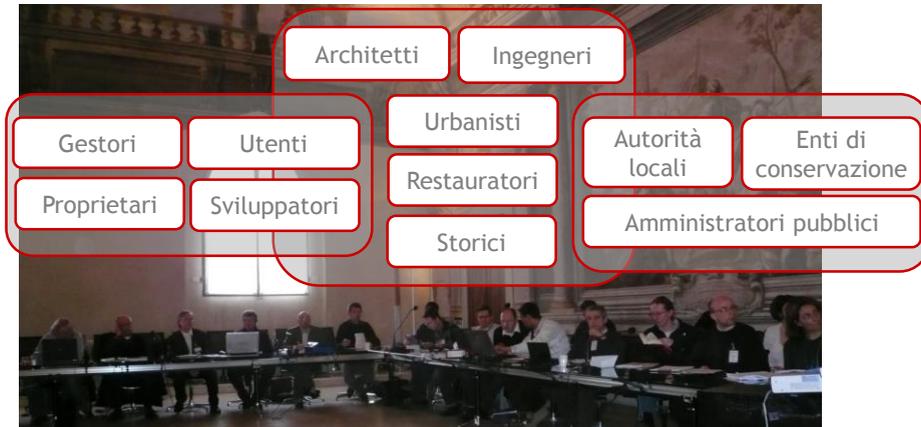
Elementi fondamentali per l'intervento

- Coinvolgimento di tutti gli stakeholders
- Multi/Trans-disciplinarietà
- Approccio olistico dell'intero processo progettuale
- Valutazione dell'impatto conservativo delle misure di efficienza energetica
- Valutazione integrata di benefici di efficienza energetica, comfort ambientale e costi degli interventi
- Analisi del ciclo di vita dell'edificio



10

Coinvolgimento degli stakeholders



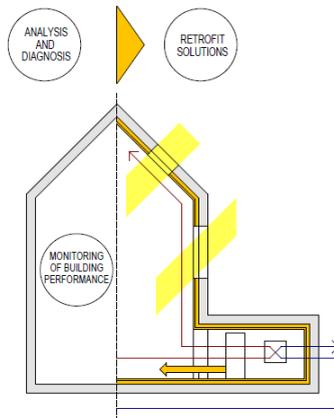
11

Multi/Trans-disciplinarietà



12

Approccio olistico



Diagnosi

- Analisi storica
- Stato di conservazione
- Aspetti funzionali
- Diagnosi energetica

Simulazione energetica e termoigrometrica

- Di tipo stazionario
- Di tipo dinamico

Prove di laboratorio

Riqualificazione energetica

Continuous commissioning

13

DIAGNOSI DELL'EDIFICIO

14

Analisi storica



- Epoche storica
- Fasi costruttive
- Tecniche costruttive
- Materiali

15

Analisi dello stato di conservazione



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

16

Diagnosi energetica

Definizione: procedura sistematica volta a fornire un'adeguata conoscenza del **profilo di consumo energetico** di un edificio o gruppo di edifici, ad individuare e quantificare le opportunità di risparmio energetico sotto il profilo costi-benefici e riferire in merito ai risultati (Direttiva 2012/27/CE)

Tecniche di diagnosi energetica e ambientale *in situ*

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



Diagnosi non
distruttiva

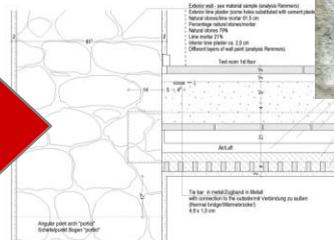
Diagnosi debolmente distruttiva

Monitoraggio ambientale

17

Rilievo geometrico ed esame visivo

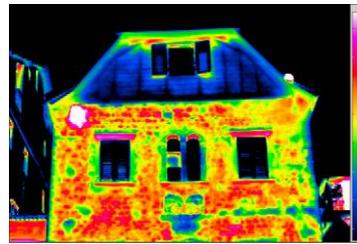
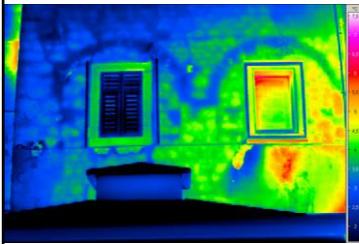
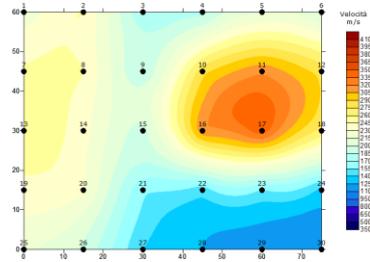
- Dimensioni di ambienti
- Spessori murari
- Materiali utilizzati
- Epoche storiche
- Problemi di degrado evidenti
- Malfunzionamento impiantistico
- Gestione dell'edificio



18

Termografia a raggi infrarossi e analisi sonora

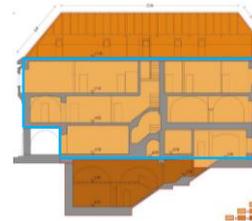
- Stratigrafie e materiali costruttivi
- Modifiche strutturali e costruttive
- Stato di conservazione
- Anomalie termiche
- Infiltrazioni d'aria
- Infiltrazioni d'acqua
- Malfunzionamento impiantistico



19

Blower Door Test e fumi traccianti

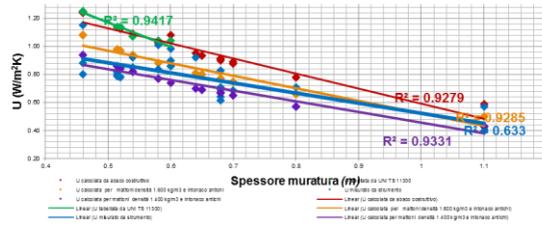
- Infiltrazioni d'aria
- Ricambi d'aria
- Fessurazioni e cricche nelle pareti
- Giunzioni



20

Analisi termoflussimetrica

- Trasmittanza termica
- Conduttanza termica



Analisi stratigrafica

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



Monitoraggio ambientale

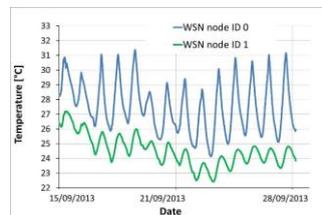
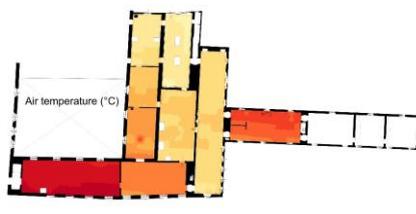
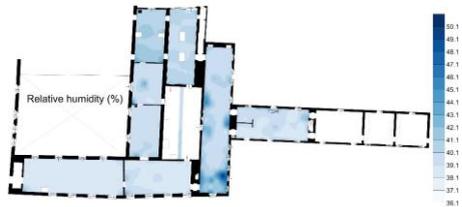
- Centraline di monitoraggio
- Sensori commerciali
- Sensori sviluppati appositamente



23

Monitoraggio ambientale

- Termoigrometrico
- Luminoso
- Aerobiologico

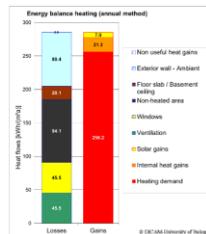
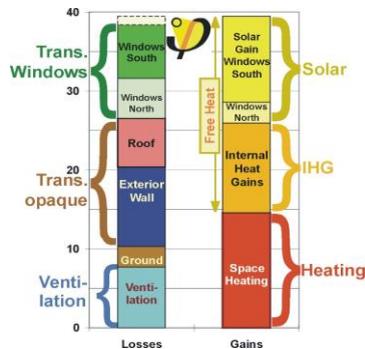


24

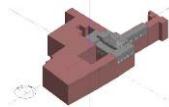
SIMULAZIONE DEL COMPORTAMENTO ENERGETICO E TERMOIGROMETRICO

Simulazione energetica di tipo statico

- Nell'ambito di EnerPHit, una procedura di certificazione volontaria degli edifici esistenti, è stata sviluppata anche una specifica versione del software PHPP



Category	Value
Space heating	273 kWh/m²a
Space cooling	2 kWh/m²a
Primary energy	543 kWh/m²a
Airtightness	5.9 1/h



Simulación con el software PHPP



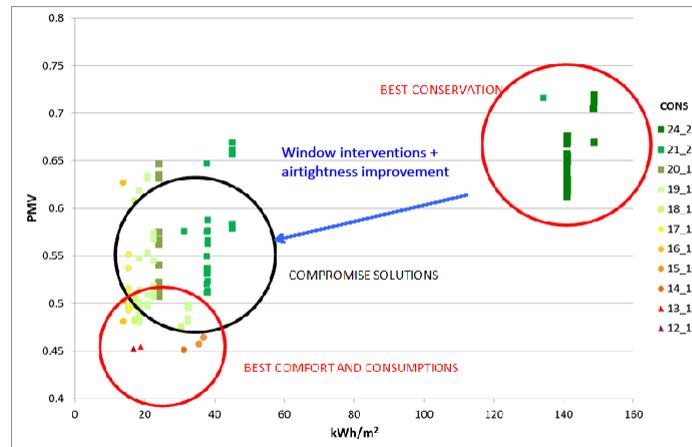
Prove di laboratorio

■ Camera climatica



INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

Ottimizzazione degli interventi



31

Interventi di riqualificazione energetica

- Isolamento termico
 - Isolamento interno
 - Isolamento della copertura
 - Isolamento del solaio (portici)
 - Isolamento del basamento
- Riqualificazione / sostituzione delle finestre
- Illuminazione artificiale
- Ventilazione meccanica controllata (ibrida)

32

Isolamento interno

- ❑ Consocenza dell'edificio e delle caratteristiche della parete
- ❑ Raccomandazioni dei conservatori - paradigmi del restauro
- ❑ Opere preliminari - Consolidamento ad opera del restauratore
- ❑ Sviluppo di un prototipo di isolamento capillare attivo (IQ-Therm)



33

Isolamento interno

- ❑ Installazione del prototipo in una stanza test



34

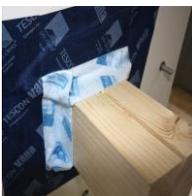
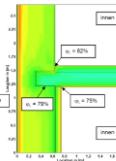
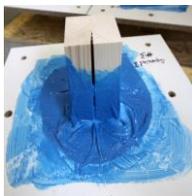
Isolamento interno

- Monitoraggio della stratigrafia di parete



Isolamento della testa delle travi

- Verifica delle alternative progettuali
- Simulazione termoigrometrica



Isolamento della testa delle travi

- Installazione del prototipo in una stanza test
- Monitoraggio della testa delle travi

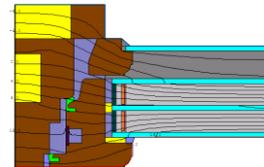
Version II: „continued” insulation

Version I: „interrupted” insulation

37

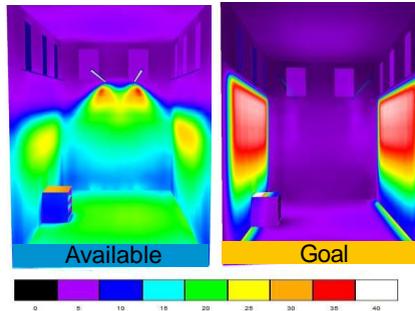
Riqualificazione/sostituzione delle finestre

- Valore delle finestre
- Raccomandazioni dei conservatori
- Caratteristiche costruttive tipiche
- Sviluppo del prototipo della finestra



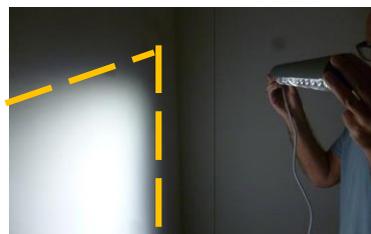
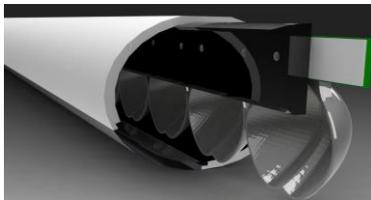
illuminazione artificiale

- ❑ Caratteristiche del patrimonio da illuminare
- ❑ Individuazione dei problemi illuminotecnici



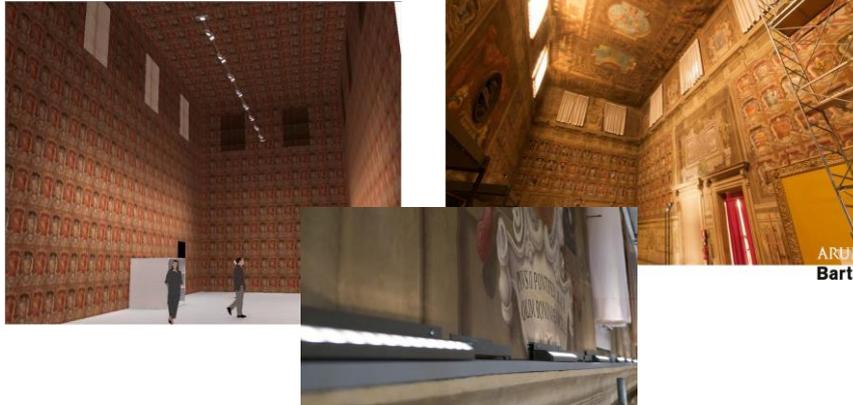
illuminazione artificiale

- ❑ Sviluppo del prototipo del sistema di illuminazione



illuminazione artificiale

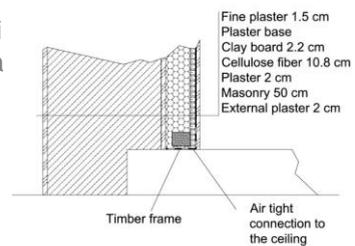
- Simulazione illuminotecnica del prodotto in opera
- Posa in opera del prototipo del sistema di illuminazione



41

Ventilazione meccanica controllata

- Conoscenza dell'edificio
- Raccomandazioni dei conservatori
- Sviluppo del prototipo del sistema



ALPA



42

Ventilazione meccanica controllata

- Installazione del prototipo in un'aula tipo



Atrea®

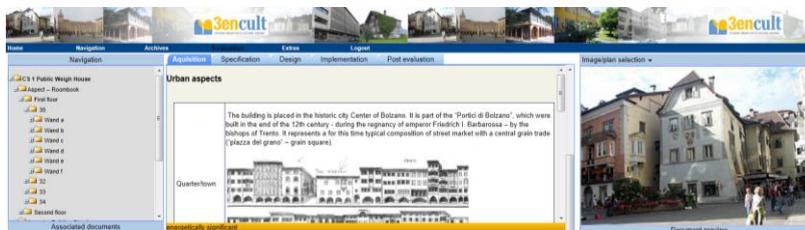


43

hBIS^{ec} - "historic Building Information System"

Raccolta di informazioni per la diagnosi in modo strutturato:

- Analisi storica
- Analisi dello stato di conservazione
- Diagnosi energetica
- Simulazioni energetiche delle diverse alternative progettuali
- Interventi di riqualificazione energetica
- Monitoraggi e *continuous commissioning*



44

COMUNICAZIONE SCIENTIFICA

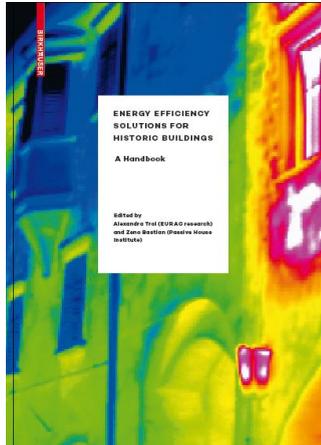
Comunicazione scientifica

- Handbook
Virtual Library
Frequent ask questions
Position papers ➡ **DOCUMENTAZIONE
TECNICA**

- Educational Tool for University Courses
Educational Tool for Technicians ➡ **EDUCAZIONE**

- Partecipazione/organizzazione
di conferenze
Partecipazione a fiere
Study tours ➡ **DIVULGAZIONE**

Divulgazione scientifica



3encult

PROJECT PARTNERS CASE STUDIES NEWS & EVENTS DELIVERABLES DWHP

English

search

Welcome Info Work Packages Links FAQs

Efficient energy for EU cultural heritage

Background

Historic buildings are the trademark of numerous European cities, towns and villages. Historic quarters give splendour to our cities, they are a living symbol of Europe's rich cultural heritage and reflect society's identity.

Yet, this is also an area where the high level of energy efficiency is contributing to a large percentage of greenhouse gas emissions. With climate change posing a real and urgent threat to humanity and its surroundings, also to historic buildings, it is necessary to guide an improved approach to all retrofitment actions in historic buildings.

Objective

The project 3ENCULT bridges the gap between conservation of historic buildings and climate protection, which is not an antagonism of all historic buildings will only survive if maintained as living space. Energy efficient retrofit is useful for structural protection as well as for comfort reasons - comfort for users and "comfort" for heritage collections. 3ENCULT will demonstrate the feasibility of "Factor 4" to "Factor 10" reduction in energy demand, depending on the case and the heritage value.

Project

- Welcome
- Info
- Work Packages
- Links
- FAQs

Teamwork

Click here to access the teamite (login required)

www.3encult.eu
www.effesus.eu

47

Grazie per l'attenzione!

Elena Lucchi
EURAC - Istituto per le Energie Rinnovabili
Drususallee 1 / Luis Zuegg Str. 11 - 39100 Bolzano/ Bozen
Email: elena.lucchi@eurac.edu

48