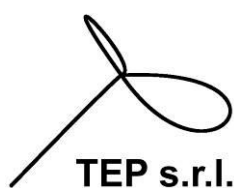


Versione 2.6 – 27 giugno 2013

# ***Diagnostica IR dei sistemi a cappotto***

Realizzato da:



Con il patrocinio di:



Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico  
 via Savona 1/B, 20144 Milano - tel 02 89415126 - fax 02 58104378  
 www.anit.it - info@anit.it

*Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere riprodotta senza l'autorizzazione scritta di ANIT.*

## LE GUIDE ANIT

ANIT, Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico, pubblica periodicamente **sintesi, guide e manuali** sulle tematiche legate all'efficienza energetica e all'isolamento acustico degli edifici.

Gli argomenti trattati riguardano la legislazione, le norme tecniche di riferimento, le tecnologie costruttive, le indicazioni di posa e molto altro...

I **SOCI ANIT** possono scaricare gratuitamente tutti i documenti, costantemente aggiornati, dal sito [www.anit.it](http://www.anit.it)



## ASSOCIATI ANCHE TU!

I soci ANIT ricevono:

- Costante **aggiornamento legislativo e normativo**
- **Software** per il calcolo delle prestazioni termiche e acustiche degli edifici
- Abbonamento alla rivista **Neo-Eubios**
- Un volume a scelta della collana ANIT **“L'isolamento termico e acustico”**
- **Sconti e convenzioni**
- ... e molto altro!

Le quote associative per i SOCI INDIVIDUALI per l'anno 2013 sono

- NUOVI SOCI: € 135 + IVA
- NUOVI SOCI iscritti a **Ordini Professionali Soci Onorari ANIT**: € 100 + IVA
- RINNOVI (dal 2012 al 2013): € 85 + IVA

Per maggiori informazioni vai su [www.anit.it](http://www.anit.it)

### **Tutti i diritti sono riservati.**

Nessuna parte di questo documento può essere riprodotta senza l'autorizzazione scritta di ANIT.

Il contenuto di questo documento sono curati da ANIT. Le informazioni sono da ritenersi comunque indicative ed è necessario sempre riferirsi ai documenti ufficiali. Sul sito [www.anit.it](http://www.anit.it) sono disponibili i testi di legge.

Edito da TEP srl, Via Savona 1/B – 20144 Milano

## INDICE

0.	PREMESSA.....	3
1.	SINTESI DEL PROGETTO CAPIR.....	4
	Descrizione geometrica del manufatto realizzato.....	4
	Descrizione delle indagini passive realizzate – febbraio 2013 .....	11
	Cenni sulla trasmissione del calore in regime stazionario.....	12
	Esempio di analisi di passiva.....	13
	Descrizione delle indagini attive realizzate – marzo 2012.....	16
	Cenni alla trasmissione del calore in regime variabile .....	17
	Esempio di analisi di caricamento .....	19
	Scaricamento .....	20
2.	MISURE IN REGIME QUASI STAZIONARIO .....	21
	Condizioni di misura: .....	21
	Risultati attesi dal tipo di indagine su cappotto in EPS: .....	21
3.	MISURE IN CARICAMENTO (IRRAGGIAMENTO SOLARE).....	22
	Condizioni di misura: .....	22
	Risultati attesi dal tipo di indagine su cappotto in EPS: .....	22
	Report di indagine di caricamento .....	23
4.	MISURE IN SCARICAMENTO (OMBREGGIAMENTO ).....	24
	Condizioni di misura: .....	24
	Risultati attesi dal tipo di indagine su cappotto in EPS: .....	24
	Report di indagine di scaricamento.....	25
5.	MISURE IN CAMPO in REGIME QUASI STAZIONARIO.....	26
	Esempio di cappotto con tasselli senza rondelle.....	26
	Esempio di cappotto posato con tasselli .....	30
	Esempio di cappotto posato con tasselli e con rondelle .....	31
	Esempio di cappotto posato senza tasselli e con giunti di malta .....	33
6.	MISURE IN CAMPO DI CARICAMENTO e SCARICAMENTO .....	35
	Esempio di cappotto ben posato con tasselli senza rondelle.....	35
	Esempio di cappotto con tasselli senza rondelle.....	38
	Esempio di cappotto ben posato con tasselli e rondelle in EPS .....	41
	Esempio di cappotto con alcune anomalie.....	43
7.	CONCLUSIONI .....	44
8.	APPENDICE SISTEMA TERMOISOLANTE A CAPPOTTO CAPATECT TOP-LINE .....	45
9.	APPENDICE SPECIFICHE TECNICHE TERMOCAMERA .....	47

## 0. PREMESSA

Le motivazioni che hanno portato alla stesura del presente documento di approfondimento sul rapporto tra indagine termografica e sistema di isolamento a cappotto sono diverse e possono essere così riassunte:

- il mercato edile ha visto l'introduzione dal 2006 delle indagini termografiche in maniera diffusa con l'avvento della certificazione energetica degli edifici ed è quindi cresciuta la sete di conoscenza sulle possibilità di indagine,
- durante i corsi di aggiornamento e formazione di Anit, Caparol Akademie e FLIR Systems, si è discusso frequentemente sull'uso della termografia ai fini della corretta posa del cappotto per quanto riguarda la posa dei pannelli e dei tasselli e i relativi ponti termici per il problema energetico e per il problema estetico,
- negli ultimi anni il sistema a cappotto è uno dei metodi più diffusi per l'isolamento termico degli edifici di nuova costruzione (50%) e per quelli esistenti e purtroppo le regole di buona posa non sono state sempre seguite da tutti gli operatori – installatori; è opportuno quindi soffermarsi sul problema del riconoscimento di anomalie del sistema a cappotto e sulla possibilità di verificare la corretta posa del sistema.

Sulla base delle premesse si è realizzato uno studio che ha visto la collaborazione di CAPAROL, FLIR Systems e TEP nel quale i vari soggetti hanno operato nel rispetto delle proprie competenze al fine di sviscerare la problematica dell'indagine termografica sul cappotto ai fini della diagnostica e della verifica.

Caparol ha prodotto i casi di studio di sistemi a cappotto da analizzare con indagini termografiche per mezzo di una campagna di misure che ha portato ad esempi positivi e negativi e rappresentativi delle diverse problematiche che si sono sviluppate nel corso degli anni.

Flir Systems ha reso disponibile il proprio know how sull'impiego delle termocamere per definire i requisiti minimi per poter ottenere immagini adeguate alle valutazioni da realizzare.

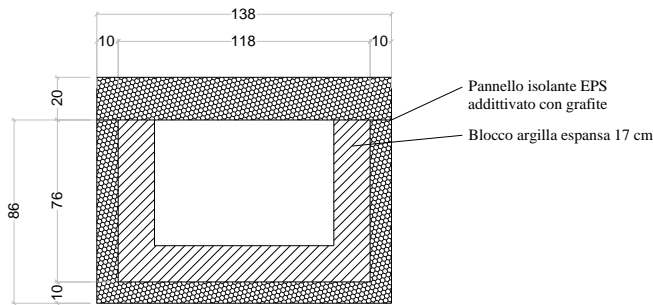
Tep ha seguito il coordinamento scientifico, la realizzazione della campagna di misure e la rielaborazione dei dati alla base dello studio.

Le informazioni relative a questa pubblicazione sono da ritenersi indicative.

## 1. SINTESI DEL PROGETTO CAPIR

### Descrizione geometrica del manufatto realizzato

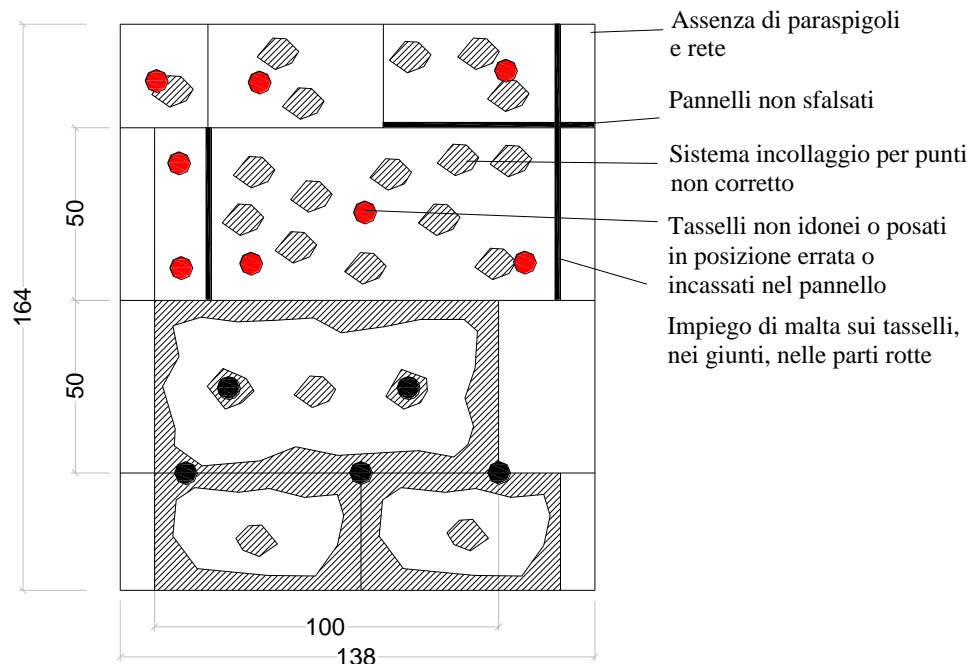
Per poter studiare i fenomeni termici caratterizzanti il sistema di posa a cappotto si è realizzato un manufatto rivestito su tre lati con cappotto in pannelli isolanti Dalmatiner® (EPS additivato con grafite) con la parte superiore delle superfici opache caratterizzata da comuni errori di posa e con la parte inferiore caratterizzata da una posa a regola d'arte con rondelle in EPS e senza. La posa è stata eseguita dagli istruttori di Caparol Akademie. Segue la descrizione geometrica del manufatto.



Ingombri della pianta del manufatto

Sistema con errori di posa

Sistema posato correttamente

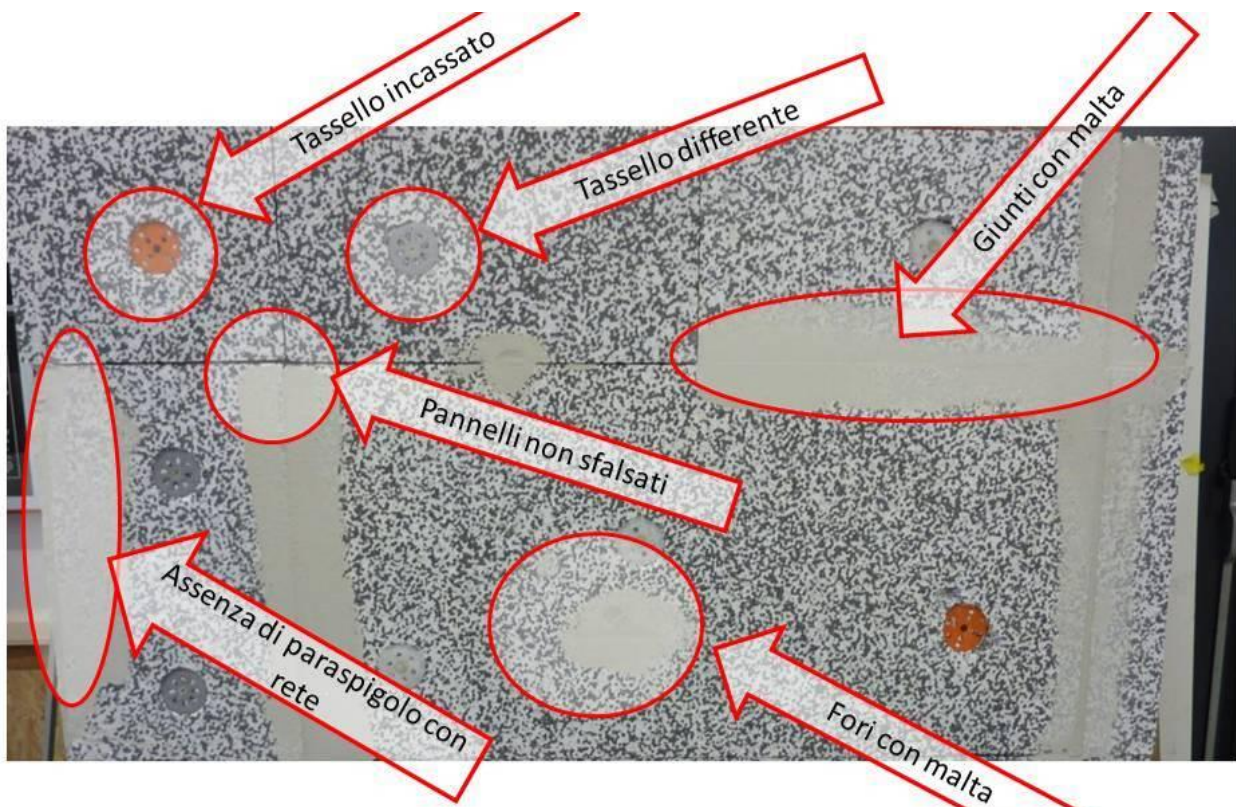


Descrizione dello schema di posa del cappotto in prospettiva:

- comuni errori di posa nella parte alta
- posa a regola d'arte nella parte inferiore

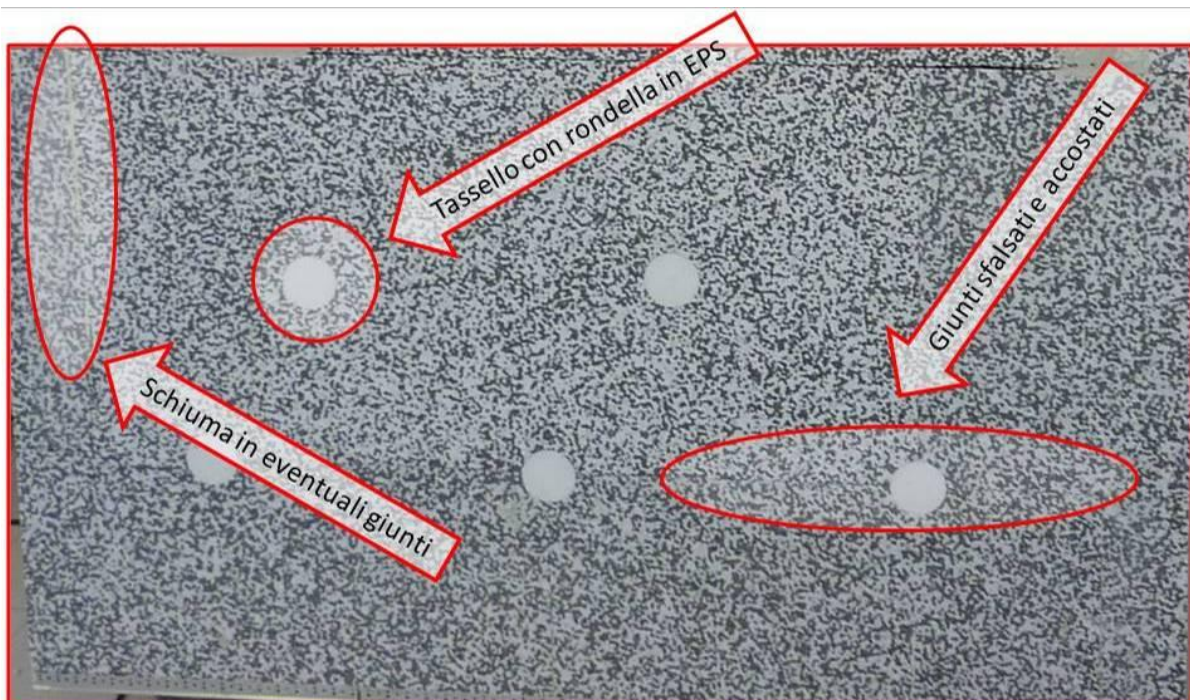
L'immagine sopra mostra la parte frontale del manufatto realizzato ad hoc con sistema di posa del cappotto nella parte bassa corretto e con errori nella parte alta; nella parte frontale bassa del manufatto il sistema a cappotto è stato realizzato con le rondelle in polistirolo (evidenti in bianco). Nella parte superiore sono presenti gli errori di posa indicati nell'immagine successiva.

Comuni errori di posa riprodotti in parte frontale:



*Dettaglio della parte alta con indicati gli errori di posa tipici del sistema a cappotto*

Posa a regola d'arte in parte frontale:



*Dettaglio della parte bassa del sistema a cappotto realizzato a regola d'arte*

Comuni errori di posa riprodotti:

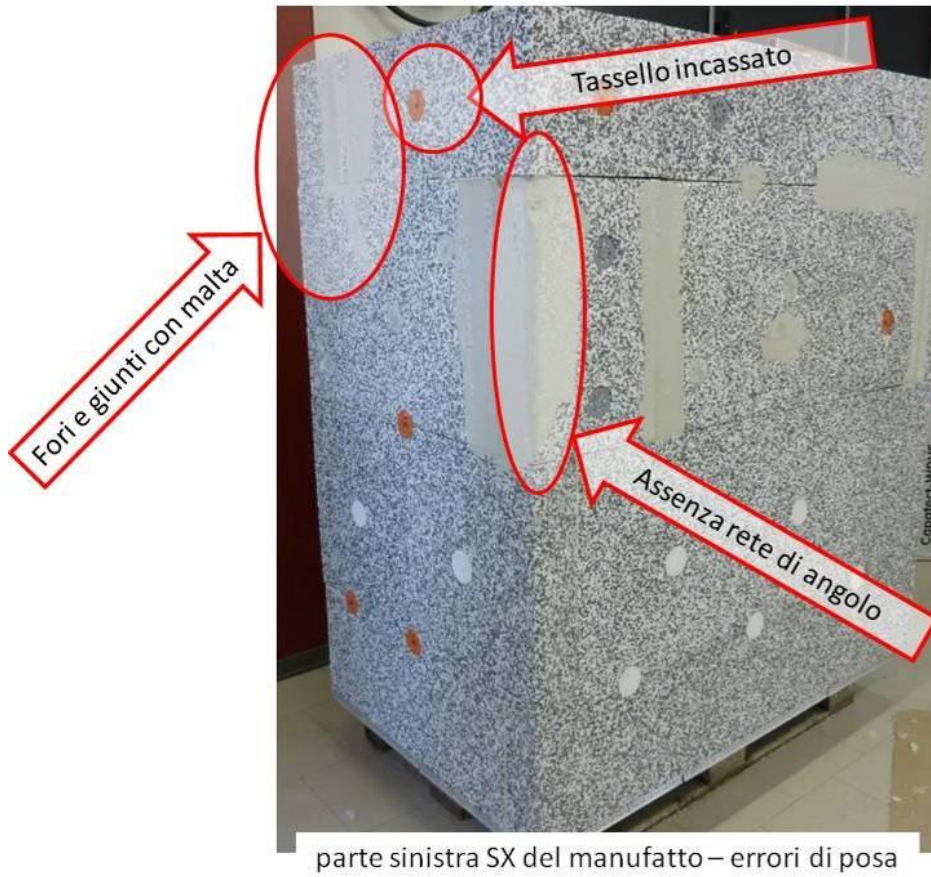


*Ingrandimento parte frontale con errori di posa*



*Ingrandimento parte frontale con errori di posa*

Dettaglio del sistema a cappotto sul lato sinistro SX del manufatto:



*Immagine dell'angolo tra la parte frontale e la parte sinistra SX del manufatto con sistema di posa del cappotto corretto nella parte bassa (tasselli con o senza rondelle) e con errori di posa nella parte alta*

Dettaglio del sistema a cappotto sul lato sinistro SX del manufatto con errori di posa:



*Ingrandimento parte SX*



*Ingrandimento angolo parte frontale - SX*



Dettaglio del sistema a cappotto sul lato destro DX del manufatto:



*Immagine della parte destra DX del manufatto con sistema di posa del cappotto corretto nella parte bassa (tasselli con e senza rondelle) e con errori di posa nella parte alta*

Dettaglio del sistema a cappotto sul lato destro DX del manufatto con errori di posa:



*Ingrandimento parte DX*



*Ingrandimento parte DX*

Procedura di rasatura e finitura:



*Dettaglio della parte alta con l'errore di posa nella rasatura della rete: si appoggia le rete e si rassa*



*Dettaglio della parte bassa con la corretta posa nella rasatura della rete: si rassa, si immerge la rete e si uniforma la rasatura*



*Durante l'asciugatura del rasante posato nello stesso periodo la parte bassa con una rasatura e un sistema uniforme asciuga uniformemente a differenza della parte alta*



*Immagine del manufatto rivestito con intonachino*

A seguito delle misure realizzate si è proceduto con la rimozione del sistema a cappotto posato in modo non corretto nella parte superiore e corretto in quella inferiore.



*Fasi della rimozione dei pannelli*



*Particolare con tassello posato correttamente tra i giunti dei pannelli e rondella in EPS davanti al tassello*



*Rimosso il rivestimento e il sistema a cappotto nella parte alta è presente il sistema di incollaggio non corretto per punti, nella parte bassa il sistema di incollaggio corretto con cordolo e tre punti all'interno*



*Rimosso il rivestimento e il sistema a cappotto nella parte alta è presente il sistema di incollaggio non corretto per punti, nella parte bassa il sistema di incollaggio corretto con cordolo e tre punti all'interno*

### Descrizione delle indagini passive realizzate – febbraio 2013

Il manufatto è stato indagato con una termocamera FLIR Systems T640 installata su cavalletto e con tempi di acquisizione automatici.

Il tipo di indagine si definisce “passiva” in quanto si eseguono le indagini in occasione di una sollecitazione termica che deriva dalla trasmissione del calore tra zona riscaldata ed esterno che “attiva” una distribuzione di temperature superficiali da inquadrare come analisi in regime quasi stazionario.

L’indagine è da realizzarsi con pareti già termicamente cariche.

Il monitoraggio è stato effettuato in data 15/03/2013 in condizione passiva con la parte interna del manufatto riscaldata a circa 20 °C e non irradiata dal sole dalle 8:00 alle 9:30 con una temperatura dell’aria esterna prossima ai 1-2°C.



*Indagini su manufatto con coefficiente di emissività alto con termocamera fissa 15/03/2013*

Nelle pagine successive vengono evidenziati i risultati di tali indagini. Per mezzo di un’indagine passiva è possibile individuare i tasselli con termocamere di ottima risoluzione (le differenze di temperatura sono sotto 0,5 °C) in condizioni favorevoli.

L’individuazione del tassello permette generalmente di verificare la coerenza del sistema di posa ed è quindi uno strumento per poter comprendere con altre informazioni se il tutto è stato realizzato a regola d’arte.

La termovisione del tassello per mezzo della termocamera non è l’individuazione di un’anomalia ma semplicemente la constatazione di un diverso comportamento superficiale di materiale più conduttivo rispetto al materiale del cappotto.

### Cenni sulla trasmissione del calore in regime stazionario

Il parametro per valutare l'attitudine di un materiale a lasciarsi attraversare dall'energia termica è la conduttività termica  $\lambda$  che può rappresentare il "regolatore della velocità" al passaggio del calore nel materiale.

Per capire il comportamento di un prodotto inserito in una parete il parametro di riferimento è la resistenza termica  $R_t$  che dipende dall'attitudine del materiale a condurre il calore e lo spessore complessivo di materiale che resiste al passaggio.

$$R_t = \frac{s}{\lambda} \quad \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Maggiore è il valore di resistenza termica, maggiore è la capacità di resistere al passaggio di energia. Confrontando i valori per i materiali presenti su una parete con isolamento a cappotto si ottiene:

Materiale	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Calore specifico [J/kgK]	Capacità termica volumetrica [kJ/m <sup>3</sup> K]	Conduttività termica [W/mK]
Colla/rasante	1400	837	1172	0.70
EPS additivato con grafite	15	1450	22	0.033
PVC (del tassello)	1400	1255	1757	0.16

Analizzando le caratteristiche dei materiali, evidenziati in tabella, si può comprendere il diverso comportamento che essi avranno nei confronti della trasmissione di calore.

Il pvc (tenuto conto che all'interno è presente un'anima di metallo) e la colla/rasante hanno valori di conduttività termica  $\lambda$  maggiore rispetto all'EPS e quindi reagiscono in maniera differente rispetto alla dispersione di calore:

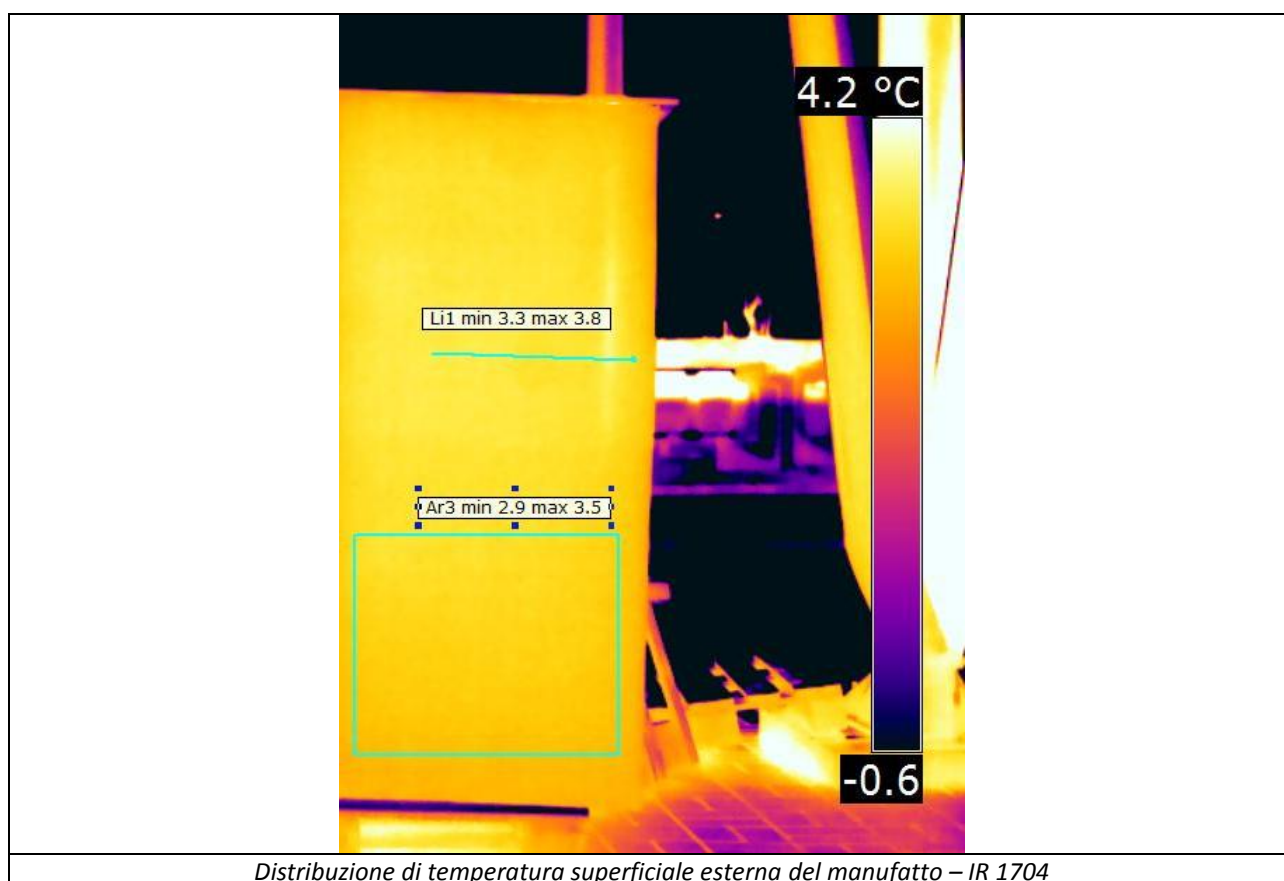
- a) nel caso di trasmissione del calore dall'interno riscaldato del manufatto verso l'esterno vi sono dei punti e delle aree di trasmissione del calore privilegiato, ovvero sono presenti sulla struttura dei ponti termici localizzati; in questi punti il comportamento superficiale è tipico delle aree meno isolate: all'esterno si manifestano temperature superficiali superiori alle aree con isolamento termico in EPS;
- b) durante le indagini si può verificare una variazione di temperatura dell'aria esterna che può influenzare il comportamento superficiale dei primissimi strati di rivestimento. Durante le misure realizzate è infatti aumentata la temperatura dell'aria esterna e quindi si è verificato un riscaldamento superficiale della parete. Il meccanismo in essere è quindi di differente riscaldamento delle parti superficiali ed è quindi rilevante studiare anche l'effusività.

### Esempio di analisi di passiva

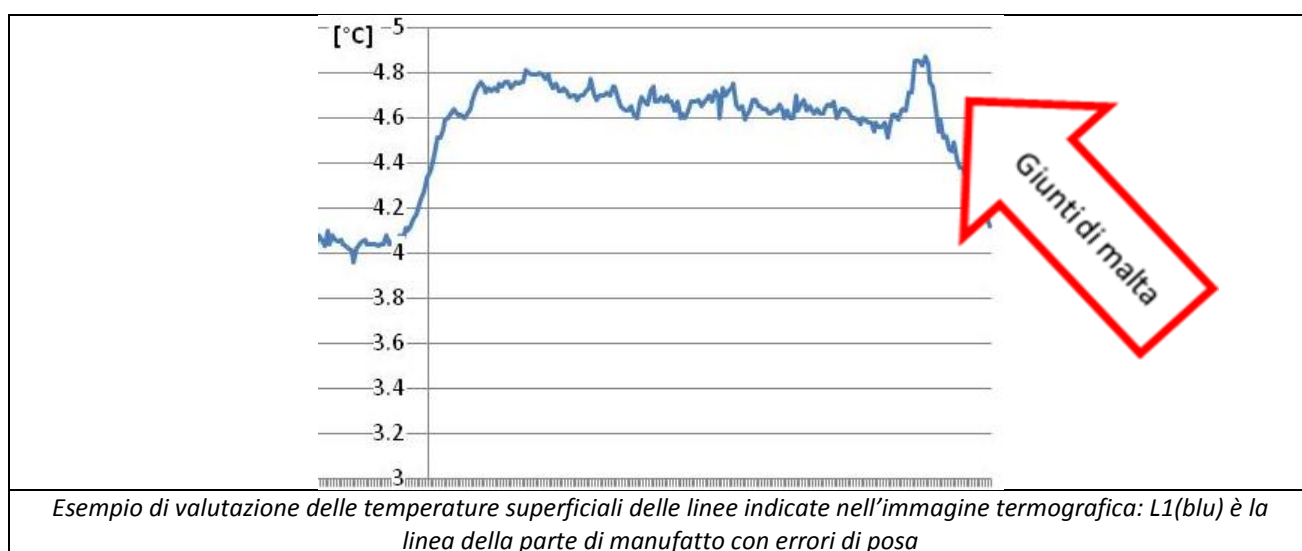
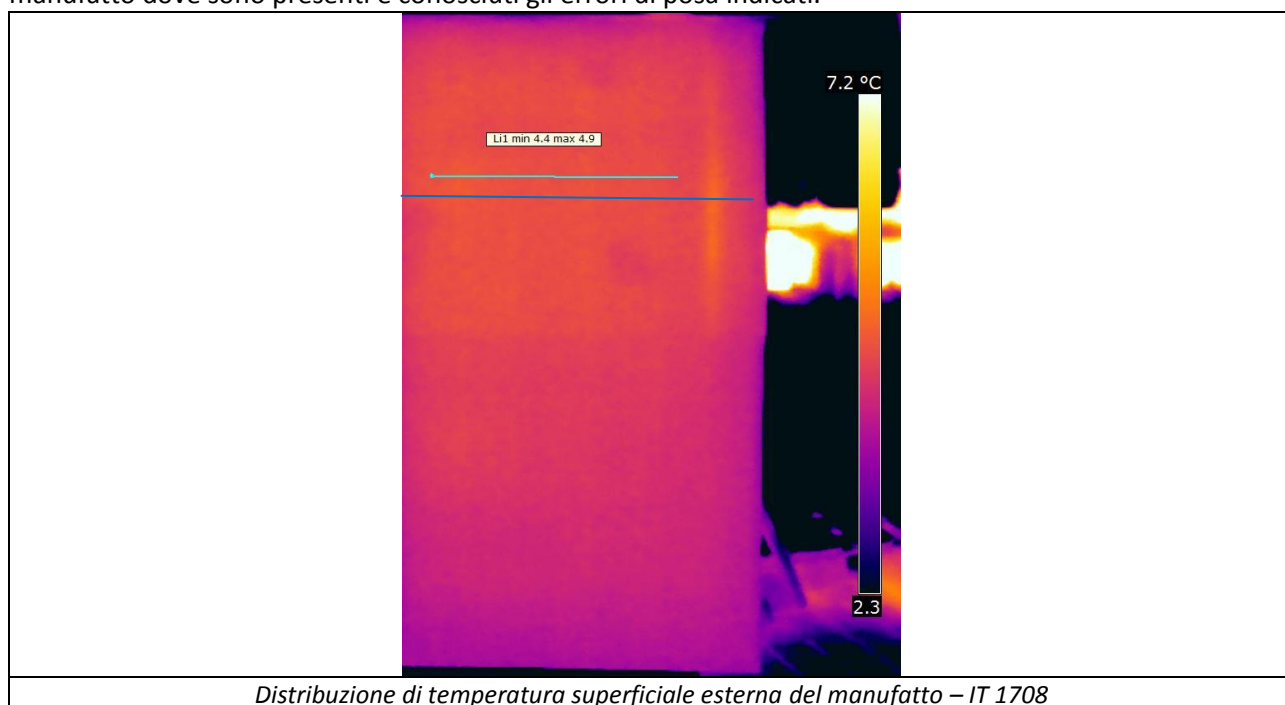
Condizioni: superficie non esposta a irraggiamento solare, Milano, marzo, assenza di vento, parete del manufatto che divide ambiente riscaldato a circa 20 °C dall'aria esterna a circa 2-3 °C, coefficiente di emissività superficiale  $\epsilon = 0.9$ .

Termocamera impiegata: FLIR T640, obiettivo FOL 13 (FOV 45° x 30°)

A fronte della ridotta quantità di energia uscente (il flusso energetico uscente è infatti di circa 7-10 W/m<sup>2</sup>) la temperatura superficiale esterna è considerevole uniforme. Solo in alcuni punti di accostamento non corretto di pannelli si intravede la differente distribuzione di temperatura.



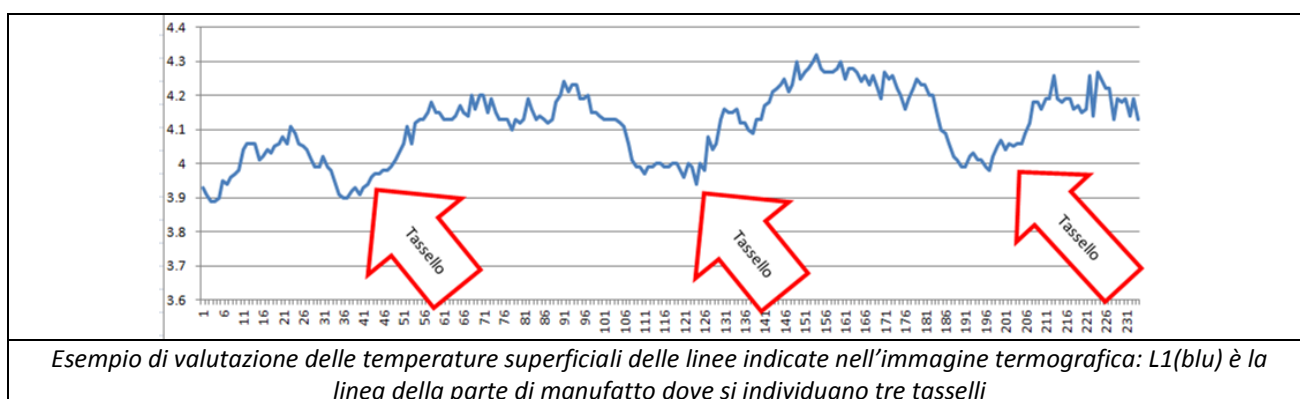
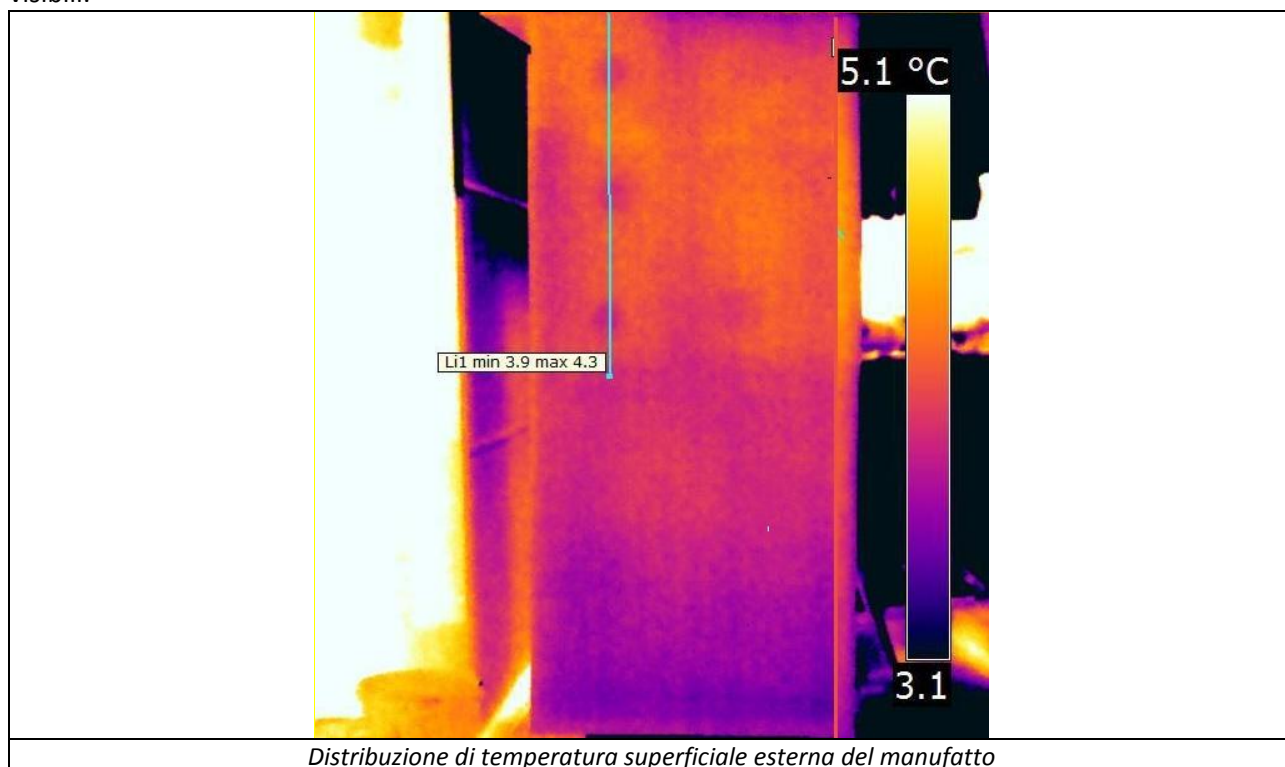
Il seguente grafico mostra le differenze di temperatura che si verificano sulla parte superiore e inferiore del manufatto dove sono presenti e conosciuti gli errori di posa indicati.



La struttura è stata indagata per più di 1 ora con una griglia di analisi come da tabella seguente:

Delta T [°C] aria	ΔT di rilevazione	Cosa si vede?	Come si vede?	E' un'anomalia di posa?	Riferimento immagine termografica
18°C	0.2 °C	tasselli	Non si distinguono	No	IR 1708
		difetto di accostamento tra pannelli	Non si distingue	Si	IR 1708
		malta tra i pannelli	+ caldo Si distingue nitidamente	Si	IR 1708
		accostamento corretto tra pannelli	Non si distingue	No	IR 1708
		tasselli con rondella in EPS	Non si distingue	No	IR 1708

Con il passare del tempo la temperatura dell'aria esterna si è alzata e quindi lo strato superficiale ha ricevuto dell'energia per convezione. Con il risultato di far emergere i "tasselli" ad una prima indagine non visibili.



La struttura è stata indagata dopo 30 minuti con variazioni di temperatura è stata studiata con la seguente griglia:

Delta T [°C] aria	ΔT di rilevazione	Cosa si vede?	Come si vede?	E' un'anomalia di posa?	Riferimento immagine termografica
18°C	0.2 °C	tasselli	Si distinguono (in assenza di rondella in EPS)	No	IR 1714
		difetto di accostamento tra pannelli	Non si distingue	Si	IR 1714
		malta tra i pannelli	+ caldo Si distingue nitidamente	Si	IR 1714
		accostamento corretto tra pannelli	Non si distingue	No	IR 1714
		tasselli con rondella in EPS	Non si distingue	No	IR 1708



## Descrizione delle indagini attive realizzate – marzo 2012

Il manufatto è stato indagato con due termocamere FLIR Systems: una prima fissa T640 installata su cavalletto e con tempi di acquisizione automatici, la seconda mobile B360 e con tempi di acquisizione temporale casuali.

Il tipo di indagine si definisce attiva in quanto si eseguono le indagini in occasione di una sollecitazione termica consistente (irraggiamento solare) che “attiva” una reazione in termini di trasmissione del calore mostrata dalle temperature superficiali, che è da inquadrare come analisi in regime variabile e non stazionario.

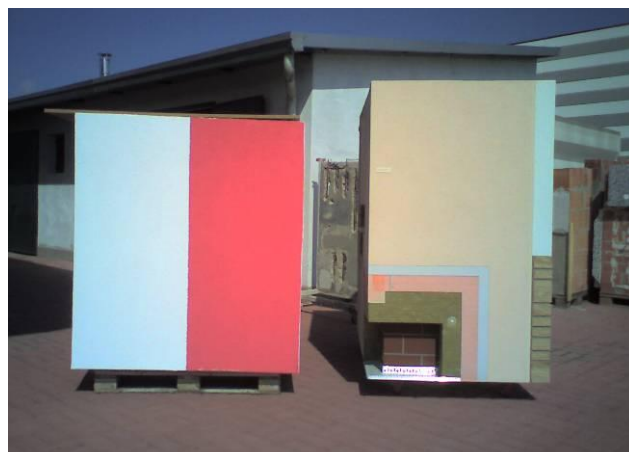
Il caricamento attivo consiste quindi nell’irraggiamento solare che investe la superficie.

La fase di scaricamento consiste nel monitorare una struttura che ha accumulato energia e che rilascia tale energia per effetto dell’ombreggiamento.

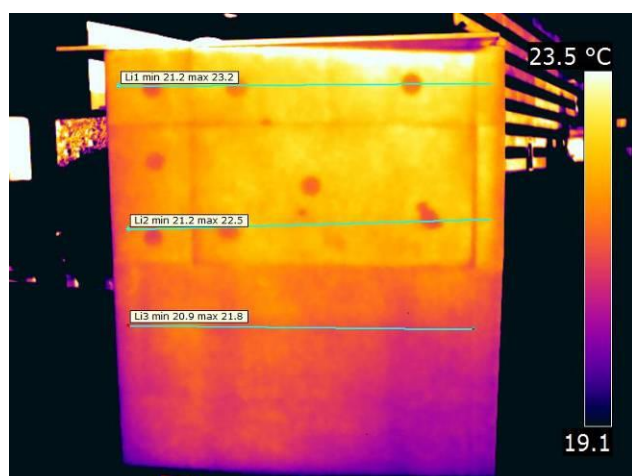
Il monitoraggio è stato effettuato in data 28/03/2012 in condizione attiva di caricamento con esposizione est dalle 9:15 alle 11:04 con coefficiente di assorbimento solare  $\alpha$  medio e in condizione di scaricamento dalle 11:12 alle 12:02 posizionando il manufatto in ombra. Successivamente i risultati ottenuti sono stati confermati e integrati dalla campagna di misure condotta in data 04/05/2012 con il manufatto parzialmente sovra tinteggiato con coefficiente di assorbimento solare chiaro (cioè indice di riflessione alla luce alto: maggiore del 90%).



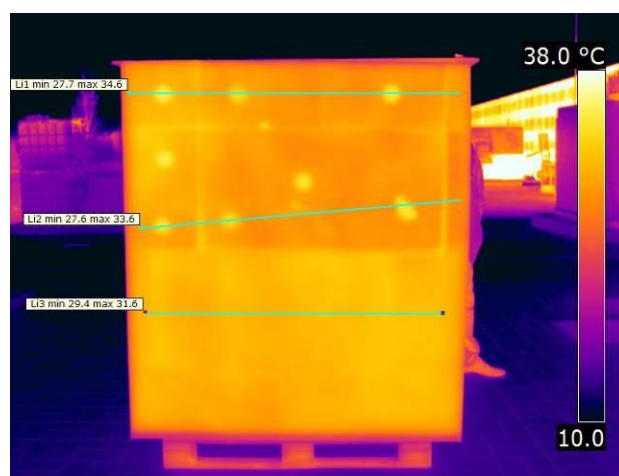
*Indagini su manufatto con coefficiente di assorbimento solare medio con termocamera fissa 28/03/2012*



*Indagini su manufatto con coefficiente di assorbimento solare medio, chiaro e con struttura in lana di roccia e tasselli senza rondella 04/05/2012*



*Indagine termografica di caricamento della superficie esterna della parete con coefficiente di assorbimento solare medio*



*Indagine termografica di scaricamento della superficie esterna della parete con coefficiente di assorbimento solare medio*

Per poter analizzare adeguatamente cosa accade nei vari casi indicati dalle indagini termografiche e per poter capire se sono anomalie o meno dal punto di vista della posa, è necessario soffermarsi su alcuni cenni relativi alla trasmissione del calore in regime variabile sulla superficie del cappotto.

### Cenni alla trasmissione del calore in regime variabile

Nella trasmissione del calore in regime variabile (ovvero con temperature al contorno che oscillano nel tempo) la resistenza termica, la conduttività e lo spessore di ogni materiale non sono sufficienti a spiegare il comportamento termico dei vari strati. E' infatti necessario valutare i materiali conoscendone anche la densità e il calore specifico.

Il parametro che caratterizza i materiali in regime variabile è l'effusività termica  $b$ .

### Effusività termica

L'effusività termica  $b$  è un indice della risposta energetica di un materiale sollecitato energeticamente: la temperatura superficiale esterna del rivestimento a cappotto soggetto a irraggiamento solare è fortemente influenzata da come il materiale in superficie conduce termicamente e dalla sua possibilità di accumulare calore per scaldarsi: l'effusività, in questo contesto, riassume la facilità di riscaldamento del materiale soggetto a irraggiamento solare: minore il valore, minore la quantità di energia necessaria a scaldare il materiale.

$$b = (\lambda \cdot \rho \cdot c)^{0.5} \text{ [J/m}^2\text{s}^{1/2}\text{K]}$$

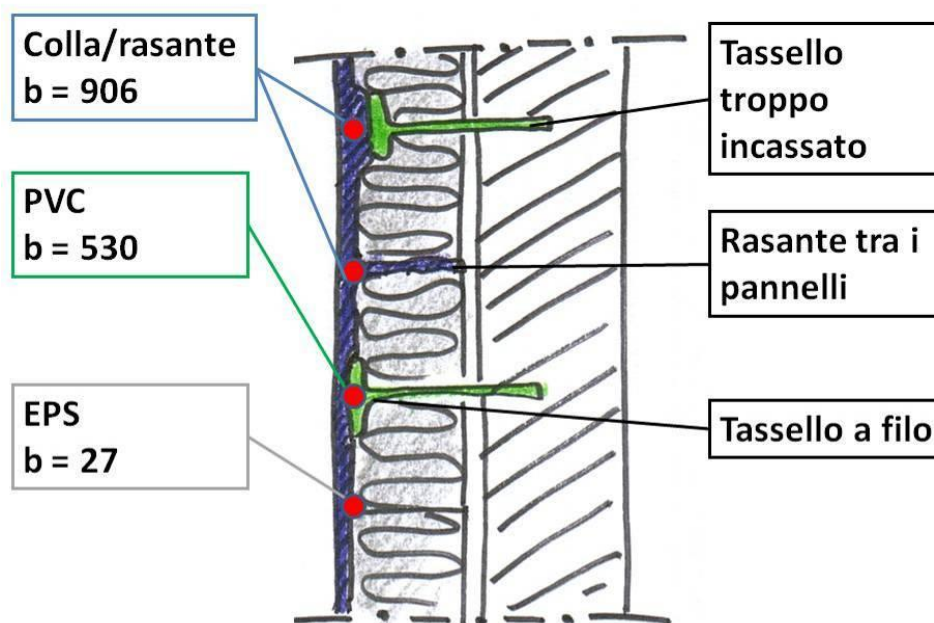
Confrontando i valori di effusività  $b$  per i materiali presenti in superficie ad un cappotto dell'esempio riportato si ottiene:

Materiale	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Calore specifico [J/kgK]	Capacità termica volumetrica [kJ/m <sup>3</sup> K]	Conduttività termica [W/mK]	Effusività termica [J/m <sup>2</sup> s <sup>1/2</sup> K]
Colla/rasante	1400	837	1172	0.70	906
EPS additivato con grafite	15	1450	22	0.033	27
PVC (del tassello)	1400	1255	1757	0.16	530

Analizzando le caratteristiche dei materiali si può comprendere il diverso comportamento che essi avranno nei confronti del caricamento energetico dovuto all'irraggiamento e quindi dello scaricamento dovuto all'ombreggiamento.

Il pvc e la colla/rasante hanno valori di effusività  $b$  e di capacità termica molto differenti rispetto all'EPS e quindi reagiscono in maniera differente rispetto alla sollecitazione:

- in caso di irraggiamento solare la sollecitazione tende a scaldare la superficie e quindi il pvc e la colla/rasante, avendo un valore di effusività decisamente maggiore dell'EPS, saranno inizialmente più freddi rispetto all'EPS poiché a parità di energia assorbita l'EPS si scalderà con maggiore facilità; i tasselli e i giunti di colla/rasante saranno punti più freddi;
- in caso di ombreggiamento la sollecitazione è di raffreddamento e quindi il pvc e la colla rasante, avendo una maggiore capacità termica volumetrica (e maggiore di due ordini di grandezza) avranno accumulato maggiore quantità di energia e quindi saranno inizialmente più caldi rispetto all'EPS che si raffredda più rapidamente; i tasselli e i giunti di colla/rasante saranno punti più caldi.



*Casistica di materiali in superficie con differenti valori di diffusività termica*

Le valutazioni compiute sono valide solo per i primi strati di materiale investiti dall'irraggiamento solare ma non sono estendibili all'intera struttura che in tal caso è da studiare in accordo con la norma UNI EN 13786 e i parametri di sfasamento temporale, attenuazione e trasmittanza termica periodica  $Y_{ie}$ ; per tali valutazioni il parametro di riferimento è la diffusività termica  $a$ .

La diffusività termica  $a$  è infatti il parametro per valutare l'attitudine di un materiale a lasciarsi penetrare dall'energia termica e può rappresentare la "velocità di penetrazione del calore" del materiale in termini di calore (se la struttura è oggetto di irraggiamento solare).

La diffusività termica  $a$  [ $m^2/10^6s$ ] è valutata come:

$$a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c} \quad [m^2/s \cdot 10^6]$$

Maggiore il valore del parametro di diffusività, maggiore la velocità di riscaldamento della struttura. Tra i tre materiali indicati in tabella il PVC ha la minore diffusività termica: a parità di energia radiante, l'ingresso di calore nella struttura sarà maggiormente ostacolato grazie alla capacità termica del tassello unita al valore ridotto di conduttività termica.

Materiale	Densità [kg/m <sup>3</sup> ]	Calore specifico [J/kgK]	Capacità termica volumetrica [kJ/m <sup>3</sup> K]	Conduttività termica [W/mK]	Diffusività termica $a$ [m <sup>2</sup> /s 10 <sup>6</sup> ]
Colla rasante	1400	837	1172	0.70	0.60
EPS additivato con grafite	15	1450	22	0.033	1.52
PVC (del tassello)	1400	1255	1757	0.16	0.09

Analizzando le caratteristiche dei materiali posti in superficie ad un cappotto, evidenziati in tabella, si può comprendere il diverso comportamento che essi avranno nei confronti del caricamento energetico dovuto all'irraggiamento e dello scaricamento dovuto all'ombreggiamento.

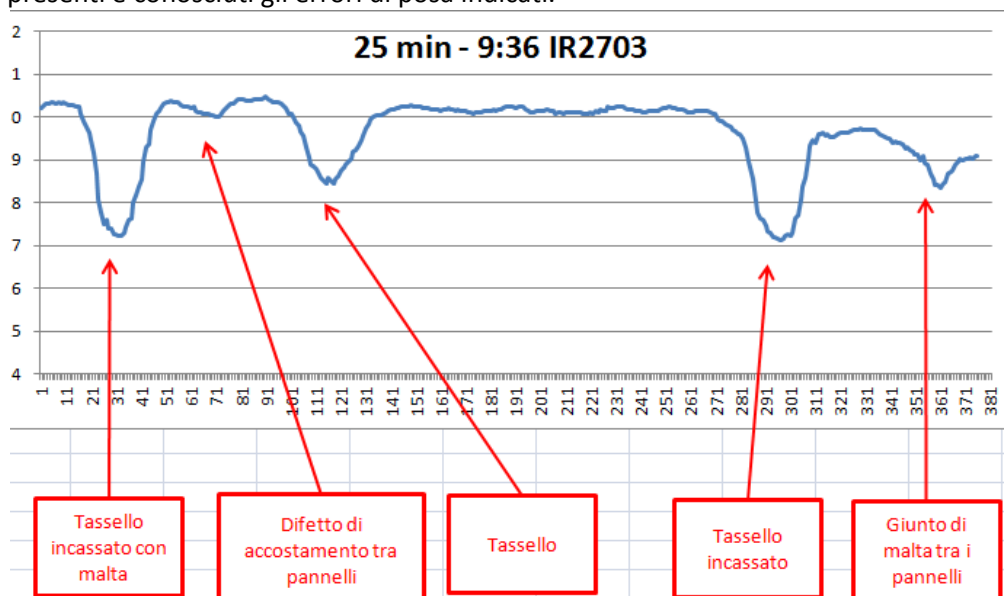
## Esempio di analisi di caricamento

Condizioni: esposizione est, Milano, marzo, assenza di vento, parete in condizioni iniziali a temperatura ambientale di circa 18 °C, coefficiente di assorbimento solare stimato  $\alpha = 0.6$ .

Termocamera impiegata: FLIR T640, obiettivo FOL 13 (FOV 45° x 30°)

A fronte della grande quantità di energia che investe la superficie per effetto dell'irraggiamento solare la parte con isolante si scalda più rapidamente poiché le zone con colla rasante hanno una maggiore capacità termica. Per i tasselli il comportamento è analogo poiché pur essendo maggiormente conduttivi, hanno anch'essi una maggiore capacità termica. Il comportamento delle temperature superficiali è quindi condizionato dall'effusività  $b$ .

Il seguente grafico mostra le differenze di temperatura che si verificano sulla parte superiore del manufatto dove sono presenti e conosciuti gli errori di posa indicati.



*Esempio di valutazione delle temperature superficiali con indicazione di temperature differenti*

La struttura è stata indagata per più di 2 ore dall'inizio dell'irraggiamento e sono stati analizzati i dati di temperatura superficiale per periodi di irraggiamento rappresentativi con una griglia di analisi come da tabella seguente:

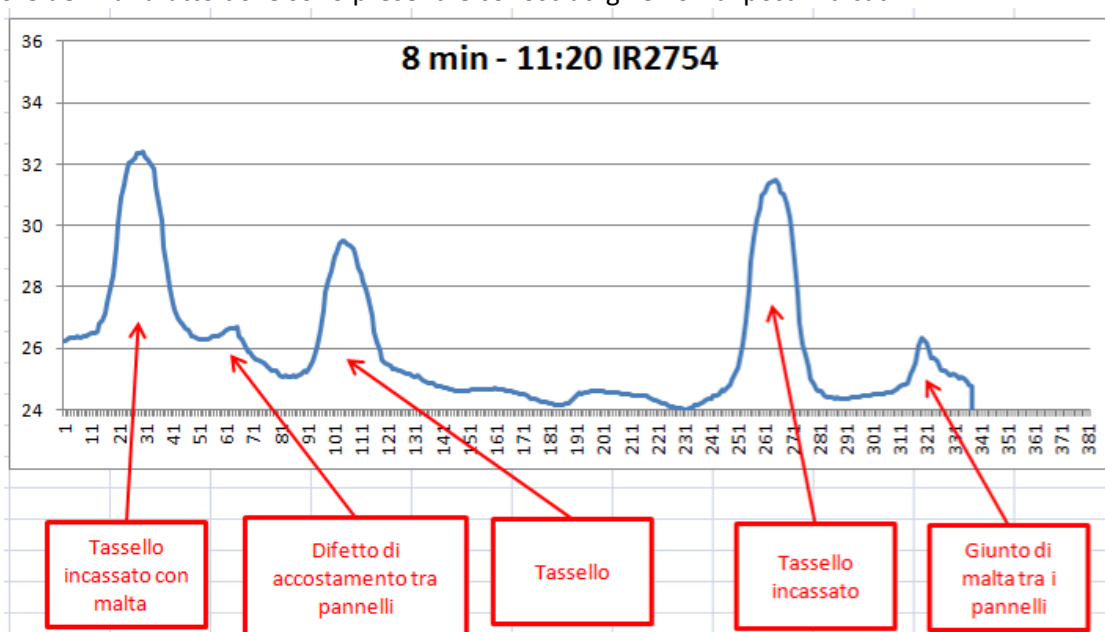
Tempo irr.	Ora	$\Delta T$ di rilevazione	Cosa si vede?	Come si vede?	E' un'anomalia di posa?	Riferimento immagine termografica
25'	9:36	7°C	tasselli incassati e con malta	+ freddo distintamente ( $\Delta T > 2$ °C)	Sì	IR 2703
			difetto di accostamento tra pannelli	+ freddo non distintamente ( $\Delta T < 0.5$ °C)	Si	IR 2703
			tasselli	+ freddo distintamente ( $\Delta T > 1$ °C)	No	IR 2703
			malta tra i pannelli	+ freddo distintamente ( $\Delta T = 0.5$ °C)	Si	IR 2703
			accostamento corretto tra pannelli	-	No	IR 2703
			tasselli con rondella in EPS	+ freddo non distintamente ( $\Delta T < 0.5$ °C)	No	IR 2703

## Scaricamento

Condizioni: esposizione in ombra, Milano, marzo, assenza di vento, parete in condizioni iniziali a temperatura superficiale pari a circa 40 °C, coefficiente di emissione stimato  $\epsilon = 0.95$  (con lunghezze d'onda della radiazione  $\lambda$  comprese tra 8-14  $\mu\text{m}$ ), coefficiente di assorbimento solare stimato  $\alpha = 0.6$ , temperatura dell'aria di circa 18°C.

Termocamera impiegata: FLIR T640, obiettivo FOL 13 (FOV 45° x 30°)

Il comportamento dei componenti a seguito dell'irraggiamento in fase di scaricamento può essere così semplificato: gli strati superficiali sono differenziati tra materiale isolante con bassa conducibilità termica e ridotta capacità termica e colla rasante o tasselli in PVC con elevata conducibilità termica e maggiore capacità termica. A fronte dell'energia accumulata per effetto dell'irraggiamento solare la parte con isolante si raffredda più velocemente poiché è minore l'energia accumulata ovvero è minore la capacità termica volumetrica. Il seguente grafico mostra le differenze di temperatura che si verificano sulla parte superiore del manufatto dove sono presenti e conosciuti gli errori di posa indicati.



*Esempio di valutazione delle temperature superficiali con indicazione di temperature differenti*

Si noti come l'immagine di scaricamento sia lo specchio dell'immagine di caricamento. Dove il materiale impiega maggiore tempo per scaldarsi, rimanendo più freddo (caricamento), lo stesso materiale impiega maggiore tempo per raffreddarsi e quindi rimane più caldo (scaricamento).

Tempo da fine irr.	Ora	$\Delta T$ di rilevazione	Cosa si vede?	Come si vede?	E' un'anomalia di posa?	Riferimento immagine termografica
8'	11:20	30°C	tasselli incassati e con malta	+ caldo molto distintamente ( $\Delta T > 4$ °C)	Sì	IR 2754
			difetto di accostamento tra pannelli	+ caldo non distintamente ( $\Delta T < 0.5$ °C)	Si	IR 2754
			tasselli	+ caldo molto distintamente ( $\Delta T > 3$ °C)	No	IR 2754
			malta tra i pannelli	+ caldo distintamente ( $\Delta T > 2$ °C)	Si	IR 2754
			accostamento corretto tra pannelli	-	No	IR 2754
			tasselli con rondella in EPS	-	No	IR 2754

## 2. MISURE IN REGIME QUASI STAZIONARIO

### Condizioni di misura:

Coefficiente di emissività superficiale	$\epsilon = 0.9$ alto emissivo
Quando devo essere in campo?	Edificio condizionato, differenza di temperatura dell'aria tra interno ed esterno $> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , Flusso della parete derivante dalla differenza di cui sopra (assenza di irraggiamento solare, assenza di variazione rapida e significativa di temperatura dell'aria esterna)
Entro quanto tempo devo indagare la struttura?	È opportuno indagare la struttura prima che la temperatura dell'aria esterna abbia variazione in termini di riscaldamento che influenzino la superficie esterna
Che differenze di temperatura devo essere in grado di leggere?	La strumentazione coniugata con la distanza di indagine deve garantire la lettura di $\Delta T$ di almeno $0.2^{\circ}\text{C}$ . Ciò significa che lo strumento termografico a disposizione dovrebbe avere un buon fattore di merito con una sensibilità termica minima (NETD) di almeno $0,08-0,1^{\circ}\text{C}$

### Risultati attesi dal tipo di indagine su cappotto in EPS:

Coefficiente di emissività superficiale	$\epsilon = 0.9$ alto emissivo
Che differenze di temperatura mi aspetto?	$\Delta T$ compresi tra $0.2$ e $0.5$ e $3^{\circ}\text{C}$
Individuazione di tasselli?	Si individuano i tasselli senza rondella in EPS posati bene o male
Individuazione dello schema di posa dei tasselli	E' possibile valutare distintamente sulla base della disposizione dei tasselli se è presente uno schema di posa corretto
Individuazione giunti di malta?	Si individuano distintamente i giunti di malta

### 3. MISURE IN CARICAMENTO (IRRAGGIAMENTO SOLARE)

#### Condizioni di misura:

Coefficiente di assorbimento solare	$\alpha = 0.8$ alto	$\alpha = 0.1$ - basso
Quando devo essere in campo?	Possibilmente all'inizio dell'irraggiamento solare	<b><u>Necessariamente all'inizio dell'irraggiamento solare</u></b>
Entro quanto tempo devo indagare la struttura?	È opportuno indagare la struttura entro <b>i primi 50</b> minuti di irraggiamento	È opportuno indagare la struttura entro <b>i primi 20</b> minuti di irraggiamento
Che differenze di temperatura devo essere in grado di leggere?	La strumentazione coniugata con la distanza di indagine devono garantire la lettura di $\Delta T$ di almeno $1^\circ\text{C}$ . Ciò significa che lo strumento termografico a disposizione dovrebbe avere un buon fattore di merito con una sensibilità termica minima (NETD) di almeno $0,08-0,1^\circ\text{C}$	La strumentazione coniugata con la distanza di indagine devono garantire la lettura di $\Delta T$ di almeno $1^\circ\text{C}$ . Ciò significa che lo strumento termografico a disposizione dovrebbe avere un elevato fattore di merito con una sensibilità termica minima (NETD) di almeno $0,05-0,03^\circ\text{C}$

#### Risultati attesi dal tipo di indagine su cappotto in EPS:

Coefficiente di assorbimento solare	$\alpha = 0.8$ alto	$\alpha = 0.1$ - basso
Che differenze di temperatura mi aspetto?	$\Delta T$ compresi tra $0.5$ e $3^\circ\text{C}$	$\Delta T$ compresi tra $0.5$ e $1^\circ\text{C}$
Individuazione di tasselli?	Si individuano distintamente i tasselli senza rondella in EPS posati bene o male	Si individuano i tasselli senza rondella posati bene o male
Individuazione dello schema di posa dei tasselli	E' possibile valutare distintamente sulla base della disposizione dei tasselli se è presente uno schema di posa corretto	E' possibile valutare sulla base della disposizione dei tasselli se è presente uno schema di posa corretto
Individuazione giunti di malta?	Si individuano distintamente i giunti di malta	Si individuano i giunti di malta

## Report di indagine di caricamento



### Descrizione della prova:

La prova è stata effettuata in accordo con le indicazioni della norma UNI EN 13187 con termocamera infrarossa modello T640 di FLIR Systems in manufatto sito a Vermezzo.

### Descrizione del manufatto

La parete del manufatto è orientata ad est ed è realizzata con un cappotto in EPS additivato con grafite con comuni errori di posa nella parte alta e a regola d'arte nella parte bassa.

### Materiali impiegati sulla superficie:

Il rivestimento superficiale è realizzato con finitura con alta emissività nell'infrarosso IR lontano e medio coefficiente di assorbimento solare.

### Data e ora della prova

28/03/2012, dalle 9:15 alle 11:04

**Condizioni climatiche:** temperatura dell'aria 18°C, assenza di vento e precipitazione, cielo non coperto

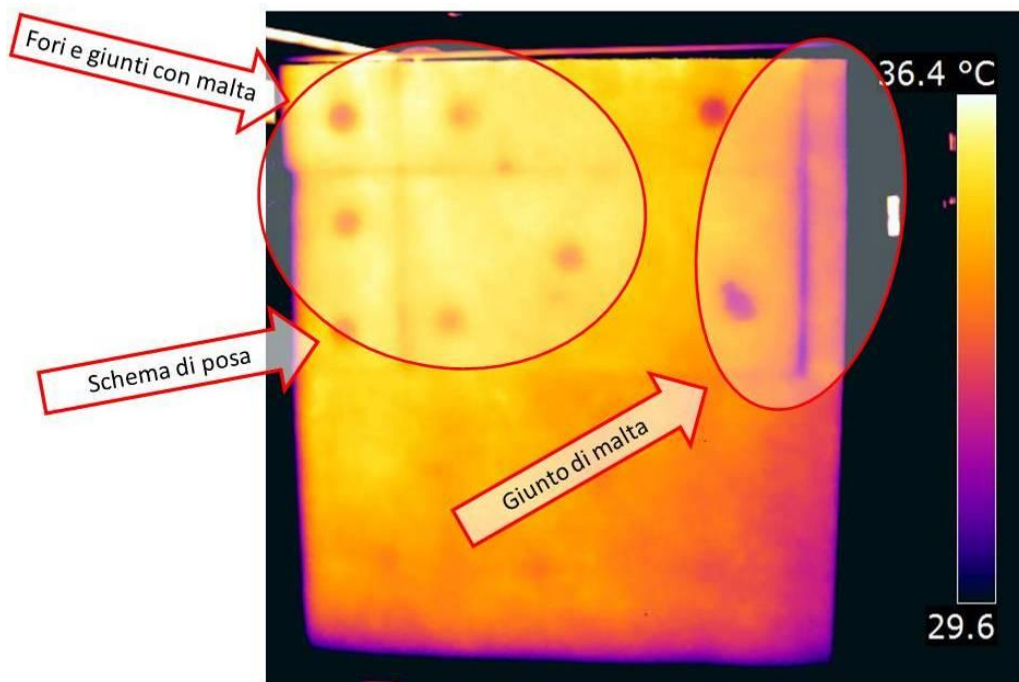


Immagine termografica IR2713

### Risultati indagine:

- lo schema di posa non è corretto
- sono presenti giunti di malta tra i pannelli
- i tasselli sono posati incassandoli

### Conclusioni

- il non corretto schema di posa dei tasselli mostra la non padronanza del sistema di posa del cappotto delle maestranze impiegate
- la presenza di malta nei giunti, nei tasselli e nei buchi potrà comportare difetti estetici di differente macchiatura e possibili difetti di degrado futuri



#### 4. MISURE IN SCARICAMENTO (OMBREGGIAMENTO)

##### Condizioni di misura:

Coefficiente di assorbimento solare	$\alpha = 0.8$ alto	$\alpha = 0.1$ - basso
Emissività nell'infrarosso lontano	$\varepsilon = 0.95$	$\varepsilon = 0.95$
Quando devo essere in campo?	<b><u>Necessariamente all'inizio dell'ombreggiamento</u></b>	<b><u>Necessariamente all'inizio dell'ombreggiamento</u></b>
Entro quando devo indagare la struttura	È opportuno indagare la struttura entro <b>i primi 10</b> minuti di scaricamento	È opportuno indagare la struttura entro <b>i primi 10</b> minuti di scaricamento
Che differenze di temperatura devo essere in grado di leggere?	La strumentazione coniugata con la distanza di indagine devono garantire la lettura di $\Delta T$ di almeno $2^{\circ}\text{C}$ . Ciò significa che lo strumento termografico a disposizione dovrebbe avere buon fattore di merito con una sensibilità termica minima (NETD) di almeno $0,08-0,1^{\circ}\text{C}$	La strumentazione coniugata con la distanza di indagine devono garantire la lettura di $\Delta T$ di almeno $1^{\circ}\text{C}$ . Ciò significa che lo strumento termografico a disposizione dovrebbe avere buon fattore di merito con una sensibilità termica minima (NETD) di almeno $0,08-0,1^{\circ}\text{C}$

##### Risultati attesi dal tipo di indagine su cappotto in EPS:

Coefficiente di assorbimento solare	$\alpha = 0.8$ alto	$\alpha = 0.1$ - basso
Che differenze di temperatura mi aspetto?	$\Delta T$ compresi tra $2$ e $8^{\circ}\text{C}$	$\Delta T$ compresi tra $0.5$ e $2^{\circ}\text{C}$
Individuazione di tasselli?	Si individuano i tasselli senza rondella posati bene o male distintamente	Si individuano i tasselli senza rondella posati bene o male
Individuazione giunti di malta?	Si individuano i giunti di malta distintamente	Si individuano i giunti di malta non molto distintamente
Individuazione dello schema di posa di tasselli	E' possibile valutare distintamente sulla base della disposizione dei tasselli se è presente uno schema di posa corretto	E' possibile valutare sulla base della disposizione dei tasselli se è presente uno schema di posa corretto

## Report di indagine di scaricamento

	<p><b>Descrizione della prova:</b> La prova è stata effettuata in accordo con le indicazioni della norma UNI EN 13187 con termocamera infrarossa modello T640 di FLIR Systems in manufatto sito a Vermezzo.</p> <p><b>Descrizione del manufatto</b> La parete del manufatto è orientata ad est ed è realizzata con un cappotto in EPS additivato con grafite con comuni errori di posa nella parte alta e a regola d'arte nella parte bassa.</p> <p><b>Materiali impiegati sulla superficie:</b> Il rivestimento superficiale è realizzato con finitura con alta emissività nell'infrarosso IR lontano e medio coefficiente di assorbimento solare.</p> <p><b>Data e ora della prova</b> 28/03/2012, dalle 11:12 alle 12:02</p> <p><b>Condizioni climatiche:</b> temperatura dell'aria 18°C, assenza di vento e precipitazione, cielo non coperto</p>
---	---

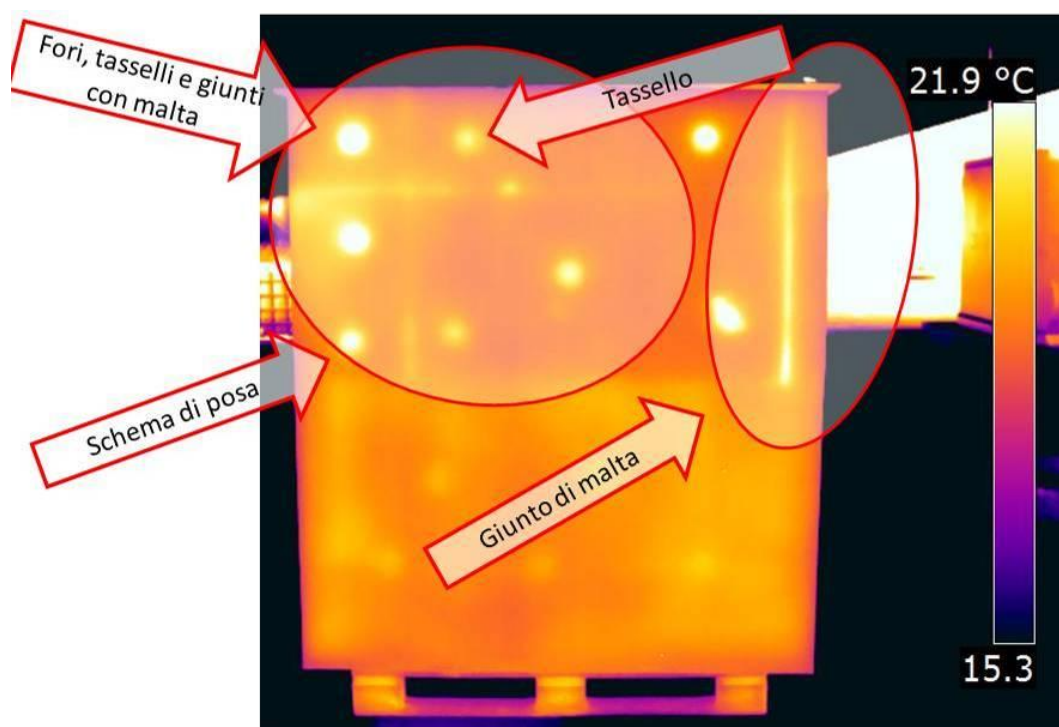


Immagine termografica IR2713

### Risultati indagine:

- lo schema di posa non è corretto
- sono presenti giunti di malta tra i pannelli
- i tasselli sono posati incassandoli

### Conclusioni

- il non corretto schema di posa dei tasselli mostra la non padronanza del sistema di posa del cappotto delle maestranze impiegate
- la presenza di malta nei giunti, nei tasselli e nei buchi potrà comportare difetti estetici di differente macchiatura e possibili difetti di degrado futuri

## 5. MISURE IN CAMPO in REGIME QUASI STAZIONARIO

### Esempio di cappotto con tasselli senza rondelle

Ore di indagine – passiva ore 21:00 – 21:30

Mese indagine: marzo

Intervento realizzato nel 2011-2012

Condominio con cappotto in EPS da 6 e 8 cm con tasselli non a taglio termico senza rondella in EPS.

Tassellatura posata con cura.

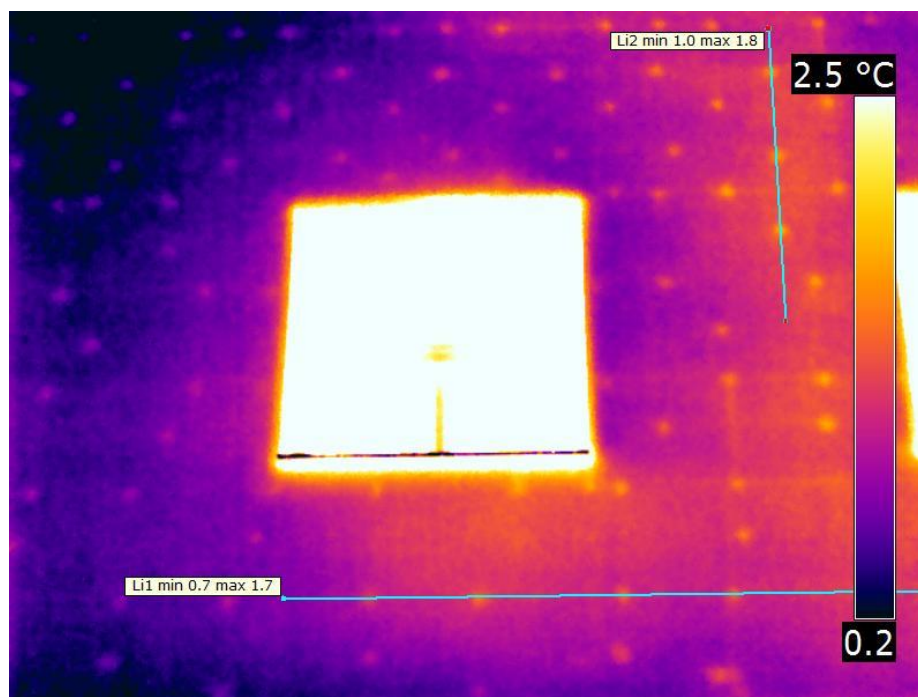


In relazione alla tipologia di posa del cappotto è presumibile aspettarsi:

- la (termo) visione dei tasselli
- la corretta posa dei tasselli con sistema di tassellatura a T (in relazione agli schemi di posa)
- l'assenza di difetti macroscopici tra i giunti dei pannelli o dei tasselli stuccati (cioè incassati e rivestiti da rasante: errore di posa)

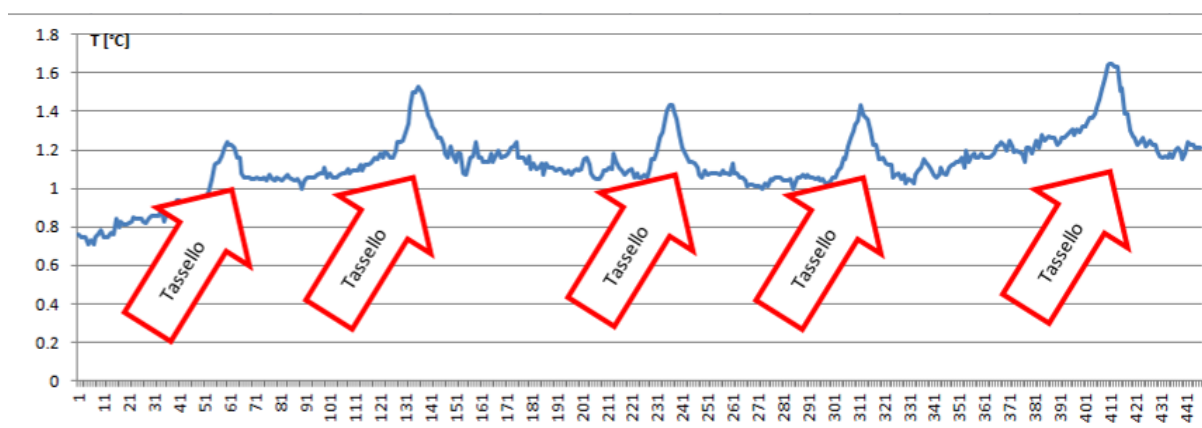
Dall'analisi dei termogrammi realizzati (ne seguono solo alcuni esempi) si possono delineare le seguenti valutazioni:

- le pareti non sono state oggetto di irraggiamento solare;
- il gradiente di temperatura tra l'interno e l'esterno  $\Delta T > 16^\circ\text{C}$  (sono raccomandate differenze di temperatura almeno di  $15^\circ\text{C}$ ) poiché la temperatura esterna dell'aria era compresa tra  $-2$  e  $0^\circ\text{C}$ ;
- **si evidenzia la presenza dei tasselli (più caldi);**
- **si evidenzia lo schema di posa**
- **si evidenzia la presenza di giunti di malta**



*Prospetto est - Immagine 1857*

Nota: dalla lettura dei tasselli si evidenzia un errore di posa dei pannelli: allineamento del giunto orizzontale tra i pannelli agli spigoli dell'apertura.

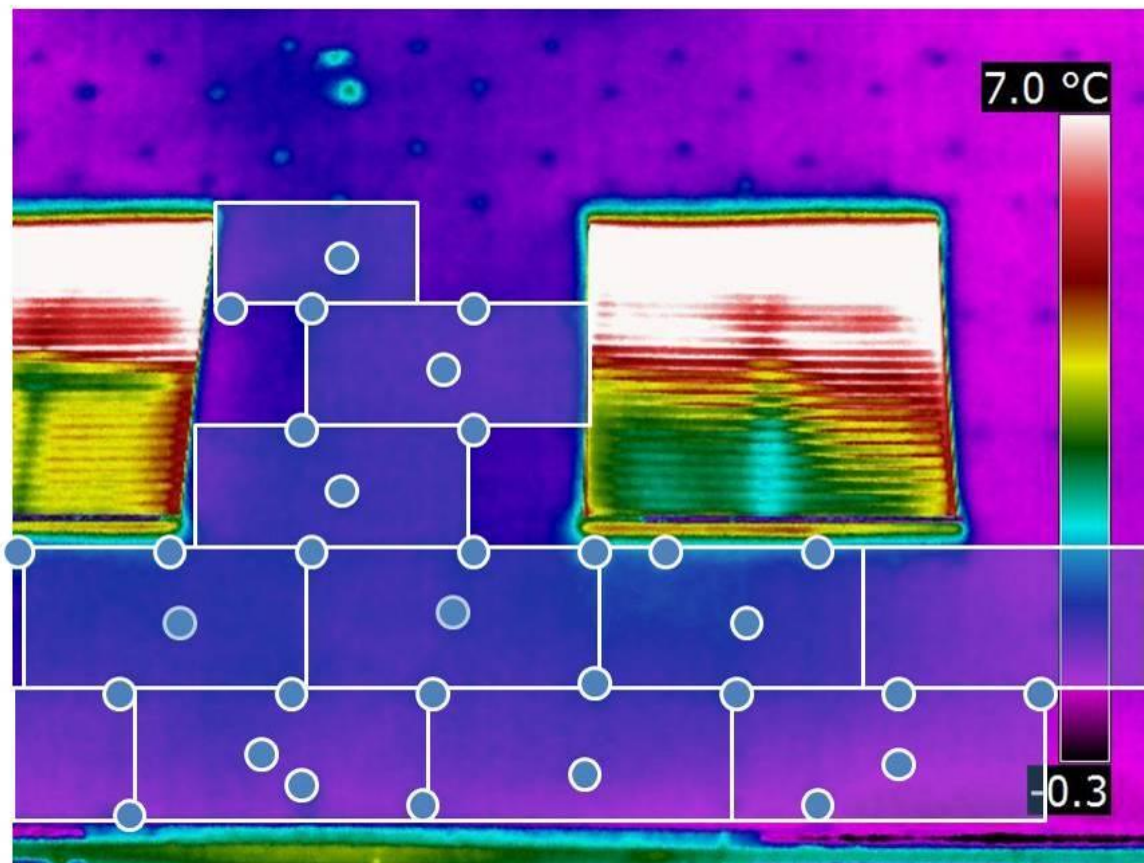


*Esempio di valutazione delle temperature superficiali con indicazione di temperature differenti*

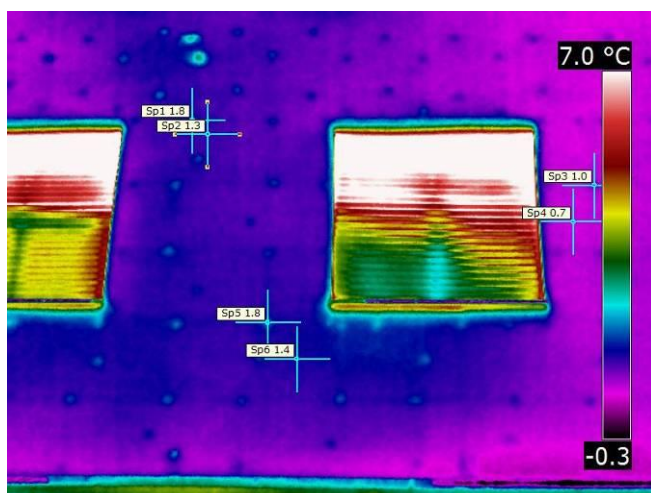
- i tasselli sono rilevabili già ad una distanza di 10 m;
- **in condizioni quasi stazionarie** la tassellatura appare evidente e indagabile se è "leggibile" una differenza di temperatura di almeno  $0.2-0.5^\circ\text{C}$ .

Nota: differenze di temperatura (rilevate in regime stazionario in corrispondenza dei tasselli) elevate (maggiori di  $5^\circ\text{C}$ ) possono evidenziare l'impiego di tasselli non a taglio termico (non idonei).

La visione dei tasselli è un'informazione estremamente preziosa poiché consente di valutare la posa dei pannelli: la posa dei tasselli può essere individuata e ricondotta o meno ad uno schema di posa proposto in funzione del tipo di materiale del pannello. Nell'immagine sottostante si è individuato uno schema di posa che può essere indicativo di un'adeguata preparazione dell'impresa.

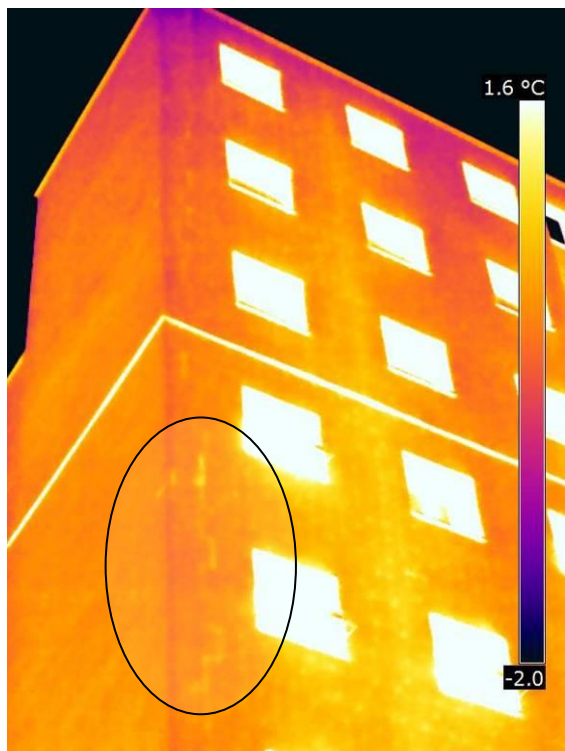


*Schema di posa - prospetto est - Immagine 1855*

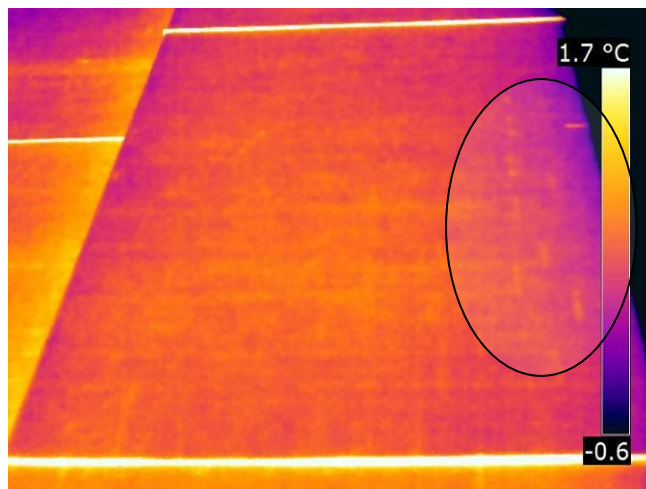


Per vedere i tasselli in questione, la differenza di temperatura è di circa 0.4 °C come attesta l'immagine con tre punti di indagine in cui si paragona il valore nel tassello a quello del pannello.

Ma sono stati realizzati degli errori di posa? Con un'indagine passiva e con la strumentazione idonea è possibile individuare punti in cui i pannelli non sono stati correttamente accostati:



*Giunti di malta?- prospetto est - Immagine 1899*



*Giunti di malta?- prospetto sud - Immagine 1907*

L'indagine passiva in adeguate condizioni climatiche e con la strumentazione adatta restituisce indicazioni sulla posizione dei tasselli, sullo schema di posa e sulla presenza di giunti di malta ed altri fenomeni di ponte termico puntuale.

Vedi video della visualizzazione dei tasselli [www.anit.it](http://www.anit.it)

Vedi video con differenza tra edificio isolato e non isolato a parità di condizioni interne ed esterne: [www.anit.it](http://www.anit.it)

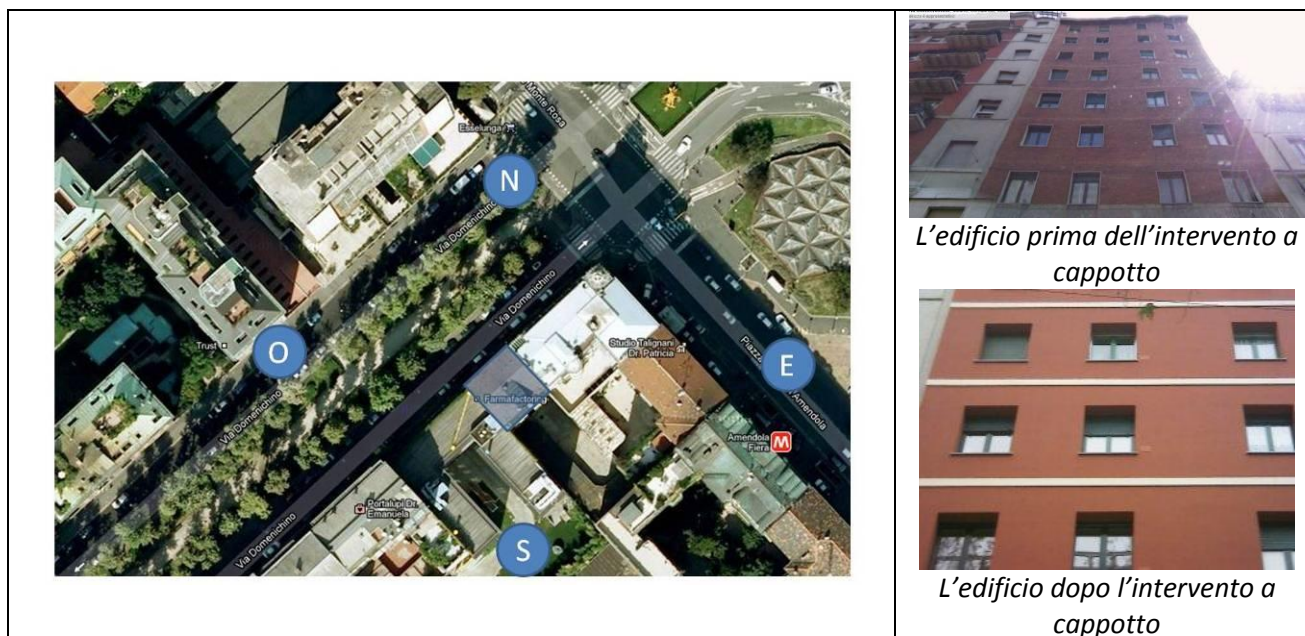
## Esempio di cappotto posato con tasselli

Ore di indagine – passiva ore 20:00 – 21:00

Mese indagine: gennaio

Intervento realizzato nel 2011-2012

Condominio con cappotto.

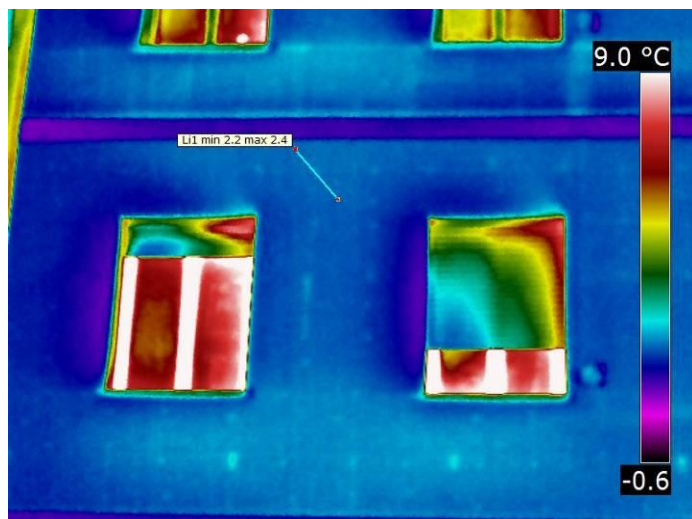


In relazione alla tipologia di posa del cappotto è presumibile aspettarsi:

- la (termo) visione dei tasselli
- la corretta posa dei tasselli con sistema di tassellatura a T (in relazione agli schemi di posa)
- l'assenza di difetti macroscopici tra i giunti dei pannelli o dei tasselli maltati (errore di posa)

Dall'analisi dei termogrammi realizzati (ne seguono solo alcuni esempi) si possono delineare le seguenti valutazioni:

- le pareti non sono state oggetto di irraggiamento solare;
- il gradiente di temperatura tra l'interno e l'esterno  $\Delta T > 16^{\circ}\text{C}$  (sono raccomandate differenze di temperatura almeno di  $15^{\circ}\text{C}$ ) poiché la temperatura esterna dell'aria era compresa tra  $-2$  e  $0^{\circ}\text{C}$ ;
- **si distinguono poco i tasselli (più caldi);**
- **si distingue con difficoltà lo schema di posa**



Prospetto est - Immagine 438

**in condizioni quasi stazionarie** la tassellatura non appare evidente e indagabile; la differenza di temperatura rispetto al tassello è di  $0.1-0.2^{\circ}\text{C}$ .

## Esempio di cappotto posato con tasselli e con rondelle

Ore di indagine – passiva ore 7:30 – 8:00

Intervento realizzato nel 2009-2010

Mese indagine: gennaio

Villetta monofamiliare con cappotto con tasselli e rondelle in EPS additivato con grafite da 22 cm.



*Edificio di due piani con mansarda*

In relazione alla tipologia di posa del cappotto è presumibile aspettarsi:

- l'assenza di (termo) visione dei tasselli
- l'assenza di difetti macroscopici tra i giunti dei pannelli (errori di posa)



Immagine dell'inizio della posa dei tasselli



Immagine dell'inizio della posa dei tasselli



Particolare della posa dei tasselli e della copertura con rondelle in EPS



Dall'analisi dei termogrammi realizzati (ne seguono solo alcuni esempi) si possono delineare le seguenti valutazioni:

- le pareti non sono state oggetto di irraggiamento solare;
- il gradiente di temperatura tra l'interno e l'esterno  $\Delta T > 20^{\circ}\text{C}$  (sono raccomandate differenze di temperatura almeno di  $15^{\circ}\text{C}$ ) poiché la temperatura esterna dell'aria era compresa tra  $-5$  e  $1^{\circ}\text{C}$ ;
- **non si distinguono tasselli (più caldi);**
- **non si evidenziano errori di posa – malta tra i pannelli**



*Prospetto sud-ovest - Immagini 1072-1073*

La differenza di temperatura dell'area è di  $0.7^{\circ}\text{C}$  e non si distinguono i tasselli.



*Prospetto sud-ovest - Immagini 1076-1075*

La differenza di temperatura dell'area è di  $0.6^{\circ}\text{C}$  e non si distinguono i tasselli.

## Esempio di cappotto posato senza tasselli e con giunti di malta

Ore di indagine – passiva ore 14:00 – 15:00

Mese indagine: gennaio

Intervento realizzato nel 1990-1995

Condominio con cappotto senza tasselli in EPS da 5 cm.



Edificio di tre piani

In relazione alla tipologia di posa del cappotto è presumibile aspettarsi:

- l'assenza di (termo) visione dei tasselli (assenza di tasselli)
- la presenza di difetti macroscopici tra i giunti dei pannelli (errori di posa)

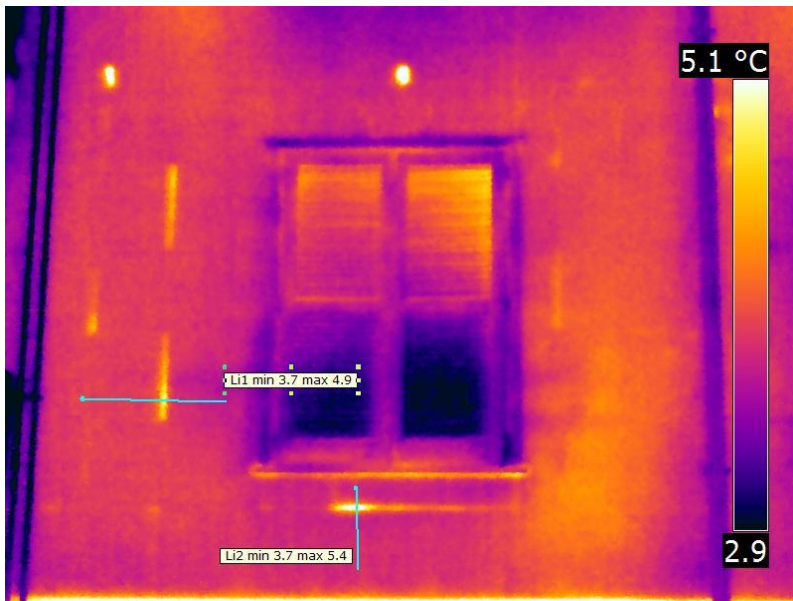
Dall'analisi dei termogrammi realizzati (ne seguono solo alcuni esempi) si possono delineare le seguenti valutazioni:

- le pareti non sono state oggetto di irraggiamento solare;
- il gradiente di temperatura tra l'interno e l'esterno  $\Delta T > 16^\circ\text{C}$  (sono raccomandate differenze di temperatura almeno di  $15^\circ\text{C}$ ) poiché la temperatura esterna dell'aria era compresa tra  $0$  e  $1^\circ\text{C}$ ;
- **non si distinguono tasselli (più caldi): i tasselli non sono stati impiegati;**
- **si evidenziano errori di posa – malta tra i pannelli**



Prospetto ovest - Immagini 1322-1323

La differenza di temperatura tra pannello e malta è compresa tra  $0.7$  e  $0.5^\circ\text{C}$ .



*Prospetto ovest - Immagini 1328-1329*



*Prospetto ovest - Immagini 1342-1343*

La differenza di temperatura tra pannello e malta è compresa tra 0.5 e 1.7 °C.

## 6. MISURE IN CAMPO DI CARICAMENTO e SCARICAMENTO

### Esempio di cappotto ben posato con tasselli senza rondelle

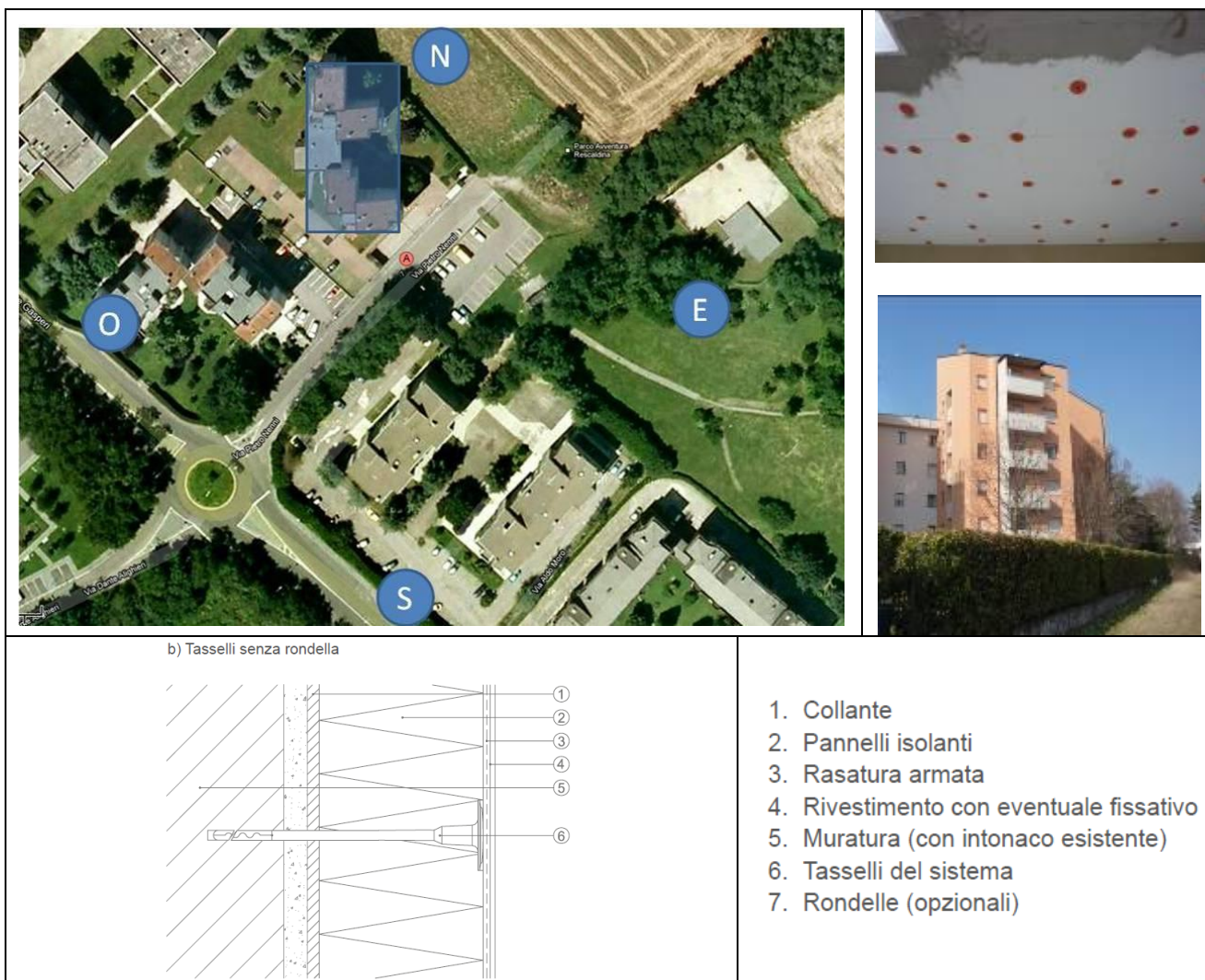
Ore di indagine – caricamento e scaricamento ore 11:40 – 12:44

Mese indagine: marzo

Intervento realizzato nel 2011-2012

Condominio con cappotto in EPS da 6 e 8 cm con tasselli non a taglio termico senza rondella in EPS.

Tassellatura posata con cura; ispezioni in cantiere per la corretta posa.

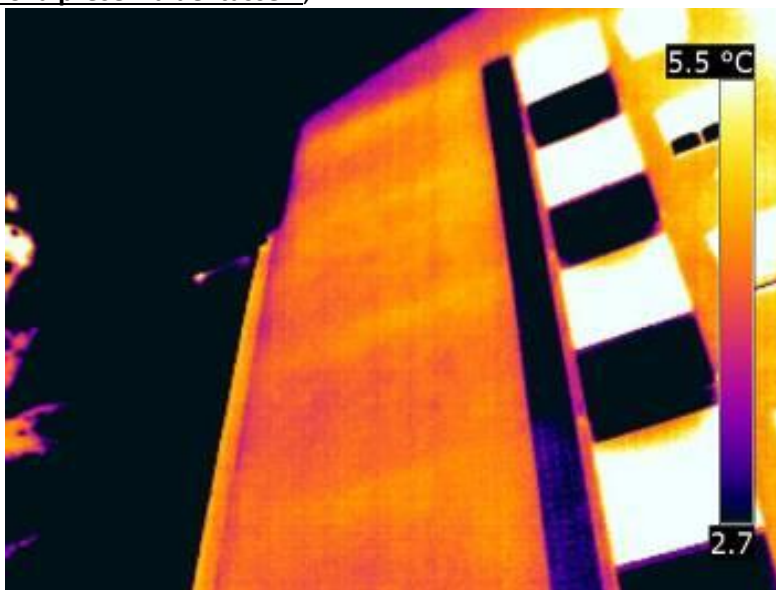


In relazione alla tipologia di posa del cappotto è presumibile aspettarsi:

- la (termo) visione dei tasselli
- la corretta posa dei tasselli con sistema di tassellatura a T (in relazione agli schemi di posa)
- l'assenza di difetti macroscopici tra i giunti dei pannelli o dei tasselli maltati (errore di posa)

Dall'analisi dei termogrammi realizzati (ne seguono solo alcuni esempi) si possono delineare le seguenti valutazioni:

- le pareti non soggette ad irraggiamento solare con esposizione nord e ovest e quindi con gradienti di temperatura tra l'interno e l'esterno  $\Delta T < 10^\circ\text{C}$  (sono raccomandate differenze di temperatura almeno di  $15^\circ\text{C}$ ) **non evidenziano la presenza dei tasselli**;



*Prospetto ovest*

*Immagini 5480 e 5479*

- i tasselli non si "manifestano" né da 10 m né da indagini più vicine (entro 3m);
- **in condizioni variabili** ovvero di caricamento e scaricamento energetico della parete per effetto dell'irraggiamento solare (parete est e sud/est al mattino) **la tassellatura appare evidente e indagabile**;
- in condizioni "stazionarie" di irraggiamento (il sole irradia in un lasso di tempo prolungato) i tasselli non sono più termicamente visibili.



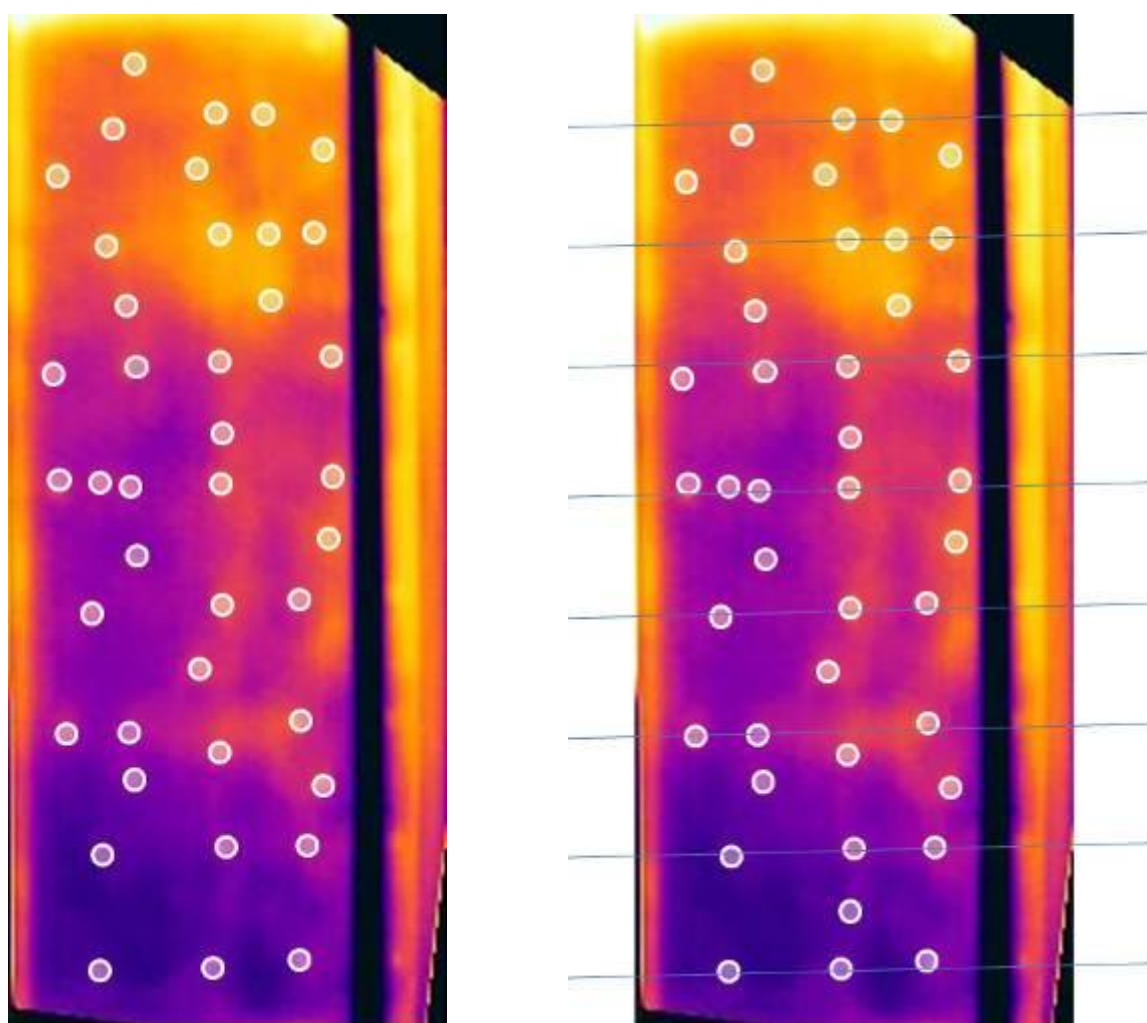
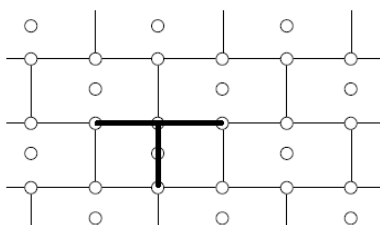
*Prospetto sud e est irradiato e ombreggiato*

*Immagini 5516 e 5515*

La visione dei tasselli è un'informazione estremamente preziosa poiché consente di valutare la posa dei pannelli come da termogrammi che seguono che sono stati oggetto di foto raddrizzamento della parete senza finestra: la posa dei tasselli può essere individuata e ricondotta o meno ad uno schema di posa proposto in funzione del tipo di materiale del pannello.

- Nello schema a T un tassello è posto al centro di ogni pannello e un altro ad ogni incrocio dei giunti. Questo schema è consigliato per l'applicazione dei pannelli in polistirolo espanso.

Fig. 7: schema di tassellatura a "T"



Nell'immagine sono stati individuati i tasselli che appaiono a una prima analisi disposti in maniera caotica mentre a seguito di un'analisi più approfondita è possibile individuare lo schema di posa seguito dagli installatori.

Lo schema di posa non è sempre di immediata lettura, per esempio a causa del riposizionamento dei tasselli mal fissati o dell'utilizzo di pannelli tagliati. E' necessario quindi che l'interpretazione delle immagini avvenga con il supporto di tecnici di cantiere che conoscano le problematiche che si sviluppano nella pratica della posa.

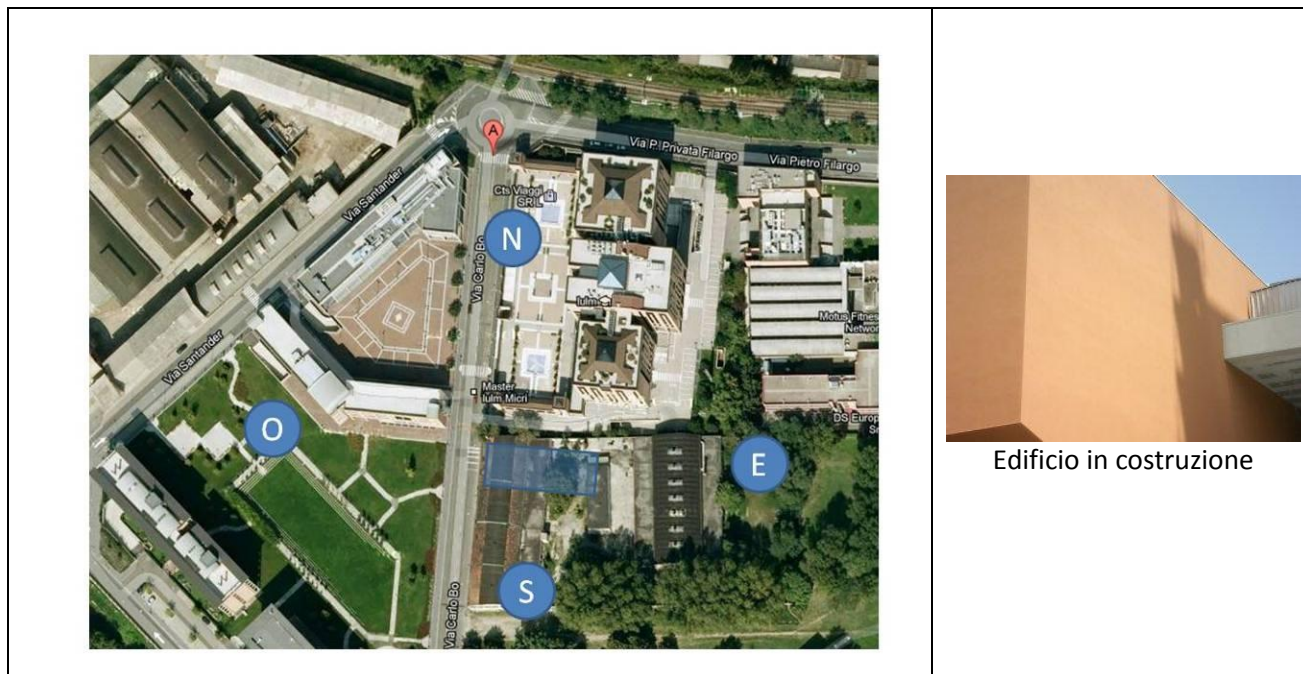
## Esempio di cappotto con tasselli senza rondelle

Ore di indagine –caricamento ore 14:30

Mese indagine: aprile

Intervento realizzato nel 2012-2013

Edificio con cappotto con tasselli senza rondella in EPS.



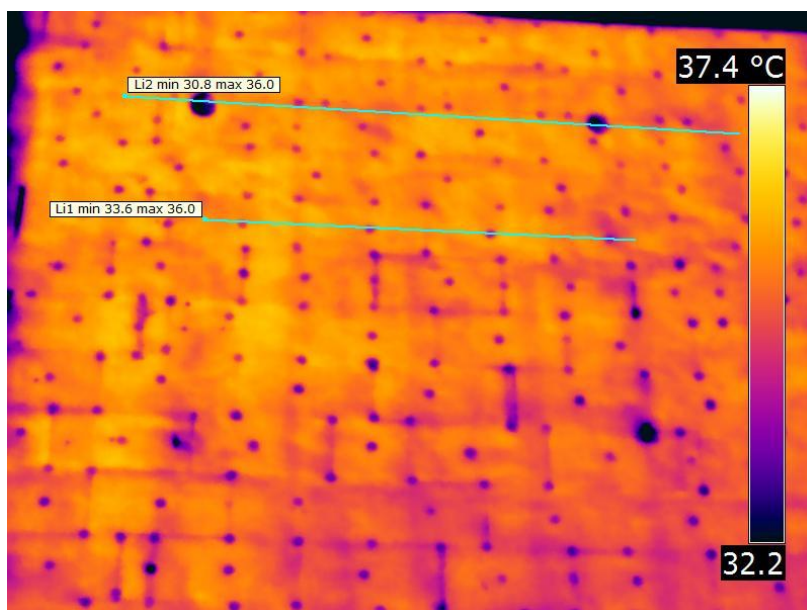
Edificio in costruzione

In relazione alla tipologia di posa del cappotto è presumibile aspettarsi:

- la (termo) visione dei tasselli
- la corretta posa dei tasselli con sistema di tassellatura a (in relazione agli schemi di posa)
- l'assenza di difetti macroscopici tra i giunti dei pannelli o dei tasselli maltati (errore di posa)

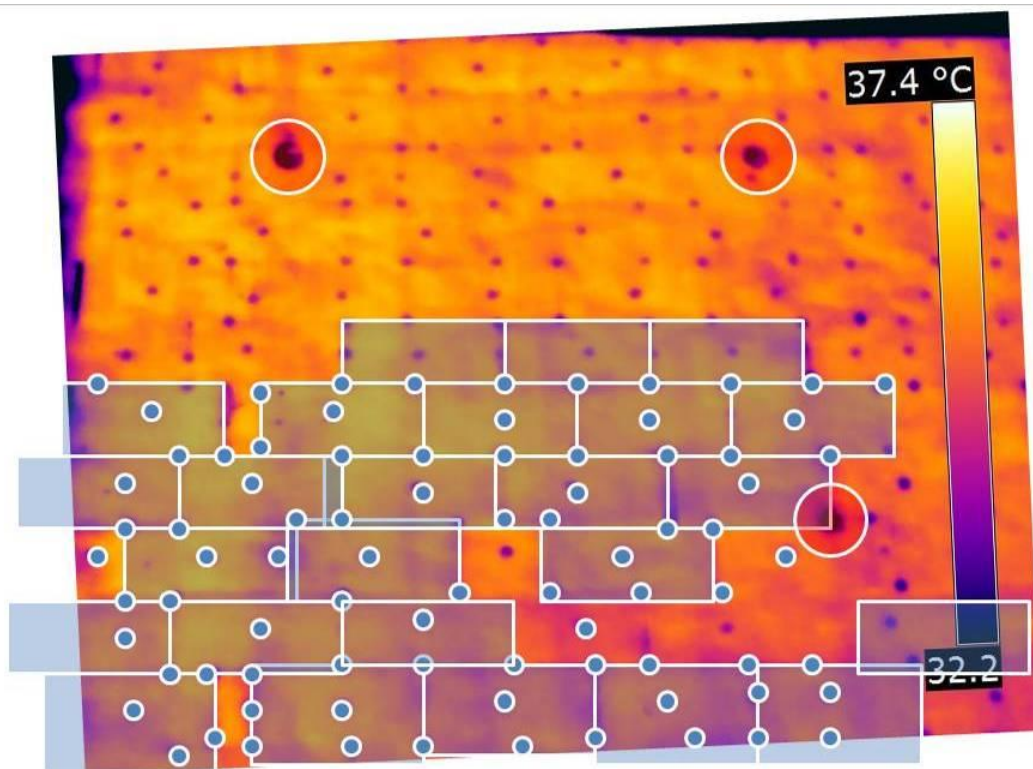


Prospetto ovest

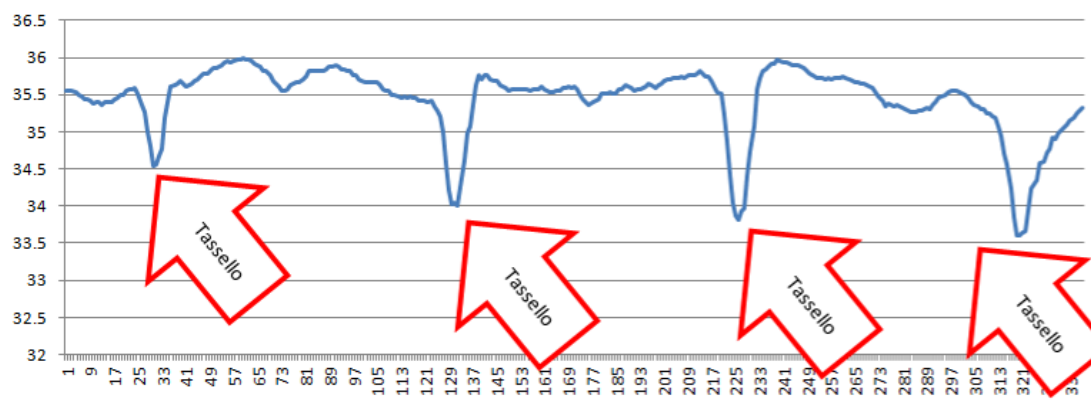


Immagini 2167 e 2168

La visione dei tasselli è un'informazione estremamente preziosa poiché consente di valutare la posa dei pannelli: la posa dei tasselli può essere individuata e ricondotta o meno ad uno schema di posa proposto in funzione del tipo di materiale del pannello. Nell'immagine sottostante si è individuato uno schema di posa che può essere indicativo di un'adeguata preparazione dell'impresa. Nell'immagine sono anche evidenziati alcuni punti di anomalia con temperatura molto diverse rispetto ai tasselli.



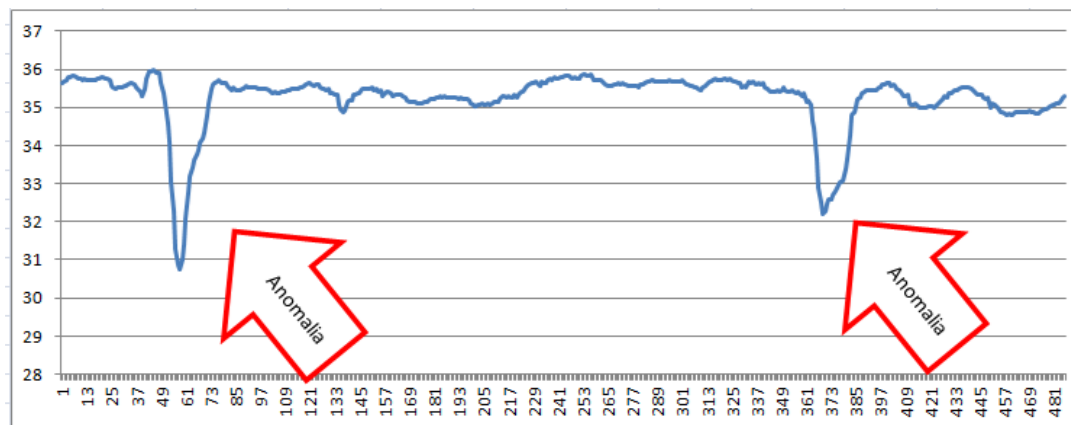
Schema di posa - prospetto ovest - Immagine 2167



Esempio di valutazione delle temperature superficiali con tasselli in "caricamento" in riferimento all'immagine IR 2167, linea Li1

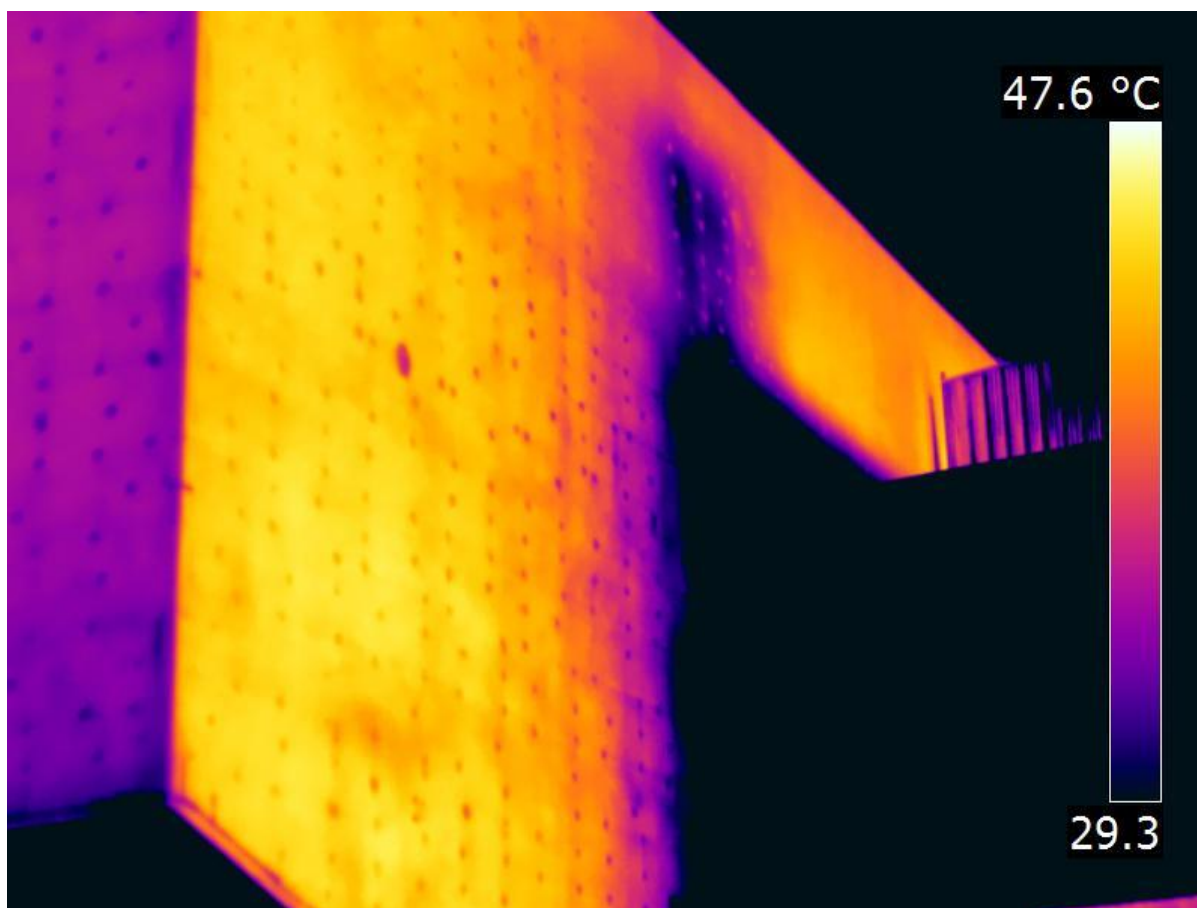
- i tasselli sono rilevabili già ad una distanza di 10 m;
- **in condizioni di caricamento** la tassellatura appare evidente e indagabile e la differenza di temperatura compresa tra 1 e 2 °C;





*Esempio di valutazione delle temperature superficiali con anomalia in caricamento in riferimento all'immagine IR 2167, linea Li2*

- l'anomalia si manifesta già ad una distanza di 10 m;
- **in condizioni di caricamento** l'anomalia appare evidente e indagabile e la differenza di temperatura compresa tra 3 e 5 °C.



*Schema di posa - prospetto sud-ovest - Immagine 2179*

## Esempio di cappotto ben posato con tasselli e rondelle in EPS

Ora di indagine con caricamento: 13:14 – 13:27

Mese indagine: marzo

Intervento del 2011

Villetta con cappotto in EPS da 10 cm con tasselli a taglio termico e rondella in EPS da 2 cm. Tassellatura posata con cura.



In relazione alla struttura è presumibile aspettarsi:

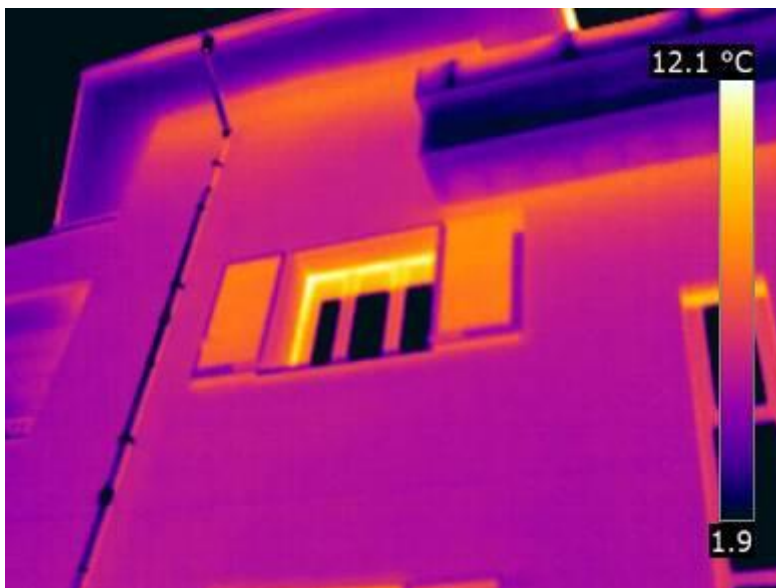
- la non (termo) visione dei tasselli
- assenza di difetti macroscopici tra i giunti dei pannelli o dei tasselli maltati

Dall'analisi dei termogrammi realizzati (ne seguono solo alcuni esempi) si possono delineare le seguenti valutazioni:

- le pareti non soggette ad irraggiamento solare con esposizione nord e ovest e quindi con gradienti di temperatura tra l'interno e l'esterno  $\Delta T < 20^\circ\text{C}$  **non manifestano la presenza dei tasselli anche a distanza ravvicinata**;
- i tasselli non si manifestano né da 10 m né da indagini più vicine (entro 3m);



*Prospetto nord-ovest*

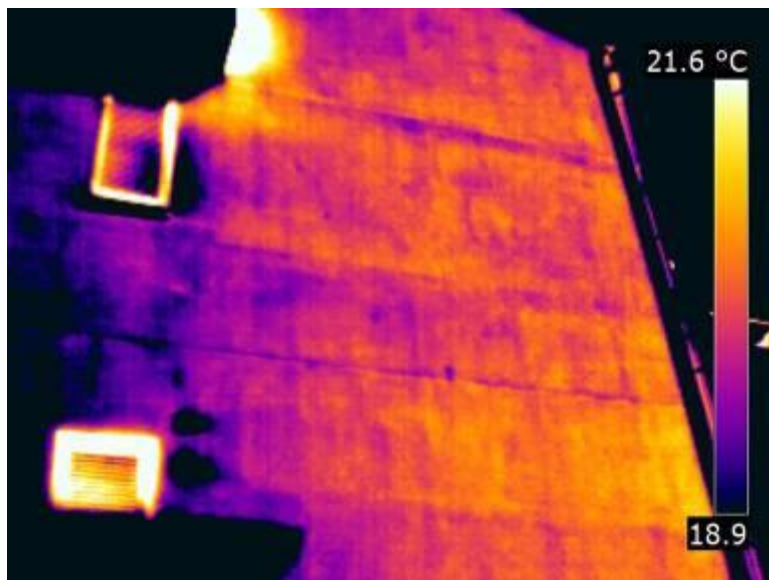


*Immagini 5569 e 5568*

- **in condizioni variabili** ovvero di caricamento e scaricamento energetico della parete per effetto dell'irraggiamento solare (parete est e sud/est al mattino) **la tassellatura non appare evidente e indagabile**;
- per effetto del consistente irraggiamento solare emergono i sormonti della rete della rasatura esterna sopra il cappotto con un passo di circa 90 cm (il che è corretto poiché la rete è larga 1 metro e la sovrapposizione si effettua per 10 cm).



*Prospetto sud*



*Immagini 5590 e 5591*

### Esempio di cappotto con alcune anomalie

Indagine in scaricamento della superficie irradiata: 15:52 – 16:20

Edificio con cappotto in EPS senza tasselli - 1986.

In relazione alla struttura è presumibile aspettarsi:

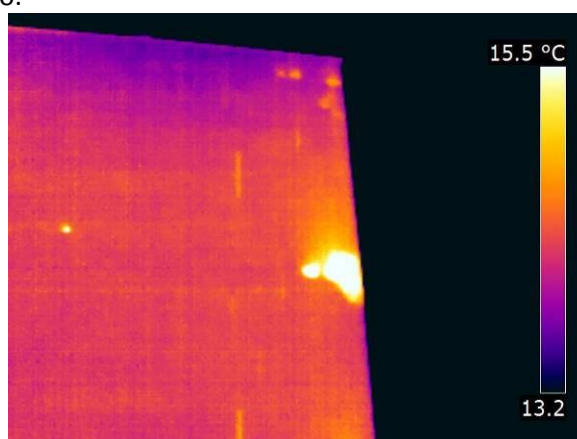
- la non (termo) visione dei tasselli
- presenza o meno a seconda della corretta modalità di posa di giunti tra i pannelli

Dall'analisi dei termogrammi realizzati (ne seguono solo alcuni esempi) si possono delineare le seguenti valutazioni:

- le pareti soggette ad un prolungato irraggiamento solare (>1.5 h) hanno una distribuzione di temperatura uniforme che non consente di evidenziare la presenza di anomalie o meno;
- presenza di anomalie riconducibili a pannelli non perfettamente accostati in parete non oggetto di irraggiamento ma in fase di scaricamento.



Prospetto ovest



Immagini 4363 e 4364

Indagine in scaricamento della superficie irradiata: 16:11 – 16:54

Edificio con cappotto in EPS senza tasselli.

In relazione alla struttura è presumibile aspettarsi:

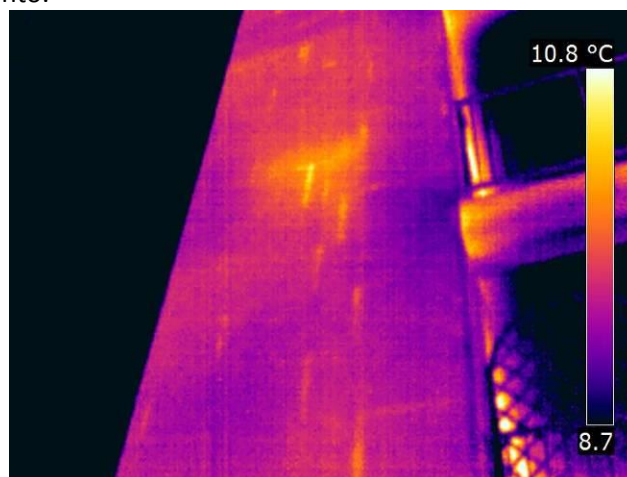
- la non (termo) visione dei tasselli
- presenza o meno a seconda della corretta modalità di posa di giunti tra i pannelli

Dall'analisi dei termogrammi realizzati (ne seguono solo alcuni esempi) si possono delineare le seguenti valutazioni:

- le pareti soggette ad un prolungato irraggiamento solare (>3 h) solare hanno una distribuzione di temperatura uniforme che non consente di evidenziare la presenza di anomalie o meno
- presenza di anomalie riconducibili a pannelli non perfettamente accostati in parete non oggetto di irraggiamento ma in fase di scaricamento.



Prospetto est



Immagini 5682 e 5683

## 7. CONCLUSIONI

Obiettivo generale dello studio è portare consapevolezza nel mondo edile, dalla produzione, alla progettazione, alla realizzazione e all'indagine IR, che il sistema a cappotto è un sistema da scegliere e posare con cura in accordo con le indicazioni del produttore del sistema.

Ai fini della corretta progettazione e della corretta posa è quindi necessario un percorso di informazione e formazione che le aziende e le associazioni rendono disponibili all'interno di eventi di aggiornamento e formazione dedicati sia ai progettisti/direttori lavori, sia agli installatori.

Allo stesso tempo per mezzo dell'indagine termografica è necessario essere consapevoli di ciò che l'operatore termografico individua come anomalia superficiale: è necessario conoscere il sistema a cappotto e cosa, di ciò che si ha l'opportunità di vedere in adeguate condizioni ambientali, posso considerare anomalia o meno.

Il documento si configura quindi come documento trasversale al mondo che ruota intorno alle seguenti fasi edili:

**Progettista termotecnico e direttore lavori:** l'importanza della scelta del sistema a cappotto e di installatori specializzati nella posa del sistema a cappotto

**Installatore:** posare a regola d'arte poiché ciò che si "vede" con l'indagine termografica, si vedrà ben presto come difetto estetico e/o come degrado del rivestimento esterno

**Operatore termografico:** l'importanza di conoscere il sistema a cappotto e di conoscere le corrette condizioni di indagine termografica per riconoscere dalle anomalie termiche le effettive anomalie di posa.

In accordo con l'importanza della formazione e dell'aggiornamento rispetto al tema del seguente studio si ricordano i seguenti enti di formazione:

- ANIT, Associazione Nazionale per l'Isolamento termico ed acustico: centro di aggiornamento per i temi relativi ai ponti termici e alla fisica tecnica dell'edificio  
[www.anit.it](http://www.anit.it)                      [info@anit.it](mailto:info@anit.it)
- Caparol Akademie, centro di formazione per installatori di sistemi a cappotto  
[www.caparol.it](http://www.caparol.it)                      [akademie@caparol.it](mailto:akademie@caparol.it)
- ITC – Infrared Training Center, centro di formazione per operatori termografici di livello 1 e 2  
[www.flir.com](http://www.flir.com)                      [itc@flir.it](mailto:itc@flir.it)

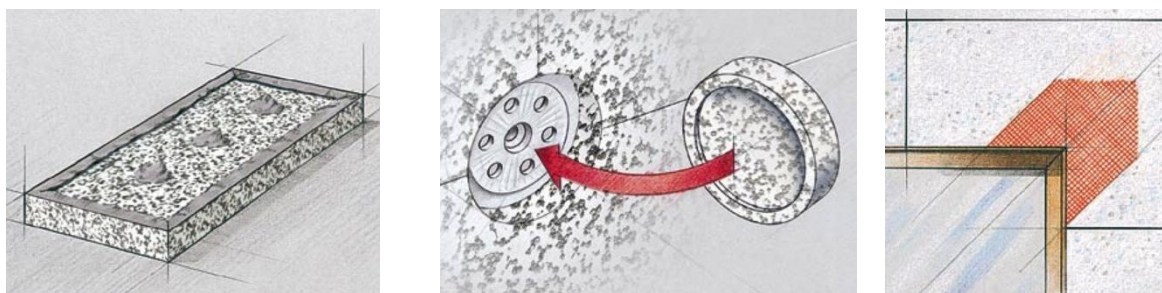
Come indicato in premessa il presente documento si configura come documento di approfondimento sul rapporto indagine termografica e sistema di isolamento a cappotto. È quindi l'inizio di un percorso e sarà suscettibile di modifiche ed integrazioni future legata alla diagnostica igrotermica dei sistemi a cappotto.

## 8. APPENDICE SISTEMA TERMOISOLANTE A CAPPOTTO CAPATECT TOP-LINE

### Sistema Capatect

Isolamento termico a cappotto

Il sistema a cappotto Capatect è fondato sull'esperienza di oltre 50 anni di applicazione e sviluppo tecnico. In tutta Europa Capatect rappresenta la migliore soluzione di isolamento termico per tutte le tipologie di edifici nuovi e per l'adeguamento di quelli esistenti. Si tratta di una linea completa di materiali e componenti che soddisfa tutte le esigenze di un moderno sistema a "cappotto", con ampia possibilità di scelta sia del materiale isolante (polistirene EPS tradizionale, EPS Dalmatiner ad alta resistività termica, lana di roccia, materiali ecologici od isolanti ad alte prestazioni) sia degli altri materiali del ciclo applicativo (rasature armate, collanti, accessori, finiture classiche e speciali con mattoncini a vista Meldorfer o profili decorativi CapaPor).



### Top-Line

#### Sistema di alta qualità con pannelli in polistirene Dalmatiner

Il sistema di isolamento termico Capatect Top-Line, sviluppato con componenti di alta tecnologia, ottiene il massimo grado di efficacia con i pannelli isolanti di nuova concezione Capatect Dalmatiner.

Estremamente resistente agli urti con l'ausilio di rasature armate ad alta resistenza, si distingue grazie alle finiture di tipo silossanico per una estrema traspirabilità ed una elevata resistenza allo sporco. Disponibile anche in versione Carbon per il raggiungimento di resistenze meccaniche più elevate.

Il sistema dispone di numerose certificazioni di idoneità tecnica europea secondo la norma ETAG 004.



## Dalmatiner Fassadendämmplatte 160 I / 164 E

### Pannello in polistirene espanso 50% additivato con grafite e specifico per cappotto

Dalmatiner è un pannello speciale, fabbricato con un processo completamente nuovo di espansione combinata di grani di polistirene bianco misti a grani di polistirene additivato con grafite. Capatect Dalmatiner definisce nuovi standard nell'ambito delle tecniche di isolamento in edilizia, poiché la sua particolare composizione permette di combinare la maggiore efficienza termica dei grani scuri con la stabilità tipica dei classici pannelli bianchi. Il risultato è una resistenza termica superiore del 12,5% rispetto ai pannelli ordinari ed una elevata stabilità dimensionale. Anche se esposto ai raggi solari diretti, il pannello isolante Dalmatiner si riscalda poco e ciò rende agevole l'applicazione: in assenza di deformazioni, quali curvature o restringimenti, e con una modesta temperatura superficiale, si riducono i problemi d'incollaggio e di bruciatura dei rasanti. L'isolante ad alte prestazioni del sistema Capatect è disponibile anche nella versione elasticizzata Dalmatiner E, che oltre all'isolamento termico fornisce un contributo all'isolamento acustico della facciata alla quale è applicato.

I pannelli Dalmatiner, vengono prodotti specificatamente per l'utilizzo in sistemi di rivestimento a cappotto secondo i rigorosi standard del WDV (Associazione tedesca dei produttori di sistemi a Cappotto).

Il pannello viene prodotto in conformità alle normative ETICS (ETAG 004, UNI EN 13499) e UNI EN 13163.

Specifiche tecniche:

	Dalmatiner 160	Dalmatiner 164 E
Densità (DIN EN 1602)	15-18 kg/m <sup>3</sup>	15-18 kg/m <sup>3</sup>
Conducibilità termica (DIN EN 12939)	0,033 W/(m•K)	0,033 W/(m•K)
Coefficiente di diffusione del vapore (DIN 4108)	μ = 20	μ = 20
Allungamento irreversibile	< 0,15%	< 0,15%

Dichiarazione CE del prodotto secondo la norma UNI EN 13163 e conforme alla norma UNI EN 13499:

CARATTERISTICA	DICHIARAZIONE CE	
	Valore	Livello / Classe
Conducibilità termica λ D	0.033 W/mK	
Reazione al fuoco	Classe E	
Tolleranza sulla spessore	+/- 1 mm	T2
Tolleranza sulla lunghezza	+/- 2 mm	L2
Tolleranza sulla larghezza	+/- 2mm	W2
Tolleranza sulla perpendicolarità	+/- 2mm/ 1000 mm	S2
Tolleranza sulla planarità	+/- 5 mm	P4
Resistenza a flessione	> 180 kpa	BS 170
Resistenza a compressione al 10% di deformazione	> 80 kpa	CS (10) 80
Resistenza a trazione	> 150 kpa	TR >= 100
Stabilità dimensionale in condizioni costanti	+/- 2%	DS (N) 2
Assorbimento acqua per immersione parziale a lungo termine	< 3 kg/mq.	WL (P) 3
Assorbimento acqua per immersione totale a lungo termine	< 3 %	WL(T)3
Resistenza alla diffusione del vapor d'acqua	23	μ

## 9. APPENDICE SPECIFICHE TECNICHE TERMOCAMERA

### FLIR T620bx / T640bx



	FLIR T620bx	FLIR T640bx
<b>Caratteristiche Immagine</b>		
Risoluzione IR	640x480 pixels	640x480 pixels
Risoluzione spaziale	0,68 mrad per lente da 25° 0,41 mrad per lente da 15° 1,23 mrad per lente da 45°	0,68 mrad per lente da 25° 0,41 mrad per lente da 15° 1,23 mrad per lente da 45°
Sensibilità termica/NETD	<40 mK @ 30 °C	<35 mK @ 30 °C
Zoom digitale	Accesso diretto, 1-4x continuo	Accesso diretto, 1-8x continuo
Messa a fuoco	Automatica (singolo scatto) o manuale	Continuo, singolo scatto o manuale
<b>Misurazione</b>		
Intervallo di temperatura, standard	Da -40 °C a +150 °C Da +100 °C a +650 °C	Da -40 °C a +150 °C Da +100 °C a +650 °C
<b>Presentazione dell'immagine</b>		
MSX	N/D	immagine IR con MSX
Mirino	N/D	800x480 pixels
<b>Commenti sulle immagini</b>		
Disegno su immagine	N/D	Su immagine IR e nel visibile
Report immediato	Si	Si
<b>Analisi della misurazione</b>		
Funzione profili a linea	N/D	Linea in modalità dinamica, direzione orizzontale/verticale (O/V)
Preset di misurazione	N/D	E' possibile aggiungere impostazioni di misurazione preimpostate premendo un pulsante
<b>Sistema GPS</b>		
Sistema GPS integrato	Aggiunge automaticamente ad ogni immagine informazioni geografiche	Aggiunge automaticamente ad ogni immagine informazioni geografiche





**ANIT**, Associazione Nazionale per l'Isolamento Termico e acustico, ha tra gli obiettivi generali la diffusione, la promozione e lo sviluppo dell'isolamento termico ed acustico nell'edilizia e nell'industria come mezzo per salvaguardare l'ambiente e il benessere delle persone.

#### **ANIT**

- diffonde la corretta informazione sull'isolamento termico e acustico degli edifici
- promuove la normativa legislativa e tecnica
- raccoglie, verifica e diffonde le informazioni scientifiche relative all'isolamento termico ed acustico
- promuove ricerche e studi di carattere tecnico, normativo, economico e di mercato.

I soci **ANIT** si dividono nelle categorie

- **SOCI INDIVIDUALI**: Professionisti, studi di progettazione e imprese edili.
- **SOCI AZIENDA**: Produttori di materiali e sistemi per l'isolamento termico e acustico.
- **SOCI ONORARI**: Enti pubblici e privati, Università e Scuole Edili, Ordini professionali.

---

## **ASSOCIATI ANCHE TU!**

I soci ANIT ricevono:

- Costante **aggiornamento legislativo e normativo**
- **Software** per il calcolo delle prestazioni termiche e acustiche degli edifici
- Abbonamento alla rivista **Neo-Eubios**
- Un volume a scelta della collana ANIT **“L'isolamento termico e acustico”**
- **Sconti e convenzioni**
- ... e molto altro!

Le quote associative per i SOCI INDIVIDUALI per l'anno 2013 sono

- NUOVI SOCI: € 135 + IVA
- NUOVI SOCI iscritti a **Ordini Professionali Soci Onorari ANIT**: € 100 + IVA
- RINNOVI (dal 2012 al 2013): € 85 + IVA

Per maggiori informazioni vai su

**[www.anit.it](http://www.anit.it)**