POLITECNICO DI MILANO
Facoltà di Ingegneria Edile Architettura
Dipartimento di Building Environment Science and Technology BEST

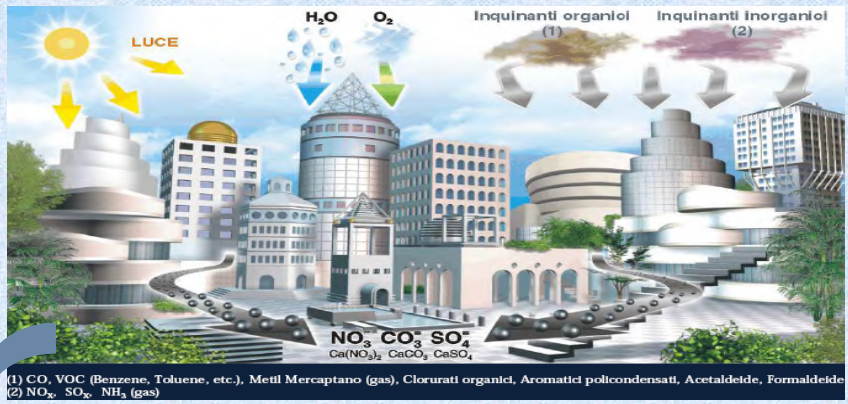
LA DURABILITA' DEI MATERIALI E DEI COMPONENTI

Prof. BRUNO DANIOTTI

- La valutazione sperimentale della durabilità di materiali e componenti fotocatalici e isolanti
- La certificazione di durabilità
- Il rilievo in opera del decadimento prestazionale
- La valutazione della durabilità per la programmazione della manutenzione e la valutazione di sostenibilità

Materiale studiato: TX ACTIVE (by Italcementi)

OGGETTO DELLA RICERCA → **Prove di invecchiamento accelerato su materiali cementizi fotocatalitici applicati nel settore edile**



RIDUZIONE DELL'INQUINAMENTO AMBIENTALE

CICLO DI INVECCHIAMENTO ACCELERATO

I PROVINI SONO STATI SOTTOPOSTI ALLO STESSO CICLO DI INVECCHIAMENTO ACCELERATO UTILIZZATO PER LE PV2, IN MODO DA POTER CONFRONTARE I RISULTATI OTTENUTI DALLE DUE SPERIMENTAZIONI

Sottociclo A

n°	STEP	T_{aria} [°C]	T_{acqua} [°C]	UR [%]	Durata [min]
1	Pioggia	20	15-20	---	60
2	Gelo	-20	---	---	90
3	Caldo umido	55	---	95	60
4	Caldo secco senza UV	70	---	40	80

Sottociclo B

n°	STEP	T_{aria} [°C]	T_{acqua} [°C]	UR [%]	Durata [min]
1	Radiazione UV	30	---	40	80

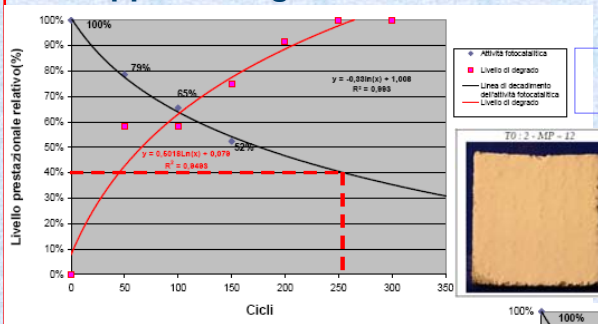
STEP DI INVECCHIAMENTO ACCELERATO:

T1 = 50 cicli T2 = 100 cicli
T3 = 150 cicli T4 = 200 cicli
T5 = 250 cicli T6 = 300 cicli

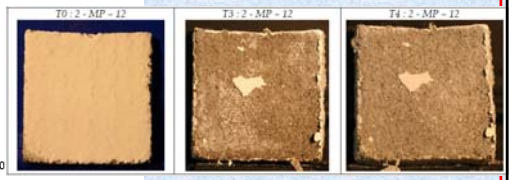
VALUTAZIONE DEL DECADIMENTO PRESTAZIONALE E DEL DEGRADO

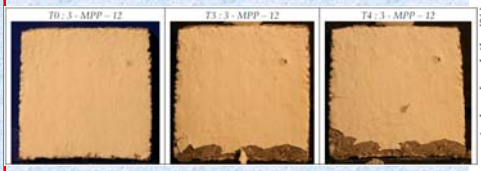
Tipo di test	**DISTRUTTIVA**	**NON DISTRUTTIVA**
Step di misura	**T0 + Tf**	**T0, …, T6**
Provini	**Dimensione: (8x8x1) cm**	**Dimensione: (8x8x1) cm**
Test	**Analisi al microscopio**	**Fotografie: rilievo del degrado**
	Prova alla rodammina	**Misura dell'azione fotocatalitica**
		Misura colorimetrica metodo CIELab

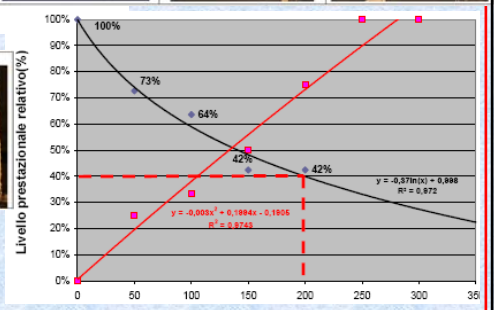
Pitture fotocatalitiche: sviluppo del degrado e decadimento prestazionale



2M-P: malta + pittura fotocatalitica







3M-PP: malta + primer + pittura fotocatalitica

La valutazione della durabilità di pareti perimetrali con isolamento esterno a cappotto (ETICS)

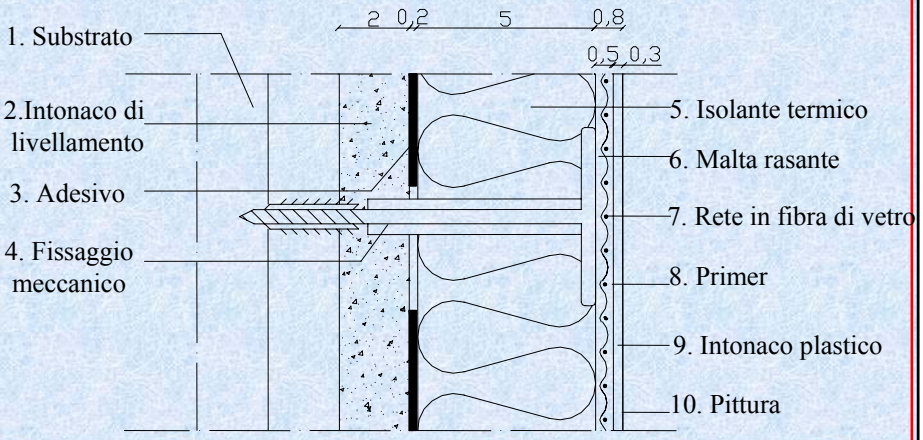
- Analisi Durabilistica

- Programma di Invecchiamento accelerato in laboratorio

- Metodo Fattoriale specifico per ETICS

Definizione di criteri per la stima dei valori relativi ai singoli fattori per evitare la soggettività

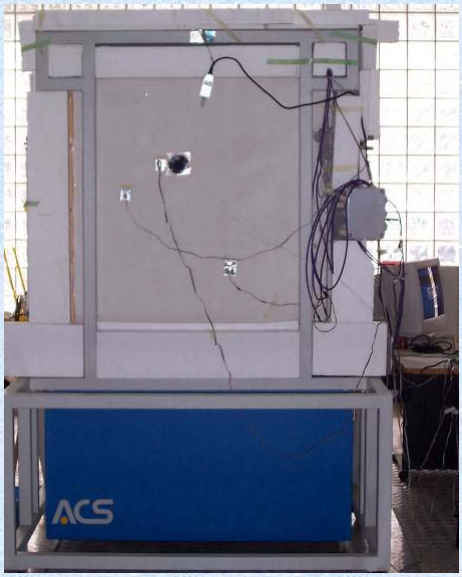
CAPPOTTO: Caratterizzazione dei Materiali

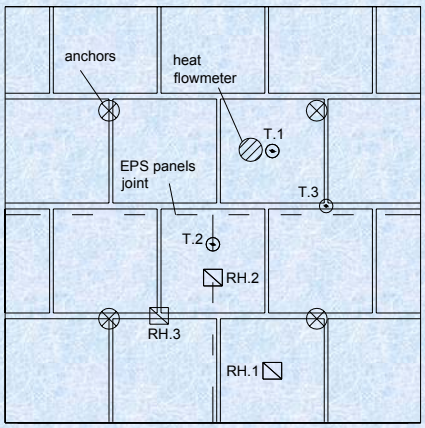


Dettaglio di sistema di isolamento esterno con intonaco sottile (cappotto)

ETICS Realizzazione dei campioni di prova

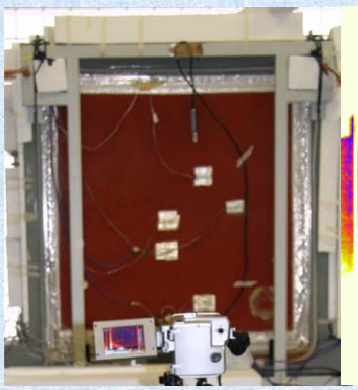
ETICS : l'invecchiamento accelerato in laboratorio

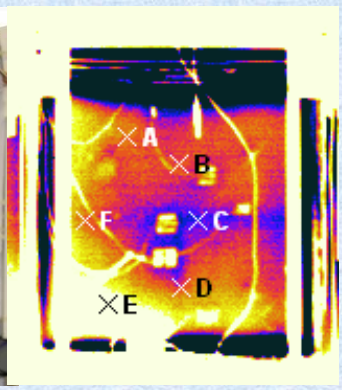


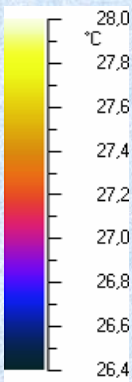


ETICS

Termografia dopo invecchiamento a T2+







Point	T[°C]
A	27.2
B	27.3
C	26.8
D	27.1
E	28.4
F	27.2

I provini di piccole dimensioni inseriti nella camera climatica

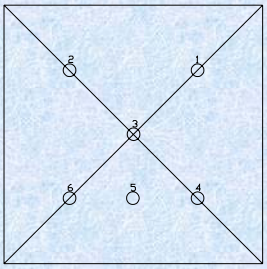
Tipo di prova	*Dimensioni provino*	*N° provini*	*Riferimento normativo*
Assorbimento capillare	**200 x 200 mm**	**3**	**ETAG 004 § 5.1.3.1**
Permeabilità al vapore acqueo	**Provini circolari di area maggiore di 5000 mm²**	**5**	**UNI EN 12086**
Resistenza a trazione del rasante armato	**600 x 100 mm Lunghezza rete 800 mm, di cui 100 mm sporgenti alle estremità**	**3**	**ETAG 004 § 5.5.4.1**
Adesione del rasante all'isolante	**200 x 200 mm**	**3**	**UNI EN 13494**

Misure di assorbimento capillare

	PROVA: Immersione parziale
Provino esaminato	Δm_{24} medio [Kg/m²]
T_0-ESP-ACR-RPAC	0,2825
T_0-MW-ACR-RPAC	0,8475
T_0-ESP-ACR-PIT	0,1013
T_0-MW-ACR-PIT	0,1800

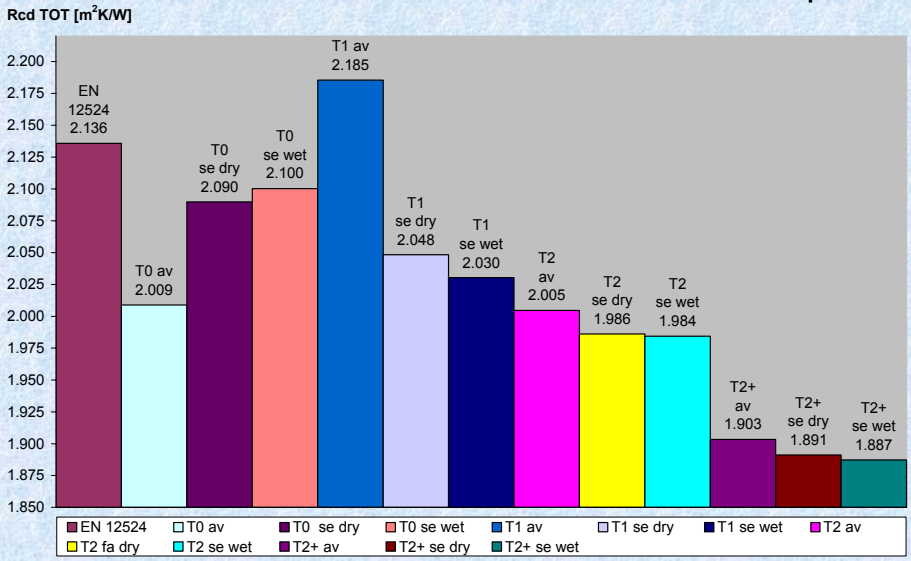
ETICS

Analisi del degrado : bolle



ETICS

Decadimento della resistenza termica nel tempo



POLITECNICO DI MILANO
Facoltà di Ingegneria Edile Architettura
Dipartimento di Building Environment Science and Technology BEST

La certificazione di durabilità
Prof. BRUNO DANIOTTI

- La Direttiva per i Prodotti della Costruzione: Working Life
- Metodi di certificazione della durabilità

Direttiva Prodotti della Costruzione CPD 106/89

- Scopo: rimozione delle barriere tecniche nel settore delle costruzioni
- Metodo:
  - Le opere devono soddisfare i 6 Requisiti Essenziali CPD
  - I Requisiti Essenziali sono tradotti in **requisiti di prodotto** nei Documenti Interpretativi (ID)
  - Vengono definite le **prestazioni dei prodotti** che consentano alle opere di soddisfare i 6 Requisiti Essenziali CPD
  - Questo è normato nelle **Specificazioni tecniche (CEN o EOTA)** che consentono la valutazione di Idoneità all'Uso dei prodotti
  - Si definiscono le modalità di **Attestazione di Conformità del prodotto:** Controllo di Qualità in Produzione,
    Ispezioni, Prove Iniziali di Tipo Certificazione)
  - Rilascio del **Marchio CE** del prodotto.

Direttiva Prodotti della Costruzione
I Requisiti Essenziali

- I prodotti devono essere idonei alla realizzazione di opere pronte all'uso, nell'integrata e nelle relative parti, tenendo conto dell'aspetto economico, e a tal fine devono soddisfare i seguenti requisiti essenziali, laddove, siano stabiliti.
- **Detti requisiti devono, fatta salva la normale manutenzione, essere soddisfatti per un periodo di tempo economicamente adeguato.**
- I requisiti come norma presuppongono azioni prevedibili.
  - Resistenza meccanica e stabilità
  - Sicurezza in caso di incendio
  - Igiene, salute e ambiente
  - Sicurezza nell'impiego
  - Protezione contro il rumore
  - Risparmio energetico e ritenzione di calore

La Working Life :La Direttiva Prodotti per la Costruzione

Ref.: CE Guidance paper F "Durabilità e la Direttiva sui prodotti per la costruzione"

- La Working Life del prodotto è intesa come il periodo di tempo durante il quale le prestazioni del prodotto stesso sono mantenute ad un livello tale da consentire alle opere, correttamente progettate ed eseguite, di soddisfare i sei Requisiti Essenziali della Direttiva.
- La Working Life dipende dalla durabilità spontanea dei prodotti sottoposti agli agenti, e dalla manutenzione normale (ordinaria), escludendo le operazioni di riparazione straordinaria.

Durata prevista per l'edificio		Working life dei prodotti della costruzione (anni) Categorie		
Classe	Durata (anni)	Facilmente riparabile o sostituibile	Riparabile o sostituibile meno facilmente	Durata dell'opera
Breve	10	10	10	10
Media	25	10	25	25
Normale	50	10	25	50
Lunga	100	10	25	100

I PANNELLI COMPOSITI LEGGERI PROVE DI DURABILITÀ

«Rapporto Tecnico UEAtc sulle opere realizzate in pannelli sandwich con schiuma di poliuretano senza CFC»

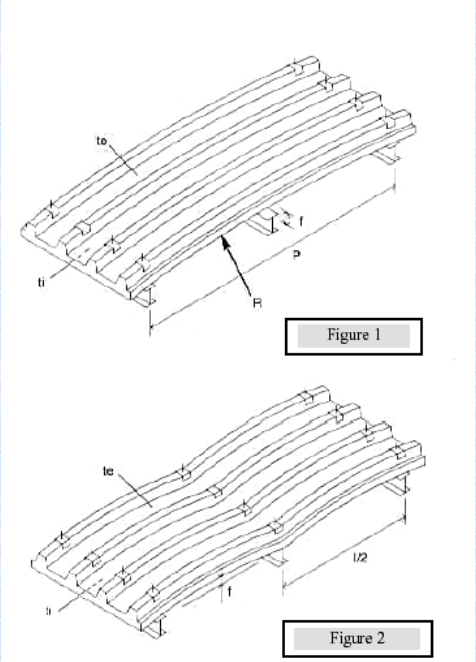
- Il comportamento dell'anima isolante sottoposta a tre cicli di invecchiamento:
  - 7 giorni a 70°C
  - 3 ore a –20°C
  - 3 ore a 80°C e 65% di umidità relativa.
- Alla fine dei tre cicli si valuta se l'anima isolante ha subito variazioni dimensionali maggiori del 3% (stabilità dimensionale) ovvero se vi sono stati decadimenti significativi nelle resistenze a compressione, trazione e taglio.

Camera climatica per invecchiamento accelerato

Configurazione di carico per prove di flessione su quattro punti

Apparecchiatura per choc termico

Schema di fissaggio dei pannelli per la prova di choc termico



ETAG sui pannelli compositi

"Self-Supporting Lightweight Composite Panels"

Nella parte 1 di carattere generale si sviluppa la prima fase di analisi definendo gli agenti significativi per pannelli in relazione ai decadimenti di prestazioni e caratteristiche funzionali correlate ai Requisiti Essenziali della CPD.
Nella parte 2 relativa alle coperture si considerano sia i test su piccoli campioni per valutare il decadimento del valore della resistenza a trazione (ciclo Climatico), e test su campioni in grande scala per valutare il decadimento della resistenza ultima a flessione seguendo cicli di shock termici (tabella sotto).
Il numero di cicli è associato a un'assunzione di Working Life di 10 o 25 anni

	Shock termici		
	Fallito (5 cicli)	Passato (5 cicli)	Passato (15 cicli)
Ciclo climatico passato	10	10	25
Ciclo climatico fallito	10	10	10

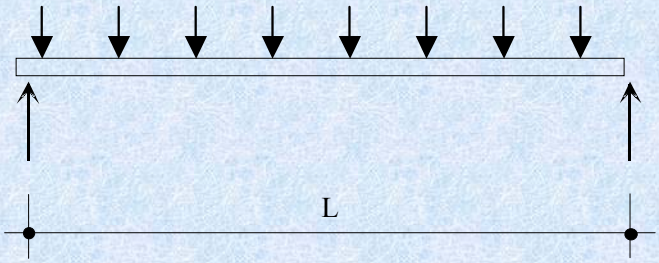
Tabella - Classificazione Working Life

Apparecchiatura sole - pioggia per coperture

Prove di resistenza meccanica a flessione
RESISTENZA MECCANICA: Attitudine a contrastare il prodursi di rotture e deformazioni sotto l'azione di determinate azioni (meccaniche: vento, neve, carichi imposti ecc.)

CARICO OMOGENEO DISTRIBUITO CON APPARECCHIATURA AD ARIA COMPRESSA: VACUUM CHAMBER
Pannello semplicemente appoggiato campata singola
w = carico per unità di lunghezza =p l (pressione per larghezza del pannello)

F=wL



APPARECCHIATURA AD ARIA COMPRESSA PER PROVE DI RESISTENZA MECCANICA A FLESSIONE CON CARICO OMOGENEO DISTRIBUITO: VACUUM CHAMBER

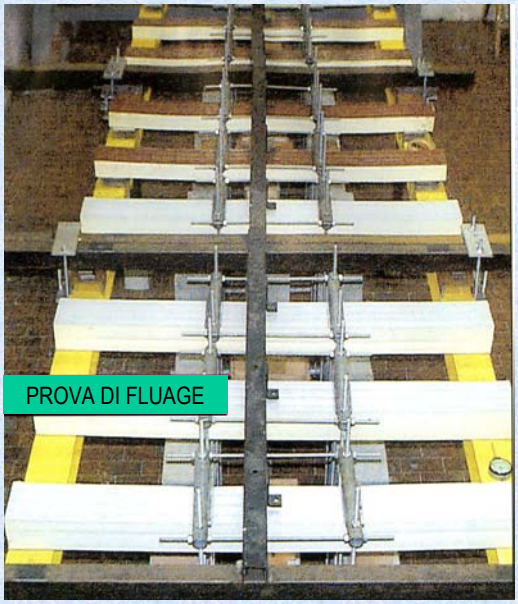
Norma hEN sui pannelli sandwich metallici PrEn "Self Supporting double skin metal faced insulating sandwich panels"

Si sono identificati tre cicli di invecchiamento in laboratorio simulanti le condizioni estreme esterne ed interne; per i nuovi materiali il ciclo è rappresentato da tre fasi da ripetersi 5 volte:

- 5 giorni a 70°C e 90% di umidità relativa
- 1 giorno a –20°C
- 1 giorno a 90°C a bassa umidità relativa

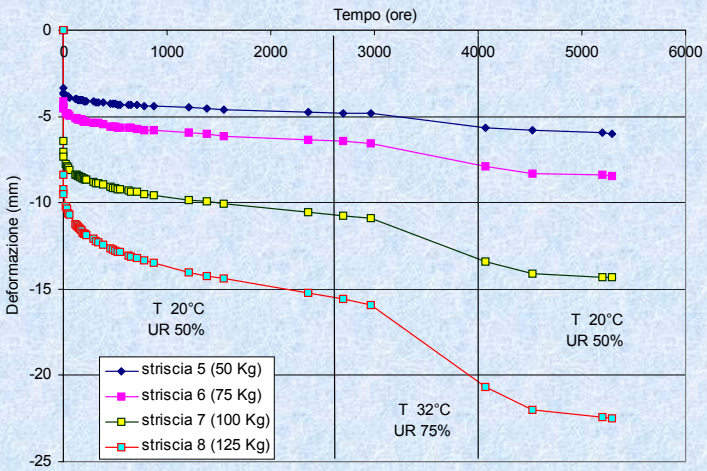
Per le condizioni interne estreme si considera un ciclo in regime stazionario di 28 giorni a 65°C in condizioni di saturazione (umidità relativa 100%).

Tipo Isolamento	Ciclo Climatico	Fattore D'invecchiamento	Condizioni
Schiume poliuretaniche o fenoliche	DUR 1	Temper. Alta Umidità Bassa	90±2°C UR < 15%
Lane minerali	DUR 2	Temper. Alta Umidità Alta	65±3°C UR~100%
Nuovi materiali	DUR 3	Ciclo	5 giorni a 70°C e 90%UR 1 giorno a –20°C 1 giorno a –90°C e condizioni secche

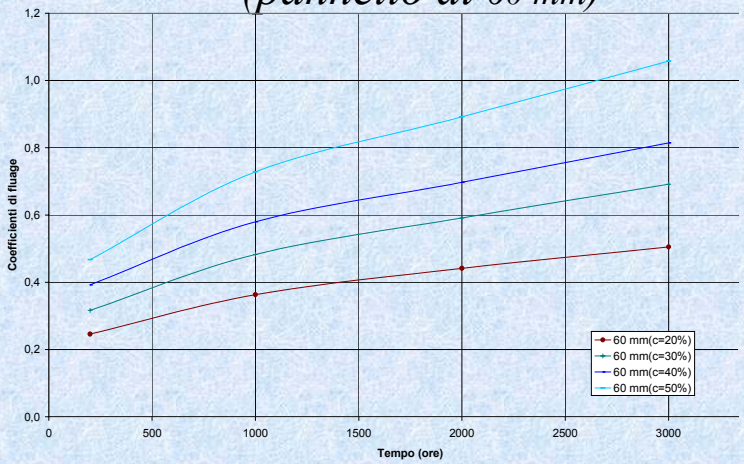


Prova di fluage
Curve delle deformate nel tempo(S=60mm)

Ref.: B. Daniotti, A. Bonati, G. Cavanna '' Il comportamento nel tempo di pannelli sandwich sottoposti a carico permanente in condizioni controllate'' in Ricerca e Sperimentazione ICITE CNR Estratto dalla rivista L'Edilizia DE LETTERA Editore 2000



Coefficienti di fluage nel tempo al variare della percentuale di carico (pannello di 60 mm)



POLITECNICO DI MILANO
Facoltà di Ingegneria Edile - Architettura
Dipartimento di Building Environment Science and Technology BEST

IL RILIEVO IN OPERA DEL DECADIMENTO PRESTAZIONALE

Isolamento termico

Prof. BRUNO DANIOTTI

Scheda dei parametri di lettura dei requisiti tecnologici: ISOLAMENTO TERMICO

CLASSi DI ELEMENTI TECNICI:

PARETI PERIMETRALI VERTICALI - COPERTURE-SOLAI SU SPAZI APERTI - SOLAI A TERRA - SOLAI - PARETI INTERNE VERTICALI (verso locali non riscaldati)

REQUISITO TECNOLOGICO: **ISOLAMENTO TERMICO**

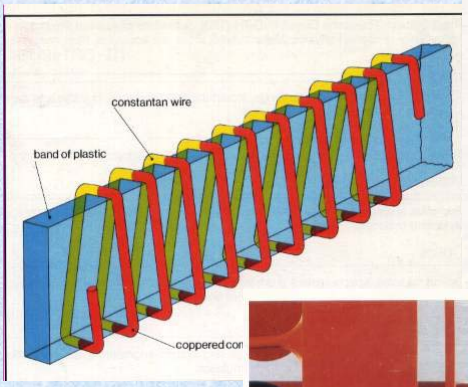
REQUISITO AMBIENTALE: **CONTROLLO DELLE CONDIZIONI IGROTERMICHE**

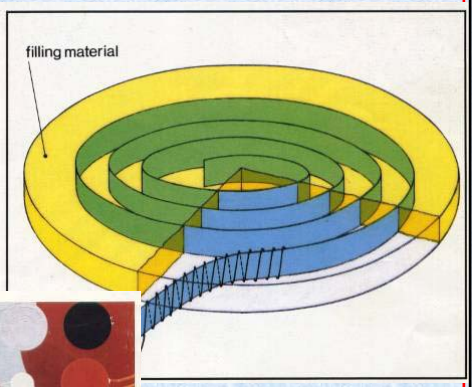
Parametro	***Metodo di calcolo***	***Metodo di verifica in laboratorio***		***Metodo di verifica in opera***	
		Componenti e materiali	***Assemblaggio simulato***	***Componenti***	***Assemblaggio***
Trasmittanza termica U (W/m 2 K)	$U = \left(\sum_{i=1}^{n} \frac{s_i}{\lambda_i} + R_{si} + R_{se} \right)^{-1}$ Rsi e Rse sono le resistenze superficiali interna ed esterna	Misura di U con metodo della camera calda di guardia	Misura di U con metodo della camera calda di guardia	Misura di U con metodo dei flussimetri (HFM)	Verifica qualitativa delle irregolarità termiche con metodo termografico all'infrarosso
Resistenza termica R (m2 K/W) Conduttanza termica C (W/m 2 K)	$R = \frac{1}{C}$ $C = \left(\sum_{i=1}^{n} \frac{s_i}{\lambda_i} \right)^{-1}$	Misura di R con metodo dei flussimetri (HFM) e della piastra calda o della camera calda di guardia	Misura di R e C con metodo della camera calda calibrata e della camera calda di guardia	Misura di R e C (se le temperature degli ambienti sono definite) con metodo dei flussimetri (HFM)	Verifica qualitativa delle irregolarità termiche con metodo termografico all'infrarosso
Riferimenti normativi ISO 7345: Thermal insulation - Physical quantities & definition ISO 9251: Thermal insulation-Heat transfer conditions and properties of materials - Vocabulary ISO 9229: Thermal insulation-Thermal insulating materials ISO 9288: Thermal insulation-Heat transfer by radiation Physical quantities & definition	UNI 10344 Riscaldamento degli edifici. Calcolo del fabbisogno di energia UNI 10351 Materiali da costruzione. Conduttività termica e permeabilità al vapore. UNI 10355 Murature e solai. Valori delle resistenza termica e metodo di calcolo. ISO 6946 p.1: Thermal insulation - Calculation methods - Steady state thermal properties of building components and builing elements. ISO /TR 9165 Practical thermal properties of building materials and products	ISO 8301: Thermal insulation - Determination of steady-state specific thermal resistance and related properties-Heat flow meter method ISO 8302: Thermal insulation - Determination of steady-state specific thermal resistance and related properties-Guarded hot plate apparatus	ISO 8990 Thermal insulation - Determination of steady-state specific thermal resistance and related properties-Calibrated and Guarded hot box ASTM C 976 :Thermal performance of building assemblies by means of a calibrated hot box ASTM C 236 : Test method for steady state thermal performance of building assemblies by means of a Guarded hot box	ISO 9869: Thermal insulation - Building elements - In situ measurement of thermal transmittance ASTM C 1046 : In situ measurement of heat flux and temperature on buildig envelope components.	UNI 9252: Isolamento termico. Rilievo e analisi delle irrogolarità termiche negli involucri degli edifici.Metodo della termografia all'infrarosso ISO 6781: Thermal insulation - Qualitative detection of thermal irregularities in building envelopes - Infrared method

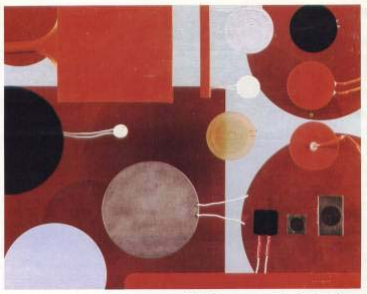
METODI DI MISURA DELLE PRESTAZIONI DI ISOLAMENTO TERMICO DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

- LABORATORIO:
  - Materiali e piccoli elementi:
    - piastra calda con anello di guardia
    - termoflussimetri
  - Componenti edilizi
    - doppia camera
- IN OPERA
  - termoflussimetri
  - termografia

STRUTTURA DI UN TERMOFLUSSIMETRO

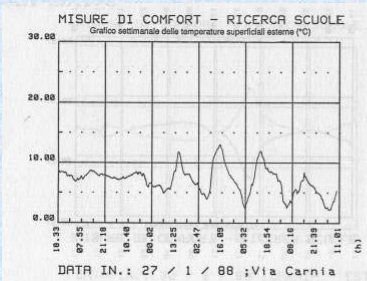


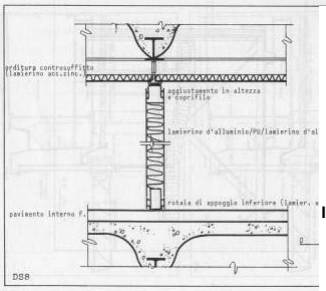




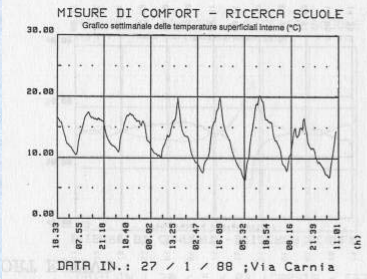
Termopila costituita dalle giunzioni tra due metalli: es. rame costantana

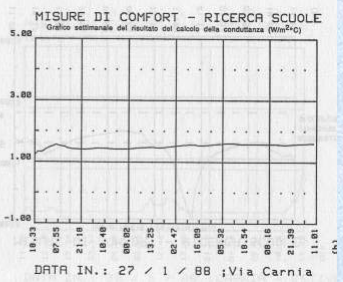
Misure flussimetriche - scuole





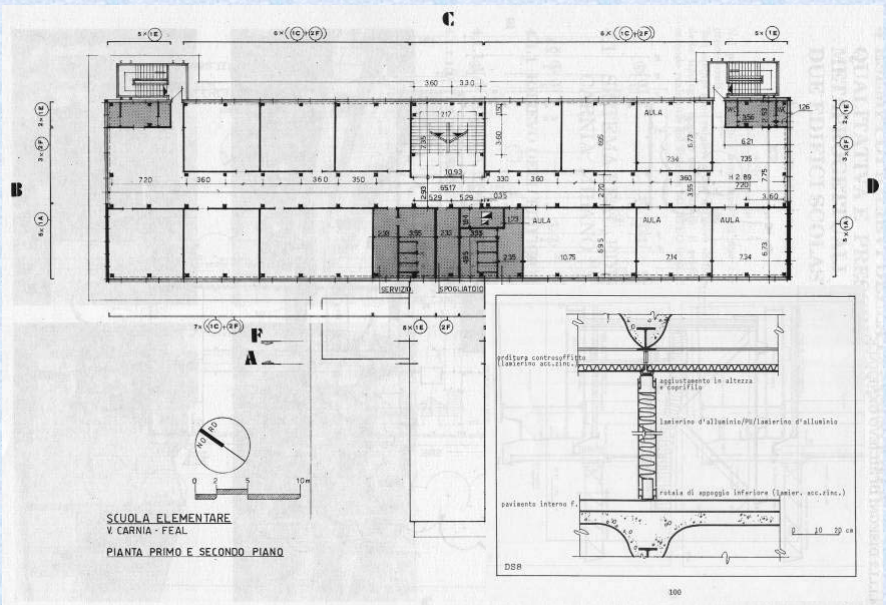
L'ANALISI DEI DATI
il **Metodo della Media** consiste nel calcolare la conduttanza o la trasmittanza dal valore asintotico del rapporto tra la media della densità di flusso termico e la media della differenza di temperatura;
Il Metodo Dinamico opera una correzione sul valore della densità di flusso in funzione dell' inerzia della parete.



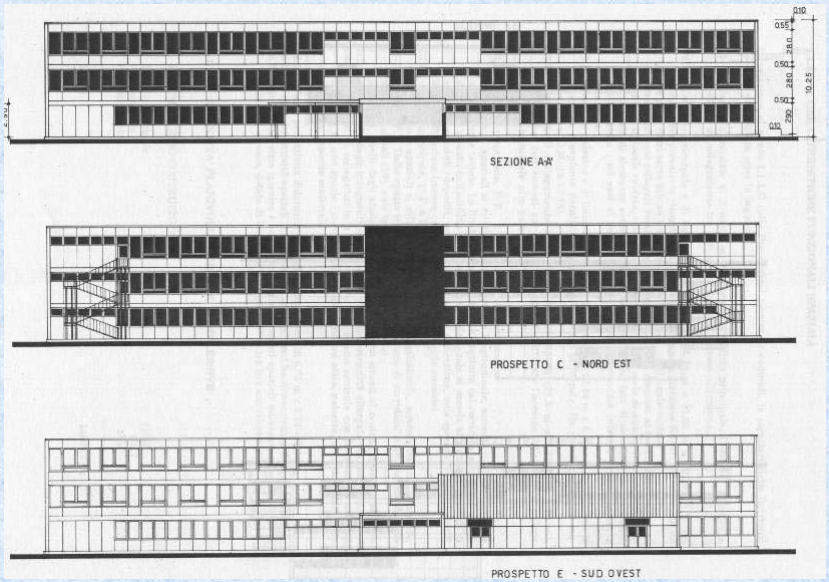


"Riqualificazione energetica e del comfort ambientale degli edifici scolastici realizzati in Regione Lombardia con struttura in acciaio e tecnologie industrializzate" Regione Lombardia / Politecnico Di Milano

Pianta Scuola FEAL

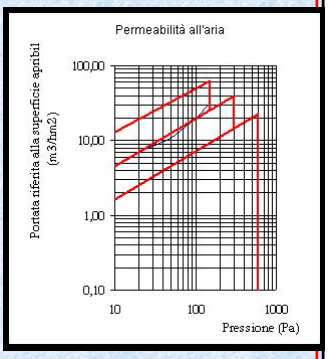


Prospetti scuola FEAL



Doppia camera (calda e fredda) per la misura della trasmittanza di componenti edilizi lab. ITC - CNR

Prove in opera di permeabilità



Apparecchiatura impiegata

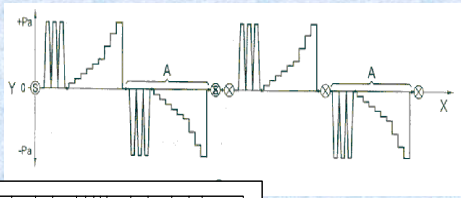
•un ventilatore, coadiuvato da un sistema di valvole, per la messa in pressione ed il controllo, nella camera a tenuta, della pressione impostata;

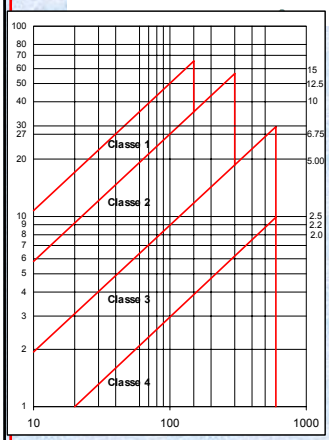
•un apparecchio per misurare la differenza di pressione tra le due facce del campione;

•strumentazione per la misura della portata d'aria;

•strumentazione per la misura della temperatura interna ed esterna.

Porte e finestre: Prova di permeabilità all'aria

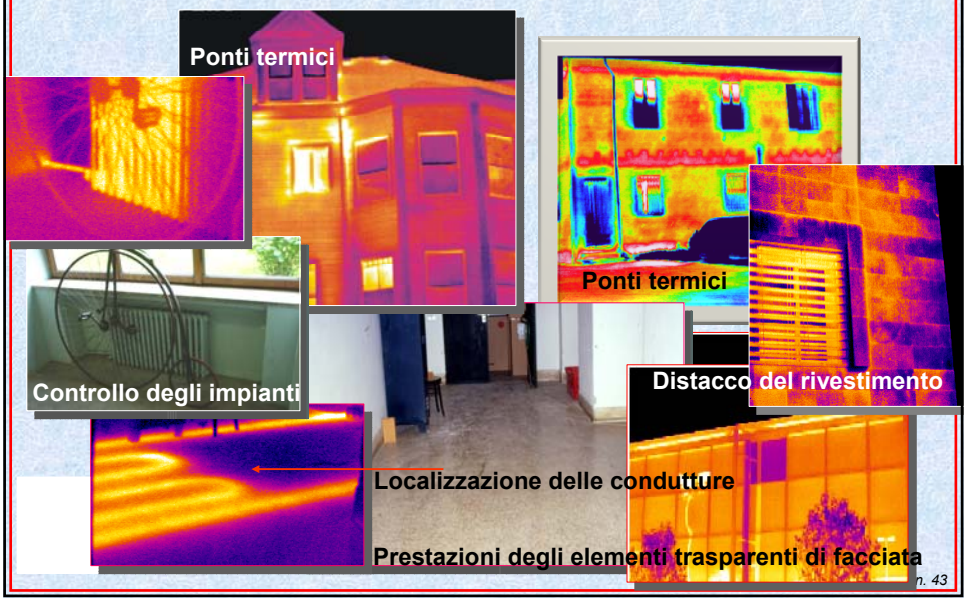




UNI EN 1026 - UNI EN 12207

Metodologia - Classificazione

Applicazioni della termografia (IRT) in edilizia

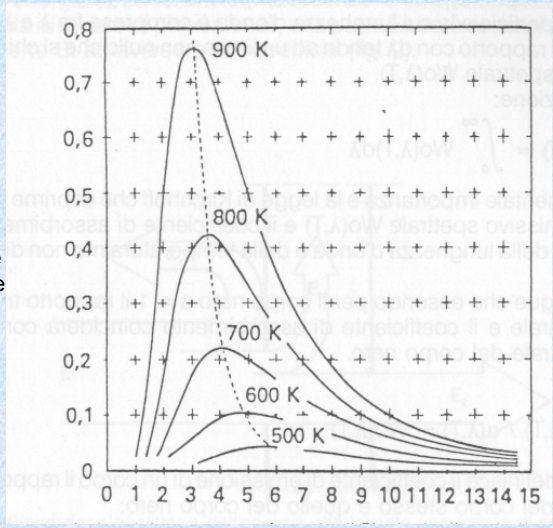


Potere emissivo del corpo nero

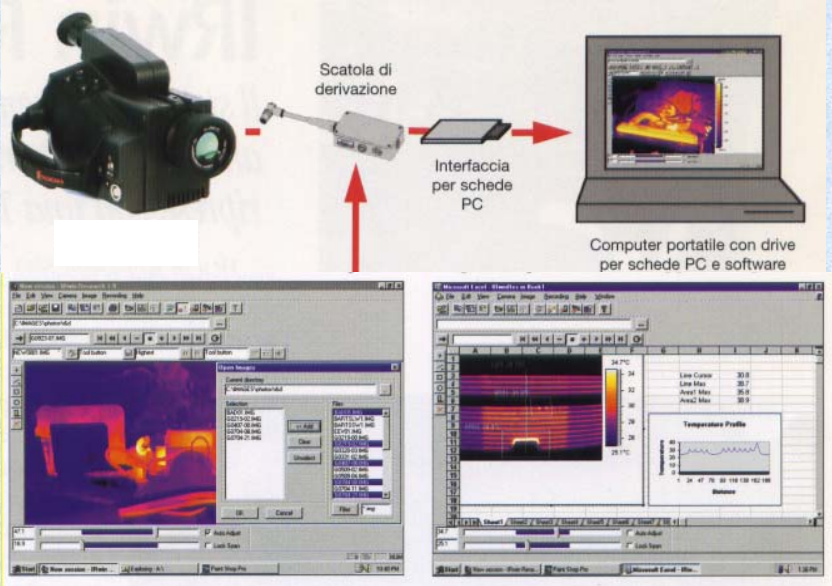
$$P \cong \varepsilon \sigma T_s^4$$

λ_{max} T = 2898 μ
legge di Wien

P (W/cm^2) è la potenza emessa
e (adim) è l'emissività della parete
T_s (K) è la temperatura superficiale
σ 5.67 10 $^{-12}$ (W/K^{-4} cm^2) è la costante di Stefan-Boltzmann
λ_{max} (m) lunghezza d'onda corrispondente al massimo di potenza emessa



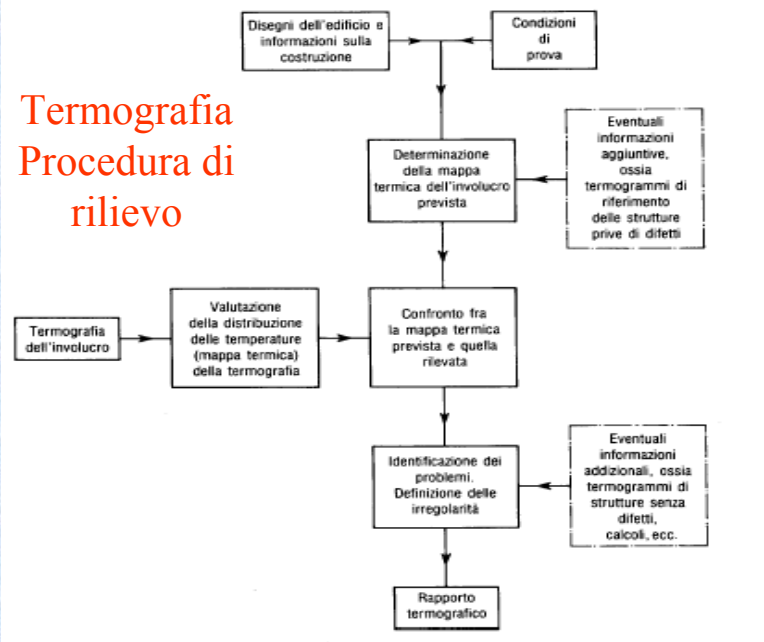
Strumentazione e SW per termografia



INDAGINE TERMOGRAFICA

- **INDAGINE TERMOGRAFICA**
- Misure della radiazione infrarossa emessa dalle pareti e quindi mappatura delle temperature superficiali.
- - Rilievo dei ponti termici
- - Rilievo morfologico: forme preesistenti, restituzione delle strutture
- - Rilievo del degrado dovuto a ponti termici, presenza di umidità, fessurazioni.
- - Rilievo di impianti di riscaldamento, elettrici, idrici, fognari, ecc.
- **CONDIZIONI DI PROVA**
- Da 24 h prima dell'inizio della prova stessa, il salto termico a cavallo dell'involucro deve essere almeno di 10 °C. Durante lo stesso periodo, il salto termico non deve variare di più di ± 30% del suo valore misurato all'inizio della prova. Durante la prova la temperatura dell'aria interna non deve variare di più di ± 2 °C;
- durante le 12 h precedenti l'inizio della prova, così come durante la prova, la superficie dell'involucro sotto esame non deve essere esposta alla radiazione diretta del sole;
- le temperature minime e massime del sito devono essere note per un periodo di 24 h prima della prova termografica per esem-pio utilizzando un termometro di massima/minima o tramite informazione da una stazione metereologica. Le condizioni di radiazione solare del sito di misura devono essere note per un periodo di 12 h prima della prova termografica.

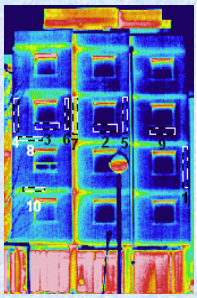
Termografia Procedura di rilievo

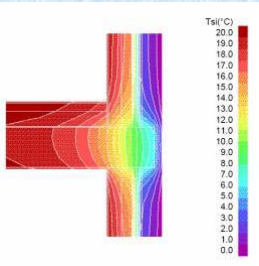


IRT per la verifica di ponti termici

IRT for energy certification:

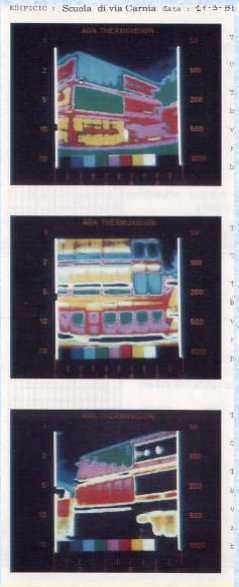
Negli edifici contemperanei, l'uso più frequente di IRT è per mappare anomalie termiche, per l'analisi delle caratteristiche termiche delle strutture. Modelli matematici vengono utilmente applicati per studiare il trasferimento di calore attraverso le strutture ed il loro comportamento



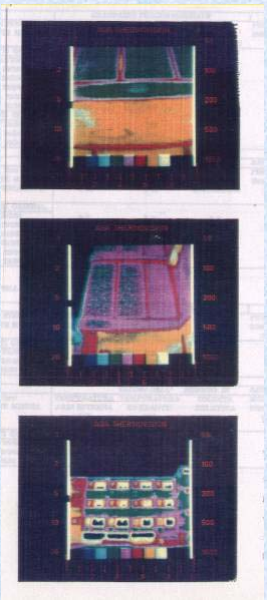


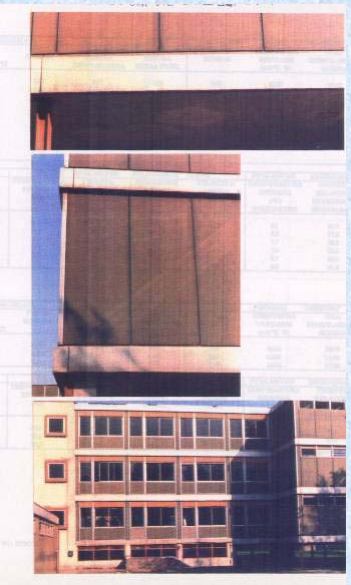
Dati necessari:
temperatura di superficie, λ (W/m2 K), progetto esecutivo, rilievi

Termografia scuole



Termografia scuole 2

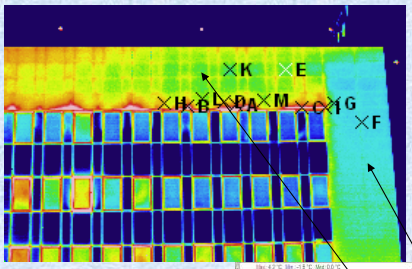




IRT per la verifica di punti critici dell'involucro

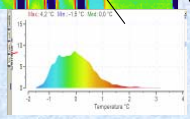
Valutazione di dispersioni termiche

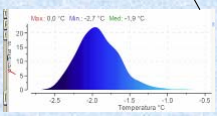
IRT approccio passivo, localizzazione delle zone critiche attorno alle finestre,
Ripresa dall'interno delle finestre identificate
Il confronto tra la temperatura raggiunta nei punti critici e nelle zone a regime permette di quantificare la perdita di calore.



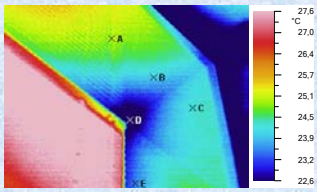
Punto	T °C
A	3,0
B	5,1
C	6,6
D	1,6
E	0,2
F	-1,0
G	-0,5
H	1,8
I	5,6
K	-0,3
L	0,5
M	0,8

massimo gradiente 6.1°C tra i punti B, C, I

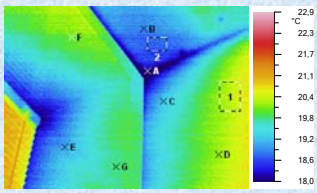




IRT per la verifica di punti critici dell'involucro



Punto	T °C	Emis.	Ta °C
A	25,6	0,85	23,6
B	24,7	0,85	23,6
C	25,2	0,85	23,6
D	22,6	0,85	23,6
E	24,1	0,85	23,6



Punto	T °C	Emis.	Ta °C
A	17,9	0,92	23,7
B	18,9	0,92	23,7
C	19,2	0,92	23,7
D	20,2	0,92	23,7
E	18,8	0,85	23,7
F	19,7	0,85	23,7
G	19,7	0,85	23,7

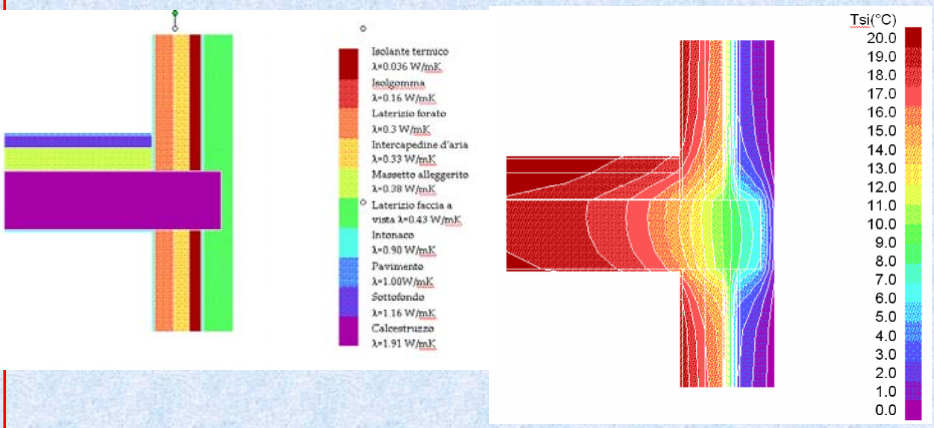
Area	Min. °C	Max. °C	Med °C	Emis.	Ta °C
1	19,9	20,8	20,4	0,92	23,70
2	18,5	18,9	18,7	0,92	23,70

Technical documentation (projects drawings) and visual inspection confirmed the hypothesis of thermal bridges.

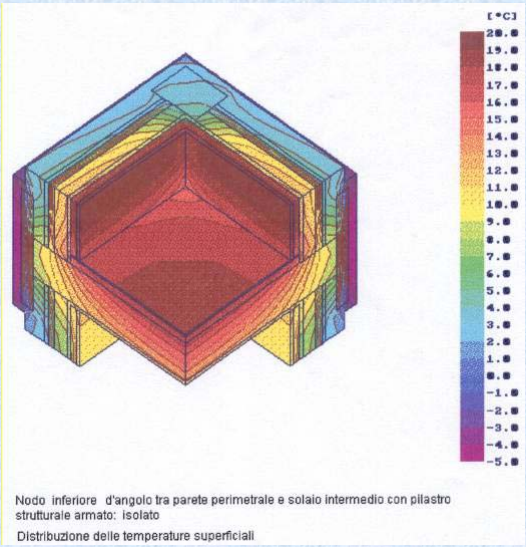
All'interno, le maggiori dispersioni sono nell'imbotte delle finestre (circa 2°C)

IRT, monitoraggio T e UR consente di localizzare dispersioni termiche e difetti nell'involucro, quantificare le perdite energetiche e i costi

Simulazione agli elementi finiti di ponte termico (2D)



Simulazione agli elementi finiti di ponte termico (3D)



Procedura di elaborazione del piano e del programma di manutenzione

ref. UNI 11257: 2007 Manutenzione dei patrimoni immobiliari. Criteri per la stesura del piano e del programma di manutenzione dei beni edilizi. Linee guida.

La procedura si articola in tre principali fasi:

- Fase **istruttoria iniziale**, che prevede:
  - l'acquisizione di un quadro preliminare di conoscenze necessarie alla definizione degli **obiettivi**, all'individuazione della **consistenza** quantitativa e tecnica e dello **stato fisico e funzionale dei beni** al fine della successiva predisposizione delle previsioni di piano.
- Elaborazione delle previsioni di **piano,** che deve stabilire**:**
  - gli standard di servizio, ossia l'individuazione delle **attività da eseguire** associate alle **frequenze temporali** della loro esecuzione;
  - le **tecniche** , ossia l'indicazione delle **modalità di esecuzione degli interventi** per ogni elemento tecnico, in relazione a ogni specifica **strategia di manutenzione** adottata, le **durate** previste di intervento e le **risorse** (manodopera, materiali, strumenti e mezzi d'opera);
  - i **costi previsti** per gli interventi individuati
- Elaborazione del **programma** delle attività, che prevede:
  - la predisposizione del **programma cronologico delle attività** da elaborarsi in genere con il supporto delle tecniche di programmazione operativa.
  - la costruzione di un **preventivo dettagliato di spesa** per tutte le attività previste;

Procedura per la stesura del piano di manutenzione
in fase di progettazione dell'intervento edilizio: **primo progetto gestionale**.
La fase istruttoria

UNI 11257: 2007 Manutenzione dei patrimoni immobiliari. Criteri per la stesura del piano e del programma di manutenzione dei beni edilizi. Linee guida.

1. acquisizione della **documentazione tecnica** e delle in formazioni adeguate per descrivere **l'organismo edilizio** e le sue parti (**vedi UNI 10831**)
2. acquisizione di informazioni puntuali sui **dati di contesto e legati all'uso;**
3. **scomposizione in** unità tecnologiche, classi di elementi tecnici ed **elementi tecnici** e loro quantità e tipologia (vedi UNI 8290-2);
4. **descrizione delle tipologie tecnologiche** degli elementi tecnici classificati: strati funzionali e prodotti costituenti; scomposizione dei sistemi tecnologici fino all'individuazione delle **entità manutentive semplici**;
5. **per ogni elemento tecnico** oggetto della classificazione, individuazione della durata della sua **vita utile e della propensione all'affidabilità**, della criticità in relazione alle funzioni svolte, dei parametri di espressione delle **prestazioni** rispondenti ai requisiti connotanti e desumibili dal capitolato prestazionale, delle **soglie di accettabilità delle prestazioni e delle caratteristiche funzionali**;
6. descrizione per i singoli elementi tecnici classificati dei **plausibili possibili guasti**, dei loro modi e tempi d'accadimento, intesi come effetti delle **azioni** esercitate dagli **agenti** pertinenti sui prodotti che determinano modificazioni delle caratteristiche funzionali;
7. per ogni elemento tecnico, **classificazione dei modi di guasto** in ordine di importanza in relazione alla **criticità** della funzione coinvolta , al **rischio** di propagazione dei guasti, alla probabilità di accadimento e al costo implicato;
8. elaborazione delle **schede diagnostiche** per elementi tecnici contenenti le informazioni per l'identificazione dello stato di guasto e/o dell'avvicinamento all'avaria, attraverso la descrizione delle differenti manifestazioni e delle loro intensità unitamente all'indicazione **dell'intervento da eseguire** (per esempio rinvio a ulteriore ispezione o esecuzione dell'intervento).

PROCEDURA PER LA STESURA DEL PIANO DI MANUTENZIONE
PER EDIFICI ESISTENTI

Oltre alla documentazione prevista nella fase istruttoria per nuovi interventi occorre ottenere informazioni dalle seguenti attività di analisi circa la **consistenza qualitativa** e la **vita utile residua** dell'edificio:

•**rilievo e mappatura di eventuali anomalie e degradi;**

•**indagini prediagnostiche e diagnostiche** (vedere la UNI 10604:1997), che sono tese:

- alla valutazione dello **stato degli immobili** (condizioni tecniche e ambientali) rispetto agli standard assunti;
- alla definizione dell'entità di eventuali **scostamenti** riscontrati rispetto agli standard assunti;
- all'individuazione e alla localizzazione di eventuali fenomeni di **degrado** e all'interpretazione delle cause;
- all'individuazione e alla localizzazione di eventuali **guasti** e all'interpretazione delle cause.

•attività di **verifica**, sia attraverso la consultazione della documentazione, sia attraverso sopralluoghi, del livello di rispondenza del bene edilizio e delle sue parti alle **prescrizioni della legislazione vigente** e delle norme tecniche volontarie

Programmazione gestionale: Fase che sviluppa, secondo criteri di ottimizzazione, la sequenza temporale delle operazioni di esercizio degli impianti tecnici e di quelle di manutenzione, definite nella progettazione gestionale.

- Manutenzione di emergenza o "accidentale": manutenzione non programmata eseguita a seguito di un guasto imprevedibile
- Manutenzione a guasto avvenuto: manutenzione (programmata) eseguita a seguito di un guasto prevedibile non critico (usuale in edilizia)
- Manutenzione preventiva-predittiva di soglia: manutenzione programmata eseguita a età costante o a intervalli temporali costanti (es. verniciatura) , stabiliti sulla della conoscenza dei dati di durabilità (Es: man. Automobistica) per guasti critici (Es: impermeabilizzazione in copertura)
- Manutenzione preventiva secondo condizione: manutenzione programmata eseguita a seguito del raggiungimento di una condizione limite, valutata con ispezioni basate sulle schede diagnostiche, con frequenza basata sull'affidabilità, per guasti critici (Es: parti strutturali)
- Manutenzione di opportunità: manutenzione eseguita in anticipo rispetto al programma manutentivo per una opportunità conveniente economicamente, in occasione di interventi manutentivi su altre parti dell'organismo edilizio.

Life Cycle Analysis e Durabilità

Fasi del Ciclo di Vita	**Origine dei dati**	**Programmazione della Vita Utile e LCA**
Estrazione materie prime	Dati LCA forniti dai produttori	**Consumo di Materiali e di Energia**
Produzione		
Costruzione	Dati LCA previsti	Scenari programmati: trasporto, costruzione
Gestione		Scenari programmati: durate, manutenzione
Fine di Vita		Consumo stimato di Materiali e di Energia nelle fasi di Costruzione e di Gestione: Valutazione di sostenibilità ambientale dell'Intervento

Bibliografia

- AA. VV. Atti dei Convegni Internazionali CIB "Durability of Buiding Materials and Components". CIB W80 RILEM
- B. Daniotti. "LA DURABILITA' IN EDILIZIA" CUSL Milano. 2004
- B. Daniotti, F. Re Cecconi "Test methods for service life prediction" CIB 2010
- B. Daniotti. "BUILDINGS DURABILITY AND MAINTENANCE" CUSL Milano. 2006
- B. Daniotti "La valutazione della durabilità di pareti perimetrali verticali non portanti". Ed. Editecnica. 2006
- AA. VV. "La qualità tecnologica dei componenti edilizi. La durabilità." Collana Processo Edilizio e Qualità. Ed. Epitesto. Milano 2000
- AA. VV. "La qualità tecnologica dei componenti edilizi. La valutazione della durabilità." Collana Processo Edilizio e Qualità. Ed. Epitesto. Milano 2001
- AA. VV. Atti dell'International Workshop "Management of durability in the building process". Milano. Ed. Maggioli. Giugno 2003
- Bruno Daniotti "Performance characteristics' degradation and paints' protective degree for wall components subject to durability tests " Atti del 9th CIB W80 International Conference on Durability of Building Materials and Components. Brisbane, Australia, 17–21 Marzo 2002
- B. Daniotti "Performance based planning and service life prediction" Atti del CIB World Congress. Toronto (Canada) 2004

POLITECNICO DI MILANO
BEST – Building Environment Science & Technology
DBCG – Durability of Building Components Group

Grazie!

Bruno Daniotti

Bruno.Daniotti@polimi.it
02 2399 6002