

Rivista bimestrale • www.nuovedirezioni.it



Nuove Direzioni

CITTADINO E VIAGGIATORE



51

gennaio-febbraio 2019

Esemplare gratuito fuori commercio privo di pubblicità a pagamento

Termografia per tutti

L'invisibile calore delle cose

di Leonardo Ghoniem

Fin da piccolo sono stato affascinato dalle cose che non riuscivo a vedere a occhio nudo. Era il poco lontano 1980 quando già immaginavo di poter vedere nel buio o semplicemente poter osservare cosa si celasse ai nostri occhi quando l'acqua calda incontrava l'acqua fredda. La mia curiosità è sempre stata tanta e non è ancora finita. La curiosità è la vela che mi spinge lontano verso nuovi obiettivi e orizzonti, è il motore che permette di accrescere la mia conoscenza. Sono passati gli anni e finalmente ho potuto vedere nel buio assoluto. Finalmente, come sognavo da piccolo, ho visto la meravigliosa danza dell'acqua calda quando abbraccia quella fredda. Con quale tecnica? Con la termografia, attraverso l'uso della termocamera. Infatti, i prezzi delle termocamere negli ultimi anni, sono significativamente scesi e sono diventate apparecchiature accessibili a molti. Nei nostri test abbiamo analizzato dispositivi che vanno dai 450 euro fino ai 1.600 euro. La termografia non è solo una risposta alla fantasia di un bambino curioso come lo ero io, ma risulta un validissimo aiuto in una vastità di situazioni, in cui si rende necessario osservare l'invisibile calore delle cose.

La curiosità viva

A chi tra voi, lettori interessati, magari "nerd" come me, non è mai saltata la curiosità di sapere quale fosse il percorso nel muro, o nel pavimento, dei tubi del vostro impianto termosanitario. Riuscire semplicemente a vedere le impronte delle vostre mani calde su di un tavolo e quale parte del vostro volto è più fredda. Ebbene, finalmente potrete soddisfare queste vostre curiosità, e tantissime altre, con una spesa relativamente importante, senza chiamare un professionista della termografia. Infatti stiamo parlando di semplici curiosità;

si, perché se il vostro obiettivo è invece l'analisi di un'importante dispersione di calore, oppure la produzione di una certificazione del vostro impianto di riscaldamento o di condizionamento, necessariamente dovrete chiamare chi, davvero, ha l'abilitazione a fare termografia e che usa seriamente apparecchiature certificate e ben calibrate. In questo articolo, vi illustrerò quali secondo me sono i 10 punti essenziali per cercare di districarsi nel mare delle termocamere. Andiamo per gradi. Se siete appassionati curiosi, se siete già dei professionisti e per la prima volta vi avvicinate al mondo della termografia, o siete semplicemente indecisi se introdurre o meno l'uso di tali apparecchiature nella vostra professione, dovrete seguirmi nei paragrafi seguenti e scoprirete cosa vi serve davvero per fare questa scelta.

Chi siete? Cosa volete?

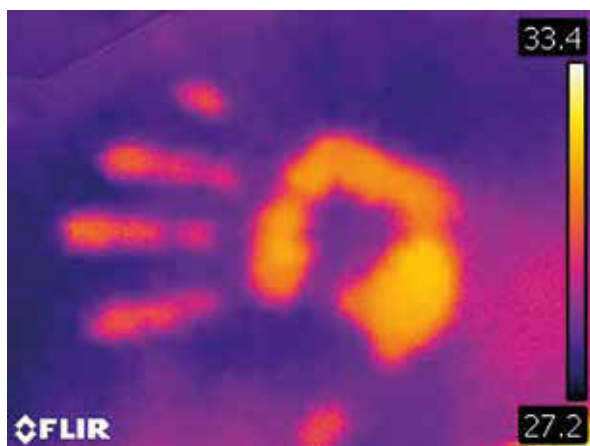
Sul mercato ci sono moltissimi modelli, da quelli chiamati semplicemente "punta e spara", a quelli collegabili al vostro smartphone il cui costo è così accessibile a tutti, a modelli di fascia media, rivolti ai professionisti che usano la termocamera saltuariamente per le certificazioni, fino ad arrivare a modelli in alta risoluzione, molto più costosi, rivolti soprattutto a professionisti che usano quotidianamente la termocamera o appartenenti ai settori scientifici. Prima di iniziare a darvi le dritte giuste, vorrei sapere prima di tutto chi siete, cosa volete e quindi perché avete scelto di acquistare una termocamera. Avrete bisogno di un tipo di termocamera sicuramente diverso secondo le vostre esigenze e dei vostri obiettivi. Penseremo quindi non alla minima spesa da sostenere ma al modo più efficiente possibile d'investirla, proprio sulla base di chi siete e quale sarà l'uso della vostra nuova termocamera.

Cercate, tra i profili qui sotto, quello che più si avvicina al vostro. Inizieremo così il nostro viaggio:

a) *Siete semplicemente curiosi e volete addentrarvi nel mondo delle termocamere e della visione termografica? Volete fare degli esperimenti con i vostri ragazzi su come funziona il trasferimento del calore da un corpo caldo o freddo?* Forse avrete bisogno di una semplice termocamera da collegare al vostro smartphone o tablet, che vi consenta di vedere ad esempio, nel buio più totale, animali oppure persone a breve distanza, oppure fare fotografie divertenti ai vostri amici per vedere i punti più caldi e più freddi del corpo. Oppure ancora, vedere l'impronta delle vostre mani calde che lasciate su una superficie.



Moderno e simpatico TermoSelfie (foto L. Ghoniem/P. Costantini)



Termografia di impronta della mano su un tavolo (foto L. Ghoniem)

b) *Siete delle persone che in casa si occupano autonomamente, per quanto possibile, di cercare dispersioni di calore dagli infissi op-*

pure avete necessità di sapere come i vostri tubi di impianto termoidraulico si sviluppano all'interno del vostro appartamento e non volete forare il muro del bagno o della cucina in prossimità di tubi dell'acqua calda? Avrete bisogno di una piccola termocamera da connettere al vostro smartphone o tablet, oppure di una termocamera entry-level (livello base) che agevolmente possa stare nella vostra tasca.



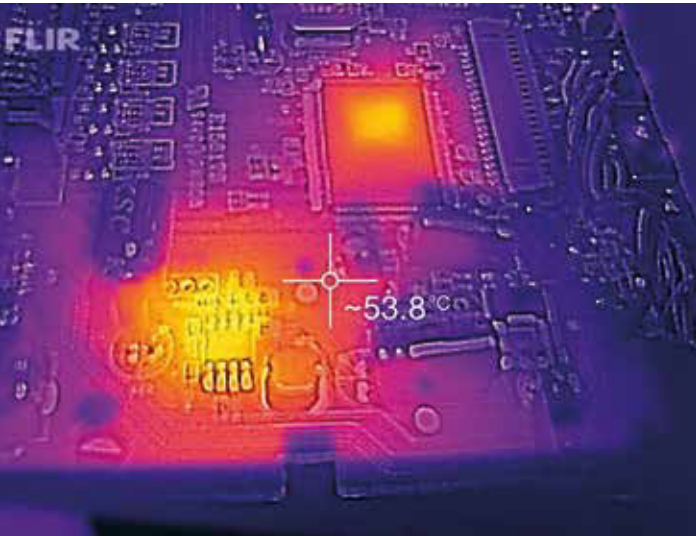
Vista di un termosifone con alla base il percorso del tubo di arrivo dell'acqua (foto L. Ghoniem)



Dettaglio termografico che individua il percorso del tubo dell'acqua calda per la sostituzione di un miscelatore per doccia (foto L. Ghoniem)

c) *Siete un tecnico elettronico o un tecnico informatico che ripara apparecchiature in bassa tensione o personal computer? I chip della vostra scheda elettronica scaldano? Non sapete se i più dissipatori installati sui processori sono sufficienti a mantenere la temperatura sotto una certa soglia a pieno utilizzo perché la teoria, si sa, a volte, riserva*

delle amare sorprese? Allora avrete bisogno, anche voi, di una termocamera da collegare al vostro smartphone o tablet, oppure di una termocamera entry-level da tenere in tasca o pronta all'uso sul vostro banco di lavoro.

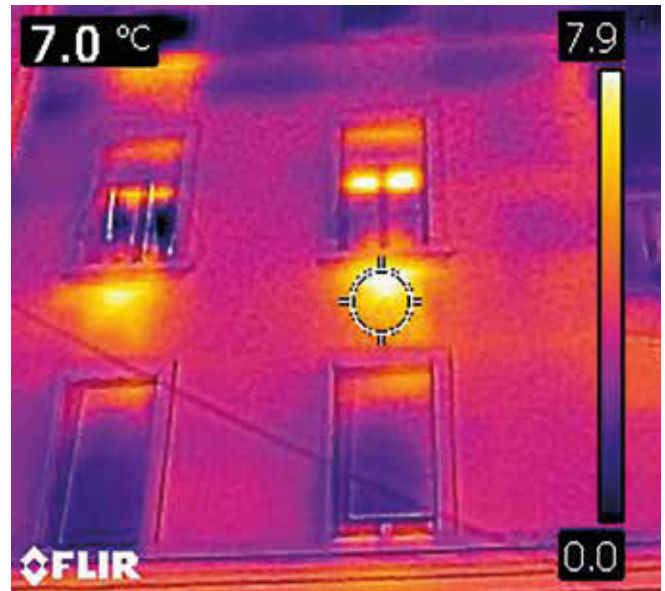


Analisi termica di una scheda elettronica e del surriscaldamento dei chip (foto L. Ghoniem)

d) *Siete un progettista o manutentore, di impianti elettrici in appartamenti o negozi e centri commerciali?* Avrete bisogno di una termocamera da tasca, semplice da usare, per una rapida ricerca dei punti caldi nei quadri elettrici e quindi per conoscere quale sezione del quadro viene interessata maggiormente durante l'uso dei carichi elettrici. Se una termocamera da tasca non bastasse, allora avrete necessità di una termocamera di fascia media, senza troppe pretese ma che vi consenta di vedere il quadro in toto. Quindi con un ampio angolo di visione.

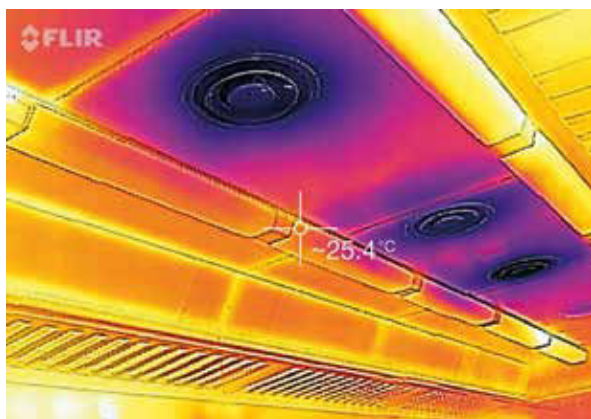
e) *Vi occupate nella vostra vita lavorativa saltuariamente di isolamento termico non certificato (infissi, tetti, porte e bandoni ecc..)?* Forse è sufficiente una termocamera da tasca per verificare le infiltrazioni e perdite, ed è altrettanto sufficiente, per verificare lo stato degli isolamenti e delle guarnizioni degli infissi. Non dimenticate però che il mondo della termografia vi affascinerà e vi porterà all'idea di acquistarne poi, una più sofisticata e più performante.

f) *Siete dei tecnici professionisti delle certificazioni delle classi energetiche e degli isolamenti termici?* Forse allora avete già una termocamera in grado di esportare i dati su un computer per generare report comparativi ed elaborazioni successive. In questo caso avete bisogno di una nuova termocamera con una definizione tale da consentire di analizzare davvero i punti di dispersione di calore in modo più puntuale.



Analisi delle fughe termiche dei termosifoni installati sotto le finestre (foto L. Ghoniem)

g) *Appartenete al mondo del riscaldamento, ventilazione, condizionamento dell'aria e refrigerazione (HVACR) o delle ristrutturazioni edilizie?* Allora avrete necessità di misurare diversi parametri come ad esempio anche la misurazione di umidità così da poter scovare più facilmente la causa dei vari danni derivanti da perdite o da condensa ed effettuare le vostre ricerche in modo preciso e analitico. Sicuramente avrete quindi bisogno di una termocamera professionale con una buona definizione e buona capacità reportistica collegabile possibilmente in modalità wireless ad altri strumenti come igrometri e misuratori della temperatura dell'aria e che in dotazione abbia un potente software di elaborazioni delle immagini termografiche.



Vista dei bocchettoni di aria condizionata in un vagone di un treno regionale (foto L. Ghoniem)



Qui sopra e in basso a sinistra, verifiche effettuate su una autocaravan (foto C. Terzi con TESTO™ 870-1)

h) *Appartenete al mondo dell'automotive e dovete effettuare le verifiche sulle autocaravan usate per la vendita o il loro noleggio? Avete la necessità di verificare e mantenere le guarnizioni di isolamento dei finestrini e delle portiere?* Allora avrete necessità di misurare le dispersioni di calore con una termocamera non necessariamente di elevatissime prestazioni e sicuramente nemmeno di fascia bassa, quindi che sia in grado di farvi vedere a colpo d'occhio quali siano le dispersioni di calore verso l'esterno dell'autocaravan e che allo stesso tempo vi permetta di fare delle misurazioni precise. Dovrete optare per una termocamera meno portatile ma più performante. Qui sotto potete vedere due esempi di verifica delle dispersioni su una autocaravan effettuate con una TESTO™ 870-.

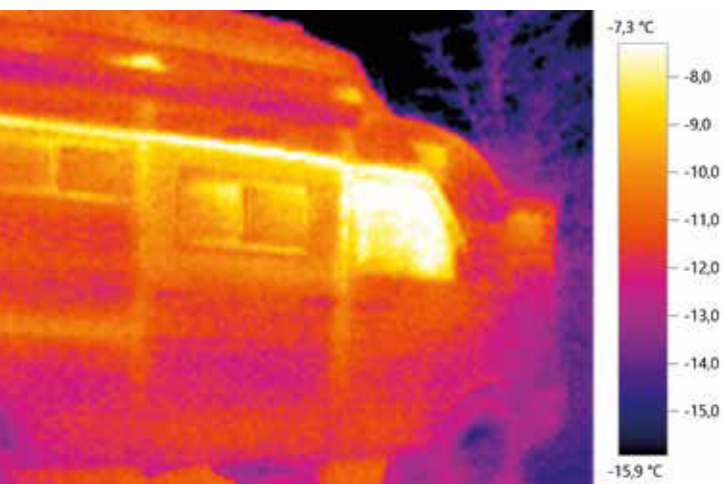
Da questi profili più o meno generici, infatti, avrete già capito che ci sono delle domande principali a cui rispondere per permettere la massima efficienza nella scelta della vostra termocamera. Vediamole velocemente riassunte per cinque brevi punti (tecnica delle *5W*: *Who, What, When, Where, Why* che prendiamo in prestito direttamente dal mondo giornalistico di stampo anglosassone):

1. **Chi sei** e qual è la tua professione o passatempo per cui necessiti di una termocamera.
2. **Qual** è l'attività principale in cui utilizzerai la termocamera.
3. **Quando** pensi di usare la termocamera e con quanta frequenza.
4. **Dove** userai la termocamera, se in ambienti confortevoli, in cantieri edili o ambienti ostili.
5. **Perché** userai la termocamera, per curiosità o per effettiva necessità.

Altre domande invece, più di carattere tecnico e tecnologico, vi nasceranno strada facendo nel nostro piccolo viaggio all'interno della termografia, a cui potrete rispondere, approfondendo questo argomento per conto vostro, se questa materia vi ha incuriosito ancora di più.

Un po' di basi

Attraverso l'identificazione del vostro profilo e rispondendo alle domande della tecnica delle *5W* avete un'idea più chiara di quali siano i vostri obiettivi. Siamo pronti per fare un salto indietro, anzi in avanti, perché vorrei dare un po' di basi sulla termografia sia a coloro che conoscono l'argomento poco o niente, sia a



coloro che invece già sono degli esperti. Una rispolverata in chiave semplificata non fa mai male a nessuno. Sarà una rapida successione di spiegazioni e faremo una panoramica su cosa significhi riuscire a vedere l'invisibile calore delle cose. Per prima cosa vi mostro subito un grafico che ritrae schematicamente lo spettro elettromagnetico in funzione della lunghezza d'onda (fig. 1).

di un ago. Senza entrare troppo in spiegazioni di fisica, quella porzione di spettro è la zona appartenente alle radiazioni infrarosse (IR). Indovinate?

Le temperature di un oggetto che possono interessare le nostre ricerche sono rilevabili attraverso le radiazioni infrarosse.

Per cui, va da sé che per riuscire a “vedere” quanto è la temperatura di un corpo senza usa-

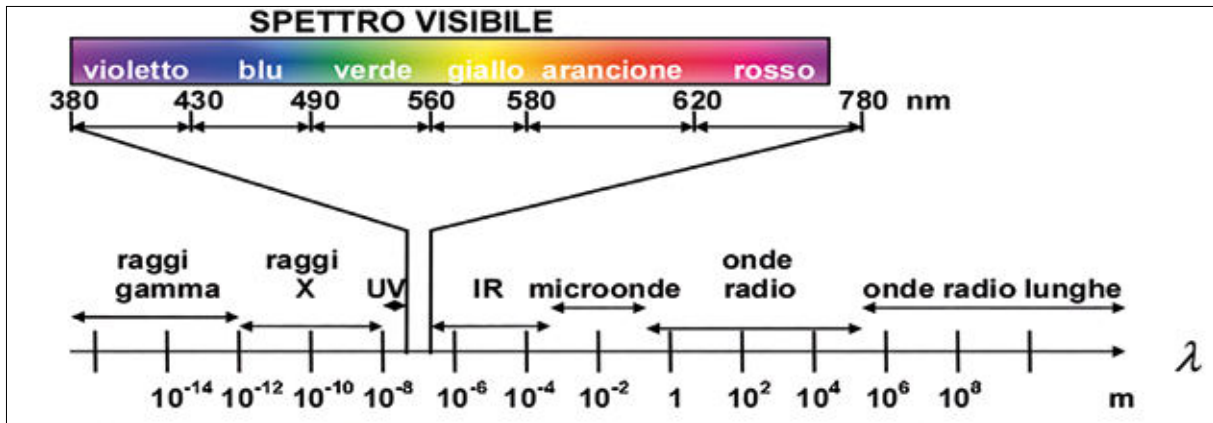


Fig. 1 https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Fichier:Spettro_elettromagnetico.png

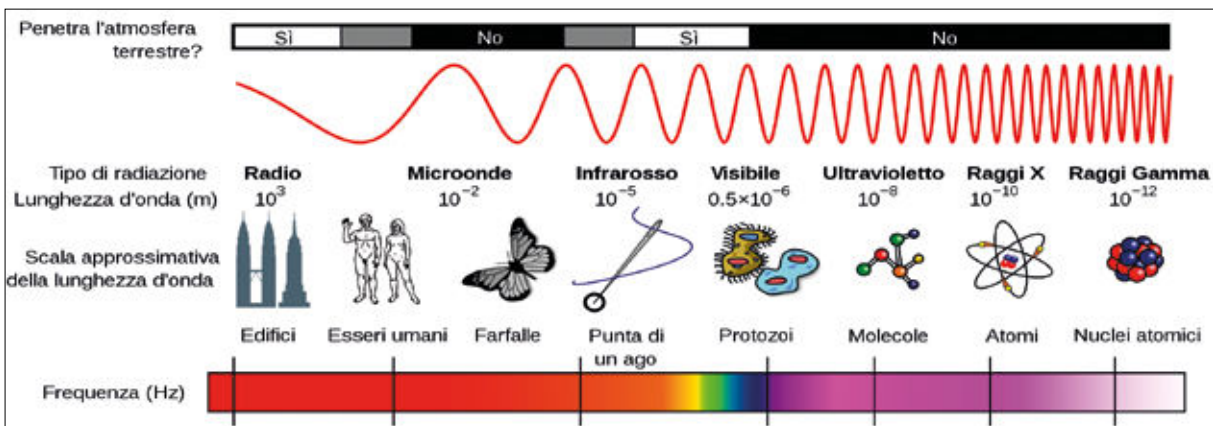


Fig. 2 https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/63/EM_Spectrum_Properties_it.svg

In esso cercate di notare una cosa abbastanza curiosa della quale ci dimentichiamo spesso: i nostri occhi possono vedere soltanto una piccolissima porzione di tutto lo spettro elettromagnetico.

Uno schema simile, meno teorico, ve lo ripropongo, con uno schema più esplicativo in fig. 2. Più precisamente nella porzione di spettro elettromagnetico non visibile ai nostri occhi che ha lunghezza d'onda grande circa quanto la punta

re un termometro a contatto, ci vuole “un occhio” capace di rilevare le radiazioni infrarosse. Non solo, ma tale occhio poi, deve farci vedere il risultato di quello che vede, in una forma percettibile dall'occhio umano. Quindi, rendere visibile quello che per noi umani è invisibile. La termocamera svolge il suo lavoro “guardando” e mostrandoci un'immagine che rappresenta la distribuzione termica delle aree che vengono inquadrare dal suo “occhio”.

Come funziona

Per capire che temperatura ha un oggetto osservato, la termocamera utilizza un sensore elettronico che potete pensare come un grande occhio composto al suo interno di tanti piccoli occhietti, uno accanto all'altro e disposti su più file (immaginate una matrice di occhietti disposti su una superficie piana oppure una superficie come la vostra pelle sensibile a piccolissime variazioni di temperatura). Ogni occhietto – che d'ora in avanti chiameremo *pixel* – ci suggerisce quanta temperatura sta osservando in quella specifica porzione di oggetto. Infine, tutte le piccole separate immagini termiche, date da ogni singolo pixel, ci dovranno fornire un'immagine intera della distribuzione della temperatura dell'oggetto inquadrato.

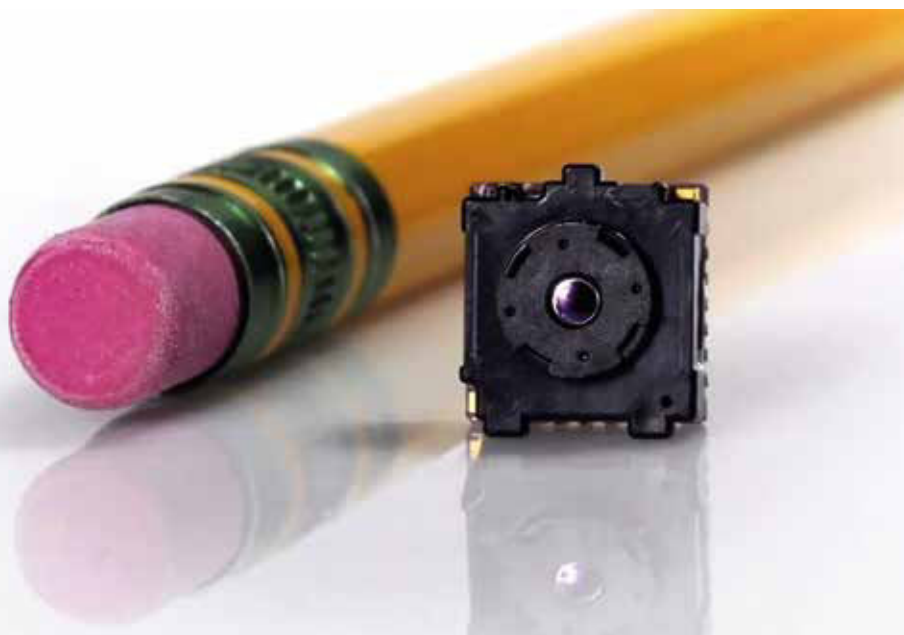
Il sensore, però, non sa come noi vediamo, quindi necessita di un traduttore che ci restituisca un'immagine intera comprensibile. I colori (o una gradazione di grigio) sono la cosa che più si avvicina alla traduzione del calore a noi comprensibile. Un processore elettronico convertirà tutte quelle piccole rilevazioni termiche dell'oggetto inquadrato in un'unica immagine "colorata" a seconda della temperatura "vista" dai pixel del sensore. Infine, per chiudere questo breve viaggio nella genesi di una termografia, lo strumento ci mostrerà l'immagine su un display posteriore e la immagazzinerà su una scheda di memoria per poterla analizzare in un momento successivo. In generale, quindi, possiamo dire che una termocamera racchiude al suo interno un sensore insieme alla sua ottica, tutta l'elettronica di conversione e memorizzazione, una batteria ricaricabile, una scheda di memoria, un display e tutti gli attacchi elettronici sia per la ricarica della batteria sia per l'esportazione dei dati raccolti verso un elaboratore esterno.

Il sensore

Dopo la rapida carrellata su come funziona una termocamera, voglio soffermarmi brevemente sui sensori da essa utilizzati. Questo ci permette di iniziare ad avere più dimestichezza con le terminologie usate nelle schede tecniche quando confronterete i vari modelli. Le caratteristiche della termocamera, quindi, sono fortemente influenzate dal sensore utilizzato ed eventualmente limitano o meno il suo uso in determinati campi. Di che materiale sono composti i sensori? Quelli comuni sono composti di silicio amorfo (amorphous silicon, a-Si); ma se vogliamo caratteristiche superiori e maggiore longevità dovremo optare per l'ossido di vanadio (vanadium oxide, VOx). Comunemente si utilizzano sensori chiamati "*microbolometrici a matrice piana*" e non sono raffreddati (*uncooled*), cioè non hanno nessun sistema di raffreddamento attivo. Si trovano in commercio termocamere anche destinate a un uso più scientifico, i cui sensori sono raffreddati attraverso celle di peltier o altri sistemi di raffreddamento attivi, per cui presentano una sensibilità termica veramente elevata e capaci di rilevare davvero piccolissime variazioni di temperatura.



Fonte e proprietà: Micro-modulo FLIR™ Lepton® <https://www.flir.com/globalassets/importedassets/image/lepton.png>



Fonte e proprietà: FLIR™ Lepton® <https://www.flir.com/products/lepton/>

A chi serve, per davvero

Abbiamo già parlato dei vostri profili professionali e delle vostre curiosità ma vorrei sottolineare, ancora una volta, l'utilità della termocamera per ampliare i vostri orizzonti professionali. Vediamo ancora insieme altri esempi di analisi e ispezioni, e quali ulteriori profili possono beneficiare dell'utilizzo quotidiano di una termocamera.

Gli elettricisti possono rilevare in un quadro elettrico il surriscaldamento degli interruttori magnetotermici e dei trasformatori con la contestuale misurazione dei loro punti caldi. Quindi per fare una manutenzione preventiva possono ispezionare macchine elettriche e impianti sia sotto carico (a regime e in sovraccarico) sia a riposo. Non solo, ma possono anche vedere se le spine pressofuse degli elettrodomestici sono in buone condizioni oppure se si surriscaldano durante l'utilizzo quotidiano, così da capire se l'elettrodomestico necessita di assistenza.

Gli idraulici possono trovare l'ubicazione delle occlusioni nei tubi e di conseguenza dove negli scarichi l'acqua si deposita di più. Possono rilevare la posizione delle tubature che portano principalmente acqua calda e il loro percorso all'interno dei muri o sotto la pavimentazione.

Gli esperti di certificazione energetica possono scovare i flussi di aria fredda e calda sulle fine-

stre, sulle porte e le infiltrazioni di aria dalle cassette dove sono installati interruttori e prese non ben sigillati. I periti immobiliari possono beneficiare dell'uso della termocamera nella ricerca di problemi nel sistema di climatizzazione, nella rilevazione degli sprechi energetici, rilevazione di perdite d'acqua, surriscaldamenti degli impianti elettrici, lo stato dei termosifoni e dell'impianto di riscaldamento idrosanitario. Per le imprese edili la situazione non cambia, anch'essi possono beneficiare dell'uso della termocamera nelle ispezioni per la localizzazione di

montanti e travi, lo stato dell'isolamento delle pareti, infiltrazioni d'acqua, ricerca di tubazioni nei muri. Veniamo poi ai tecnici dei sistemi di riscaldamento, ventilazione, condizionamento dell'aria e refrigerazione (HVACR). Infatti, essi possono controllare le tubazioni che portano il riscaldamento a pavimento o nelle pareti, misurare le temperature delle mura degli appartamenti per verificare l'isolamento o anomalie nel condizionamento delle stanze, controllare lo stato dei frigoriferi, delle guarnizioni delle celle frigorifere e delle porte isolate. Infine, strumento importantissimo per geometri e architetti che devono analizzare l'integrità degli isolamenti, delle strutture, individuare le infiltrazioni d'aria e ponti termici, analizzare le differenze di temperatura tra angoli e pareti contigue, dove la presenza di una forte differenza di temperatura porterebbe umidità superficiale e alla proliferazione di muffe.

Dieci punti, per aiutarvi nella scelta

Come vi dicevo in precedenza, il nostro obiettivo è scegliere la termocamera non avendo come focus il "risparmiare denaro", che non fa mai male, ma soprattutto quello di poter utilizzare al meglio il nostro investimento, fosse anche solo di poche centinaia di euro. Di seguito analizziamo insieme dieci punti che ritengo essenziali

per valutare quale termocamera sia più adeguata alle nostre esigenze. Anche questi punti rispondono alla tecnica delle 5W perché identificano l'uso al quale le varie termocamere sono destinate e ne segnano i propri limiti.

1. Risoluzione del sensore, ottica e qualità delle misurazioni (Who)

Abbiamo parlato nel paragrafo precedente della genesi di una termografia e dei pixel che compongono il sensore termografico (matrice). Sottolineo che più pixel abbiamo uno accanto all'altro per ogni fila e più file di questi pixel ci sono in totale, più dettagliata sarà l'immagine che alla fine verrà elaborata dal nostro traduttore elettronico. Da qui la definizione di "risoluzione". Altro non è che la quantità di pixel totali che il sensore ha al suo interno (il famoso numero totale di occhietti di cui al paragrafo precedente). Nelle moderne termocamere ci sono alcuni dati tecnici quasi comuni a tutte come la banda spettrale degli infrarossi che viene vista dal sensore, che va dai 7,5 μm fino ai 14 μm , e l'accuratezza che comunemente è ± 2 °C o 2%, il maggiore dei due, a 25 °C nominali. Quindi, a parte questi dati comuni quasi a tutte, la termocamera poi avrà, sia come protezione del sensore, sia come lente di messa a fuoco, un obiettivo che può essere intercambiabile o fisso. Le termocamere che hanno gli obiettivi intercambiabili sono più costose e permettono di fare valutazioni più precise a seconda della distanza e della grandezza dell'oggetto da analizzare. Noi però abbiamo scelto per semplicità, come vedrete, termocamere con obiettivi a lunghezza focale fissa. Un obiettivo di qualità, come ad esempio hanno le moderne macchine fotografiche digitali sia compatte sia reflex, è un'ottima soluzione affinché il sensore possa vedere in maniera più chiara possibile e quindi vengono usati per lo scopo vetri di buona qualità. Potete quindi immaginare una termocamera come se fosse una macchina fotografica digitale. Parlando della lente che è davanti al sensore (obiettivo), può essere di tre tipi, normale, teleobiettivo e grandangolare. Un obiettivo normale ci permette di vedere nel modo più simile al nostro occhio. Parliamo di teleobiettivo se vedremo ingrandita una determinata porzione dell'oggetto da osservare. Mentre

parleremo di grandangolare quando la porzione di area che è possibile vedere è molto più estesa. Interessa capire la differenza pratica dei tre obiettivi e a tal proposito diciamo che se volete osservare un'area in tutto il suo complesso (come un edificio o un'intera stanza) avremo necessità di una termocamera con un grandangolare mentre se per le nostre ricerche dobbiamo osservare oggetti più piccoli (come ad esempio un pannello elettrico o una scheda elettronica), dovremo avere una termocamera con un teleobiettivo. Vi ho portati così a poter capire il concetto essenziale di FOV (Field Of View), ovvero il campo visivo che corrisponde all'area totale visibile attraverso la termocamera e di IFOV (Instantaneous Field Of View), ovvero il più piccolo oggetto che ogni singolo pixel (il famoso occhietto) riesce a vedere. Vorrei precisare che il FOV si misura in gradi, più piccolo è, tanto più piccola è l'area visibile. L'IFOV della termocamera, chiamato anche IFOV Geometrico, si misura in milliradiani, più piccolo è, tanto più l'oggetto identificato può essere piccolo e la sua temperatura correttamente misurata senza avvicinarsi troppo. Insieme alla risoluzione del sensore, questi due parametri sono di vitale importanza e in moltissimi ignorano o trascurano. Per coloro che vogliono addentrarsi in due veloci calcoli per capire un po' meglio di cosa siano la FOV e l'IFOV vi invito a seguire il resto di questo paragrafo altrimenti potete passare al paragrafo successivo dove parleremo del range delle temperature da misurare.

Vi faccio un esempio pratico: mettiamo che l'oggetto si trovi a 4 metri (4000 mm) da noi e che l'area di cui vogliamo correttamente misurare la temperatura abbia una grandezza di 10 cm (100 mm), come ad esempio l'angolo in alto di un infisso di legno della finestra nella camera del bambino. Vogliamo capire se la nostra termocamera è in grado di effettuare una misurazione spot corretta per la grandezza dell'oggetto e la distanza a cui ci troviamo da esso. Vogliamo non solo visualizzare la situazione sul display e fare la fotografia termica, quindi una indagine qualitativa, ma abbiamo bisogno di una misurazione precisa di quanto sia la temperatura in quel punto e quindi effettuare anche un'indagine quantitativa.

Per questo dobbiamo sapere la risoluzione del nostro sensore e che obiettivo monta la termocamera.

Quindi, controllate nelle specifiche tecniche quanto è il campo visivo (FOV) e la risoluzione del sensore. Prendiamo come esempio il modello di termocamera *FLIR™ C3* (scelta anche per i nostri test) che ha un sensore *FLIR™ Lepton®* con risoluzione orizzontale di **80 pixel** e campo visivo orizzontale, con ottica fissa a bordo di **41 gradi**.

Calcoliamo l'IFOV in milliradiani (mrad) con la formula che vi riporto sotto:

IFOV Orizzontale = (FOV Orizzontale / numero di pixel orizzontali) x 17,44*

IFOV Verticale = (FOV Verticale / numero di pixel verticali) x 17,44*

* dove 17,44 è il risultato di (3,14/180)(1000) che per semplicità abbiamo già svolto.

Poiché la lente ha un FOV orizzontale di 41 gradi, si divide per la risoluzione orizzontale della termocamera, in questo caso 80, e si moltiplica il risultato per 17,44.

Quindi riassumendo:

$(41/80) \times 17,44 = 8,938$ mrad.

Sapendo che l'IFOV è 8,938 mrad, troviamo l'IFOV Geometrico in millimetri con questa formula:

IFOV (mm) = (IFOV in mrad / 1000) x Distanza dall'oggetto in millimetri

$(8,938/1000) \times 4000 \text{ mm} = 35,75 \text{ mm}$ (cioè 3,575 cm)

Dal nostro risultato si capisce che la *FLIR™ C3* può correttamente misurare la temperatura della nostra superficie di 10 cm di larghezza che si trova da noi a una distanza di 4 metri. Anzi, l'IFOV geometrico orizzontale ci suggerisce che l'oggetto più piccolo visibile dalla termocamera, a tale distanza, avrebbe avuto una larghezza di quasi 4 cm. Una regola pratica per fare una misurazione spot corretta è che l'oggetto sia più grande di 2 o 3 volte l'IFOV Geometrico.

Quindi la formula è:

IFOV misurabile = 3 x IFOV Geometrico

$3,575 \text{ cm} \times 3 = 10,725 \text{ cm}$.

Il nostro esempio, come potete vedere, rientra

ampiamente nelle grandezze per effettuare una corretta misurazione della temperatura.

2. Range di temperatura misurabile (What)

Il range di temperatura misurabile è uno dei parametri che ci permette di sapere se la termocamera che abbiamo preso in considerazione per il nostro acquisto, potrebbe soddisfare o meno le nostre esigenze di misura. Mi spiego. Spesso è un parametro che viene descritto come irrilevante, soprattutto nell'uso comune, perché oramai le termocamere hanno un range di temperatura misurabile talmente ampio che soddisfa molti dei campi in cui esse vengono applicate. **Per noi invece è assolutamente necessario avere la consapevolezza dell'utilizzo che faremo della nostra termocamera e quindi, anche a grandi linee, sapere quali temperature entreranno in gioco nelle nostre misurazioni.** Comunemente vi imatterete in termocamere che hanno un range di temperatura abbastanza elevato; si parla infatti di temperature misurabili che vanno dai -20°C ai 300°C, ma se le vostre esigenze sono di un range più ampio o nettamente diverso, dovrete optare sicuramente per un'altra termocamera. Questo punto è parte integrante della domanda su cosa dovrete analizzare.

3. Parametrizzazione della Emissività in tempo reale (What)

Questo è uno dei punti che riguardano maggiormente l'uso della termocamera per indagini quantitative, dove non bastano le immagini termografiche (indagine qualitativa) ma sono necessarie misure più precise delle temperature rilevate (indagine quantitativa) specialmente quando vogliamo dare subito una risposta seria ed esaustiva ai vari problemi rilevati. Devo quindi introdurre velocemente **il concetto di emissività per capire perché in una termocamera questo parametro deve poter essere calibrato secondo le diverse circostanze di analisi e i diversi materiali che compongono gli oggetti da ispezionare.** Per semplicità diciamo che l'emissività (ϵ) è la capacità di un qualsiasi materiale di irraggiare energia, ed è quindi la frazione di energia che viene irraggiata rispetto a un corpo ideale chiamato in fisica "corpo nero". Questo parametro dipende da diversi fattori; come il

materiale di cui è composto l'oggetto sottoposto a ispezione termografica, l'eventuale materiale di cui è ricoperto, la sua finitura superficiale, se lucida o opaca, e infine la sua temperatura. Per non rendere in questo momento le cose troppo complesse, cerchiamo di semplificare il più possibile, ricordandoci solo che ogni oggetto che andremo a esaminare ha una sua emissività. **Quindi è necessario, quando si effettua un'ispezione, sapere almeno di che materiale è composto l'oggetto. Se non conosciamo le caratteristiche del materiale, comunque possiamo indicativamente dire se è opaco, lucido o poco lucido.** Quindi, avendo una termocamera capace di parametrizzare ϵ , è possibile effettuare subito delle misurazioni accettabili e non così errate come da una mancata parametrizzazione di ϵ . Infatti, la correzione dell'emissività potremo farla anche successivamente alla nostra ispezione, attraverso il software di analisi termografica, ma ovviamente, se vogliamo dare in tempo reale risposte esauritive e precise avremo bisogno di una termocamera in grado di parametrizzare subito il valore di ϵ . Vi anticipo che nei nostri settaggi troveremo dei valori inferiori a 1. Ad esempio, il cemento a una temperatura di 25°C ha una emissività ϵ pari a 0.93, il vetro a 90°C avrà una ϵ pari a 0.94, il sughero a 20°C una ϵ di 0.70. Questi che vi ho enunciato sopra, sono solo alcuni esempi di ϵ secondo il materiale e la temperatura del materiale stesso, ma a corredo della termocamera o in manuali specifici, troverete una serie di esempi lunghissima, così da aiutarvi a scegliere l'emissività giusta per ogni materiale e situazione.

4. Modalità di esportazione dei dati radiometrici (What)

Per avere la possibilità di verificare con precisione e metodologia le ispezioni eseguite, quando non si richiede una risposta immediata alle cause dei problemi rilevati, è **necessario analizzare a posteriori tutte le informazioni radiometriche associate all'immagine termografica.** Per questo esistono diverse termocamere in commercio che permettono di esportare i dati radiometrici insieme alle immagini termografiche. Alcune memorizzano le informazioni raccolte direttamente all'interno dell'immagine stessa, come ad esem-

pio nella C3 di FLIR™, che incapsula i dati radiometrici in un'immagine formato JPEG standard, altre possono creare file csv o file excel associati alle immagini riprese, come la 870-1 della TESTO™, che inoltre ha in dotazione il validissimo software IRSoft® di analisi termografica gratuito da installare sul vostro PC.

Quindi, scegliete la vostra termocamera anche in base alla vostra esigenza della modalità di esportazione dei dati radiometrici. Un esempio? Se volete avere sempre e solo un file immagine che abbia al suo interno i dati radiometrici da poterlo condividere anche via email, allora potete scegliere una termocamera che memorizzi i dati radiometrici subito all'interno del file immagine JPEG senza dover passare da un software esterno.

5. Presenza della fotocamera digitale nello spettro del visibile (What)

Se la termocamera a nostra disposizione può eseguire sia termografie, sia fotografie digitali nel campo del visibile, significa che a bordo ha due sensori. Uno che riprende l'immagine termografica e uno che scatta semplici fotografie digitali nello spettro del visibile. Ci sono due esigenze, spesso anche legate tra loro, che portano a questa scelta tecnologica. Una è quella di non voler usare due dispositivi separati per fare i nostri rilevamenti e l'altra è che la termocamera sia in grado di sovrapporre le due immagini (termica e visibile) per esaltarne i dettagli ripresi. Sorge la necessità di valutare bene la sua presenza. Se già usate una buona macchina fotografica digitale e non vi interessa una termocamera più avanzata, risulta a quel punto un accessorio non indispensabile che fa innalzare solo il prezzo del vostro dispositivo. **Se avete la necessità di vedere chiaramente a quali punti nel visibile corrispondono le immagini termografiche, dovete scegliere una termocamera che abbia la capacità di sovrapporre le due riprese nello stesso momento, così da poter percepire maggiormente i dettagli degli oggetti che state ispezionando.** Ricordate quindi che la sovrapposizione in tempo reale delle due immagini permette di avere immediatamente la percezione della situazione reale.

6. Presenza, grandezza e luminosità del display (When)

L'assenza a bordo di un display significa che stiamo parlando di una termocamera dipendente da altri dispositivi che permettano la visualizzazione delle ispezioni come ad esempio uno smartphone o un tablet (ad esempio con sistema operativo android o IOS di Apple). Infatti, per vedere le nostre immagini termografiche, in questo caso, dobbiamo collegare la termocamera a un dispositivo che abbia un display. Se invece abbiamo un display a bordo della termocamera, stiamo parlando di un modello "standalone" che è indipendente da altri dispositivi. **Attualmente le termocamere professionali per certificazioni ambientali hanno tutte un display a bordo.** La termocamera come la FLIR™ One Pro, che abbiamo provato, il cui uso è un po' più limitato per le certificazioni, ad esempio, non ha un display a bordo, ma permette di poterla collegare a tablet, anche di generose dimensioni, superiori in grandezza a qualsiasi altro display per una rapida analisi, da condividere in tempo reale anche con altre persone. **Se useremo spesso la termocamera in ambienti molto luminosi, è necessario avere un display a bordo della termocamera luminoso e contrastato così da osservare a lungo le immagini senza stancare la nostra vista.** Quindi assicuratevi che tali termocamere abbiano come accessorio un paraluce, così da poter meglio vedere le immagini sul display. Potrete scegliere termocamere con display touchscreen oppure normale. Nel caso la termocamera avesse uno schermo touch, chiedete se di tipo resistivo o capacitivo, perché quest'ultimo dev'essere usato a mani nude oppure con guanti specifici per schermi sensibili al tocco. Ricordate che nel caso di display non touchscreen, per agire sui settaggi e accedere alle funzioni della termocamera dovrete usare necessariamente dei pulsanti di comando.

7. Batterie integrate e durata delle batterie (When)

La scelta di una termocamera, anche in base alla tipologia di batteria, è strettamente relazionata al quando la dovrete usare. **Se farete spesso lunghe indagini in cantieri in cui la corrente elettrica non sempre è presente, nascerà l'esigenza di avere una termocamera con pacco batterie intercambiabili.** Scaricato un pacco batterie,

potrete installare quello carico. Se invece farete soprattutto indagini di breve durata e magari anche poco spesso, sarà sufficiente una termocamera con pacco batterie integrato. Per sostituire le batterie integrate con il corpo macchina dovrete portare la termocamera al centro assistenza. La durata dei pacchi batterie o delle batterie integrate e la durata della loro ricarica è una delle caratteristiche esplicitate nei dati tecnici della termocamera. Quindi leggete attentamente i dati tecnici oppure chiedete liberamente al professionista che vi sta presentando le caratteristiche della termocamera.

8. Portabilità e Robustezza (Where)

La necessità di avere una termocamera portatile e robusta, nasce da diversi fattori, soprattutto dalla tipologia del luogo in cui la userete. **Se avrete la necessità di portarla in luoghi protetti da polveri e non eccessivamente umidi, potrete usare termocamere anche tascabili** come la FLIR™ C3 mentre se frequenterete luoghi con parametri ambientali più ostili, dovrete rivolgervi a termocamere ancora più robuste, come la TESTO 870. **L'ambiente in cui userete principalmente la vostra termocamera deve essere compatibile con le sue specifiche tecniche, per quanto riguarda l'impermeabilità, la capacità di sostenere cadute, l'intervallo di temperature di stoccaggio e il range di temperature di esercizio.** Tutti dati tecnici presenti nelle schede di presentazione delle termocamere, perché parametri essenziali per far capire dove la termocamera potrà essere usata e in quali condizioni atmosferiche.

9. Trasmissione delle immagini via Wi-Fi in streaming e interfacciamento con altri dispositivi (Why)

Se si è in un team di progetto, è importante ricordare che quando si fa un'ispezione vi è la necessità di condividere in tempo reale le indagini e i risultati. **Avere una termocamera che possa immediatamente trasferire le immagini ad altri dispositivi di visualizzazione, via Wi-Fi, diventa una funzionalità irrinunciabile.** Per questo le moderne termocamere hanno la possibilità di trasmettere

via Wi-Fi in streaming le indagini termografiche, oppure inviare ad altri dispositivi, sempre in modalità Wi-Fi, le immagini appena raccolte. ***Altra funzionalità importante è la possibilità di connettere alla nostra termocamera diversi dispositivi esterni, come termoigrometri e termometri per misurare la temperatura dell'aria anche in varie parti dell'ambiente, proprio per avere una raccolta di informazioni veramente completa per le nostre indagini.*** Nascono quindi le termocamere che si connettono anche ad altri dispositivi di misura. È opportuno verificare in quest'ultimo caso se nelle vostre esigenze esiste una remota possibilità di dover effettuare misure molto precise e puntuali, altrimenti potete fare a meno di questa funzionalità di multiconnessione.

10. Facilità d'uso (Why)

Se usate la termocamera in campo professionale è essenziale avere una termocamera facile da usare, perché utilizzata in luoghi in cui il livello di attenzione e sicurezza deve rimanere necessariamente elevato. Le funzioni base dovranno facilmente essere accessibili, come il cambio della "palette" (tavolozza) dei colori termografici, la parametrizzazione dell'emissività e della temperatura riflessa, il bottone di scatto fotografico. I parametri visualizzati sul display dovranno essere minimi e non dovranno disturbare visivamente le ispezioni. La sua messa in funzione dovrà essere veloce così da poterla facilmente mettere in standby per risparmiare le batterie. Dovrà avere la possibilità di escludere agevolmente una eventuale connettività Wi-Fi o bluetooth in modo da poter usare la termocamera anche in ambienti in cui non è consentito l'uso delle funzioni wireless. Se usate invece la termocamera per uso personale e non professionale, sicuramente la facilità di utilizzo dovrà riguardare il cambio della "palette" dei colori termografici, il pulsante di scatto fotografico e la possibilità di escludere facilmente tutte le informazioni dal display a parte l'immagine termografica. Le due macro tipologie di utilizzo fanno parte della domanda essenziale sull'utilizzo che vorreste fare della termocamera.

Alcune regole fondamentali

Quando si eseguono ricerche sia in interni (come le verifiche di isolamenti termici e perdite d'acqua all'interno dei muri), sia in esterni (come ad esempio per effettuare analisi di dispersioni termiche degli infissi oppure verificare quanto calore i termosifoni installati sotto le finestre lasciano passare all'esterno della casa), si devono sempre usare delle accortezze importantissime affinché le misurazioni siano le più reali e precise possibili. Se volete delle misurazioni attendibili, oltre che delle immagini termografiche valide, e non avete mai seguito un corso sulla termografia per diventare operatori termografici, di seguito vi elenco un decalogo di regole comuni ricavate anche dalla pratica quotidiana:




1. Conoscenza e giusta impostazione della emissività dell'oggetto da ispezionare (è essenziale avere una termocamera con emissività parametrizzabile per avere misurazioni di temperatura precise).
2. Almeno un'ora prima della misurazione e durante le ispezioni termografiche, non esporre la superficie alla luce solare diretta.
3. La superficie da ispezionare dev'essere asciutta e, se ci fosse una perdita d'acqua si dovrebbe recepire lo stato delle superfici circostanti per avere un giusto metodo di confronto.
4. Escludere fonti termiche esterne che possano interferire con la misurazione.
5. Non esporre a vento se in esterno e a correnti d'aria se in interno.
6. Se si opera in esterno, non esporre a pioggia e assicurarsi che vi sia cielo stabile e preferibilmente nuvoloso. Se si è in interno, assicurarsi che non vi siano temperature forzate sulla superficie da misurare ma che vi sia una temperatura naturale.
7. Scegliere la giusta inquadratura evitando di includere immagini termiche riflesse sull'oggetto sia di noi che stiamo facendo l'ispezione, sia di altre fonti termiche che possano riflettersi sull'oggetto (a tal proposito fare misurazioni e termografie da diverse angolazioni, es.: inquadratura orizzontale a 30°, 45° e 90° così da avere un confronto da più punti di vista).
8. Nelle vostre ispezioni dovete trovare una giusta distanza dalle superfici e non allontanarvi troppo per non disperdere i dettagli di misurazione. Se possibile state vicini all'oggetto anche in re-

- lazione al FOV che vi permette l'obiettivo installato sulla termocamera e l'IFOV geometrico, come vi ho spiegato nei paragrafi precedenti.
- Annotare la temperatura dell'aria e delle superfici circostanti l'area da misurare (utilizzando un termometro per temperatura ambiente e di superficie come il termometro TESTO™ mod. 810).
 - Annotare l'umidità dell'aria avvalendosi di un igrometro (o un termoisigrometro come il termoisigrometro TESTO™ mod. 625).

LE NOSTRE SCELTE

Abbiamo fatto le nostre valutazioni e abbiamo scelto e testato tre termocamere, per tipologie di utilizzi abbastanza differenti l'uno dall'altro. Vi mostreremo così un esempio di cosa può offrire il mercato per il vostro obiettivo finale, il vostro profilo e le risposte che vi siete dati nell'uso della tecnica delle 5W.

Le termocamere da noi scelte sono:

- Modello: ONE Pro, Marca: FLIR™ 
- Modello: C3, Marca: FLIR™ 
- Modello: 870 - 1, Marca: TESTO 

Prima di entrare nei dettagli delle valutazioni farò una panoramica discorsiva su questi tre modelli per darvi alcune opinioni preliminari sul loro utilizzo pratico.

One Pro, FLIR™

La One Pro di FLIR™ non è una termocamera standalone (cioè che funziona in modo autonomo e indipendente da altri dispositivi) ma è un accessorio da collegare a uno smartphone o a un tablet. Sono supportati sia Android sia Apple e rimando al sito web della FLIR™ per la compatibilità con il vostro dispositivo (<https://www.flir.it/support-center/flir-one/flir-one-device-compatibility/>). In generale, comunque, come vedrete nella lista del produttore, la One Pro si collega tranquillamente agli ultimi telefoni e tablet smart. Immaginate quindi un dispositivo che non ha un display tutto suo ma bensì utilizza il display del vostro smartphone o tablet compatibile, perché si attacca a esso attraverso un connettore e le ricerche si effettuano attraverso un'app proprietaria di FLIR™, scaricabile dagli Store. L'App è ridotta all'essenziale ma fatta molto bene; oltre alle foto si possono effettuare anche video in un formato diverso a seconda del

sistema operativo del vostro smartphone. È dotata anche di una normale fotocamera digitale così da poter applicare la funzione Multi Spectral Dynamic Imaging (MSX®) di FLIR™ che sovrappone l'immagine nello spettro del visibile alla termografia ripresa dal sensore Lepton® (che è di ben 160x120 pixel), consentendo di avere la percezione di un dettaglio maggiore e di capire meglio la zona che stiamo osservando. È stata introdotta anche la funzione FLIR™ VividIR™, che arricchisce l'immagine termografica di colori più saturi e meglio distinguibili. La FLIR™ One Pro è molto pratica fino a quando non dev'essere passata di mano in mano, ad esempio in un cantiere, perché dovrete passare tutto lo smartphone agli altri. Pertanto si presta benissimo per un uso individuale. La sua ergonomia è adeguata per un uso rapido ma non per ricerche prolungate nel tempo. Infatti, anche se la batteria interna alla One Pro assicura che non venga usata la batteria del telefono stesso, ha solo 45 minuti di autonomia. Tempo più che sufficiente per garantire ricerche e analisi veloci ma, sicuramente, inferiore ad altri dispositivi standalone. Purtroppo la batteria della One Pro è sostituibile solo in assistenza da personale qualificato FLIR™. L'uso della FLIR™ One Pro è destinato anche ai professionisti che usano la termocamera saltuariamente o in modo individuale, e per coloro che si affacciano al mondo della termografia per la prima volta, essendo curiosi come me di effettuare esperimenti con i propri figli e amici. Abbiamo scelto questa One Pro perché all'apparenza sembra un accessorio curioso e molto di moda per il vostro smartphone, ma non è un giocattolo. Infatti vi risulterà un dispositivo comunque importante, il cui uso richiede sicuramente che abbiate le basi della termografia, che avrete appreso in parte, anche con la lettura del presente articolo.

C3, FLIR™

La C3 di FLIR™ è una termocamera standalone e può quindi funzionare in autonomia avendo un proprio display dove visualizza in tempo reale quello che state osservando e dove potete rivedere le foto acquisite. È dotata di un sensore Lepton®, che però è di soli 80x60 pixel, appena sufficiente per iniziare a eseguire delle analisi termografiche. È dotata però di seconda fotocamera che riprende nel visibile, così da poter applicare il Multi Spectral

Dynamic Imaging (MSX®) di FLIR™. I punti di forza di questa termocamera sono la portabilità estrema e il suo semplicissimo utilizzo. La si può portare in una tasca e sfoderarla appena necessario. Il tempo di accenderla, ha bisogno di fare un piccolo bootstrap (operazioni interne di accensione), ed è subito pronta. L'autocalibrazione della temperatura è ben eseguita. Il display è touch, ci ha regalato molte soddisfazioni e ha permesso così di utilizzare tutta la superficie posteriore per la visualizzazione delle immagini termografiche senza l'uso di bottoni posteriori. Il precedente modello C2 non aveva il modulo Wi-Fi integrato che invece in questa C3 è presente ed eccezionale.

È possibile fare lo streaming video delle immagini in tempo reale su dispositivi come smartphone e tablet ed esportare delle immagini in formato JPEG ma contenente tutte le informazioni termografiche. La batteria è integrata e sostituibile solo nei centri assistenza FLIR™. Rimane comunque una termocamera veramente valida per iniziare qualsiasi indagine termografica. Abbiamo scelto FLIR™ anche perché questa C3 secondo noi segna l'ingresso nel vero mondo della termografia portatile. FLIR™ porta avanti dal 1978 le sue caratteristiche di pioniere nello sviluppo di sistemi di acquisizione di immagini a infrarosso.

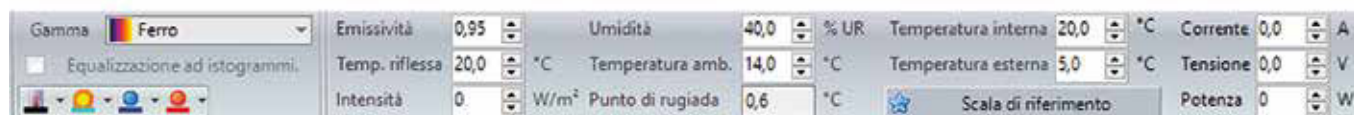
870-1, TESTO™

La 870-1 di TESTO™ è una termocamera standalone che funziona in autonomia avendo un proprio generoso display di 320x240 pixel. Il sensore è molto performante nonostante abbia una risoluzione di 160x120 pixel ma espandibile a pagamento verso la SuperResolution® di TESTO™ che porta la risoluzione a 320x240 pixel, proprio come lo schermo in dotazione. Questa termocamera si presta benissimo per certificazioni ed usi continuativi avendo la

possibilità di poter cambiare agevolmente il pacco batterie. Il display non è di tipo touch e quindi anche se a prima vista sembra essere uno svantaggio, nella pratica risulta molto più versatile perché è possibile usare agevolmente la termocamera anche con guanti di protezione, avendo i tasti funzione alla base del display. Risulta solidissima e molto semplice nel suo utilizzo, le parametrizzazioni in tempo reale sono sufficienti per usarla in campo professionale. In dotazione ha un software gratuito, completo e potente (IRSoft®) che permette a posteriori anche la parametrizzazione della emissività, della temperatura riflessa e di tante altre variabili utili alla corretta misurazione.

La termocamera si connette alla porta USB del PC per poter scaricare le termografie. Lo standard di uscita delle immagini è BMT e contiene tutte le informazioni termografiche a partire dall'immagine, fino ai dati rilevati. Con il software IRSoft® è possibile esportarle in altri formati come BMP, JPEG e PNG. La casa madre fornisce pieno supporto anche per gli aggiornamenti firmware delle proprie termocamere. La 870-1 non ha una doppia fotocamera nel visibile, quindi ha solo il sensore termografico che accoppiato comunque alla buona ottica in dotazione, fanno di lei una spettacolare macchina termografica.

All'accensione, subito dopo il suo piccolo bootstrap (operazioni interne di accensione) e i suoi veloci test di autodiagnosi, vi regalerà delle bellissime soddisfazioni. Le sue caratteristiche ne giustificano il prezzo, che comunque rimane competitivo per questo validissimo strumento di misura. Abbiamo scelto la blasonata multinazionale tedesca TESTO SE & Co. KgaA che sbarca in Italia nel 1992 con la Testo S.p.A. perché ci sembrava non a torto una validissima marca che compete alla grande sia con FLIR™ che con FLUKE™.



Veduta della barra degli strumenti di IRSoft®

Risultato dei nostri test e confronti

| ONE PRO FLIR™ (versione apple IOS) | C3 FLIR™ | 870-1 TESTO™ |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |
| <p>SENSORE E DISPLAY</p> <p>★★★★</p> | <p>SENSORE E DISPLAY</p> <p>★★★</p> | <p>SENSORE E DISPLAY</p> <p>★★★★</p> |
| <p>Risoluzione: 160 x 120 Pixel Banda spettrale: 8 -14 μm Campo visivo: HFOV/VFOV: 55° x 43° IFOV(H): 6 mrad IFOV(V): 6,2 mrad Distanza min. di messa a fuoco: 0,15 m (15 cm)</p> <p>Assente il display (uso abbinato a uno smartphone o tablet)</p> <p>Per essere una termocamera vista come accessorio di uno smartphone, è davvero incredibile, come incredibile è la risoluzione geometrica che ha questo sensore. FLIR™, con questa termocamera, secondo me è riuscita a risparmiare sulla componentistica di visualizzazione essendo priva del display e ha deciso di montare uno dei suoi eccezionali sensori a risoluzione 160x120.</p> | <p>Risoluzione: 80 x 60 Pixel Banda spettrale: 7,5-14 μm Campo visivo: HFOV/VFOV: 41° x 31° IFOV(H): 8,9 mrad IFOV(V): 9 mrad Distanza min. di messa a fuoco: 0,15 m (15 cm)</p> <p>Display Touch 3 pollici</p> <p>È una termocamera compatta, tascabile, sufficientemente sofisticata da essere usata davvero per analisi preliminari e ispezioni di varia natura. Si porta bene in cantiere, ha lo streaming su smartphone attraverso la sua app dedicata via Wi-Fi. È corredata di software di analisi su personal computer per poter fare analisi anche senza guardare nel suo piccolo display. Risoluzione però appena sufficiente.</p> | <p>Risoluzione: 160 x 120 Pixel (SuperResolution opz. 320 x 240) Banda spettrale: 7,5-14 μm Campo visivo: HFOV/VFOV: 34° x 26° IFOV(H): 3,7 mrad IFOV(V): 3,8 mrad Distanza min. di messa a fuoco: 0,50 m (50 cm)</p> <p>Display non touch 3,5 pollici</p> <p>Termocamera impugnabile come un qualsiasi termometro a infrarossi. Robusta e display ben fatto; luminoso e ben definito di ben 320x240 pixel. È davvero una bella termocamera nonostante la sua semplicità di utilizzo grazie al suo display ben visibile e dei suoi bottoni molto intuitivi. Non è touch screen e in alcuni casi può essere davvero un vantaggio.</p> |

| ONE PRO FLIR™ | C3 FLIR™ | 870-1 TESTO™ |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>RANGE TEMPERATURA MISURABILE</p> <p>★★★★★</p> | <p>RANGE TEMPERATURA MISURABILE</p> <p>★★★★★</p> | <p>RANGE TEMPERATURA MISURABILE</p> <p>★★★★★</p> |
| <p>Da -20 °C a +400 °C (attenzione a esporre la termocamera a temperature inferiori allo zero)</p> <p>Grande range di temperature misurabile che le fa acquistare punteggio. Il suo utilizzo è veramente flessibile su più fronti e nelle più diverse situazioni in cui viene richiesta una valutazione termica ad ampio range.</p> | <p>Da -20 °C a +300 °C</p> <p>Range sufficiente come la maggior parte delle altre termocamere. Il suo utilizzo è davvero flessibile e permette di usarla in un ampio spettro di situazioni.</p> | <p>Da -20 °C a +280 °C</p> <p>Valori estesi senza garanzia di una precisione preceduti sul display dal simbolo della tilde (~nn): -40...-22 °C e + 286...290 °C</p> <p>Presenta un range davvero compatibile con la maggioranza delle termocamere. Quindi, un uso davvero flessibile anche per questa termocamera.</p> |
| <p>BATTERIA</p> <p>★★★</p> | <p>BATTERIA</p> <p>★★★★★</p> | <p>BATTERIA</p> <p>★★★★★</p> |
| <p>Autonomia: 55 min</p> <p>Tempo di carica: 40 min</p> <p>Batteria sufficiente per fare delle brevi valutazioni e ispezioni. Non utilizza la batteria dello smartphone, quindi su questo punto è pienamente autonoma. Batteria sostituibile solo nei centri assistenza FLIR™.</p> | <p>Autonomia: 120 min (2 h)</p> <p>Tempo di carica: 90 min (1,5 h)</p> <p>Batteria veramente discreta che permette il suo uso anche in cantieri e situazioni in cui si richiedono ispezioni di lunga durata. Batteria interna sostituibile solo nei centri assistenza FLIR™.</p> | <p>Autonomia: 240 min (4 h)</p> <p>Tempo di carica: 5 h circa tramite alimentatore 8 h circa tramite USB di un PC</p> <p>Batteria davvero eccellente. Pacco batterie impeccabile di lunghissima durata. Si presta a ispezioni davvero importanti. Batteria sostituibile dall'utente stesso con possibilità di utilizzo di pacchi batteria estesi.</p> |

| ONE PRO FLIR™ | C3 FLIR™ | 870-1 TESTO™ |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CARATTERISTICHE DI ROBUSTEZZA  | CARATTERISTICHE DI ROBUSTEZZA  | CARATTERISTICHE DI ROBUSTEZZA  |
| <p>Temperature di esercizio: Da 0 °C a +35 °C</p> <p>Temperature di stoccaggio: Da 0 °C a +45 °C</p> <p>Dimensioni: 68 x 34 x 14mm</p> <p>Al primo impatto poco robusta. State attenti all'uso nei cantieri. Uso in abbinamento a uno smartphone o tablet.</p> | <p>Temperature di esercizio: Da -10 °C a +50 °C</p> <p>Temperature di stoccaggio: da -20 °C a +50 °C</p> <p>Dimensioni: 125 x 80 x 24 mm</p> <p>Robusta e abbastanza maneggevole. Può essere portata in cantieri ma preferibile estrarla al momento delle ispezioni. Touch screen eccezionale. Copertura gommata per non scivolare.</p> | <p>Temperature di esercizio: Da -15 °C a +50 °C</p> <p>Temperature di stoccaggio: Da -30 °C a +60 °C</p> <p>Dimensioni: 96 x 95 x 219 mm</p> <p>Robustissima, maneggevole e ideale per essere portata nei cantieri. Attenzione comunque sempre all'eccessiva umidità e alle troppe polveri. Bottoni ben isolati.</p> |
| PUNTI DI FORZA E VALUTAZIONE: 3.75  | PUNTI DI FORZA E VALUTAZIONE: 3.75  | PUNTI DI FORZA E VALUTAZIONE: 4.25  |
| <p>La fotocamera che nel visibile lavora insieme al sensore termografico, la compattezza generale del dispositivo, la sua estrema portabilità, anche se per funzionare deve essere connessa a uno smartphone, sono solo alcuni dei suoi punti di forza. Di facilissimo utilizzo, pochi fronzoli ma essenziali per una rapidissima analisi preliminare della situazione. Software disponibile sia per iOS sia per Android ed è ben fatto, con esso infatti è possibile lavorarci su tablet o smartphone. Ci si possono davvero fare tante ispezioni e levarsi tante curiosità anche in campo educational. È un buon investimento a breve termine che non lo fa essere solo un accessorio speciale per smartphone ma anche un vero strumento di lavoro.</p> <p>Prezzo: 490 euro</p> | <p>La sua grande portabilità permette a quasi tutti i professionisti di portarla all'interno di una giacca o di una tuta da lavoro per poter fare le analisi preliminari sufficienti per dare un giudizio sulla situazione e sulla causa di un eventuale danno. È ottima per verificare una fuga di calore o l'efficacia del buon funzionamento dell'impianto di condizionamento o di riscaldamento. Anche questa termocamera è dotata di fotocamera nel visibile per poter usare la tecnologia MSX™ di FLIR™. Da prendere assolutamente come prima termocamera portatile prima ancora di comprare la termocamera definitiva. Buon investimento a medio e lungo termine considerando che il desiderio di una termocamera più sofisticata arriverà dopo diverse ispezioni termografiche.</p> <p>Prezzo: 820 euro</p> | <p>Termocamera professionale, direi quasi definitiva, se non fosse per la risoluzione migliorabile e la mancanza della fotocamera nel visibile. È possibile aumentarne la risoluzione attraverso l'acquisto del pacchetto aggiornamento che la porta da 160x120 alla risoluzione di 320x240 chiamata SuperResolution™ di TESTO™. Solida, ben fatta, materiali ottimi. Leggera e sufficientemente portabile, grazie anche alla sua pratica valigetta. Adatta sicuramente per certificazioni ambientali e come inizio di una lunga carriera professionale nel campo della termografia. Ottimo investimento a lungo termine; e se prendete il modello con fotocamera nel visibile (870-2) e SuperResolution, sarà quella definitiva.</p> <p>Prezzo: 1.600 euro</p> |

IL PUNTO DI VISTA DI UN ADDETTO AI LAVORI

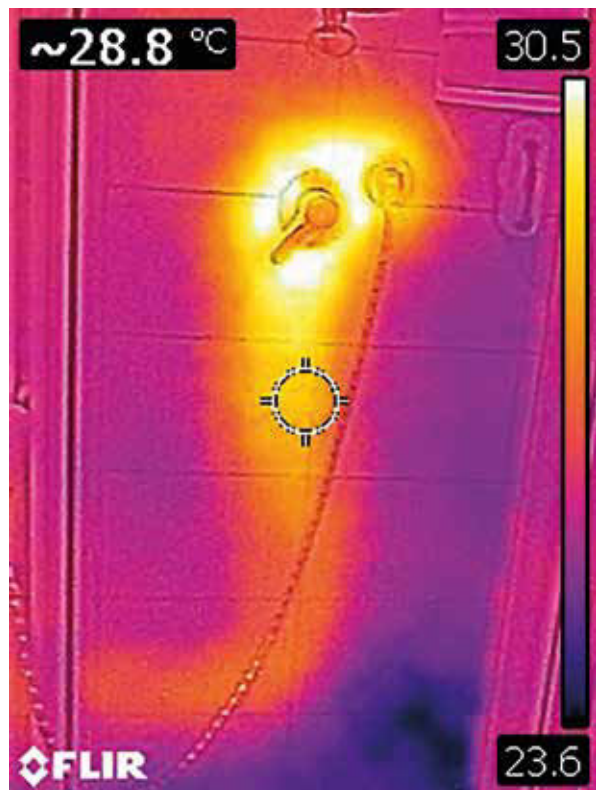
di Cosimo Terzi

Ho avuto finalmente la possibilità di provare una termocamera professionale TESTO Mod. 870-1. Se è vero che l'utilizzo è semplicissimo, ai limiti della banalità, non si può dire altrettanto dell'interpretazione dei dati. Per quanto mi riguarda ho potuto testare la termocamera nei settori di mia competenza professionale (edile, elettrico) e ludica, oltre nel settore delle autocaravan.

Per quel che riguarda il settore elettrico i risultati sono stati piuttosto scontati, l'individuazione dei surriscaldamenti è utile e intuitiva a patto di impostare la scala dei gradi in automatico, altrimenti si corre il rischio di scambiare lucciole per lanterne. Una volta individuate le fonti di maggior calore si deve effettuare una misura spot per avere dei dati più precisi, che vanno poi interpretati. Faccio un esempio pratico se inquadrriamo il quadro generale del nostro appartamento, individueremo svariate fonti di calore, ma non saranno tutte necessariamente indebite. In un impianto elettrico moderno ben costruito con una fornitura di 6Kw non sarà insolito, sulle linee a 16 Ampere, trovare fonti di calore sulle connessioni di potenza anche rilevanti (40-45°C), temperature considerate assolutamente di esercizio dato il massiccio consumo di corrente degli elettrodomestici che producono corrente con una resistenza (lavastoviglie, lavatrice, forno, microonde); già meno evidente dovrebbe essere sulle connessioni degli elettrodomestici a pompa di calore come le asciugatrici o i condizionatori. Se è vero che una rilevazione di 40-45°C in un impianto a norma sulla linea 16A (prese calore a passo grande) è nei valori di tolleranza, è vero anche che la stessa rilevazione sullo stesso impianto ma su una linea di servizio a 10 Ampere può essere fuori dai valori accettabili e solo un tecnico con la dovuta strumentazione potrà verificare l'impianto e fugare ogni dubbio. Gli impianti elettrici moderni sono costruiti con materiali ignifughi ovvero non sono refrattari alle fiamme ma più semplicemente non propagano l'incendio; quindi, in caso di sovraccarico per un guasto al sistema, i conduttori e le giunzioni si surriscaldano a temperature molto elevate anche molto oltre i 100°C, ma se costruiti con materiali idonei non innescheranno l'incendio a meno di contatto diretto con materiali infiam-

mabili estranei all'impianto. Infatti, una giunzione spina/presa sottoposta a sovraccarico, se non viene a contatto con materiali estranei si carbonizzerà senza innescare incendio. Se invece la giunzione venisse a contatto con un mobile anziché una tenda potrebbe diventare pericolosa. Quindi, la verifica con una termocamera del calore sprigionato dalla giunzione spina/presa sottoposta a sovraccarico può anticipare il manifestarsi di problematiche anche serie. Completamente differente è l'utilizzo della stessa termocamera nel campo degli isolamenti termici negli edifici; anche qui i rilievi sono facili e intuitivi ma l'interpretazione degli stessi non altrettanto. Prima di tutto nel campo degli isolamenti termici è importantissimo il ΔT (Delta T) ovvero il differenziale di temperatura fra punti freddi e punti caldi che in determinate condizioni di umidità può innescare il fenomeno della condensa e quindi delle successive manifestazioni micotiche così sgradevoli alla vista quanto insalubri. Come detto sopra, anche l'individuazione dei "ponti termici" è relativamente facile, ma non lo è la loro gestione. Ad esempio, la fuga di calore in un nuovo edificio con muratura in mattoni forati in prossimità di una finestra, magari proprio sulla soglia, denoterà un errore macroscopico di installazione e progettazione spesso facile da risolvere. La stessa problematica in un vecchio edificio con muratura a pietra mista, pur con infissi nuovi e tutte le accortezze del caso, potrebbe essere un problema quasi insormontabile. Per questi e altri motivi, stanno prendendo campo i cosiddetti cappotti termici, isolanti in lastre da applicare all'esterno dell'edificio (in rari casi anche all'interno) allo scopo di isolare l'edificio dagli sbalzi termici. Proprio nel caso della posa di un cappotto termico sarà utile un'ispezione con una termocamera da parte di un tecnico alla fine della posa per verificare l'assenza di ponti termici, perché maggiore sarà l'isolamento e maggiore sarà il ΔT dei ponti termici e quindi più frequente il manifestarsi di condense e micosi. ***In buona sostanza, nuovamente, la termocamera è utilissima per individuare fughe di calore e ponti termici ma solo un professionista potrà fornire la corretta interpretazione dei dati rilevati.***

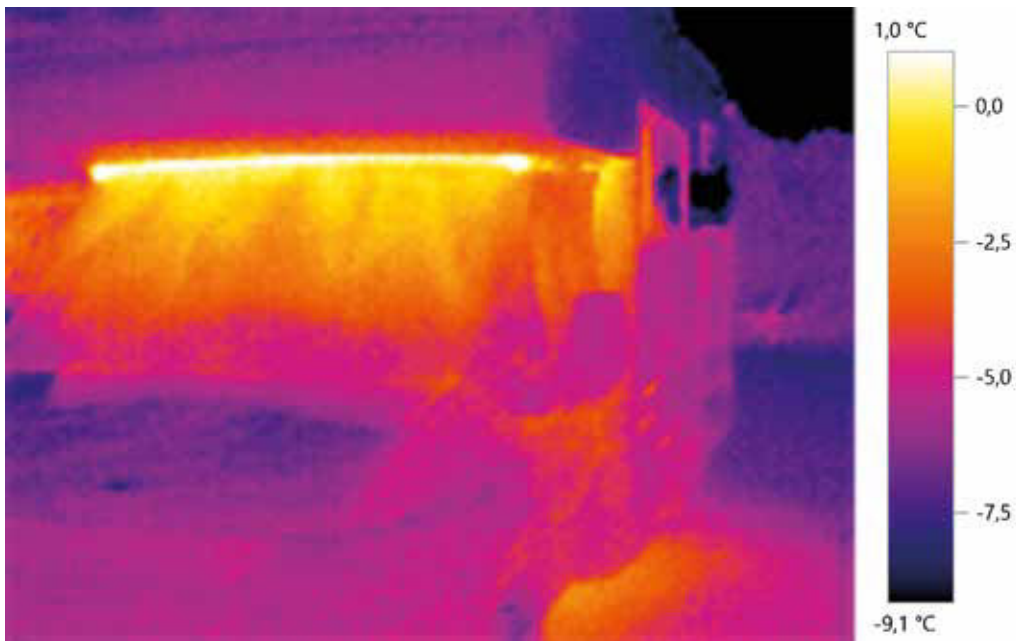
Un altro aspetto utilissimo nell'utilizzo quotidiano della termocamera è l'individuazione degli impianti idro termo sanitari all'interno delle murature. Considerato che le tubazioni di scarico sono di ma-



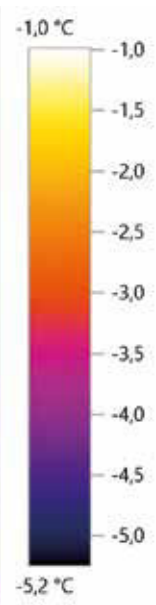
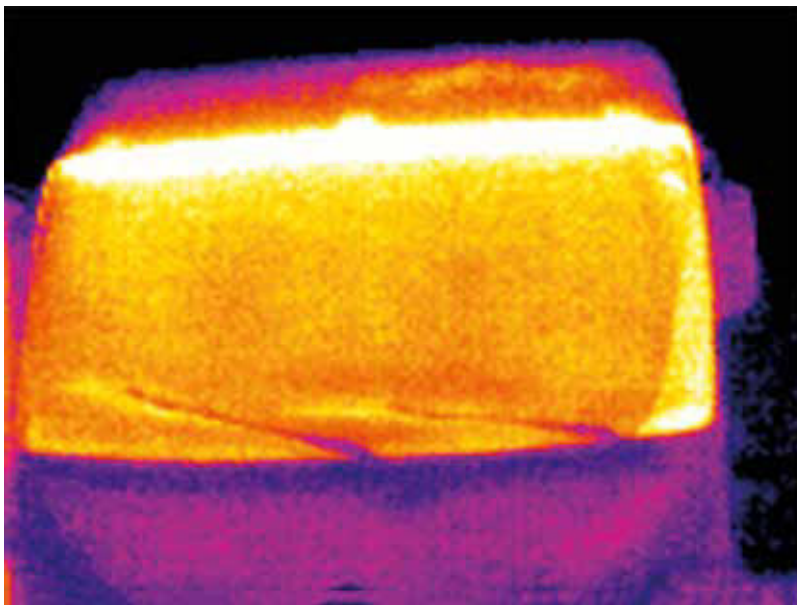
In queste immagini, vista del tubo di arrivo dell'acqua calda in una doccia (foto L. Ghoniem)

teriale plastico quindi invisibili al metal detector, una scansione con la termocamera ci può salvare da spiacevoli situazioni quali la classica foratura di un tubo con il trapano. Infine, essendo camperista da svariati anni, mi sono voluto cimentare nell'aspetto unicamente ludico di scannerizzare alcuni mezzi durante il ponte dell'Immacolata (una carovana eterogenea di autocaravan nel parcheggio di Castellina in Chianti si era prestata allo scopo).

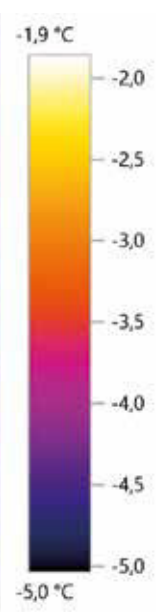
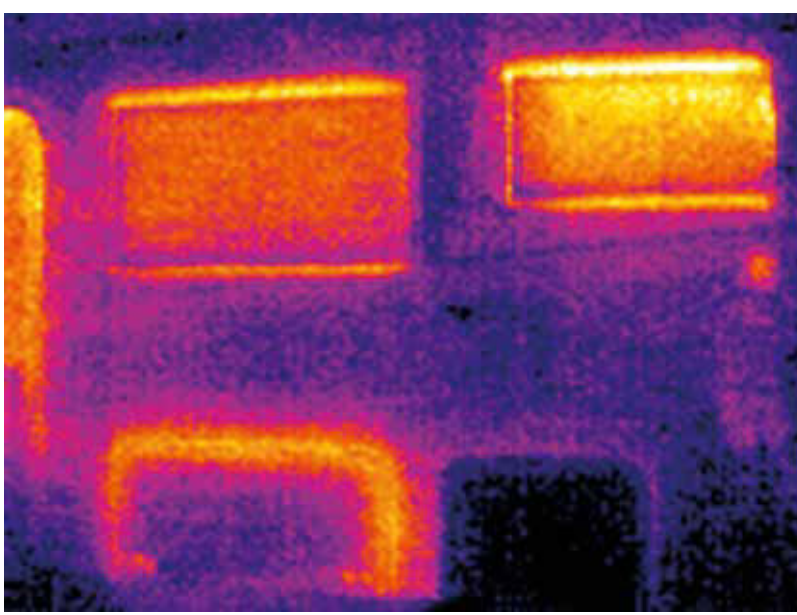
Con mia grande sorpresa ho scoperto che la gran parte dei mezzi, dai più blasonati ai più artigianali camper puri dei piccoli allestitori, sono tutti più o meno ben isolati; ma tutti hanno un'emorragia di calore dai cristalli anteriori al confronto della quale tutte le piccole perdite degli sportelli, griglie e sfiate sono irrilevanti. L'unico rimedio in caso di climi particolarmente rigidi è la protezione esterna dei cristalli con apposite coperture termiche.



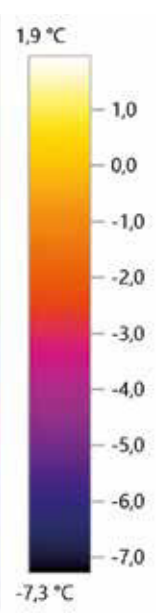
Verifica con termocamera TESTO™ 870-1 della perdita dal cristallo anteriore su autocaravan (foto C. Terzi)



Verifica con termocamera TESTO™ 870-1 della perdita dal cristallo anteriore su autocaravan (foto C. Terzi)



Verifica cristalli laterali su autocaravan (foto C. Terzi)



Vista posteriore di autocaravan e relative dispersioni di calore (foto C. Terzi)