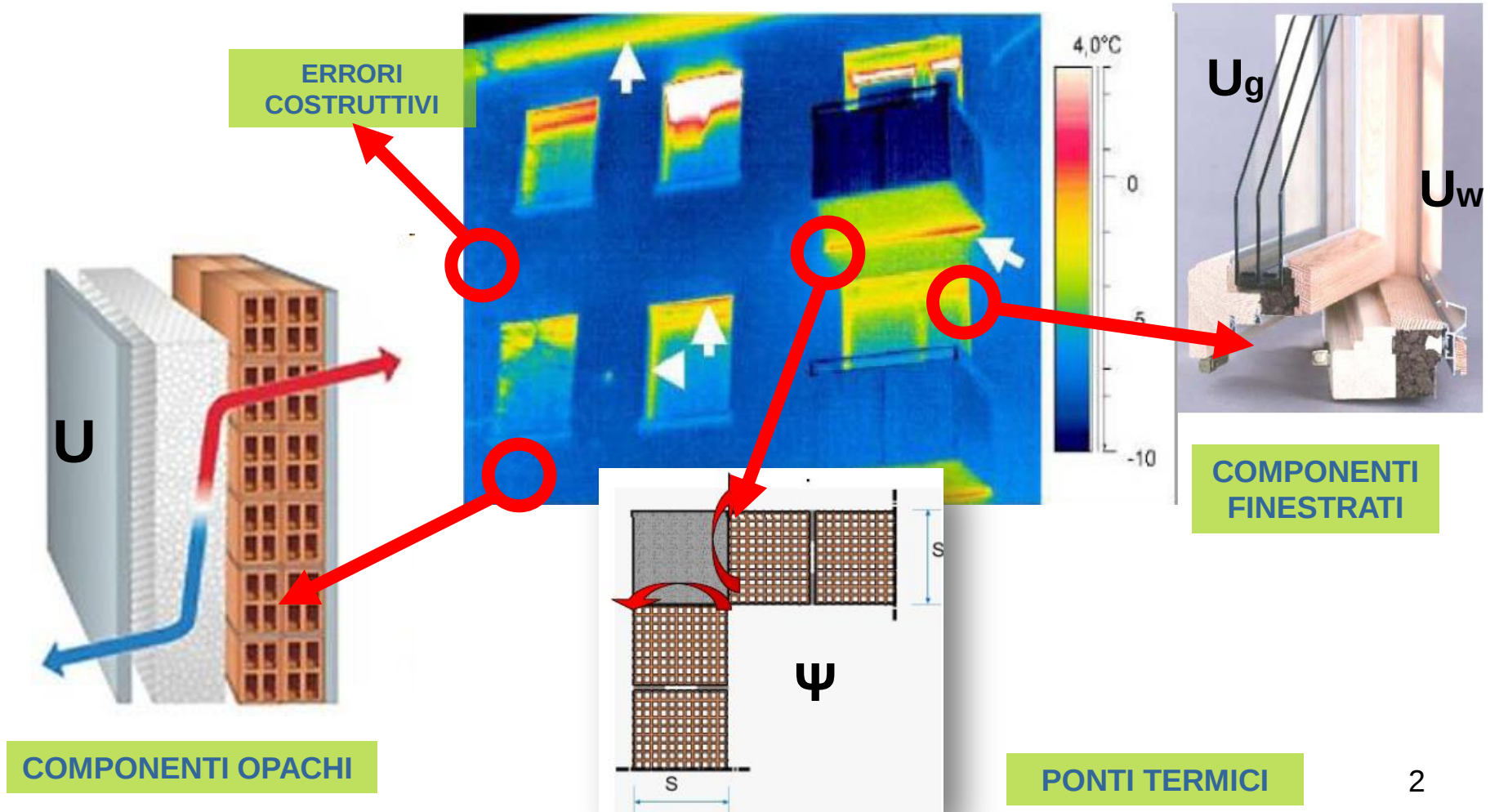


STRUMENTI DI DIAGNOSI ENERGETICA

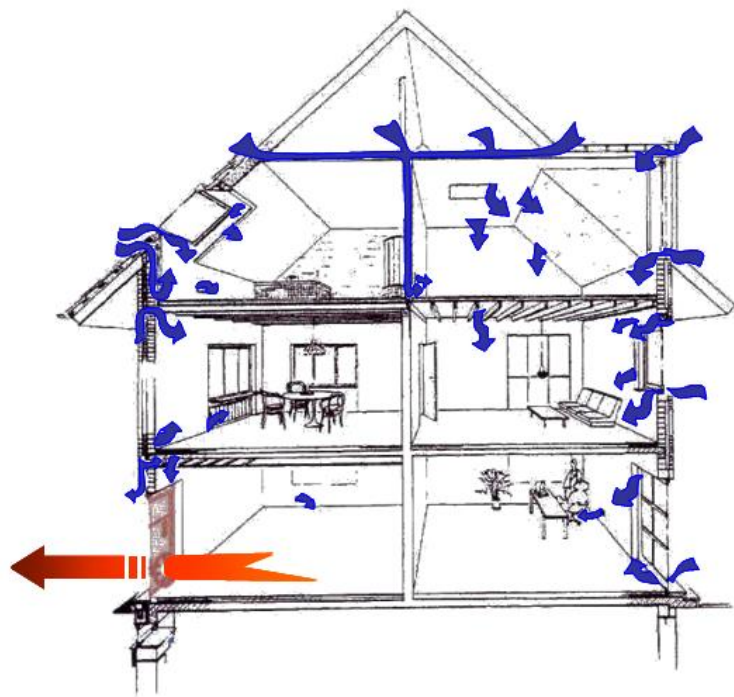
Relatore Dott. Arch. Teresa Cervino

EFFICIENZA DELL'INVOLUCRO

Elementi da considerare per una buona progettazione energetica



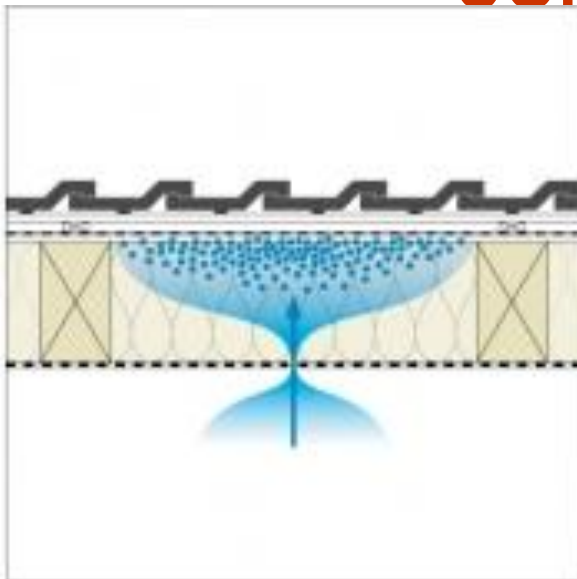
Le **dispersioni termiche** si verificano non solo per trasmissione attraverso l'involucro edilizio, ma **anche per ventilazione derivata** dalla **permeabilità dell'involucro (INFILTRAZIONI)**, attraverso le fughe aperte nei **punti di giunzione tra elementi costruttivi diversi** e le **discontinuità** determinate dagli **impianti** installati nell'involucro, **e** per ventilazione **attraverso le aperture** verso l'esterno (**AERAZIONE**)



CONVEZIONE DI VAPORE



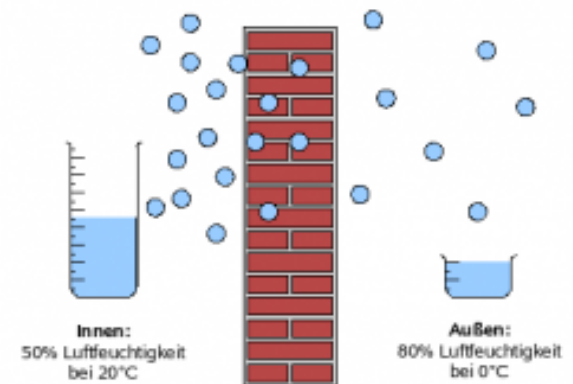
TRASPROTO DI VAPORE **ATTRAVERSO L'ARIA**



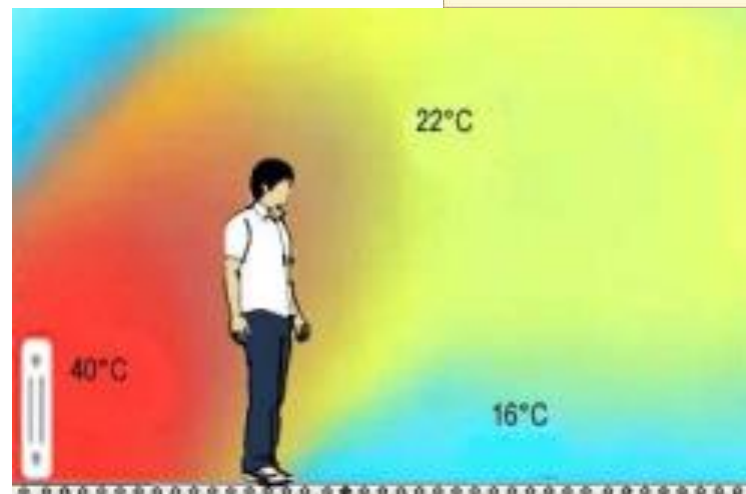
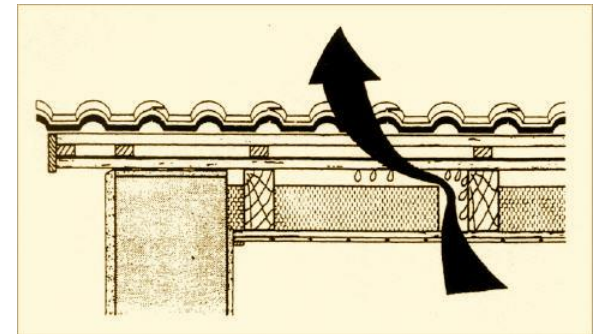
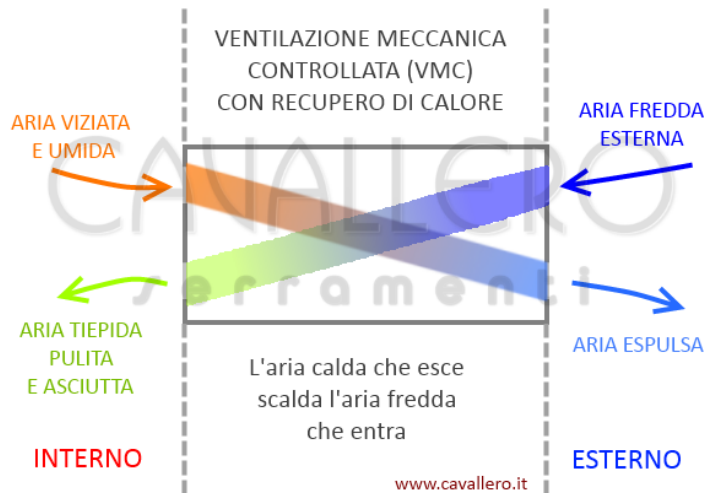
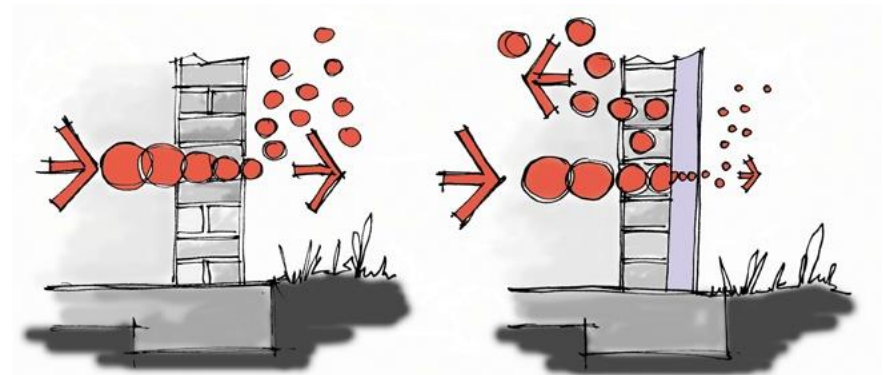
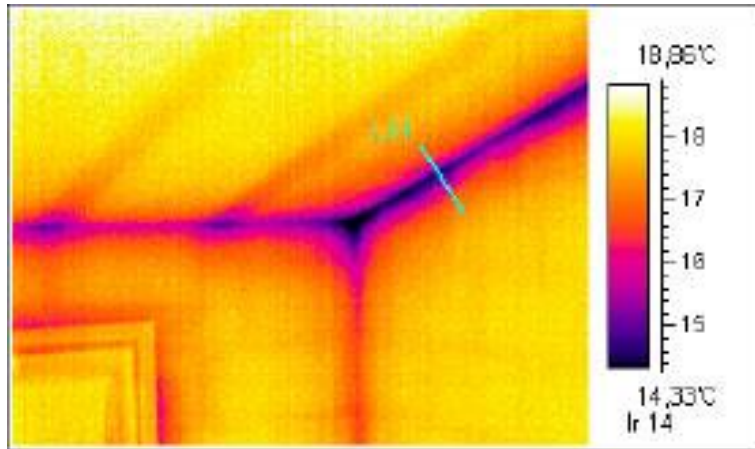
DIFFUSIONE



TRAGITTO DI MOLECOLE DI VAPORE **ATTRAVERSO UN MATERIALE**



Principali **conseguenze** della **scarsa ermeticità** degli edifici:



In fase di **progetto**, l'inserimento di uno **strato di tenuta all'aria** sulla **superficie interna** dell'involucro che può assumere, anche, la **funzione di freno al vapore**.



Cos'è il freno al vapore?

FATTORE DI RESISTENZA AL VAPORE

I parametri per definire il **comportamento** **dei materiali da costruzione** rispetto **all'umidità**

- **Fattore di resistenza** alla diffusione **μ**
- **Spessore equivalente** di aria per la
diffusione del vapore **s_d**

FATTORE DI RESISTENZA AL VAPORE

FATTORE DI RESISTENZA AL VAPORE * μ [--]

$$\mu_{\text{ARIA}} = 1$$

$$1 < \mu < \infty$$

INDICA QUANTE VOLTE UN MATERIALE E' PIU' IMPERMEABILE ALLA DIFFUSIONE DEL VAPORE RISPETTO AD UNO STRATO DI ARIA FERMA

μ ALTO = MAGGIORE RESISTENZA ALLA DIFFUSIONE

FATTORE EQUIVALENTE DI PASSAGGIO AL VAPORE S_d [m]

$$S_d = \mu \times S$$

INDICA LO SPESSORE EQUIVALENTE DI UNO STRATO DI ARIA PER AVERE LA STESSA RESISTENZA ALLA DIFFUSIONE DEL VAPORE

FATTORE EQUIVALENTE DI PASSAGGIO AL VAPORE S_d [m]

Cls $\mu = 130$ >>> pilastro 30 cm >>> $S_d = 130 \times 0,3 \text{ m} = 39 \text{ m}$

30 cm di spessore di cls si comportano come 39 m di spessore di aria

Legno (duro) $\mu = 200$ >>> trave 30 cm >>> $S_d = 200 \times 0,3 \text{ m} = 60 \text{ m}$

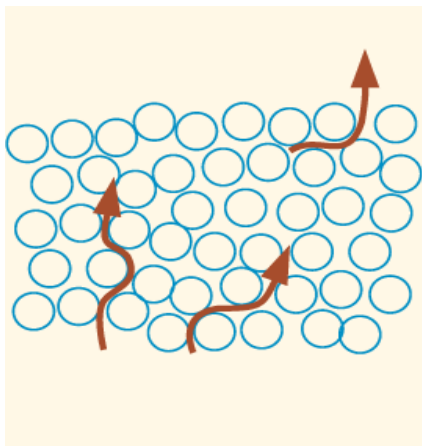
30 cm di spessore di legno si comportano come 60 m di spessore di aria

*

L'impermeabilizzazione al vento protegge la **coibentazione** dall'aria esterna,
l'impermeabilizzazione all'aria dalla penetrazione dell'aria umida interna.

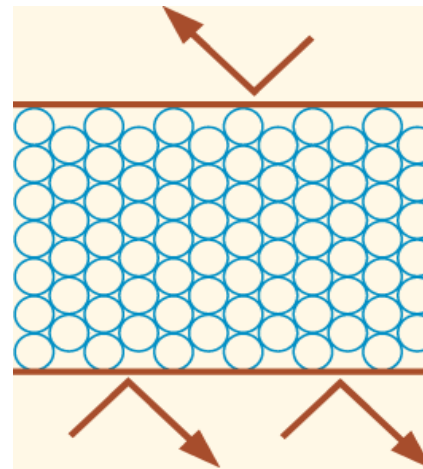
Coibente non protetto:

La movimentazione dell'aria all'interno della struttura riduce l'azione coibente.

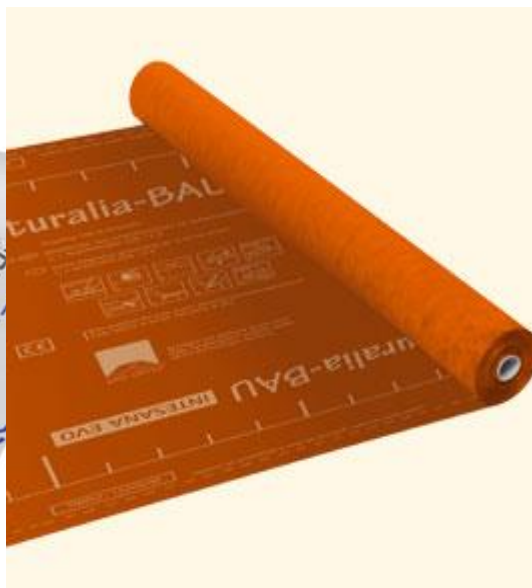


Coibente protetto:

Impossibilità di movimento d'aria all'interno della struttura, pieno effetto coibente.



Lo strato di tenuta all'aria **impedisce** l'immissione e l'estrazione d'aria in un ambiente e da un ambiente;



SPORTELLLO ENERGIA

information - tutoring - sustainability

ENER.LOC.
ENERGIA | ENTI LOCALI | AMBIENTE



Camera di Commercio
Sassari



SPORTELLLO **ENERGIA**

information - tutoring - sustainability

ENER.LOC.
ENERGIA | ENTI LOCALI | AMBIENTE

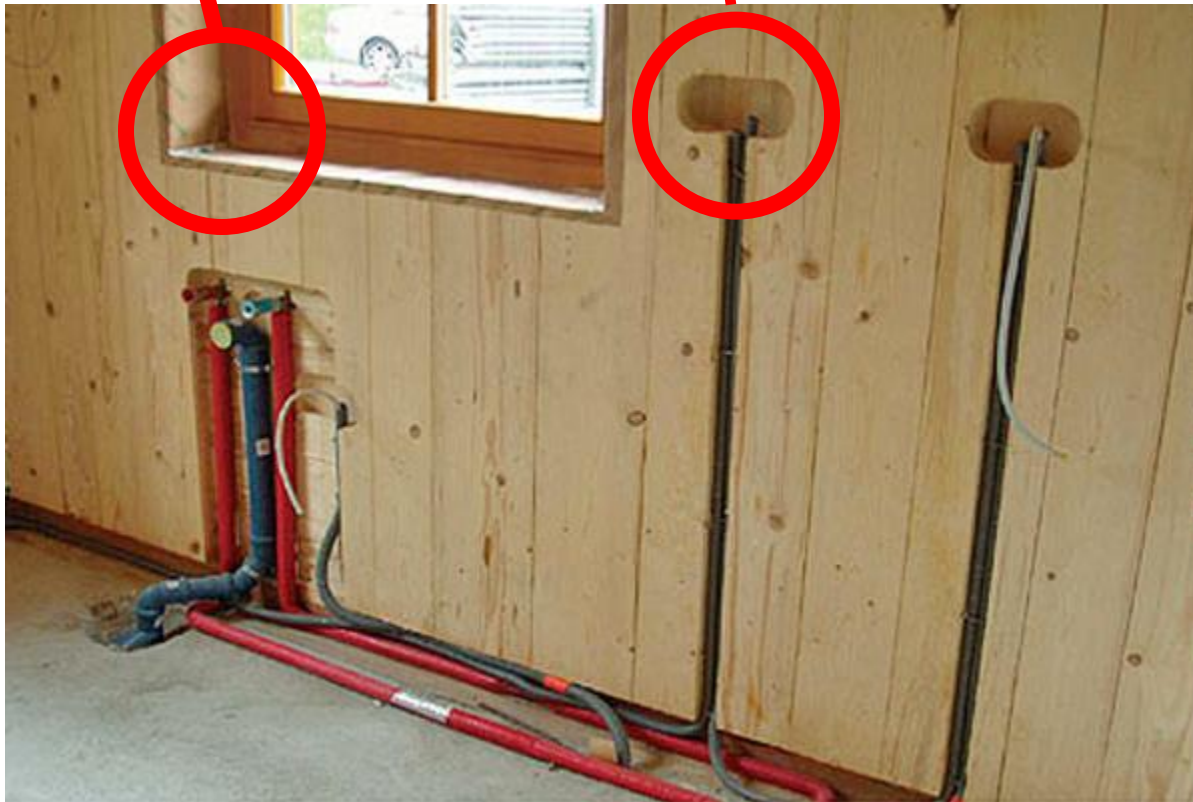


Camera di Commercio
Sassari

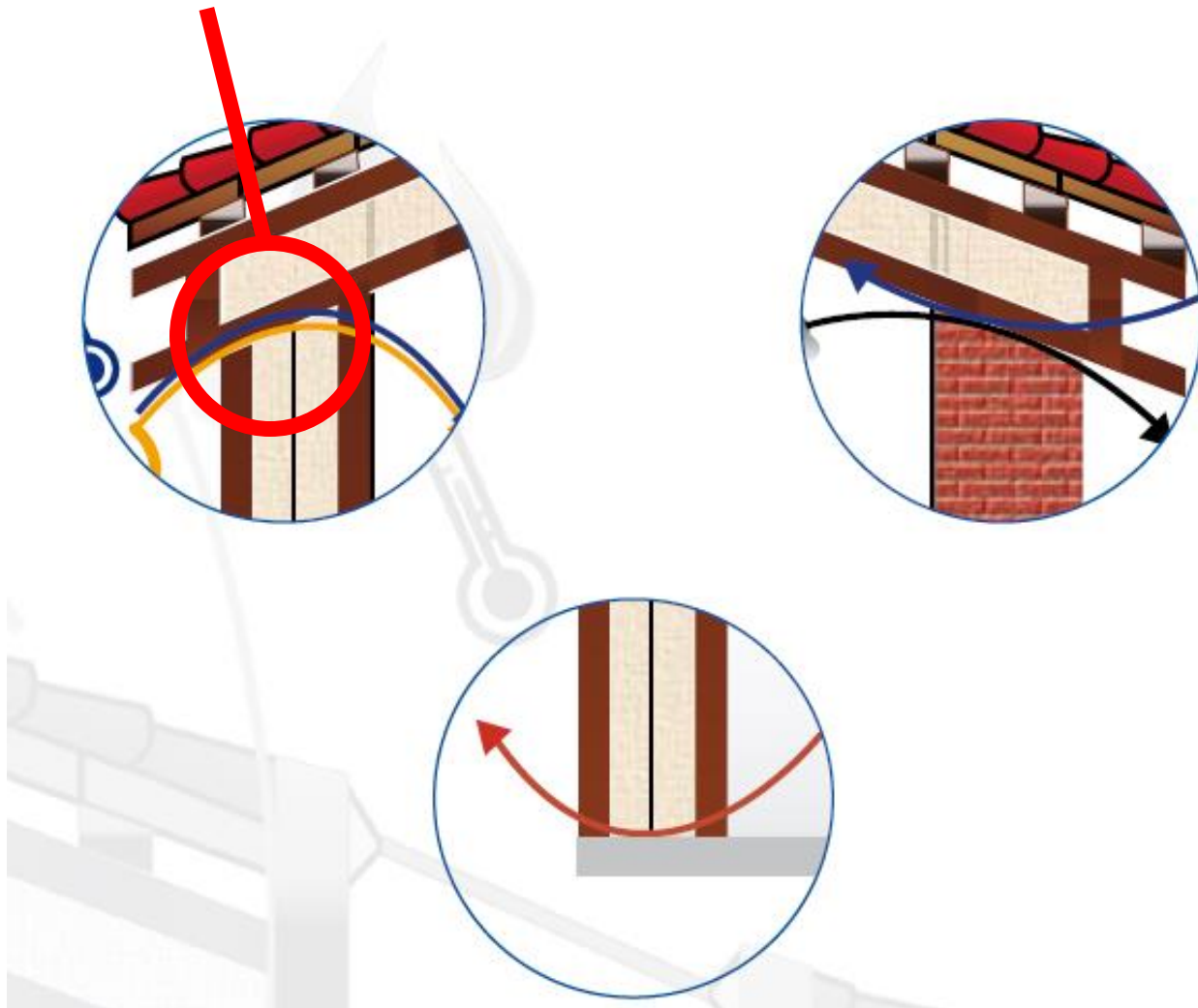


Attacco serramenti

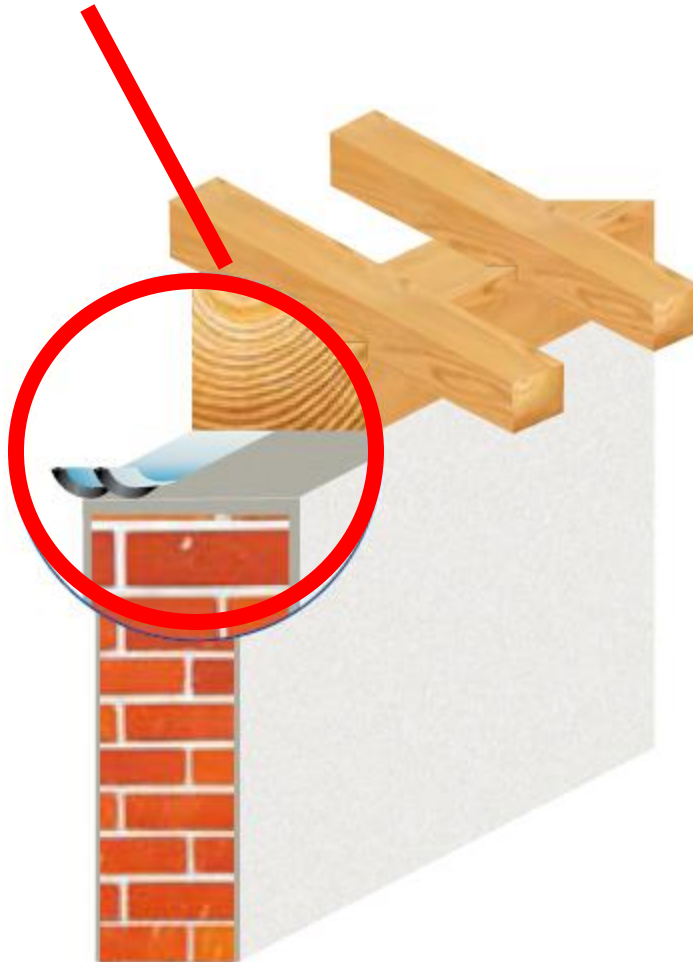
Cavità, tracce impianti



Attacco parete solaio



Muratura e trave di banchina



Sigillatura con nastro autoespandente

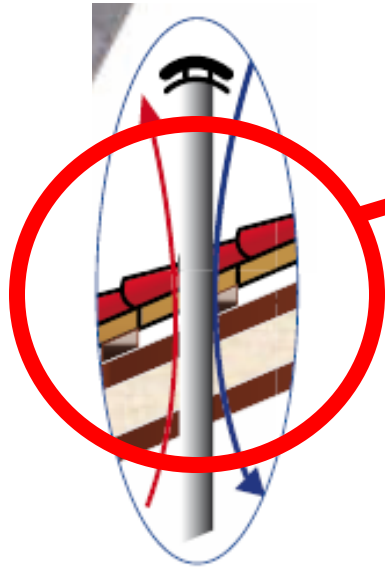
■ Utilizzo

Per sigillare il passaggio dell'aria, acqua, vapore e polvere le fughe in corrispondenza di serramenti, soglie, davanzali, cappotti termici, pareti, solai e tetti in legno o laterocemento.



1. Liner siliconico

2. Schiuma poliuretanic elastica



Guarnizione con base in TNT in polipropilene rivestita da colla butilica e collarino in EPDM

Per **SIGILLARE LE INTERRUZIONI** dovute al passaggio di **CAVI E TUBAZIONI**

■ Descrizione e utilizzo

Guarnizione con la base in TNT in polipropilene rivestita sul lato inferiore da colla butilica protetta da un liner siliconico e completata da un collarino in EPDM, per sigillare all'acqua, aria, vento, vapore e rumori in maniera veloce, sicura e durevole ogni interruzione del pacchetto coibente di tetti e pareti causata dal passaggio di cavi e tubazioni. Disponibile in svariate misure di diametro del collarino per sigillare tutti i tipi di cavi e tubazioni da 4 a 110 mm di diametro. Aderisce su: membrane traspiranti e schermi a vapore USB Riwega, intonaco, laterizio, CLS, legno, OSB. Le guarnizioni AIR STOP possono essere utilizzate anche a cappotto o sotto intonaco in quanto il TNT in polipropilene può essere intonacato.



Negli edifici in muratura l'**intonaco** sulle superfici **interna** ed esterna funge da elemento di **TENUTA ALL'ARIA** rispetto ai giunti tra i blocchi.

Lo strato di **TENUTA AL VENTO** impedisce che l'aria umida e fredda penetri dall'esterno nello strato isolante; è **situato sul lato esterno** dell'involucro



SPORTELLLO ENERGIA

information - tutoring - sustainability

ENER.LOC.
ENERGIA | ENTI LOCALI | AMBIENTE



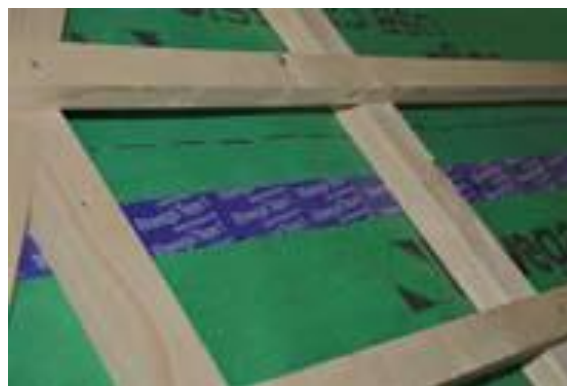
Camera di Commercio
Sassari



Umidità trasmigra all'esterno



Acqua e vento non passano



Muratura garantita dall'intonaco



PROBLEMI DI TENUTA:

Calcestruzzo a vista – pannelli prefabbricati

Un **involucro perfettamente ermetico** può essere interessato da **problemi legati all'umidità**, quando si verificano condizioni di **inadeguata ventilazione** dello spazio confinato **ed elevata produzione di aria umida** correlata alle attività svolte negli ambienti interni.



Barriera al vapore o guaina traspirante?

Se persiste **umidità** troppa nella **costruzione** si creano **danni edili**.

Barriere al vapore con resistenza alla **diffusione** troppo alta **non garantiscono l'asciugatura verso l'interno** e diventano di conseguenza controproducenti, soprattutto in caso di **coibentazione** tra la travatura in sottotetti chiusi alla **diffusione**.

Determinante per l'assenza di **danni alla costruzione** non è solo la capacità di **impermeabilizzazione** del freno al vapore, ma soprattutto la **riserva di asciugatura** che possiede **l'elemento edile**.

SCEGLIERE MATERIALI IGROSCOPICI E TRASPIRANTI

Inconvenienti come la **FORATURA** dello STRATO DI TENUTA all'aria può causare ingresso di **umidità** eccessiva.

Per proteggersi da questo inconveniente le **STRATIGRAFIE** dovrebbero essere in grado di **SMALTIRE VELOCEMENTE** l'eventuale **umidità imprevista**, quindi utilizzare **MATERIALI IGROSCOPICI E TRASPIRANTI**

RISERVA DI ASCIUGATURA R_{dry}

È il **parametro** che ci consente di **valutare** la **CAPACITA' EVAPORATIVA RESIDUA** delle stratigrafie.

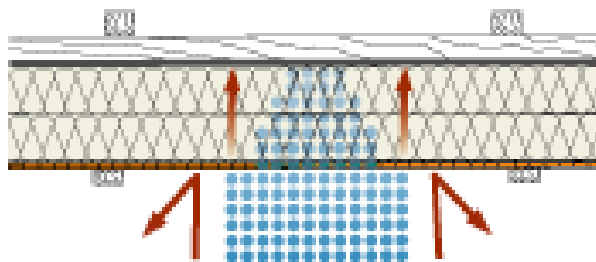
$$R_{dry} = P_{dry} - Q_{con} \quad [g/m^2]$$

R_{dry} = **Riserva di asciugatura**

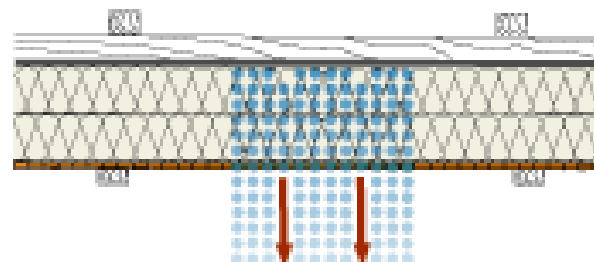
P_{dry} = **Potenziale di asciugatura**

Q_{con} = **Quantità di condensa** prodotta dovuta a diffusione di vapore

All'aumentare della riserva di asciugatura R_{dry} , aumenta la capacità della stratigrafia di smaltire umidità proveniente da fonti non prevedibili in fase progettuale



Inverno



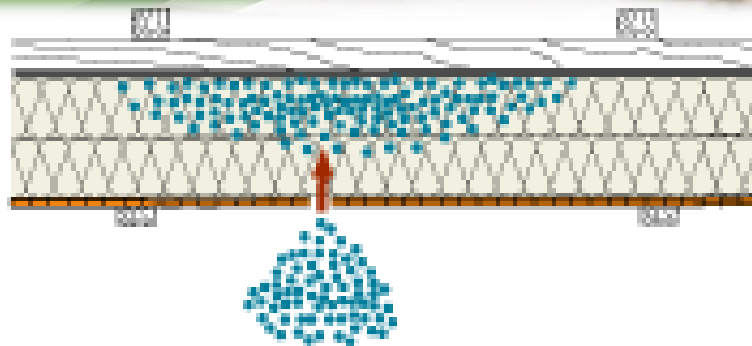
estate

Inverno:

La **guaina traspirante** è aperta alla **diffusione del vapore** e protegge, allo stesso tempo, da **umidità** in eccesso.

Estate:

La **traspirabilità** della **guaina traspirante** permette un'**asciugatura** dello strato **coibente**.



Inverno



estate

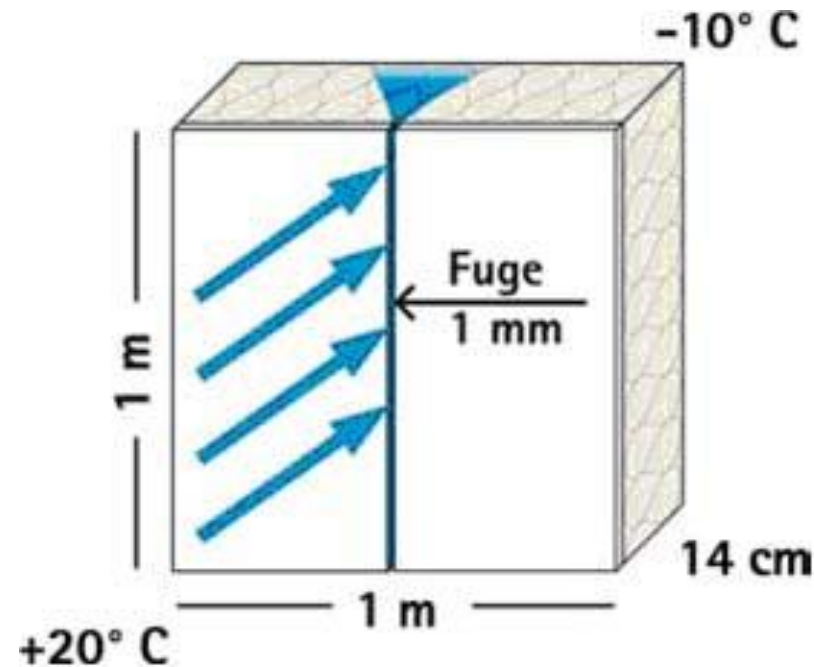
Barriera al vapore:

Inverno:

Un minimo **danno** alla **barriera al vapore** permette all'**umidità** di penetrare lo strato **coibente** tramite **convezione**.

Estate:

L'**umidità** non riesce a **diffondere** verso l'interno e si accumula nella **coibentazione**.



isolamento della parete peggiorato del 65%.

Un **intonaco cementizio**, ad esempio, **assorbe tre volte di meno** di una lastra di **gesso**, mentre **il legno** può incorporare ancora **più del gesso**.

L'argilla è un **ottimo regolatore dell'umidità** d'ambiente, assorbe in tempi veloci l'umidità eccessiva presente nell'aria e la rilascia quando è carente.

I **solai**, nelle strutture lignee orizzontali **interpiano e di copertura** dove si vuole creare **maggiore massa** per un **più efficace isolamento termo-acustico**, possono **utilizzare argilla cruda** sotto forma di pannello o mattoni dimezzati.



Quindi i muri non respirano proprio per nulla!



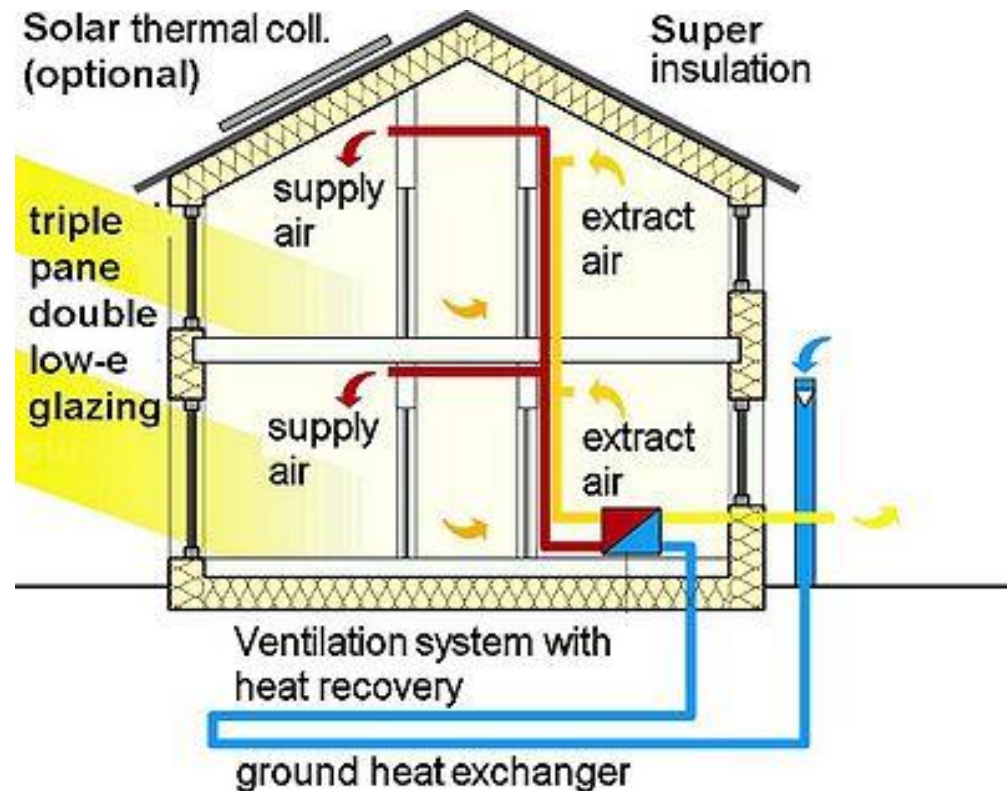
Fibra di vetro assorbe fino a
20% di umidità



Il poliestere assorbe fino a 50-
60% di umidità



L'impianto di ventilazione





BLOWER DOOR TEST

La tenuta all'aria è definita in base al valore di ricambio d'aria n_{50} .

$$n_{50} = V_{50} / V$$

V_{50} = portata di infiltrazione di aria per una differenza di pressione di 50 Pa
[m³/h]

V = volume d'aria all'interno dell'edificio o della parte di edificio considerata.
Il volume interno viene calcolato moltiplicando la superficie netta del
pavimento per l'altezza netta media del soffitto. Non viene sottratto il volume
degli arredi [m³]

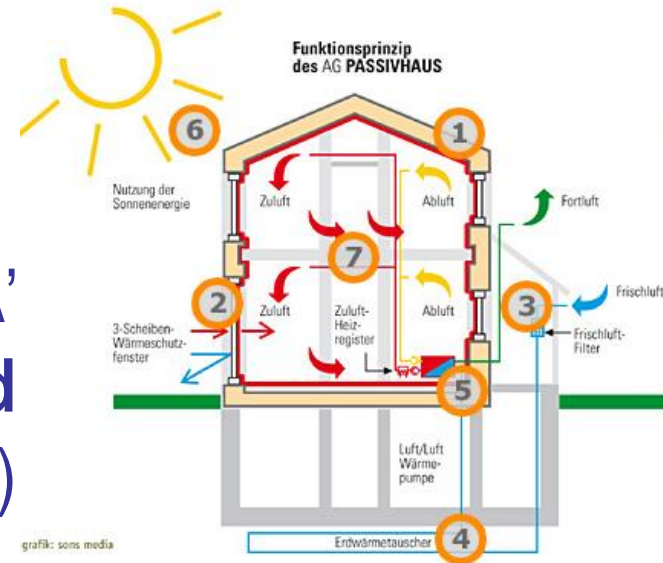


APPLICAZIONI

Verifica di permeabilità all'aria



Verifica della **CONFORMITA'**
a normativa/standard
(Passivhaus, CasaClima)



Migliorare il **COMFORT** (qualità IAQ –
infiltrazioni per errata posa serramenti...)

TENUTA ALL'ARIA

Standard CasaClima

VERIFICA obbligatoria dal 1 gennaio 2008

BLOWER DOOR TEST

NORMA UNI 13829:2000 → modalità

NORMA DIN 4108-7 → limiti

Ricambi orari ad una pressione

50 Pa

... dal 1 gennaio 2009

OBBLIGATORIA per edifici in legno ed a secco anche senza impianto VMC



n_{50}

3 (h-1)

2 (h-1)

1 (h-1)

<0,6 (h-1)

Classe C

Classe B

Classe A

Gold



**met. B
UNI**



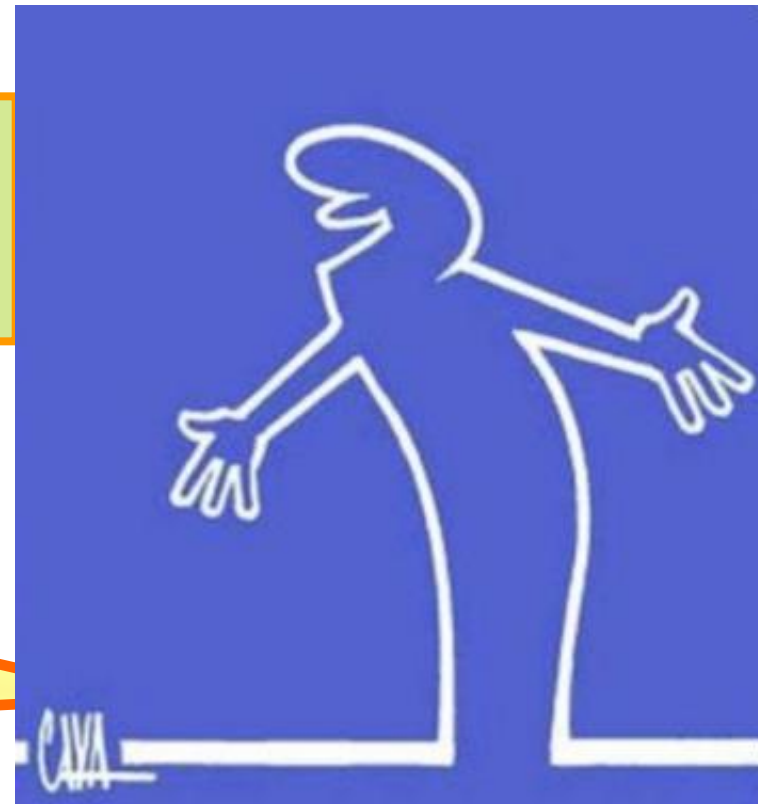
**met. A
UNI**

Compito del progettista??

**PROGETTARE lo STRATO di TENUTA
all'ARIA esattamente COME nel caso dello
STRATO di ISOLAMENTO TERMICO**

**METODO DELLA
LINEA CONTINUA**

**Progettare
correttamente i NODI!!!**



Test Blower-Door:Cosa è?

Il Blower Door test è una **prova non distruttiva** e non invasiva che permette di determinare la **permeabilità all'aria** dell'involucro edilizio.

Il test assume maggior **importanza** quanto **più l'edificio è isolato termicamente** e viene condotto in accordo a quanto prescritto dalla normativa **UNI EN 13829**.

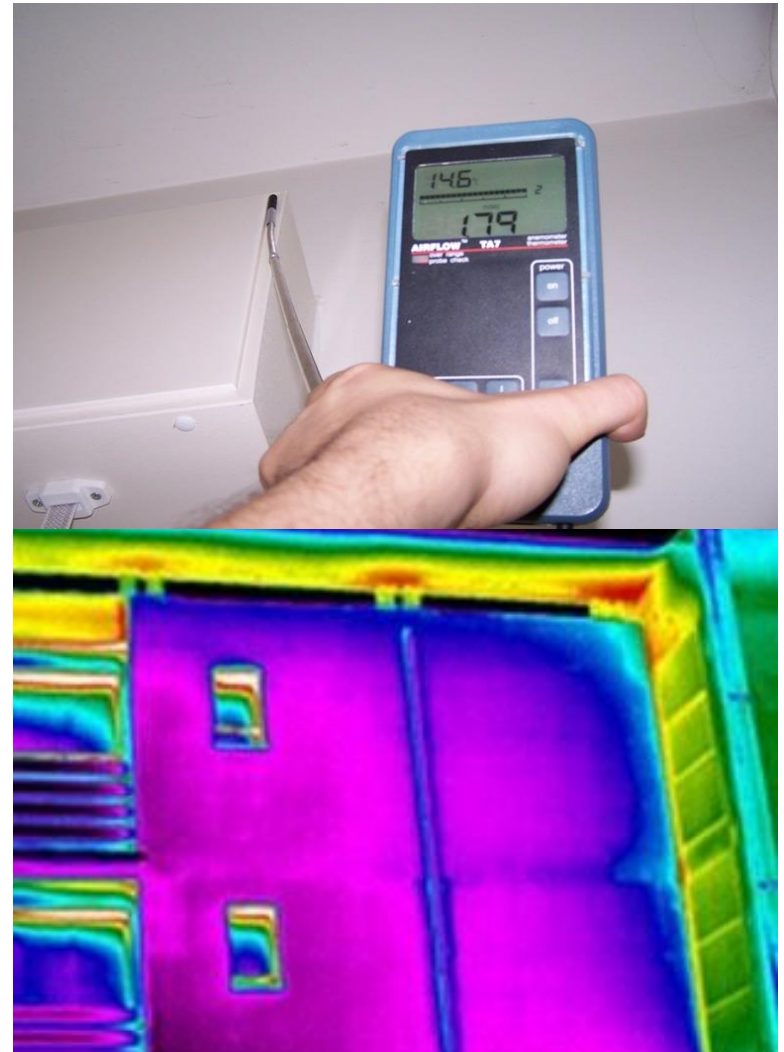
La prova, di tipo non distruttivo, prevede l'utilizzo di una **ventola** gestita da un **computer collegato a dei sensori di pressione**; la velocità di rotazione viene impostata per mantenere una **differenza di pressione** (interno/esterno edificio) in positivo o negativo pari a **50Pa**.

In questo modo, attraverso l'uso di opportuna **strumentazione** (termocamera, **anemometro**, generatori di nebbia) si possono individuare i **punti deboli** dell'involucro esterno ovvero quei punti **dove l'aria può entrare** e pertanto peggiorare le prestazioni termiche globali.

Test Blower-Door: a COSA SERVE?

Il test Blower Door permette di individuare e di conseguenza correggere **difetti di montaggio** della struttura, dei **serramenti esterni** e di eventuali **canalizzazioni** che comunicano direttamente con l'esterno (**impianto elettrico**, di aspirazione, **idraulico**, etc...).

Inoltre, come si è detto, garantisce l'assenza di **perdite di calore** attraverso piccole **fessure** soprattutto durante la stagione invernale ed evita dannosi fenomeni di **condensa all'interno** delle pareti.



SVILUPPO DELLA PROVA

PREPARAZIONE DELL'EDIFICIO

Chiudere e bloccare porte e serramenti esterni

Aprire porte interne

Controllare presenza di acqua nei sifoni di scarico

METODO A prova dell'edificio in uso

METODO B prova dell'involucro

LA TERMOGRAFIA

Il progettista o colui che deve intervenire sull'edificio deve:

*DEDURRE LA CAUSA DEI DANNI CHE RILEVA
DAGLI EFFETTI CHE QUESTI CAUSANO SULLA
STRUTTURA*



*Il procedere per indizi è molto simile alla semiotica medica,
“la disciplina che consente di diagnosticare le malattie
inaccessibili all’osservazione diretta sulla base di sintomi
superficiali, talvolta irrilevanti agli occhi del profano”*

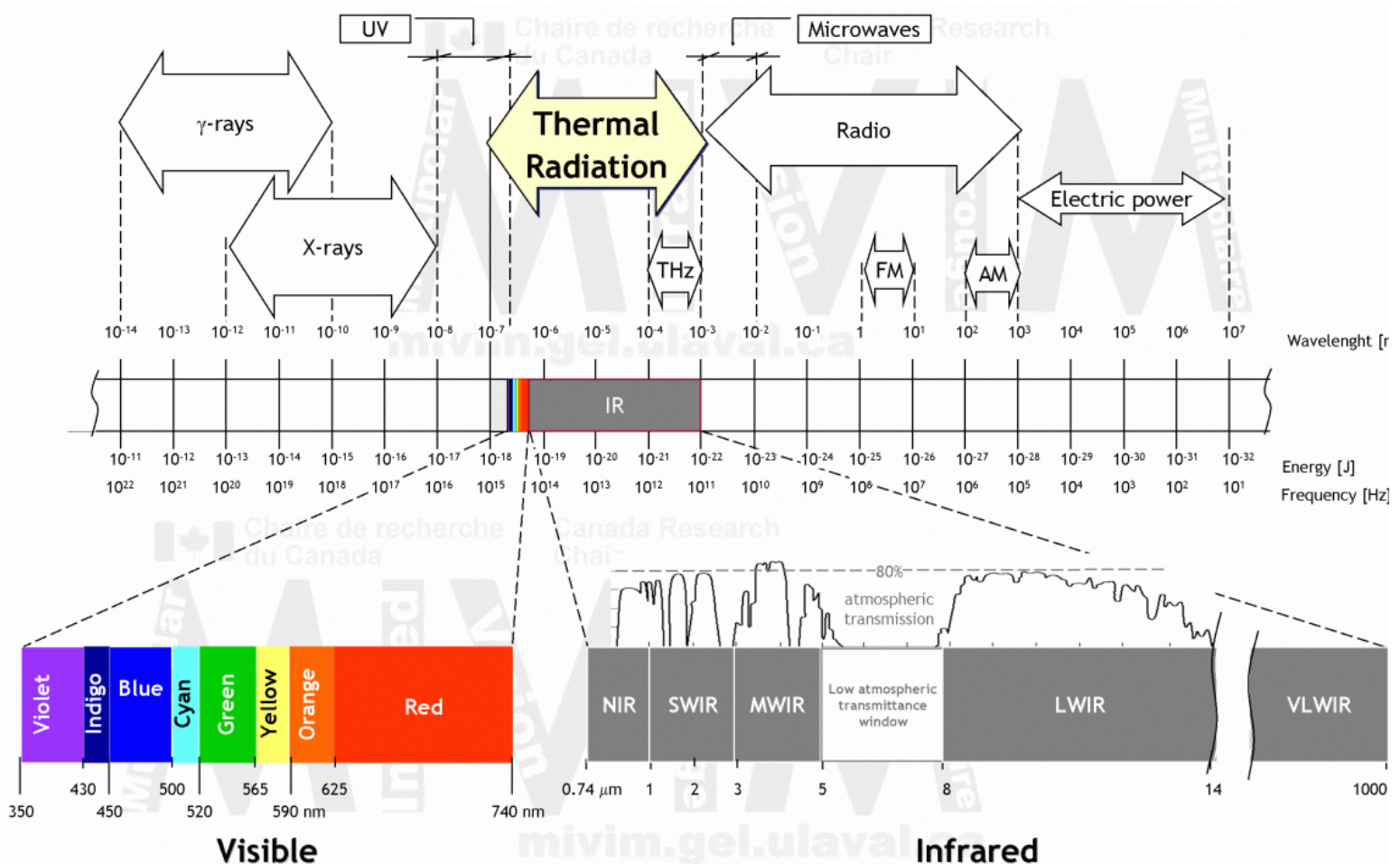
*(C. Ginzburg “Miti, amblemi spie, morfologia e storia” Einaudi,
Torino, 1986)*

L'**IRT** viene **utilizzata** durante tutto il processo di **conoscenza** dell'edificio, dall'acquisizione preliminare, all'esecuzione, al collaudo e al programma di conservazione

L'IRT quindi consente una MAPPATURA delle ANOMALIE... come:

- In **tempi rapidi**
- Su **estese superfici**
- Assolutamente **non invasivo**
- Con **estrema velocità**

TEORIA DELL'INFRAROSSO



Un sistema di rilevazione capace di percepire radiazione infrarossa tra 8 e 14 μm è detto “*ad onda lunga*” tra 3 e 5 μm è detto “*ad onda corta*”

L'irraggiamento

$$E = \varepsilon \sigma T^4$$

Il passaggio di calore per irraggiamento avviene nel VUOTO secondo la legge di STEFAN BOLTZMAN



PRINCIPIO DELLA TERMOCAMERA

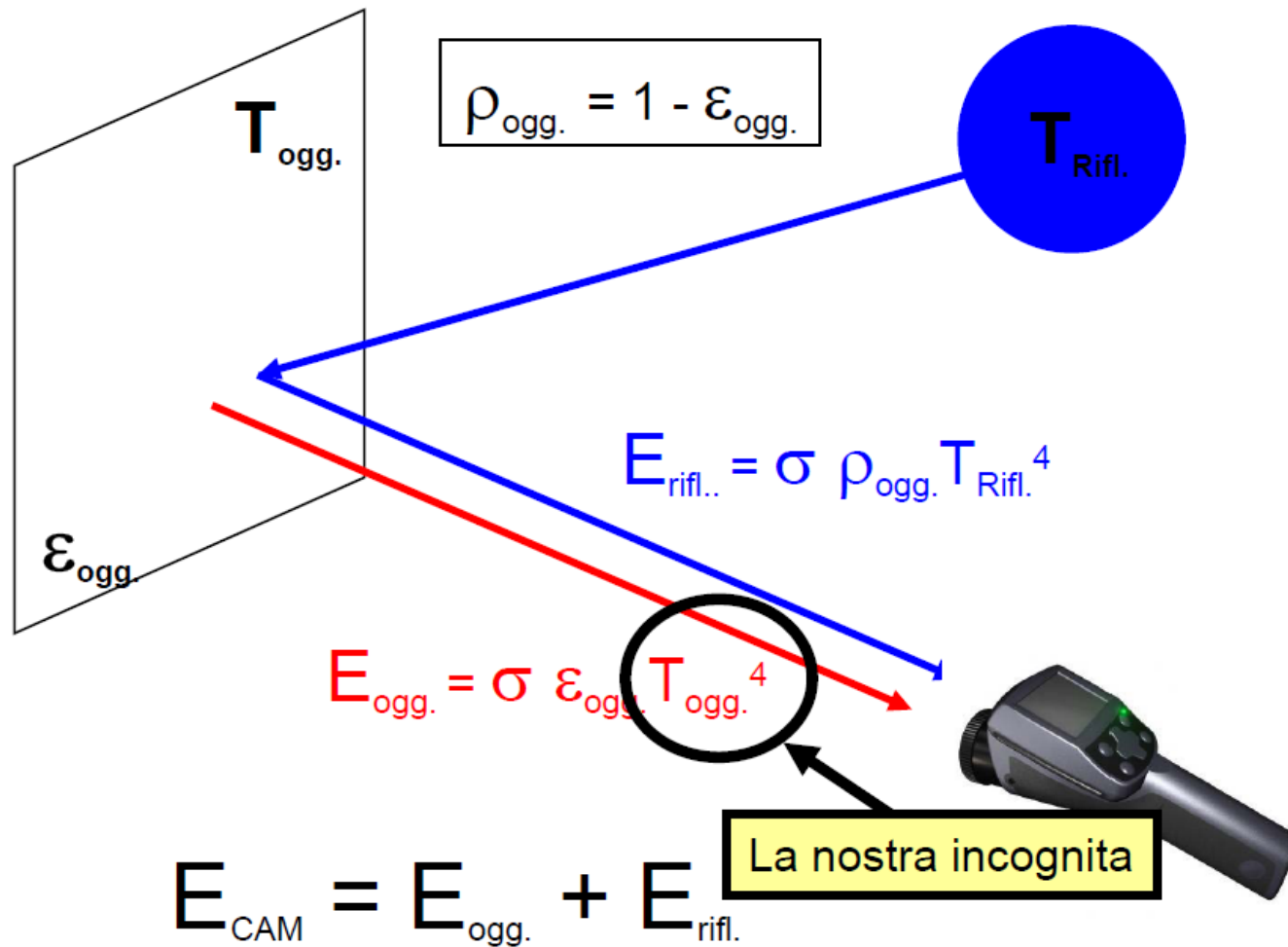
Cosa vede la termocamera?

**LA TELECAMERA AD INFRAROSSI
OSSERVA L'ENERGIA TERMICA
IRRADIATA (E)**

ESSA NON “VEDE” LE TEMPERATURE

**Le temperature sono calcolate tramite le
variabili che l'utente fornisce al computer**

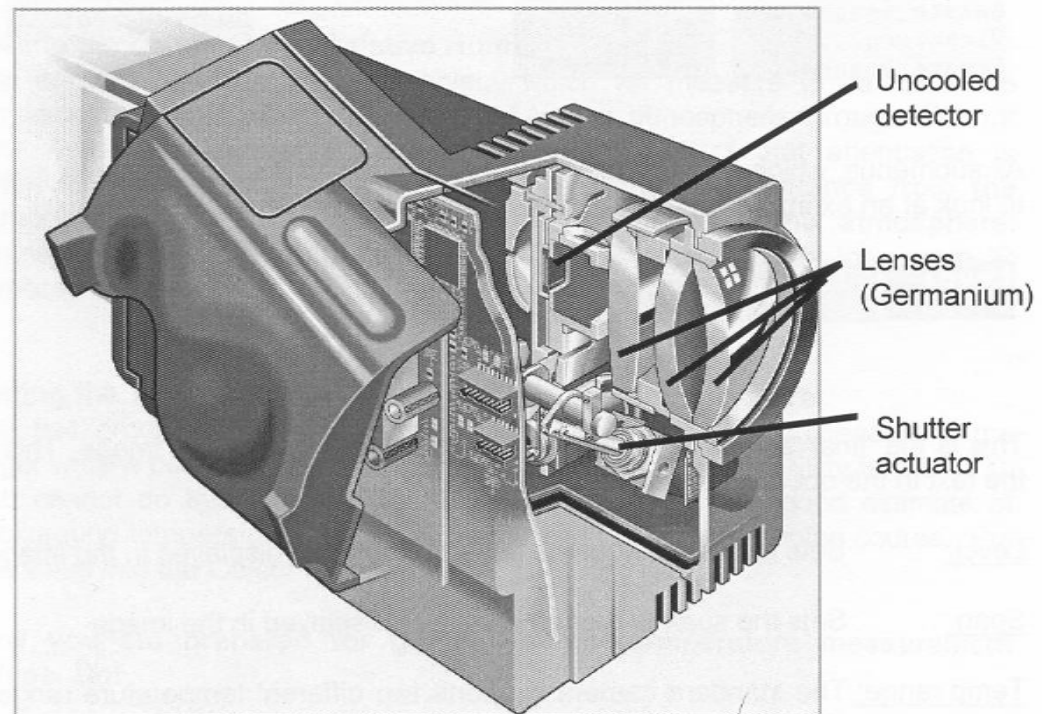
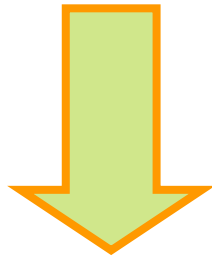
Cosa vede la termocamera?



ATTREZZATURA per termografica

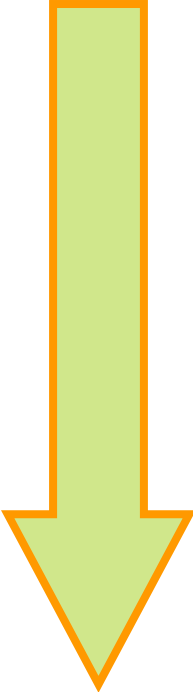
SENSORE

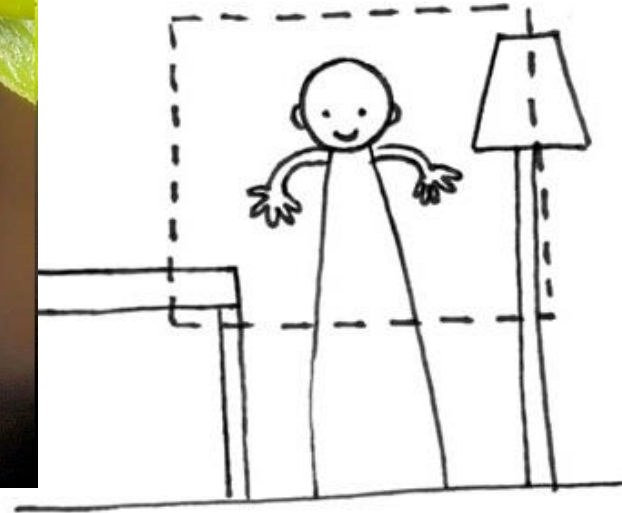
Elemento sensibile alla
radiazione infrarossa



Rileva la radiazione infrarossa e fornisce un'USCITA ELETTRICA,
che dipende dall'intensità e dalla lunghezza d'onda della radiazione

Caratteristiche fondamentali

- 
- CAPACITA' DI MISURA
 - RISOLUZIONE GEOMETRICA



In poche parole sapere QUANTO più **PICCOLI** sono gli **OGGETTI** che è possibile **INQUADRARE** e a **QUALE DISTANZA**

Per questo sono necessarie alcune nozioni

TERMOGRAFIA DI BASE

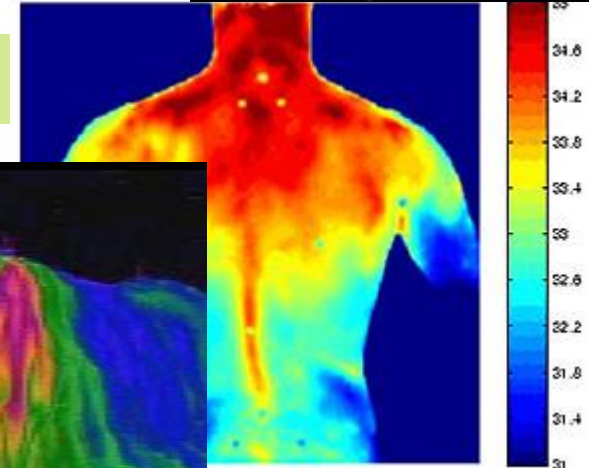
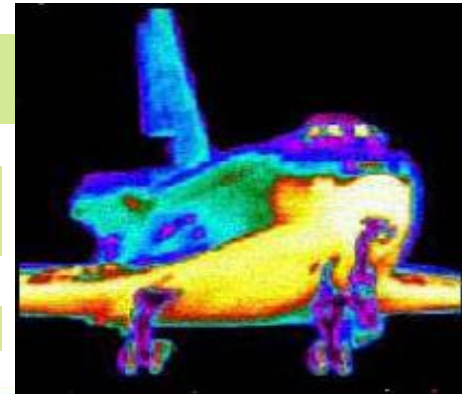
Principali applicazioni

Scopi industriali ➡ analisi dispersioni termiche

Scopi medici ➡ verifica sistema circolatorio

Scopi ambientali ➡ verifica inquinanti

Scopi astronomici ➡ zone coperte da nuvole e gas



TERMOGRAFIA DI BASE

Termografia edile



Approccio termografico passivo

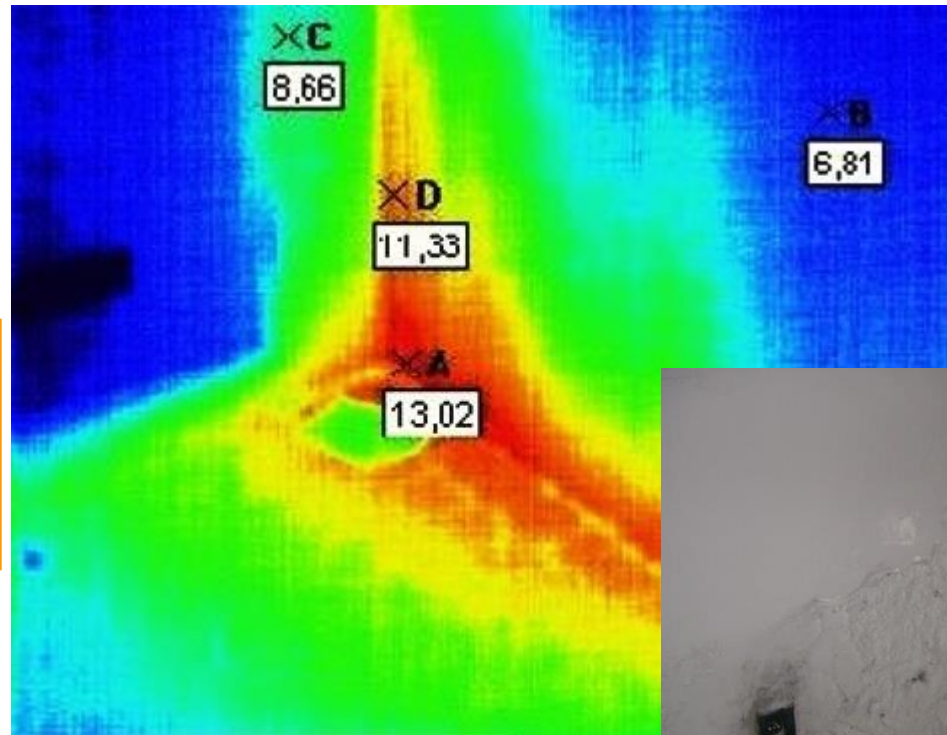
Termografia passiva

NON viene fornita alcuna **SOLLECITAZIONE TERMICA**
viene rilevata l'energia emessa dalla muratura

Obiettivi

Verifica regime
termoigrometrico
delle murature

- Infiltrazioni
- Risalita capillare
- Condensa



Premessa

La diagnosi

Finalità

Metodi di
rilievo

Strumenti
di
misurazione

Approccio termografico attivo

Termografia attiva

VIENE FORNITA una **SOLLECITAZIONE TERMICA** viene rilevata l'energia emessa dalla muratura sia in fase di raffreddamento che riscaldamento

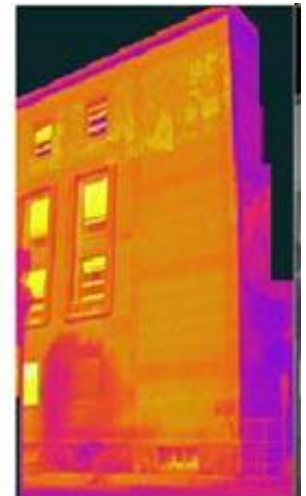
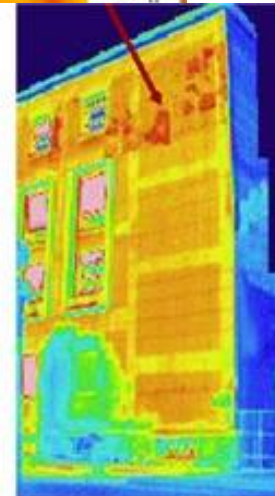
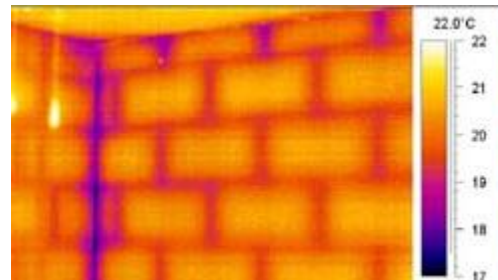
Obiettivi



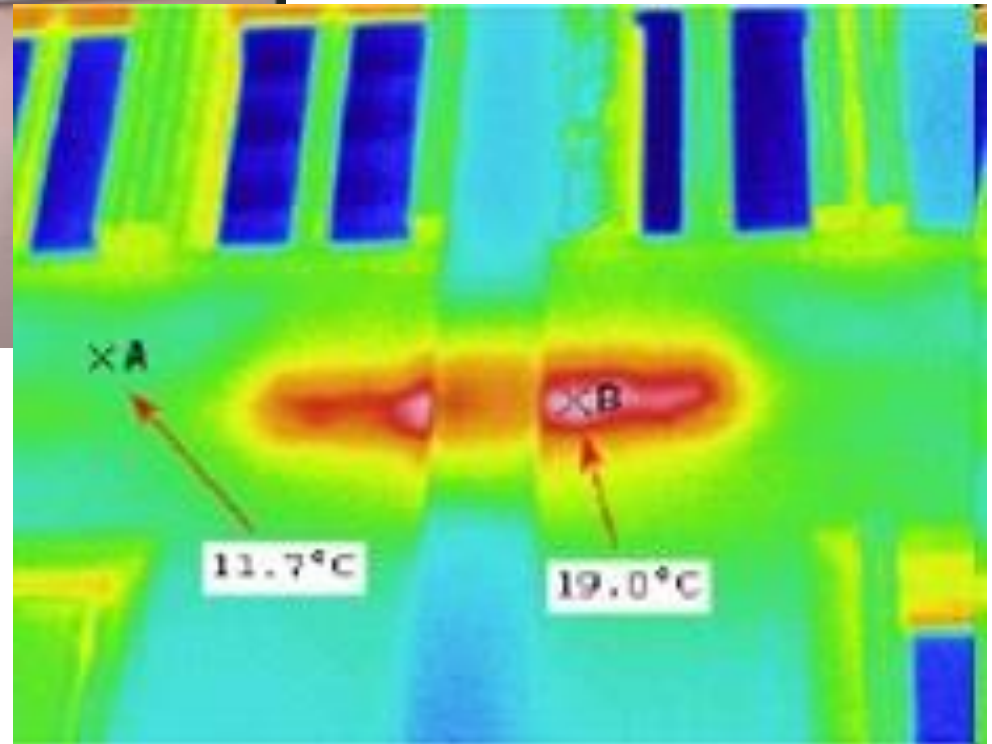
Individuazione delle
strutture non a vista



Verifica stato di
conservazione intonaco

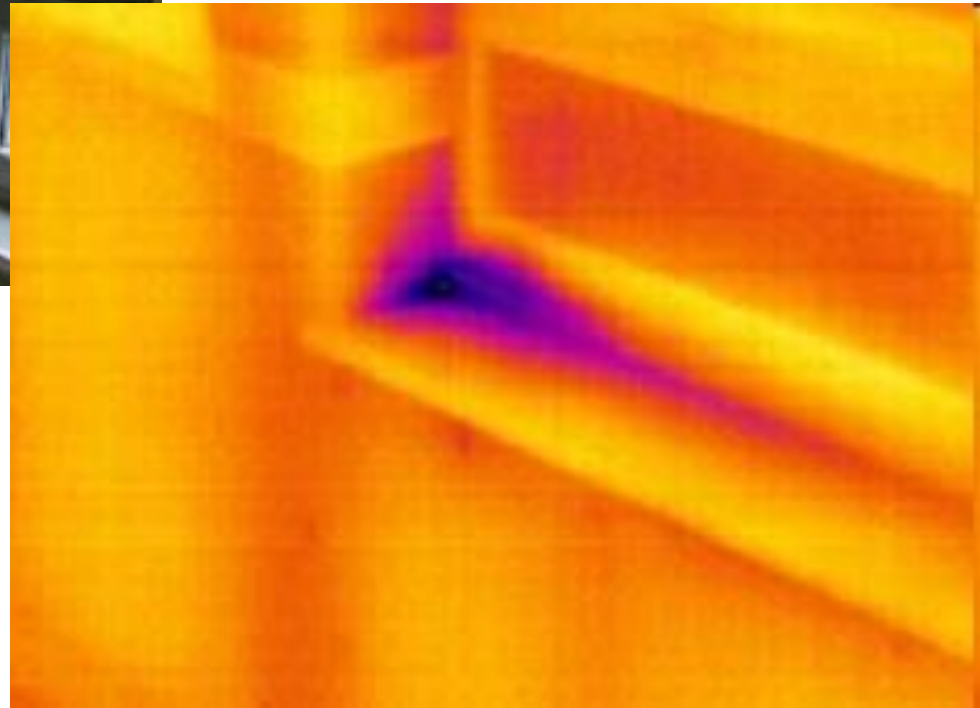


Esempi ...



Condotte mal isolate

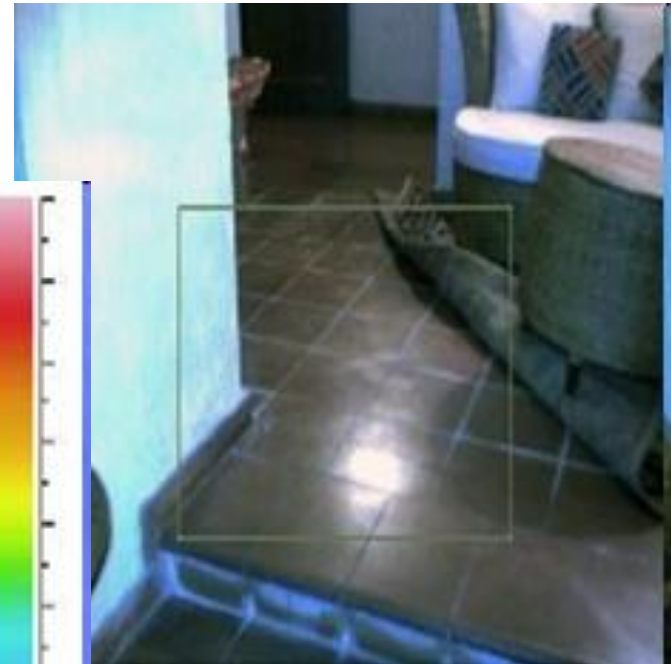
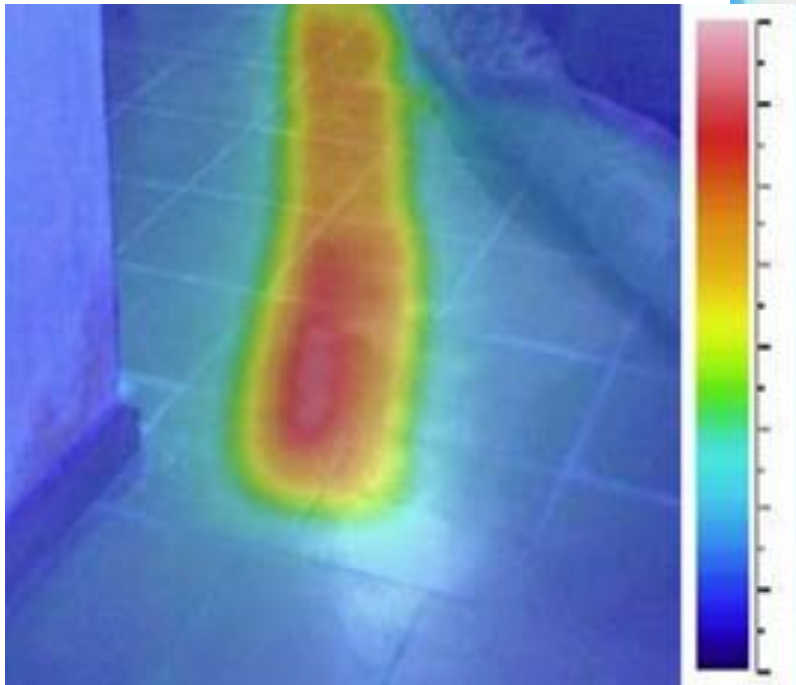
Esempi ...



Infiltrazioni d'aria
per non corretta
posa del serramento

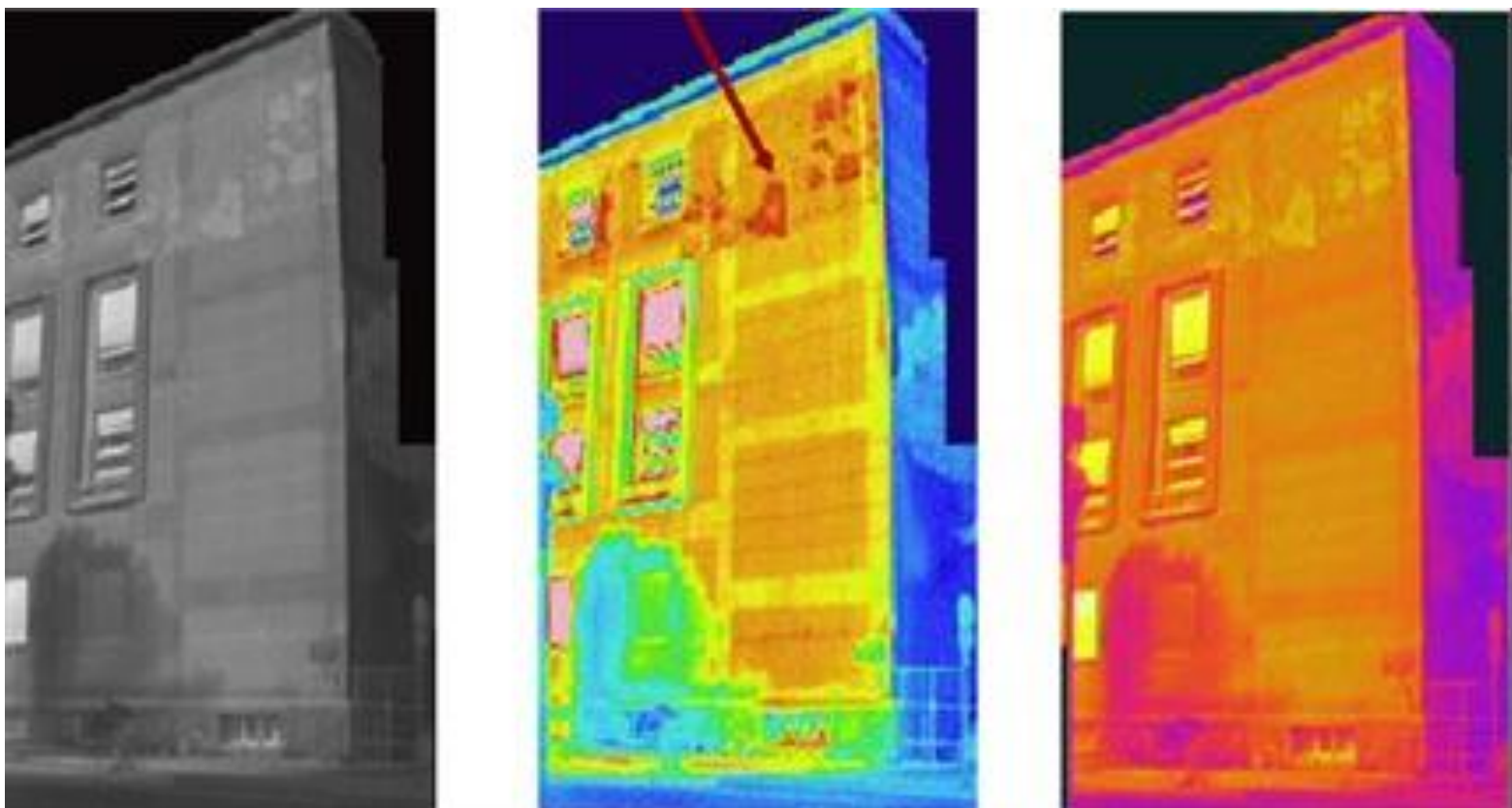
Esempi ...

Individuazioni di perdite o dispersioni anomale sottopavimento



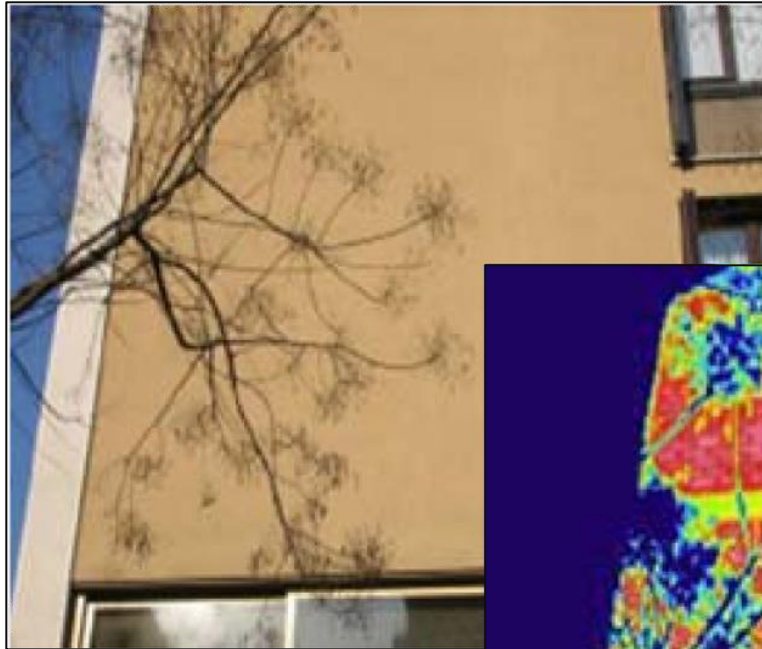
Esempi ...

Distacco d'intonaco



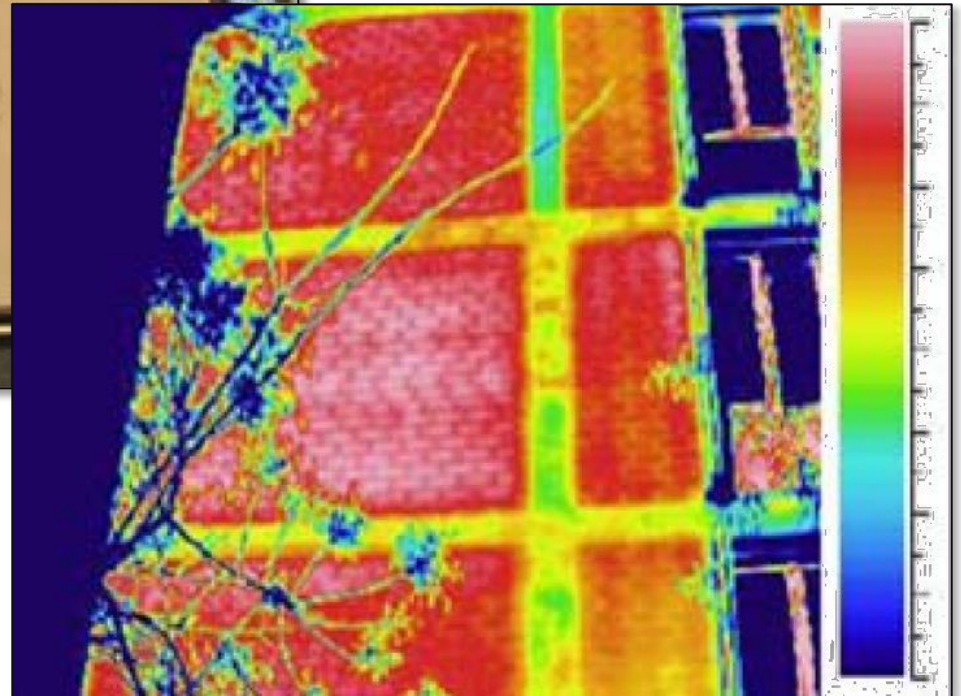
RILIEVO DISPERSIONI TERMICHE

VALUTAZIONE PONTI TERMICI PERIODO ESTIVO



Ossatura portante in
cemento armato e
tessitura muraria del
tamponamento in
elementi di laterizio
forato

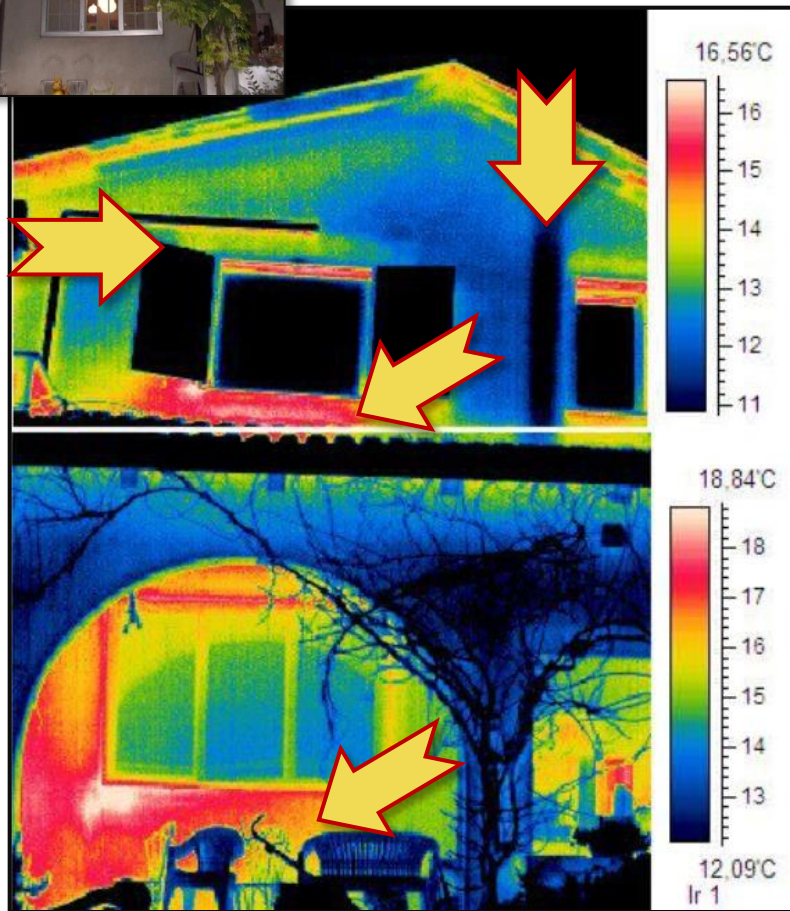
**RILIEVO FACCIATA
ESTERNA ESPOSTA
ALL'IRRAGGIAMENTO
SOLARE**



RILIEVO DISPERSIONI TERMICHE



INTERPRETAZIONE DI UN TERMOGRAMMA



- Sotto le finestre, sia a PT che al PP, ove sono presenti radiatori a nicchia nel muro, si notano zone a T superiore con alte T localizzate nell'attacco di mandata;
- la striscia verticale nera a T più bassa al piano primo è la canna fumaria di un camino esterno ubicato sotto il portico, incassata nel muro, percorsa da aria fredda esterna;
- sopra la finestra al PP è visibile la piattabanda in cls come ponte termico.



**GRAZIE PER
L'ATTENZIONE!**

Teresa.cervino@ing.unipi.it