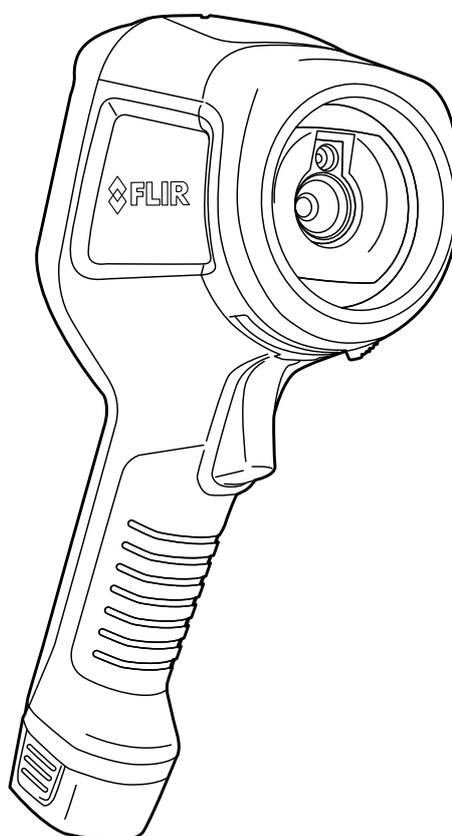




---

# Manuale dell'utente Serie FLIR Ex





# Manuale dell'utente

## Serie FLIR Ex



# Sommario

---

<b>1</b>	<b>Esclusioni di responsabilità</b>	<b>1</b>
1.1	Dichiarazione di non responsabilità	1
1.2	Statistiche di utilizzo	1
1.3	Modifiche al registro	1
1.4	Regolamenti governativi degli Stati Uniti	1
1.5	Copyright	1
1.6	Certificazione di qualità	1
1.7	Brevetti	1
1.8	EULA Terms	1
1.9	EULA Terms	1
<b>2</b>	<b>Informazioni sulla sicurezza</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Nota per l'utente</b>	<b>6</b>
3.1	Forum degli utenti	6
3.2	Calibrazione	6
3.3	Accuratezza	6
3.4	Smaltimento di materiale elettronico	6
3.5	Formazione	6
3.6	Aggiornamenti della documentazione	6
3.7	Nota importante sul manuale	6
3.8	Nota relativa alle versioni ufficiali	6
<b>4</b>	<b>Assistenza ai clienti</b>	<b>7</b>
4.1	Info generali	7
4.2	Invio di una domanda	7
4.3	Download	8
<b>5</b>	<b>Guida introduttiva</b>	<b>9</b>
5.1	Procedura	9
<b>6</b>	<b>Elenco di accessori e servizi</b>	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>Descrizione</b>	<b>11</b>
7.1	Componenti della termocamera	11
7.1.1	Figura	11
7.1.2	Descrizione	11
7.2	Tastierina	11
7.2.1	Figura	11
7.2.2	Descrizione	11
7.3	Connettori	12
7.3.1	Figura	12
7.3.2	Descrizione	12
7.4	Elementi del display	13
7.4.1	Figura	13
7.4.2	Descrizione	13
<b>8</b>	<b>Funzionamento</b>	<b>14</b>
8.1	Ricarica della batteria	14
8.1.1	Caricamento della batteria mediante l'alimentazione FLIR	14
8.1.2	Caricamento della batteria mediante il caricabatteria autonomo FLIR	14
8.1.3	Caricamento della batteria mediante un cavo USB	14
8.2	Accensione e spegnimento della termocamera	14
8.3	Salvataggio di un'immagine	15
8.3.1	Info generali	15
8.3.2	Capacità di memorizzazione delle immagini	15
8.3.3	Convenzione di denominazione	15
8.3.4	Procedura	15
8.4	Richiamo di un'immagine	15

8.4.1	Info generali	15
8.4.2	Procedura	15
8.5	Eliminazione di un'immagine	15
8.5.1	Info generali	15
8.5.2	Procedura	16
8.6	Eliminazione di tutte le immagini	16
8.6.1	Info generali	16
8.6.2	Procedura	16
8.7	Misurazione della temperatura con un puntatore	16
8.7.1	Info generali	16
8.7.2	Procedura	16
8.8	Misurazione della temperatura più alta in un'area	16
8.8.1	Info generali	16
8.8.2	Procedura	16
8.9	Misurazione della temperatura più bassa in un'area	17
8.9.1	Info generali	17
8.9.2	Procedura	17
8.10	Per nascondere gli strumenti di misurazione	17
8.10.1	Procedura	17
8.11	Cambio della tavolozza dei colori	17
8.11.1	Info generali	17
8.11.2	Procedura	17
8.12	Utilizzo degli allarmi colore	17
8.12.1	Info generali	17
8.12.2	Esempi di immagini	17
8.12.3	Procedura	18
8.13	Modifica della modalità immagine	18
8.13.1	Info generali	18
8.13.2	Procedura	20
8.14	Modifica della modalità di scala della temperatura	20
8.14.1	Info generali	20
8.14.2	Quando utilizzare la modalità <i>Blocca</i>	20
8.14.3	Quando utilizzare la modalità <i>Manuale</i>	20
8.14.4	Procedura	21
8.15	Impostazione dell'emissività come proprietà della superficie	21
8.15.1	Info generali	21
8.15.2	Procedura	22
8.16	Impostazione dell'emissività come materiale personalizzato	22
8.16.1	Info generali	22
8.16.2	Procedura	22
8.17	Modifica dell'emissività come valore personalizzato	22
8.17.1	Info generali	22
8.17.2	Procedura	23
8.18	Modifica della temperatura apparente riflessa	23
8.18.1	Info generali	23
8.18.2	Procedura	23
8.19	Modifica della distanza tra l'oggetto e la termocamera	23
8.19.1	Info generali	23
8.19.2	Procedura	23
8.20	Esecuzione di una correzione di non uniformità (NUC)	24
8.20.1	In cosa consiste una correzione di non uniformità?	24
8.20.2	Quando eseguire una correzione di non uniformità?	24
8.20.3	Procedura	24
8.21	Modifica delle impostazioni	24
8.21.1	Info generali	24

## Sommario

---

	8.21.2 Procedura .....	25
8.22	Aggiornamento della termocamera .....	25
	8.22.1 Info generali .....	25
	8.22.2 Procedura .....	25
<b>9</b>	<b>Dati tecnici .....</b>	<b>26</b>
9.1	Calcolatore del campo visivo online .....	26
9.2	Nota relativa ai dati tecnici .....	26
9.3	Nota relativa alle versioni ufficiali .....	26
9.4	FLIR E4 .....	27
9.5	FLIR E5 .....	30
9.6	FLIR E6 .....	33
9.7	FLIR E8 .....	36
<b>10</b>	<b>Disegni meccanici .....</b>	<b>39</b>
<b>11</b>	<b>Dichiarazione di conformità CE .....</b>	<b>42</b>
<b>12</b>	<b>Pulizia della termocamera .....</b>	<b>44</b>
12.1	Rivestimento esterno, cavi ed altri componenti della termocamera .....	44
	12.1.1 Liquidi .....	44
	12.1.2 Dotazione necessaria .....	44
	12.1.3 Procedura .....	44
12.2	Obiettivo ad infrarossi .....	44
	12.2.1 Liquidi .....	44
	12.2.2 Dotazione necessaria .....	44
	12.2.3 Procedura .....	44
<b>13</b>	<b>Esempi di applicazioni .....</b>	<b>45</b>
13.1	Infiltrazioni di acqua ed umidità .....	45
	13.1.1 Info generali .....	45
	13.1.2 Figura .....	45
13.2	Contatto difettoso in una presa .....	45
	13.2.1 Info generali .....	45
	13.2.2 Figura .....	45
13.3	Presa ossidata .....	46
	13.3.1 Info generali .....	46
	13.3.2 Figura .....	46
13.4	Carenze d'isolamento .....	47
	13.4.1 Info generali .....	47
	13.4.2 Figura .....	47
13.5	Corrente d'aria .....	47
	13.5.1 Info generali .....	47
	13.5.2 Figura .....	48
<b>14</b>	<b>Informazioni su FLIR Systems .....</b>	<b>49</b>
14.1	Molto di più di una semplice termocamera ad infrarossi .....	50
14.2	Le competenze della società a disposizione del cliente .....	50
14.3	Una società dedicata al supporto dei clienti .....	51
<b>15</b>	<b>Glossario .....</b>	<b>52</b>
<b>16</b>	<b>Tecniche di misurazione termografica .....</b>	<b>55</b>
16.1	Introduzione .....	55
16.2	Emissività .....	55
	16.2.1 Come stabilire l'emissività di un campione .....	55
16.3	Temperatura apparente riflessa .....	59
16.4	Distanza .....	59
16.5	Umidità relativa .....	59
16.6	Altri parametri .....	59

## Sommario

---

<b>17</b>	<b>Storia della tecnologia ad infrarossi .....</b>	<b>60</b>
<b>18</b>	<b>Teoria della termografia.....</b>	<b>63</b>
18.1	Introduzione .....	63
18.2	Lo spettro elettromagnetico.....	63
18.3	Radiazione del corpo nero .....	63
18.3.1	La legge di Planck .....	64
18.3.2	La legge di spostamento di Wien .....	65
18.3.3	Legge di Stefan-Boltzmann .....	66
18.3.4	Emettitori diversi dai corpi neri .....	67
18.4	Materiali semitrasparenti agli infrarossi .....	69
<b>19</b>	<b>La formula di misurazione .....</b>	<b>70</b>
<b>20</b>	<b>Tabelle di emissività.....</b>	<b>74</b>
20.1	Bibliografia .....	74
20.2	Tabelle .....	74

## 1.1 Dichiarazione di non responsabilità

Tutti gli articoli prodotti da FLIR Systems sono garantiti contro difetti nei materiali e di mano d'opera per un periodo di un (1) anno dalla data di spedizione dell'acquisto originale. Tale garanzia è valida solo nel caso in cui il prodotto sia stato conservato, utilizzato ed oggetto di manutenzione in accordo con le istruzioni fornite da FLIR Systems.

Le termocamere ad infrarossi senza raffreddamento prodotte da FLIR Systems sono garantite contro difetti nei materiali e di mano d'opera per un periodo di due (2) anni dalla data di consegna del prodotto originale. Tale garanzia è valida solo nel caso in cui il prodotto sia stato conservato, utilizzato ed oggetto di manutenzione in accordo con le istruzioni fornite da FLIR Systems e che sia stato registrato entro 60 giorni dalla data di acquisto originale.

I rilevatori per le termocamere ad infrarossi senza raffreddamento prodotti da FLIR Systems sono coperti da garanzia per un periodo di dieci (10) anni dalla data di consegna del prodotto originale; la finalità di tale garanzia è quella di tutelare l'acquirente nel caso in cui i materiali e la lavorazione del prodotto acquistato risultino difettosi, purché si dimostri che il prodotto sia stato correttamente conservato ed utilizzato, che siano state effettuate le opportune procedure di manutenzione in conformità alle istruzioni fornite da FLIR Systems e che sia stato registrato entro 60 giorni dalla data di acquisto originale.

Gli articoli non prodotti da FLIR Systems ma inclusi nei sistemi spediti da FLIR Systems all'acquirente originale, mantengono esclusivamente l'eventuale garanzia del fornitore. FLIR Systems non si assume alcuna responsabilità in relazione a detti prodotti.

Poiché la garanzia vale esclusivamente per l'acquirente originale, non è in alcun modo possibile trasferirla. Inoltre, tale garanzia non è valida in caso di danni causati da uso improprio, incuria, incidente o condizioni anomale di funzionamento. Le parti di ricambio sono escluse dalla garanzia.

Nell'eventualità in cui si riscontrino difetti in uno dei prodotti coperti dalla presente garanzia, sospendere l'utilizzo del prodotto in modo da impedire che si verifichino ulteriori danni. L'acquirente è tenuto a comunicare prontamente a FLIR Systems la presenza di eventuali difetti o malfunzionamenti; in caso contrario, la presente garanzia non verrà applicata.

FLIR Systems ha la facoltà di decidere, a sua esclusiva discrezione, se riparare o sostituire gratuitamente un prodotto nell'eventualità in cui, dopo aver effettuato i debiti accertamenti, il prodotto risulti realmente difettoso nei materiali o nella lavorazione e purché esso venga restituito a FLIR Systems entro il suddetto periodo di un anno.

Gli obblighi e le responsabilità di FLIR Systems in relazione a eventuali difetti sono da intendersi limitati alle clausole sopra enunciate.

Pertanto, nessun'altra garanzia è da considerarsi espressa o implicita. FLIR Systems disconosce specificamente qualunque garanzia implicita di commerciabilità ed idoneità del prodotto per usi particolari.

FLIR Systems non è da ritenersi in alcun modo responsabile di eventuali danni diretti, indiretti, particolari, accidentali o conseguenti, siano essi basati su contratto, illecito civile o altri fondamenti giuridici.

Questa garanzia è disciplinata dalla legge svedese.

Le eventuali vertenze, controversie o rivendicazioni originate da o collegate a questa garanzia, verranno risolte in modo definitivo tramite arbitrato in conformità con le Regole dell'Arbitration Institute della Camera di Commercio di Stoccolma. La sede dell'arbitrato sarà Stoccolma e la lingua da utilizzare nel procedimento arbitrale sarà l'inglese.

## 1.2 Statistiche di utilizzo

FLIR Systems si riserva il diritto di raccogliere statistiche di utilizzo anonime per consentire il mantenimento ed il miglioramento della qualità dei suoi software e servizi.

## 1.3 Modifiche al registro

La voce del registro HKEY\_LOCAL\_MACHINE\SYSTEM\CurrentControlSet\Control\Lsa\LmCompatibilityLevel verrà modificata automaticamente al livello 2 qualora il servizio FLIR Camera Monitor rilevi una termocamera FLIR collegata al computer con un cavo USB. La modifica verrà eseguita solo se la termocamera implementa un servizio di rete remoto che supporta gli accessi di rete.

## 1.4 Regolamenti governativi degli Stati Uniti

Questo prodotto potrebbe essere soggetto ai regolamenti sulle esportazioni degli Stati Uniti. Inviare eventuali richieste a [exportquestions@flir.com](mailto:exportquestions@flir.com).

## 1.5 Copyright

© 2016, FLIR Systems, Inc.. Tutti i diritti riservati. Nessuna parte del software, compreso il codice sorgente, può essere riprodotta, trasmessa, trascritta o tradotta in qualsiasi lingua o linguaggio informatico, in qualunque forma o mediante qualsivoglia supporto elettronico, magnetico, ottico, manuale o di altro tipo, senza previa autorizzazione scritta di FLIR Systems.

La presente documentazione non può essere, né in toto né in parte, copiata, fotocopiata, riprodotta, tradotta o trasmessa in forma leggibile su qualsiasi supporto o dispositivo elettronico senza previo consenso scritto da parte di FLIR Systems.

I nomi e i marchi visibili sui prodotti qui menzionati sono marchi registrati o marchi di proprietà di FLIR Systems e/o relative filiali. Tutti gli altri marchi, nomi commerciali o di società citati nel presente documento sono usati unicamente a scopo di identificazione ed appartengono ai rispettivi proprietari.

## 1.6 Certificazione di qualità

Il Sistema per la gestione della qualità in base al quale vengono sviluppati e realizzati questi prodotti ha ottenuto la certificazione ISO 9001.

FLIR Systems è impegnata a perseguire una politica di continuo sviluppo, pertanto l'azienda si riserva il diritto di apportare modifiche e migliorie a tutti i prodotti, senza previa notifica.

## 1.7 Brevetti

È possibile che ai prodotti e/o alle funzioni siano applicati uno o più dei seguenti brevetti e/o registrazioni di modello. È inoltre possibile che si applichino anche brevetti o registrazioni di modello aggiuntivi in sospeso.

000279476-0001; 000439161; 000499579-0001; 000653423; 000726344; 000859020; 001106306-0001; 001707738; 001707746; 001707787; 001776519; 001954074; 002021543; 002058180; 002249953; 002531178; 0600574-8; 1144833; 1182246; 1182620; 1285345; 1299699; 1325808; 1336775; 1391114; 1402918; 1404291; 1411581; 1415075; 1421497; 1458284; 1678485; 1732314; 2106017; 2107799; 2381417; 3006596; 3006597; 466540; 483782; 484155; 4889913; 5177595; 60122153.2; 602004011681.5-08; 6707044; 68657; 7034300; 7110035; 7154093; 7157705; 7237946; 7312822; 7332716; 7336823; 7544944; 7667198; 7809258 B2; 7826736; 8,153,971; 8,823,803; 8,853,631; 8018649 B2; 8212210 B2; 8289372; 8354639 B2; 8384783; 8520970; 8565547; 8595689; 8599262; 8654239; 8680468; 8803093; D540838; D549758; D579475; D584755; D599,392; D615,113; D664,580; D664,581; D665,004; D665,440; D677298; D710,424 S; D718801; D16702302-9; D16903617-9; D17002221-6; D17002891-5; D17002892-3; D17005799-0; DM/057692; DM/061609; EP 2115696 B1; EP2315433; SE 0700240-5; US 8340414 B2; ZL 201330267619.9; ZL01823221.3; ZL01823226.4; ZL02331553.9; ZL02331554.7; ZL200480034894.0; ZL200530120994.2; ZL200610088759.5; ZL200630130114.4; ZL200730151141.4; ZL200730339504.7; ZL200820105768.8; ZL200830128581.2; ZL200880105236.4; ZL200880105769.2; ZL200930190061.9; ZL201030176127.1; ZL201030176130.3; ZL201030176157.2; ZL201030595931.3; ZL201130442354.9; ZL201230471744.3; ZL201230620731.8.

## 1.8 EULA Terms

- You have acquired a device ("INFRARED CAMERA") that includes software licensed by FLIR Systems AB from Microsoft Licensing, GP or its affiliates ("MS"). Those installed software products of MS origin, as well as associated media, printed materials, and "online" or electronic documentation ("SOFTWARE") are protected by international intellectual property laws and treaties. The SOFTWARE is licensed, not sold. All rights reserved.
- IF YOU DO NOT AGREE TO THIS END USER LICENSE AGREEMENT ("EULA"), DO NOT USE THE DEVICE OR COPY THE SOFTWARE. INSTEAD, PROMPTLY CONTACT FLIR Systems AB FOR INSTRUCTIONS ON RETURN OF THE UNUSED DEVICE(S) FOR A REFUND. ANY USE OF THE SOFTWARE, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO USE ON THE DEVICE, WILL CONSTITUTE YOUR AGREEMENT TO THIS EULA (OR RATIFICATION OF ANY PREVIOUS CONSENT).
- GRANT OF SOFTWARE LICENSE. This EULA grants you the following license:
  - You may use the SOFTWARE only on the DEVICE.
  - NOT FAULT TOLERANT.** THE SOFTWARE IS NOT FAULT TOLERANT. FLIR Systems AB HAS INDEPENDENTLY DETERMINED HOW TO USE THE SOFTWARE IN THE DEVICE, AND MS HAS RELIED UPON FLIR Systems AB TO CONDUCT SUFFICIENT TESTING TO DETERMINE THAT THE SOFTWARE IS SUITABLE FOR SUCH USE.
  - NO WARRANTIES FOR THE SOFTWARE.** THE SOFTWARE IS PROVIDED "AS IS" and with all faults. THE ENTIRE RISK AS TO SATISFACTORY QUALITY, PERFORMANCE, ACCURACY, AND EFFORT (INCLUDING LACK OF NEGLIGENCE) IS WITH YOU. ALSO, THERE IS NO WARRANTY AGAINST INTERFERENCE WITH YOUR ENJOYMENT OF THE SOFTWARE OR AGAINST INFRINGEMENT. IF YOU HAVE RECEIVED ANY WARRANTIES REGARDING THE DEVICE OR THE SOFTWARE, THOSE WARRANTIES DO NOT ORIGINATE FROM, AND ARE NOT BINDING ON, MS.
  - No Liability for Certain Damages. **EXCEPT AS PROHIBITED BY LAW, MS SHALL HAVE NO LIABILITY FOR ANY INDIRECT, SPECIAL, CONSEQUENTIAL OR INCIDENTAL DAMAGES ARISING FROM OR IN CONNECTION WITH THE USE OR PERFORMANCE OF THE SOFTWARE. THIS LIMITATION SHALL APPLY EVEN IF ANY REMEDY FAILS OF ITS ESSENTIAL PURPOSE. IN NO EVENT SHALL MS BE LIABLE FOR ANY AMOUNT IN EXCESS OF U.S. TWO HUNDRED FIFTY DOLLARS (U.S.\$250.00).**
  - Limitations on Reverse Engineering, Decompilation, and Disassembly.** You may not reverse engineer, decompile, or disassemble the SOFTWARE, except and only to the extent that such activity is expressly permitted by applicable law notwithstanding this limitation.
  - SOFTWARE TRANSFER ALLOWED BUT WITH RESTRICTIONS.** You may permanently transfer rights under this EULA only as part of a permanent sale or transfer of the Device, and only if the recipient agrees to this EULA. If the SOFTWARE is an upgrade, any transfer must also include all prior versions of the SOFTWARE.
  - EXPORT RESTRICTIONS.** You acknowledge that SOFTWARE is subject to U.S. export jurisdiction. You agree to comply with all applicable international and national laws that apply to the SOFTWARE, including the U.S. Export Administration Regulations, as well as end-user, end-use and destination restrictions issued by U.S. and other governments. For additional information see <http://www.microsoft.com/exporting/>.

## 1.9 EULA Terms

Qt4 Core and Qt4 GUI, Copyright ©2013 Nokia Corporation and FLIR Systems AB. This Qt library is a free software; you can redistribute it and/or modify it under the terms of the GNU Lesser General Public License as published by the Free Software Foundation; either version 2.1 of the License,

or (at your option) any later version. This library is distributed in the hope that it will be useful, but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR

PURPOSE. See the GNU Lesser General Public License, <http://www.gnu.org/licenses/lgpl-2.1.html>. The source code for the libraries Qt4 Core and Qt4 GUI may be requested from FLIR Systems AB.

	<b>AVVERTENZA</b>
<b>Applicabilità:</b> termocamere con una o più batterie.	
Non disassemblare né apportare modifiche alla batteria. Quest'ultima è provvista di dispositivi di sicurezza e protezione che, se danneggiati, possono provocarne il surriscaldamento oppure causare un'esplosione o un incendio.	
	<b>AVVERTENZA</b>
<b>Applicabilità:</b> termocamere con una o più batterie.	
Non sfregare gli occhi, qualora venissero a contatto con il liquido eventualmente fuoriuscito dalla batteria. Sciacquare abbondantemente con acqua e consultare immediatamente un medico, altrimenti si corre il rischio di gravi lesioni agli occhi.	
	<b>AVVERTENZA</b>
<b>Applicabilità:</b> termocamere con una o più batterie.	
Non continuare a tentare di caricare la batteria nel caso in cui la ricarica non venga completata nei tempi previsti. Se si insiste nell'operazione, la batteria può surriscaldarsi, con il rischio di un'esplosione o di un incendio, causando lesioni alle persone.	
	<b>AVVERTENZA</b>
<b>Applicabilità:</b> termocamere con una o più batterie.	
Per scaricare la batteria, utilizzare esclusivamente il dispositivo appropriato; in caso contrario, si rischia di compromettere le prestazioni o la durata della batteria. Se non si utilizza il dispositivo appropriato, la batteria può ricevere un flusso di corrente inadeguato che può provocarne il surriscaldamento o provocare un'esplosione e lesioni alle persone.	
	<b>AVVERTENZA</b>
Prima di utilizzare un liquido, leggere attentamente tutte le relative schede con i dati di sicurezza del materiale (MSDS, Material Safety Data Sheets) e le etichette con le avvertenze applicate sui contenitori. I liquidi possono essere pericolosi e provocare lesioni gravi alle persone.	
	<b>ATTENZIONE</b>
Non puntare la termocamera, con o senza copriobiettivo, verso fonti ad intensa emissione di energia, ad esempio apparecchiature che emettono radiazioni laser o il sole. Ciò potrebbe compromettere la precisione del rilevamento dei dati da parte della termocamera e danneggiare il sensore.	
	<b>ATTENZIONE</b>
Non utilizzare la termocamera a una temperatura superiore a +50 °C, salvo diversamente indicato nella documentazione utente o nei dati tecnici. Le temperature elevate possono danneggiarla.	
	<b>ATTENZIONE</b>
<b>Applicabilità:</b> termocamere con una o più batterie.	
Non collegare le batterie direttamente alla presa per l'accendisigari dell'automobile, a meno che non si adotti l'apposito adattatore fornito da FLIR Systems. La batteria potrebbe danneggiarsi.	
	<b>ATTENZIONE</b>
<b>Applicabilità:</b> termocamere con una o più batterie.	
Non collegare tra loro i terminali positivo e negativo della batteria utilizzando un oggetto metallico (ad esempio un filo elettrico) poiché la batteria potrebbe danneggiarsi.	

 <b>ATTENZIONE</b>
<b>Applicabilità:</b> termocamere con una o più batterie. Non versare acqua dolce o salata sulla batteria ed evitare che la batteria si bagni, altrimenti potrebbe danneggiarsi.
 <b>ATTENZIONE</b>
<b>Applicabilità:</b> termocamere con una o più batterie. Non praticare fori nella batteria utilizzando oggetti perché potrebbe danneggiarsi.
 <b>ATTENZIONE</b>
<b>Applicabilità:</b> termocamere con una o più batterie. Non colpire la batteria con un martello perché potrebbe danneggiarsi.
 <b>ATTENZIONE</b>
<b>Applicabilità:</b> termocamere con una o più batterie. Non calpestare o colpire la batteria perché potrebbe danneggiarsi.
 <b>ATTENZIONE</b>
<b>Applicabilità:</b> termocamere con una o più batterie. Non avvicinare la batteria al fuoco né esporla alla luce solare diretta. Quando la batteria si surriscalda, il dispositivo di sicurezza incorporato si attiva e può interrompere il processo di ricarica. In caso di surriscaldamento, il dispositivo di sicurezza può danneggiarsi, pertanto la batteria rischia di surriscaldarsi ulteriormente, danneggiarsi o incendiarsi.
 <b>ATTENZIONE</b>
<b>Applicabilità:</b> termocamere con una o più batterie. Non incendiare la batteria o aumentarne la temperatura esponendola a fonti di calore. La batteria può danneggiarsi e provocare lesioni alle persone.
 <b>ATTENZIONE</b>
<b>Applicabilità:</b> termocamere con una o più batterie. Non avvicinare la batteria al fuoco, stufe o altre fonti di calore. La batteria potrebbe danneggiarsi e provocare lesioni alle persone.
 <b>ATTENZIONE</b>
<b>Applicabilità:</b> termocamere con una o più batterie. Non effettuare saldature direttamente sulla batteria perché potrebbe danneggiarsi.
 <b>ATTENZIONE</b>
<b>Applicabilità:</b> termocamere con una o più batterie. Non utilizzare la batteria se, durante il funzionamento, la ricarica o la conservazione, si percepisce un odore insolito, la batteria è calda, cambia colore o forma oppure è in una condizione inconsueta. Se si riscontrano uno o più problemi di questo tipo, contattare l'ufficio vendita locale. La batteria potrebbe danneggiarsi e provocare lesioni alle persone.
 <b>ATTENZIONE</b>
<b>Applicabilità:</b> termocamere con una o più batterie. Quando si ricarica la batteria, utilizzare esclusivamente il caricabatteria specificato. In caso contrario, la batteria potrebbe danneggiarsi.

	<b>ATTENZIONE</b>
<b>Applicabilità:</b> termocamere con una o più batterie. Utilizzare esclusivamente il caricabatteria specificato per la termocamera. In caso contrario, la batteria e la termocamera potrebbero subire dei danni.	
	<b>ATTENZIONE</b>
<b>Applicabilità:</b> termocamere con una o più batterie. Per caricare la batteria, l'intervallo di temperatura previsto è compreso tra $\pm 0^{\circ}\text{C}$ e $+45^{\circ}\text{C}$ , salvo diversamente indicato nella documentazione utente o nei dati tecnici. Se la batteria viene caricata a temperature non comprese in questo intervallo, può surriscaldarsi o danneggiarsi oppure possono risultarne compromesse le prestazioni o la durata.	
	<b>ATTENZIONE</b>
<b>Applicabilità:</b> termocamere con una o più batterie. Per rimuovere la batteria dall'alimentazione, l'intervallo di temperatura previsto è compreso tra $-15^{\circ}\text{C}$ e $+50^{\circ}\text{C}$ , salvo diversamente indicato nella documentazione utente o nei dati tecnici. Se si utilizza la batteria a temperature non comprese in questo intervallo, possono risultarne compromesse le prestazioni o la durata.	
	<b>ATTENZIONE</b>
<b>Applicabilità:</b> termocamere con una o più batterie. Se la batteria è usurata, prima di procedere allo smaltimento, isolare i terminali con nastro adesivo o materiale equivalente. In caso contrario, la batteria potrebbe danneggiarsi e provocare lesioni alle persone.	
	<b>ATTENZIONE</b>
<b>Applicabilità:</b> termocamere con una o più batterie. Prima di installare la batteria, rimuovere eventuale acqua o umidità. In caso contrario, la batteria potrebbe danneggiarsi.	
	<b>ATTENZIONE</b>
Non utilizzare solventi o liquidi simili sulla termocamera, sui cavi o altri elementi. La batteria potrebbe danneggiarsi e provocare lesioni alle persone.	
	<b>ATTENZIONE</b>
Quando si pulisce l'obiettivo ad infrarossi, procedere con cautela. L'obiettivo è dotato di un rivestimento antiriflesso che si danneggia facilmente, causando il danneggiamento dell'obiettivo.	
	<b>ATTENZIONE</b>
Durante la pulizia dell'obiettivo ad infrarossi, non esercitare una forza eccessiva perché potrebbe danneggiare il rivestimento antiriflesso.	
	<b>NOTA</b>
La classe di protezione è valida solo quando tutte le aperture della termocamera sono sigillate dagli appositi coperchi, sportellini e cappucci. Ciò vale per i vani della memoria, delle batterie e dei connettori.	

## 3.1 Forum degli utenti

Nei forum degli utenti è possibile scambiare idee, problemi e soluzioni termografiche con altri operatori di tutto il mondo. Per accedere ai forum, visitare il sito:

<http://www.infraredtraining.com/community/boards/>

## 3.2 Calibrazione

Si consiglia di inviare la termocamera per la calibrazione una volta all'anno. Rivolgersi all'ufficio commerciale locale per l'indirizzo a cui inviare la termocamera.

## 3.3 Accuratezza

Per ottenere risultati precisi si consiglia di attendere 5 minuti dopo l'avvio della termocamera prima di misurare la temperatura.

## 3.4 Smaltimento di materiale elettronico



Come per la maggior parte dei prodotti elettronici, è necessario predisporre lo smaltimento di questa apparecchiatura in conformità alle norme esistenti in materia di tutela ambientale e gestione dei rifiuti elettronici.

Per ulteriori informazioni, contattare il rappresentante FLIR Systems.

## 3.5 Formazione

Per informazioni sui corsi disponibili relativi alla termografia, visitare il sito:

- <http://www.infraredtraining.com>
- <http://www.irtraining.com>
- <http://www.irtraining.eu>

## 3.6 Aggiornamenti della documentazione

I manuali FLIR vengono aggiornati più volte all'anno. Inoltre pubblichiamo regolarmente notifiche relative alle modifiche di prodotto.

Per accedere ai manuali ed alle notifiche più recenti, passare alla scheda Download all'indirizzo:

<http://support.flir.com>

La registrazione online richiede solo pochi minuti. Nell'area Download sono inoltre disponibili le versioni più recenti dei manuali di tutti i prodotti FLIR attuali, storici ed obsoleti.

## 3.7 Nota importante sul manuale

FLIR Systems pubblica manuali generici relativi a diverse termocamere all'interno di una linea di modelli.

Nel presente manuale potrebbero pertanto essere presenti descrizioni e spiegazioni non applicabili ad una termocamera particolare.

## 3.8 Nota relativa alle versioni ufficiali

La versione ufficiale della presente pubblicazione è in inglese. Nel caso in cui siano presenti divergenze dovute ad errori di traduzione, il testo in inglese ha la precedenza.

Tutte le modifiche più recenti vengono implementate prima in inglese.

## FLIR Customer Support Center

Home Answers Ask a Question Product Registration Downloads My Stuff Service

## FLIR Customer support

Get the most out of your FLIR products

Get Support for Your FLIR Products

Welcome to the FLIR Customer Support Center. This portal will help you as a FLIR customer to get the most out of your FLIR products. The portal gives you access to:

- The FLIR Knowledgebase
- Ask our support team (requires registration)
- Software and documentation (requires registration)
- FLIR service contacts

**Find Answers**  
We store all resolved problems in our solution database. Search by product, category, keywords, or phrases.

Search by Keyword

[Search All Answers](#)

[See All Popular Answers](#)

To find a datasheet for a current product, click on a picture.  
To find a datasheet for a legacy product, click [here](#).

[FLIR Ex](#) [FLIR Exx](#) [FLIR Kxx](#) [FLIR T4xx](#) [FLIR T6xx](#) [FLIR G3xx](#)  
       
[ThermaCAM™ GasFindIR](#) [FLIR GF3xx](#) [FLIR AX](#) [FLIR Ax5](#) [FLIR A3xx](#) [More...](#)  
    

**Product catalog**  
Please right-click the links below and select Save Target As... to save the file.

 US Letter (28 Mb)  
A4 (27.4 Mb)

**Accessories**  


[Important legal disclaimer, dangers, warnings, and cautions](#)

### 4.1 Info generali

Per ottenere l'assistenza clienti, visitare il sito:

<http://support.flir.com>

### 4.2 Invio di una domanda

Per sottoporre una domanda al team dell'assistenza clienti è necessario essere un utente registrato. La registrazione online richiede solo pochi minuti e non è obbligatoria invece per cercare domande e risposte esistenti nella knowledge base.

Quando si desidera sottoporre una domanda, tenere a portata di mano le seguenti informazioni:

- Modello di termocamera
- Numero di serie della termocamera
- Protocollo o tipo di collegamento fra la termocamera ed il dispositivo (ad esempio, Ethernet, USB o FireWire)
- Tipo di dispositivo (PC/Mac/iPhone/iPad/dispositivo Android, ecc.)
- Versione di tutti i programmi di FLIR Systems
- Nome completo, numero di pubblicazione e versione del manuale

### 4.3 Download

Dal sito dell'assistenza clienti è inoltre possibile scaricare quanto segue:

- Aggiornamenti del firmware per la termocamera.
- Aggiornamenti del programma per il software del PC/Mac.
- Freeware e versioni di valutazione di software per PC/Mac
- Documentazione utente per prodotti correnti, obsoleti e storici.
- Disegni meccanici (in formato \*.dxf e \*.pdf).
- Modelli di dati Cad (in formato \*.stp).
- Esempi di applicazioni.
- Schede tecniche.
- Cataloghi di prodotti.

## 5.1 Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1. Caricare la batteria. È possibile eseguire questa operazione in tre modi diversi:
  - Caricare la batteria mediante il caricabatteria autonomo FLIR.
  - Caricare la batteria mediante l'alimentazione FLIR.
  - Caricare la batteria mediante un cavo USB collegato a un computer.

**Nota** Il caricamento della termocamera mediante un cavo USB collegato a un computer richiede *molto più tempo* rispetto al caricamento mediante l'alimentazione FLIR o il caricabatteria autonomo FLIR.

2. Premere il pulsante di accensione/spegnimento  per accendere la termocamera.
3. Aprire il copriobiettivo premendo sull'apposita leva.
4. Puntare la termocamera verso il soggetto desiderato.
5. Premere il trigger per salvare un'immagine.

(Passaggi opzionali)

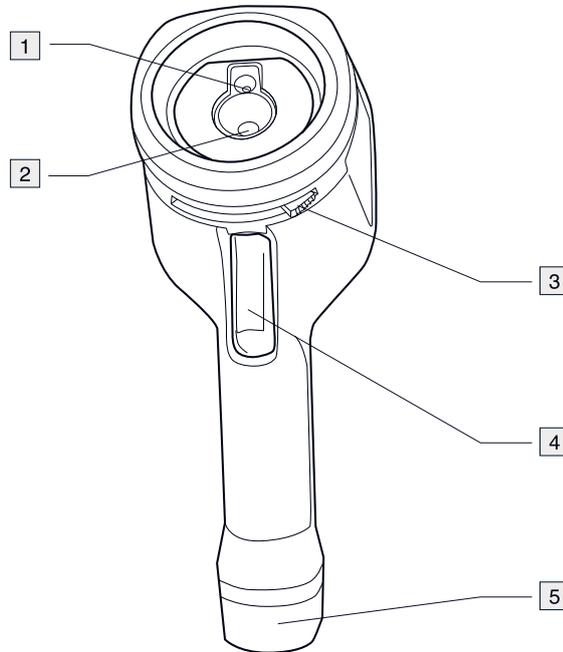
6. Installare FLIR Tools nel computer in uso.
7. Avviare FLIR Tools.
8. Collegare la termocamera ad un computer mediante il cavo USB.
9. Importare le immagini in FLIR Tools.
10. Creare un report in formato PDF in FLIR Tools.

Product name	Part number
Battery	T198530
Battery charger incl power supply	T198531
Car charger	T198532
FLIR Tools+ (license only)	T198583
Hard transport case FLIR Ex-series	T198528
One year extended warranty for Ex or ix series	T199806
Pouch FLIR Ex and ix series	T198529
Power supply USB-micro	T198534
Tool belt	T911093
USB cable Std A <-> Micro B	T198533

**Nota** FLIR Systems si riserva il diritto di interrompere la produzione di alcuni modelli, parti o accessori e di altri elementi o di cambiarne le specifiche in qualunque momento senza alcun preavviso.

## 7.1 Componenti della termocamera

### 7.1.1 Figura

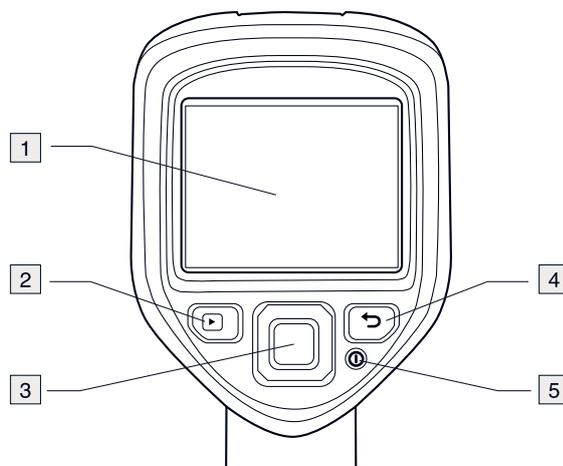


### 7.1.2 Descrizione

1. Obiettivo termocamera digitale.
2. Obiettivo ad infrarossi.
3. Leva di apertura e chiusura del copriobiettivo
4. Pulsante di trigger per salvare le immagini
5. Batteria.

## 7.2 Tastierina

### 7.2.1 Figura



### 7.2.2 Descrizione

1. Schermo termocamera.

2. Pulsante Archivio 

Funzione:

- Premere per aprire l'archivio delle immagini.

## 3. Pulsante di navigazione.

Funzione:

- Premere sinistra/destra o alto/basso per navigare nei menu, nei sottomenu e nelle finestre di dialogo
- Premere il centro per confermare.

4. Pulsante Annulla 

Funzione:

- Premere per annullare una scelta.
- Premere per tornare al menu di sistema.

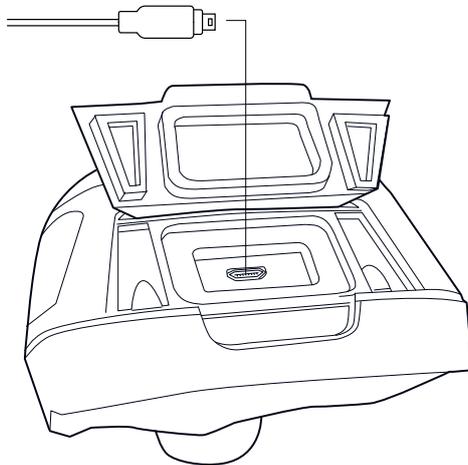
5. Pulsante di accensione/spegnimento 

Funzione:

- Per accendere la termocamera, premere il pulsante .
- Per impostare la modalità standby della termocamera, tenere premuto il pulsante  per meno di 5 secondi. La termocamera si spegne automaticamente dopo 48 ore.
- Per spegnere la termocamera, tenere premuto il pulsante  per più di 10 secondi.

## 7.3 Connettori

## 7.3.1 Figura



## 7.3.2 Descrizione

Lo scopo di questo connettore USB mini-B è il seguente:

- Caricamento della batteria mediante l'alimentazione FLIR.
- Caricamento della batteria mediante un cavo USB collegato a un computer.

**Nota** Il caricamento della termocamera mediante un cavo USB collegato a un computer richiede *molto più tempo* rispetto al caricamento mediante l'alimentazione FLIR o il caricabatteria autonomo FLIR.

- Spostamento delle immagini dalla termocamera a un computer per ulteriori analisi in FLIR Tools.

**Nota** Installare FLIR Tools sul computer prima di spostare le immagini.

---

## 7.4 Elementi del display

### 7.4.1 Figura



### 7.4.2 Descrizione

1. Barra degli strumenti del menu principale.
2. Barra degli strumenti del sottomenu.
3. Puntatore.
4. Tabella dei risultati.
5. Icone di stato.
6. Scala temperatura

## 8.1 Ricarica della batteria

### 8.1.1 Caricamento della batteria mediante l'alimentazione FLIR

Attenersi alla procedura seguente:

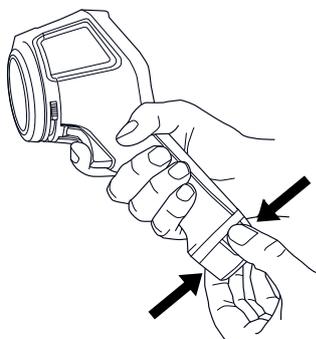
1. Collegare l'alimentazione a una presa a muro.
2. Collegare l'alimentazione al connettore USB della termocamera.

 <b>NOTA</b>
Il tempo di caricamento di una batteria completamente scarica è di 2 ore.

### 8.1.2 Caricamento della batteria mediante il caricabatteria autonomo FLIR.

Attenersi alla procedura seguente:

1. Collegare il caricabatteria autonomo a una presa a muro.
2. Rimuovere la batteria dalla termocamera.



3. Porre la batteria nel caricabatteria autonomo.

 <b>NOTA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il tempo di caricamento di una batteria completamente scarica è di 2 ore.</li> <li>• La batteria è in carica quando il LED blu lampeggia.</li> <li>• La batteria è completamente carica quando il LED blu resta fisso.</li> </ul>

### 8.1.3 Caricamento della batteria mediante un cavo USB

Attenersi alla procedura seguente:

1. Collegare la termocamera al computer mediante un cavo USB.

 <b>NOTA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Per caricare la termocamera, il computer deve essere acceso.</li> <li>• Il caricamento della termocamera mediante un cavo USB collegato a un computer richiede <i>molto più tempo</i> rispetto al caricamento mediante l'alimentazione FLIR o il caricabatteria autonomo FLIR.</li> </ul>

## 8.2 Accensione e spegnimento della termocamera

- Per accendere la termocamera, premere il pulsante .
- Per impostare la modalità standby della termocamera, tenere premuto il pulsante  per meno di 5 secondi. La termocamera si spegne automaticamente dopo 48 ore.
- Per spegnere la termocamera, tenere premuto il pulsante  per più di 10 secondi.

---

### 8.3 Salvataggio di un'immagine

#### 8.3.1 Info generali

Nella memoria interna della termocamera è possibile salvare più immagini.

#### 8.3.2 Capacità di memorizzazione delle immagini

Nella memoria interna della termocamera è possibile salvare circa 500 immagini.

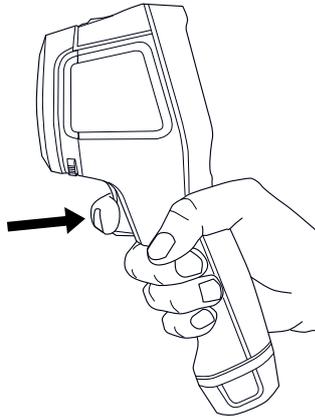
#### 8.3.3 Convenzione di denominazione

La convenzione di denominazione delle immagini è *FLIRxxxx.jpg*, dove *xxxx* è un contatore univoco.

#### 8.3.4 Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1. Per salvare un'immagine, utilizzare il trigger.



### 8.4 Richiamo di un'immagine

#### 8.4.1 Info generali

Quando si salva un'immagine, quest'ultima viene memorizzata nella memoria interna della termocamera. Per visualizzare di nuovo l'immagine, è possibile richiamarla dalla memoria interna della termocamera.

#### 8.4.2 Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1. Premere il pulsante Archivio .
2. Premere il pulsante di spostamento sinistra/destra o alto/basso per selezionare l'immagine da visualizzare.
3. Premere il centro del pulsante di spostamento. Verrà visualizzata l'immagine selezionata.
4. Per tornare alla modalità live, premere il pulsante Annulla  più volte o premere il pulsante Archivio .

### 8.5 Eliminazione di un'immagine

#### 8.5.1 Info generali

È possibile eliminare una o più immagini dalla memoria interna della termocamera.

### 8.5.2 Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1. Premere il pulsante Archivio .
2. Premere il pulsante di spostamento sinistra/destra o alto/basso per selezionare l'immagine da visualizzare.
3. Premere il centro del pulsante di spostamento. Verrà visualizzata l'immagine selezionata.
4. Premere il centro del pulsante di spostamento. Verrà visualizzata una barra degli strumenti.
5. Sulla barra degli strumenti, selezionare *Elimina* .

## 8.6 Eliminazione di tutte le immagini

### 8.6.1 Info generali

È possibile eliminare tutte le immagini dalla memoria interna della termocamera.

### 8.6.2 Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1. Premere il centro del pulsante di spostamento. Verrà visualizzata una barra degli strumenti.
2. Sulla barra degli strumenti, selezionare *Opzioni* . Verrà visualizzata una finestra di dialogo.
3. Nella finestra di dialogo, selezionare *Impostazioni dispositivo*. Verrà visualizzata una finestra di dialogo.
4. Nella finestra di dialogo, selezionare *Ripristina*. Verrà visualizzata una finestra di dialogo.
5. Nella finestra di dialogo, selezionare *Elimina tutte le immagini salvate*.

## 8.7 Misurazione della temperatura con un puntatore

### 8.7.1 Info generali

È possibile misurare la temperatura utilizzando un puntatore. In tal modo sullo schermo verrà visualizzato il valore relativo alla posizione del puntatore.

### 8.7.2 Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1. Premere il centro del pulsante di spostamento. Verrà visualizzata una barra degli strumenti.
2. Sulla barra degli strumenti, selezionare *Misurazione* . Verrà visualizzata una barra degli strumenti.
3. Sulla barra degli strumenti, selezionare *Punto centrale* .  
La temperatura sulla posizione del puntatore verrà visualizzata nell'angolo in alto a sinistra dello schermo.

## 8.8 Misurazione della temperatura più alta in un'area

### 8.8.1 Info generali

È possibile misurare la temperatura più alta in un'area. Verrà visualizzato un puntatore mobile che indica la temperatura più alta.

### 8.8.2 Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1. Premere il centro del pulsante di spostamento. Verrà visualizzata una barra degli strumenti.

- 
2. Sulla barra degli strumenti, selezionare *Misurazione* . Verrà visualizzata una barra degli strumenti.
  3. Sulla barra degli strumenti, selezionare *Punto caldo automatico* .

## 8.9 Misurazione della temperatura più bassa in un'area

### 8.9.1 Info generali

È possibile misurare la temperatura più bassa in un'area. Verrà visualizzato un puntatore mobile che indica la temperatura più bassa.

### 8.9.2 Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1. Premere il centro del pulsante di spostamento. Verrà visualizzata una barra degli strumenti.
2. Sulla barra degli strumenti, selezionare *Misurazione* . Verrà visualizzata una barra degli strumenti.
3. Sulla barra degli strumenti, selezionare *Punto freddo automatico* .

## 8.10 Per nascondere gli strumenti di misurazione

### 8.10.1 Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1. Premere il centro del pulsante di spostamento. Verrà visualizzata una barra degli strumenti.
2. Sulla barra degli strumenti, selezionare *Misurazione* . Verrà visualizzata una barra degli strumenti.
3. Sulla barra degli strumenti, selezionare *Nessuna misurazione* .

## 8.11 Cambio della tavolozza dei colori

### 8.11.1 Info generali

È possibile modificare la tavolozza dei colori utilizzata dalla termocamera per visualizzare le differenti temperature. Con una tavolozza diversa è possibile semplificare l'analisi di un'immagine.

### 8.11.2 Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1. Premere il centro del pulsante di spostamento. Verrà visualizzata una barra degli strumenti.
2. Sulla barra degli strumenti, selezionare *Colore* . Verrà visualizzata una barra degli strumenti.
3. Sulla barra degli strumenti, selezionare una nuova tavolozza di colori

## 8.12 Utilizzo degli allarmi colore

### 8.12.1 Info generali

Con gli allarmi colore (isoterme), è possibile individuare eventuali anomalie all'interno di un'immagine termica. Il comando per l'isoterma consente di applicare un colore di contrasto a tutti i pixel con una temperatura superiore o inferiore al livello di temperatura specificato.

### 8.12.2 Esempi di immagini

In questa tabella vengono descritti diversi allarmi colore (isoterme).

Allarme colore	Immagine
Allarme soglia minima	
Allarme soglia massima	

### 8.12.3 Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1. Premere il centro del pulsante di spostamento. Verrà visualizzata una barra degli strumenti.
2. Sulla barra degli strumenti, selezionare *Colore* . Verrà visualizzata una barra degli strumenti.
3. Sulla barra degli strumenti, selezionare il tipo di allarme:
  - *Allarme soglia minima* .
  - *Allarme soglia massima* .
4. Premere il centro del tasto di navigazione. La temperatura di soglia viene visualizzata nella parte inferiore dello schermo.
5. Per modificare la temperatura di soglia, premere il tasto di navigazione in alto o in basso.

## 8.13 Modifica della modalità immagine

### 8.13.1 Info generali

La termocamera può funzionare in cinque diverse modalità immagine:

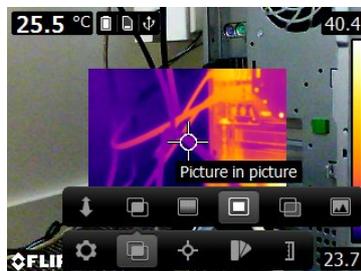
- *MSX* (Multi Spectral Dynamic Imaging): la termocamera mostra un'immagine termica in cui i contorni degli oggetti sono ottimizzati.



- *Ad infrarossi*: la termocamera mostra un'immagine completamente termica.



- *Picture In Picture (PiP)*: la termocamera mostra un'immagine della termocamera digitale con un riquadro termico sovrimposto.



- *Dissolvenza termica*: la termocamera mostra un'immagine sfumata che utilizza una combinazione di pixel dell'immagine termica e pixel della foto digitale. È possibile regolare il livello di combinazione.



- *Videocamera digitale*: la termocamera mostra un'immagine della termocamera digitale.



Per visualizzare un'immagine fusione di buona qualità (modalità *MSX*, *Picture-in-picture* e *Dissolvenza termica*) la termocamera deve effettuare delle regolazioni per compensare la lieve differenza di posizione tra l'obiettivo della videocamera digitale e l'obiettivo ad infrarossi. Per regolare l'immagine in maniera precisa, la termocamera richiede una distanza di allineamento (cioè la distanza dall'oggetto).

### 8.13.2 Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1. Premere il centro del pulsante di spostamento. Verrà visualizzata una barra degli strumenti.
2. Sulla barra degli strumenti, selezionare *Modalità immagine* . Verrà visualizzata una barra degli strumenti.
3. Sulla barra degli strumenti, selezionare una delle seguenti opzioni:
  - *MSX* .
  - *Ad infrarossi* .
  - *Picture-in-picture* .
  - *Dissolvenza termica* . Viene visualizzata una finestra di dialogo in cui è possibile selezionare il livello di combinazione.
  - *Videocamera digitale* .
4. Se si sceglie la modalità *MSX*, *Picture-in-picture*, o *Dissolvenza termica*, impostare anche la distanza dall'oggetto in uno dei seguenti modi:
  - Sulla barra degli strumenti *Image mode*, selezionare *Distanza di allineamento* . Verrà visualizzata una finestra di dialogo.
  - Nella finestra di dialogo, selezionare la distanza dall'oggetto:

## 8.14 Modifica della modalità di scala della temperatura

### 8.14.1 Info generali

A seconda del modello in uso, la termocamera può funzionare in diverse modalità di scala della temperatura:

- In modalità *Auto*, la termocamera viene continuamente regolata automaticamente per ottenere immagini con i migliori valori di contrasto e luminosità.
- In modalità *Blocca*, la termocamera blocca il campo di temperatura ed il livello della temperatura.
- Modalità *Manuale*: questa modalità consente di regolare manualmente il campo ed il livello di temperatura.

### 8.14.2 Quando utilizzare la modalità Blocca

Una situazione tipica in cui utilizzare la modalità *Blocca* è quando si osservano anomalie di temperatura su due soggetti di tipo o costruzione simile.

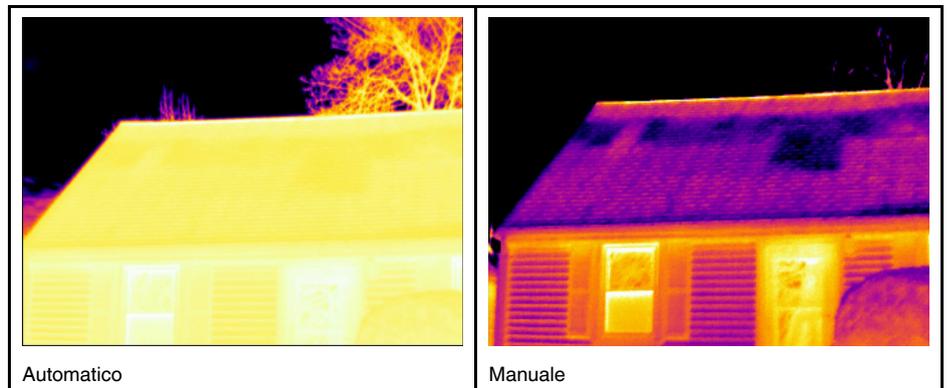
Ad esempio, se si analizzano due cavi, dove si sospetta che uno si surriscaldi, la modalità *Blocca* permette di evidenziare in modo inequivocabile se c'è surriscaldamento di uno dei due. La maggiore temperatura di tale cavo produrrà un colore più *chiaro* per la temperatura più *alta*.

Se al contrario si utilizza la modalità *Auto*, i colori di entrambi i cavi saranno uguali.

### 8.14.3 Quando utilizzare la modalità Manuale

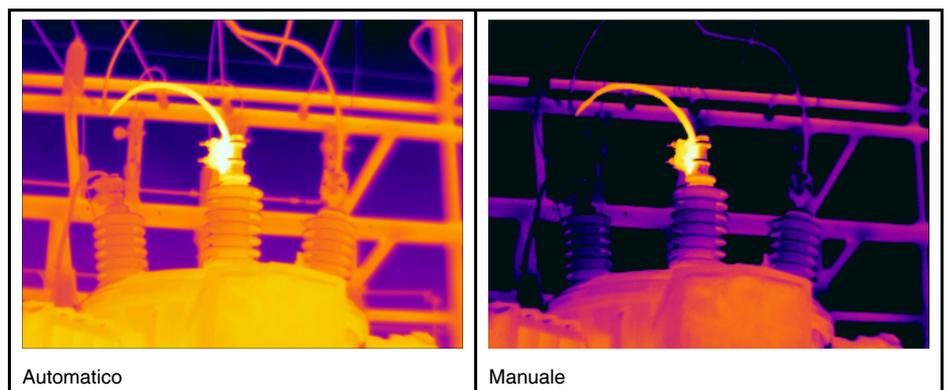
#### 8.14.3.1 Esempio 1

Di seguito sono illustrate due immagini termiche di un edificio. Nell'immagine a sinistra, che è stata regolata automaticamente, il grande campo della temperatura tra il cielo e l'edificio riscaldato rende difficile effettuare un'analisi corretta. È possibile analizzare l'edificio in dettaglio se si modifica il campo della temperatura su valori vicini alla temperatura dell'edificio.



#### 8.14.3.2 Esempio 2

Di seguito sono illustrate due immagini termiche di un isolatore di una linea elettrica. Per semplificare l'analisi delle variazioni di temperatura nell'isolatore, la temperatura nell'immagine a destra è stata modificata con valori simili alla temperatura dell'isolatore.



#### 8.14.4 Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1. Premere il centro del pulsante di spostamento. Verrà visualizzata una barra degli strumenti.
2. Sulla barra degli strumenti, selezionare *Temperature scale* . Verrà visualizzata una barra degli strumenti.
3. Sulla barra degli strumenti, selezionare una delle seguenti opzioni:
  - *Auto* 
  - *Blocca* 
  - *Manuale* 
4. Per modificare il campo ed il livello di temperatura nella modalità *Manuale*, procedere come segue:
  - Premere il tasto di navigazione a sinistra o a destra per selezionare (evidenziare) la temperatura massima e/o minima.
  - Premere il tasto di navigazione in alto o in basso per cambiare il valore della temperatura evidenziato.

### 8.15 Impostazione dell'emissività come proprietà della superficie

#### 8.15.1 Info generali

Per misurare le temperature con precisione, la termocamera deve conoscere il tipo di superficie da analizzare. È possibile scegliere fra le seguenti proprietà della superficie:

- *Opaco.*
- *Semiopaco.*
- *Semilucido.*

Per ulteriori informazioni sull'emissività, vedere la sezione 16 *Tecniche di misurazione termografica*, pagina 55.

### 8.15.2 Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1. Premere il centro del pulsante di spostamento. Verrà visualizzata una barra degli strumenti.
2. Sulla barra degli strumenti, selezionare *Opzioni* . Verrà visualizzata una finestra di dialogo.
3. Nella finestra di dialogo, selezionare *Parametri di misurazione*. Verrà visualizzata una finestra di dialogo.
4. Nella finestra di dialogo, selezionare *Emissività*. Verrà visualizzata una finestra di dialogo.
5. Nella finestra di dialogo, selezionare una delle seguenti opzioni:
  - *Opaco.*
  - *Semiopaco.*
  - *Semilucido.*

## 8.16 Impostazione dell'emissività come materiale personalizzato

### 8.16.1 Info generali

Anziché specificare una proprietà della superficie come opalescente, semi-opaca o semi-lucida, è possibile specificare un materiale personalizzato da un elenco di materiali.

Per ulteriori informazioni sull'emissività, vedere la sezione 16 *Tecniche di misurazione termografica*, pagina 55.

### 8.16.2 Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1. Premere il centro del pulsante di spostamento. Verrà visualizzata una barra degli strumenti.
2. Sulla barra degli strumenti, selezionare *Opzioni* . Verrà visualizzata una finestra di dialogo.
3. Nella finestra di dialogo, selezionare *Parametri di misurazione*. Verrà visualizzata una finestra di dialogo.
4. Nella finestra di dialogo, selezionare *Emissività*. Verrà visualizzata una finestra di dialogo.
5. Nella finestra di dialogo, selezionare *Materiale personalizzato*. Verrà visualizzato un elenco di materiali con emissività note.
6. Selezionare il materiale dall'elenco.

## 8.17 Modifica dell'emissività come valore personalizzato

### 8.17.1 Info generali

Per misurazioni estremamente precise, può essere necessario impostare l'emissività, invece di selezionare la proprietà della superficie o un materiale personalizzato. È inoltre necessario capire come l'emissività e la riflettività influenzano le misurazioni piuttosto che semplicemente selezionare le proprietà della superficie.

L'emissività è una proprietà che indica la quantità di radiazione emessa da un oggetto rispetto a quella riflessa. Un valore inferiore indica che una porzione maggiore viene riflessa, mentre un valore superiore indica che la quantità riflessa è inferiore.

L'acciaio inossidabile lucido, ad esempio, ha un'emissività di 0,14 mentre un pavimento in PVC strutturato ha un valore tipico di 0,93.

---

Per ulteriori informazioni sull'emissività, vedere la sezione 16 *Tecniche di misurazione termografica*, pagina 55.

### 8.17.2 Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1. Premere il centro del pulsante di spostamento. Verrà visualizzata una barra degli strumenti.
2. Sulla barra degli strumenti, selezionare *Opzioni* . Verrà visualizzata una finestra di dialogo.
3. Nella finestra di dialogo, selezionare *Parametri di misurazione*. Verrà visualizzata una finestra di dialogo.
4. Nella finestra di dialogo, selezionare *Emissività*. Verrà visualizzata una finestra di dialogo.
5. Nella finestra di dialogo, selezionare *Valore personalizzato*, che consente di visualizzare una finestra di dialogo dove impostare un valore personalizzato:

## 8.18 Modifica della temperatura apparente riflessa

### 8.18.1 Info generali

Questo parametro viene utilizzato per compensare la radiazione riflessa dall'oggetto. Se l'emissività è bassa e la temperatura dell'oggetto è molto diversa da quella riflessa, risulta particolarmente importante impostare e compensare correttamente per la temperatura apparente riflessa.

Per ulteriori informazioni sulla temperatura apparente riflessa, vedere la sezione 16 *Tecniche di misurazione termografica*, pagina 55.

### 8.18.2 Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1. Premere il centro del pulsante di spostamento. Verrà visualizzata una barra degli strumenti.
2. Sulla barra degli strumenti, selezionare *Opzioni* . Verrà visualizzata una finestra di dialogo.
3. Nella finestra di dialogo, selezionare *Parametri di misurazione*. Verrà visualizzata una finestra di dialogo.
4. Nella finestra di dialogo, selezionare *Temperatura riflessa*, che consente di visualizzare una finestra di dialogo dove impostare un valore.

## 8.19 Modifica della distanza tra l'oggetto e la termocamera

### 8.19.1 Info generali

Per misurare con precisione le temperature, è necessario conoscere la distanza tra la termocamera e l'oggetto.

### 8.19.2 Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1. Premere il centro del pulsante di spostamento. Verrà visualizzata una barra degli strumenti.
2. Sulla barra degli strumenti, selezionare *Opzioni* . Verrà visualizzata una finestra di dialogo.
3. Nella finestra di dialogo, selezionare *Parametri di misurazione*. Verrà visualizzata una finestra di dialogo.
4. Nella finestra di dialogo, selezionare *Distanza*. Viene visualizzata una finestra di dialogo in cui selezionare un valore.

## 8.20 Esecuzione di una correzione di non uniformità (NUC)

### 8.20.1 In cosa consiste una correzione di non uniformità?

Una correzione di non uniformità è una *correzione dell'immagine effettuata dal software della termocamera per compensare eventuali differenze di sensibilità degli elementi del rilevatore ed altri difetti ottici e geometrici*<sup>1</sup>.

### 8.20.2 Quando eseguire una correzione di non uniformità?

Il processo di correzione di non uniformità deve essere eseguito ogni volta che l'immagine riprodotta risulta spazialmente disturbata. Questa può essere spazialmente disturbata al variare della temperatura dell'ambiente (come avviene ad esempio quando si passa dal giorno alla notte e viceversa).

### 8.20.3 Procedura

Per eseguire una correzione di non uniformità, tenere premuto il pulsante Archivio immagini  per più di 2 secondi.

## 8.21 Modifica delle impostazioni

### 8.21.1 Info generali

È possibile cambiare numerose impostazioni per la termocamera.

Il menu *Impostazioni* include quanto segue:

- *Parametri di misurazione.*
- *Opzioni di salvataggio.*
- *Impostazioni dispositivo.*

#### 8.21.1.1 Parametri di misurazione

- *Emissività.*
- *Temperatura riflessa.*
- *Distanza.*

#### 8.21.1.2 Opzioni di salvataggio

- *Salva foto digitali separatamente:* quando questo comando di menu viene selezionato, la foto digitale della telecamera nel visibile viene salvata con il campo di visione massimo come immagine JPEG separata.

#### 8.21.1.3 Impostazioni dispositivo

- *Lingua, ora e unità:*
  - *Lingua.*
  - *Unità di misura temp..*
  - *Unità distanza.*
  - *Data e ora.*
  - *Formato data e ora.*
- *Ripristina:*
  - *Ripristina modalità predefinita termocamera.*
  - *Ripristina impostazioni predefinite dispositivo.*
  - *Elimina tutte le immagini salvate.*
- *Spegnimento autom..*
- *Intensità display.*

1. Definizione dell'imminente adozione a livello internazionale dello standard DIN 54190-3 (Non-destructive testing - Thermographic testing - Part 3: Terms and definitions) (Test non distruttivi, - Test termografici - Parte 3: termini e definizioni)

- *Modalità dimostrazione*: questo comando di menu offre una modalità termocamera per la visualizzazione di diverse immagini senza l'intervento dell'utente. La modalità termocamera è destinata a scopi dimostrativi o per presentazioni della termocamera in un punto vendita.
  - *Disattivo*.
  - *Applicazioni elettriche*.
  - *Applicazioni in edilizia*.
- *Camera information*: questo comando di menu consente di visualizzare numerose informazioni sulla termocamera, come modello, numero di serie e versione del software.

### **8.21.2 Procedura**

Attenersi alla procedura seguente:

1. Premere il centro del pulsante di spostamento. Verrà visualizzata una barra degli strumenti.
2. Sulla barra degli strumenti, selezionare *Opzioni* . Verrà visualizzata una finestra di dialogo.
3. Nella finestra di dialogo, selezionare l'impostazione che si desidera modificare e utilizzare il pulsante di spostamento per visualizzare ulteriori finestre di dialogo.

## **8.22 Aggiornamento della termocamera**

### **8.22.1 Info generali**

Per sfruttare il più recente firmware della termocamera, è importante mantenere aggiornata la termocamera. È possibile aggiornare la termocamera mediante FLIR Tools.

### **8.22.2 Procedura**

Attenersi alla procedura seguente:

1. Avviare FLIR Tools.
2. Avviare la termocamera.
3. Collegare la termocamera al computer mediante il cavo USB.
4. Nel menu *Guida* in FLIR Tools, fare clic su *Cerca aggiornamenti*.
5. Seguire le istruzioni visualizzate sullo schermo.

## 9.1 Calcolatore del campo visivo online

Visitare il sito Web <http://support.flir.com> e fare clic sulla foto della serie di termocamere per visualizzare le tabelle del campo visivo di tutte le combinazioni di obiettivi e termocamere.

## 9.2 Nota relativa ai dati tecnici

FLIR Systems si riserva il diritto di modificare le specifiche in qualsiasi momento e senza preavviso. Per conoscere le modifiche più recenti, consultare il sito Web <http://support.flir.com>.

## 9.3 Nota relativa alle versioni ufficiali

La versione ufficiale della presente pubblicazione è in inglese. Nel caso in cui siano presenti divergenze dovute ad errori di traduzione, il testo in inglese ha la precedenza.

Tutte le modifiche più recenti vengono implementate prima in inglese.

## 9.4 FLIR E4

P/N: 63901-0101

Rev.: 30746

<b>Descrizione generale</b>	
<p>Le termocamere serie FLIR Ex sono termocamere ad infrarossi compatte che offrono accesso alla visualizzazione ad infrarossi. Le termocamere serie FLIR Ex sono un'alternativa economica al termometro ad infrarossi ed offrono immagini termiche con informazioni sulla temperatura in ogni singolo pixel. Grazie alla nuova funzione MSX ed ai formati visivi, non esistono termocamere più facili da utilizzare.</p> <p>Le termocamere serie FLIR Ex sono intuitive, compatte e resistenti, perfette anche negli ambienti più difficili. Grazie all'ampio campo visivo, inoltre, sono perfette per le applicazioni edilizie.</p>	
Vantaggi:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilità di utilizzo: le termocamere serie FLIR Ex sono completamente automatiche e senza messa a fuoco, dotate di un'interfaccia intuitiva per misurazioni in modalità termica, visiva o MSX.</li> <li>• Compattezza e resistenza: con un peso di appena 0,575 kg e la borsa da cintura accessoria, le termocamere serie FLIR Ex sono sempre facili da trasportare. Il design robusto è in grado di resistere a cadute da 2 metri, garantendo la massima affidabilità anche in ambienti difficili.</li> <li>• Convenienza senza precedenti: le termocamere ad infrarossi serie FLIR Ex sono le più convenienti presenti sul mercato.</li> </ul>	
<b>Imaging e dati ottici</b>	
Risoluzione IR	80 × 60 pixel
Sensibilità termica/NETD	< 0,15 °C (0,27 °F) / < 150 mK
Campo visivo (FOV)	45° × 34°
Distanza minima di messa a fuoco	0,5 m (1,6 piedi)
Risoluzione spaziale (IFOV)	10,3 mrad
Numero di diaframma	1,5
Frequenza immagini	9 Hz
Messa a fuoco	Senza messa a fuoco
<b>Dati del rilevatore</b>	
Tipo di rilevatore	FPA (Focal Plane Array), microbolometro non raffreddato
Intervallo spettrale	7,5 – 13 μm
<b>Presentazione dell'immagine</b>	
Display	LCD a colori da 3,0" 320 × 240
Regolazione immagine	Regolazione/blocco immagine automatici
<b>Modalità di presentazione dell'immagine</b>	
Modalità immagine	MSX, termica, dissolvenza termica, videocamera digitale.
MSX (Multi Spectral Dynamic Imaging)	Immagine ad infrarossi con presentazione dei dettagli ottimizzata
<b>Misurazione</b>	
Intervallo di temperatura dell'oggetto	Da -20°C a +250°C (da -4°F a +482°F)
Accuratezza	±2 °C (±3,6 °F) o ±2% della lettura, per temperatura ambiente da 10 a 35 °C (da +50 a 95 °F) e temperatura dell'oggetto superiore a +0 °C (+32 °F)
<b>Analisi della misurazione</b>	
Puntatore	Punto centrale
Correzione dell'emissività	Variabile da 0,1 a 1,0

<b>Analisi della misurazione</b>	
Tabella emissività	Tabella di emissività di materiali predefiniti
Correzione della temperatura apparente riflessa	Automatica, basata sulla temperatura riflessa in ingresso
<b>Impostazione</b>	
Tavolozze di colori	Bianco e nero, ferro ed arcobaleno
Comandi di impostazione	Adattamento geografico di unità, lingua, formati data ed ora
<b>Memorizzazione delle immagini</b>	
Formati di file	JPEG standard, 14 bit inclusi dati di misurazione
<b>Interfacce di comunicazione dati</b>	
Interfacce	Micro USB: trasferimento di dati da e verso il PC ed il dispositivo Mac
<b>Sistema di alimentazione</b>	
Tipo di batteria	Batteria Li/Ion ricaricabile
Tensione batteria	3,6 V
Autonomia della batteria	Circa 4 ore ad una temperatura ambiente di +25 ° C (+77 °F) e con un utilizzo normale
Sistema di ricarica	La batteria viene ricaricata all'interno della termocamera o nello specifico caricabatterie.
Tempo di ricarica	2,5 ore al 90% della capacità nella termocamera. 2 ore nel caricabatterie.
Funzione di risparmio energetico	Spegnimento automatico
Funzionamento CA	Adattatore CA, 90-260 VCA in ingresso, uscita 5 VCC alla termocamera
<b>Dati ambientali</b>	
Intervallo della temperatura di funzionamento	Da -15°C a +50°C (da +5°F a +122°F)
Intervallo della temperatura di immagazzinamento	Da -40°C a +70°C (da -40°F a +158°F)
Umidità (funzionamento ed immagazzinamento)	IEC 60068-2-30/24 Umidità relativa 95%
EMC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• WEEE 2012/19/EC</li> <li>• RoHs 2011/65/EC</li> <li>• C-Tick</li> <li>• EN 61000-6-3</li> <li>• EN 61000-6-2</li> <li>• FCC 47 CFR Parte 15 Classe B</li> </ul>
Isolamento	IP 54 (IEC 60529)
Urto	25 g (IEC 60068-2-27)
Vibrazioni	2 g (IEC 60068-2-6)
Caduta	2 m (6,6 piedi)
<b>Dati fisici</b>	
Peso della termocamera, con batteria	0,575 kg (1,27 libbre)
Dimensioni della termocamera (L x P x A)	244 x 95 x 140 mm (9,6 x 3,7 x 5,5 pollici)
Colore	Nero e grigio
<b>Certificazioni</b>	
Certificazione	UL, CSA, CE, PSE e CCC

Informazioni di spedizione	
Tipo di confezione	Scatola di cartone
Elenco del contenuto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Termocamera ad infrarossi</li> <li>• Valigetta rigida da trasporto</li> <li>• Batteria (all'interno della termocamera)</li> <li>• Cavo USB</li> <li>• Alimentatore/caricabatteria con spine UE, UK, US, AU</li> <li>• CD-ROM documentazione utente</li> <li>• Documentazione stampata</li> <li>• Scheda di download di FLIR Tools</li> </ul>
Confezione, peso	2,9 kg (6,4 libbre)
Confezione, dimensioni	385 × 165 × 315 mm (15,2 × 6,5 × 12,4 pollici)
EAN-13	4743254000995
UPC-12	845188004941
Paese di origine	Estonia

**Materiali di consumo ed accessori:**

- T911093; Tool belt
- T198528; Hard transport case FLIR Ex-series
- T198530; Battery
- T198531; Battery charger incl power supply
- T198532; Car charger
- T198534; Power supply USB-micro
- T198529; Pouch FLIR Ex and ix series
- T198533; USB cable Std A <-> Micro B
- T198583; FLIR Tools+ (download card incl. license key)
- T199233; FLIR Atlas SDK for .NET
- T199234; FLIR Atlas SDK for MATLAB

## 9.5 FLIR E5

P/N: 63905-0501

Rev.: 30747

<b>Descrizione generale</b>	
<p>Le termocamere serie FLIR Ex sono termocamere ad infrarossi compatte che offrono accesso alla visualizzazione ad infrarossi. Le termocamere serie FLIR Ex sono un'alternativa economica al termometro ad infrarossi ed offrono immagini termiche con informazioni sulla temperatura in ogni singolo pixel. Grazie alla nuova funzione MSX ed ai formati visivi, non esistono termocamere più facili da utilizzare.</p> <p>Le termocamere serie FLIR Ex sono intuitive, compatte e resistenti, perfette anche negli ambienti più difficili. Grazie all'ampio campo visivo, inoltre, sono perfette per le applicazioni edilizie.</p>	
Vantaggi:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilità di utilizzo: le termocamere serie FLIR Ex sono completamente automatiche e senza messa a fuoco, dotate di un'interfaccia intuitiva per misurazioni in modalità termica, visiva o MSX.</li> <li>• Compattezza e resistenza: con un peso di appena 0,575 kg e la borsa da cintura accessoria, le termocamere serie FLIR Ex sono sempre facili da trasportare. Il design robusto è in grado di resistere a cadute da 2 metri, garantendo la massima affidabilità anche in ambienti difficili.</li> <li>• Convenienza senza precedenti: le termocamere ad infrarossi serie FLIR Ex sono le più convenienti presenti sul mercato.</li> </ul>	
<b>Imaging e dati ottici</b>	
Risoluzione IR	120 × 90 pixel
Sensibilità termica/NETD	< 0,10°C (0,27 °F) /< 100 mK
Campo visivo (FOV)	45° × 34°
Distanza minima di messa a fuoco	0,5 m (1,6 piedi)
Risoluzione spaziale (IFOV)	6,9 mrad
Numero di diaframma	1,5
Frequenza immagini	9 Hz
Messa a fuoco	Senza messa a fuoco
<b>Dati del rilevatore</b>	
Tipo di rilevatore	FPA (Focal Plane Array), microbolometro non raffreddato
Intervallo spettrale	7,5 – 13 μm
<b>Presentazione dell'immagine</b>	
Display	LCD a colori da 3,0" 320 × 240
Regolazione immagine	Regolazione/blocco immagine automatici
<b>Modalità di presentazione dell'immagine</b>	
Modalità immagine	MSX, termica, dissolvenza termica, videocamera digitale.
MSX (Multi Spectral Dynamic Imaging)	Immagine ad infrarossi con presentazione dei dettagli ottimizzata
<b>Misurazione</b>	
Intervallo di temperatura dell'oggetto	Da -20°C a +250°C (da -4°F a +482°F)
Accuratezza	±2 °C (±3,6 °F) o ±2% della lettura, per temperatura ambiente da 10 a 35 °C (da +50 a 95 °F) e temperatura dell'oggetto superiore a +0 °C (+32 °F)
<b>Analisi della misurazione</b>	
Puntatore	Punto centrale
Area	Riquadro con max/min
Correzione dell'emissività	Variabile da 0,1 a 1,0

<b>Analisi della misurazione</b>	
Tabella emissività	Tabella di emissività di materiali predefiniti
Correzione della temperatura apparente riflessa	Automatica, basata sulla temperatura riflessa in ingresso
<b>Impostazione</b>	
Tavolozze di colori	Bianco e nero, ferro ed arcobaleno
Comandi di impostazione	Adattamento geografico di unità, lingua, formati data ed ora
<b>Memorizzazione delle immagini</b>	
Formati di file	JPEG standard, 14 bit inclusi dati di misurazione
<b>Interfacce di comunicazione dati</b>	
Interfacce	Micro USB: trasferimento di dati da e verso il PC ed il dispositivo Mac
<b>Sistema di alimentazione</b>	
Tipo di batteria	Batteria Li/Ion ricaricabile
Tensione batteria	3,6 V
Autonomia della batteria	Circa 4 ore ad una temperatura ambiente di +25 ° C (+77 °F) e con un utilizzo normale
Sistema di ricarica	La batteria viene ricaricata all'interno della termocamera o nello specifico caricabatterie.
Tempo di ricarica	2,5 ore al 90% della capacità nella termocamera. 2 ore nel caricabatterie.
Funzione di risparmio energetico	Spegnimento automatico
Funzionamento CA	Adattatore CA, 90-260 VCA in ingresso, uscita 5 VCC alla termocamera
<b>Dati ambientali</b>	
Intervallo della temperatura di funzionamento	Da -15°C a +50°C (da +5°F a +122°F)
Intervallo della temperatura di immagazzinamento	Da -40°C a +70°C (da -40°F a +158°F)
Umidità (funzionamento ed immagazzinamento)	IEC 60068-2-30/24 Umidità relativa 95%
EMC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• WEEE 2012/19/EC</li> <li>• RoHS 2011/65/EC</li> <li>• C-Tick</li> <li>• EN 61000-6-3</li> <li>• EN 61000-6-2</li> <li>• FCC 47 CFR Parte 15 Classe B</li> </ul>
Isolamento	IP 54 (IEC 60529)
Urto	25 g (IEC 60068-2-27)
Vibrazioni	2 g (IEC 60068-2-6)
Caduta	2 m (6,6 piedi)
<b>Dati fisici</b>	
Peso della termocamera, con batteria	0,575 kg (1,27 libbre)
Dimensioni della termocamera (L x P x A)	244 x 95 x 140 mm (9,6 x 3,7 x 5,5 pollici)
Colore	Nero e grigio
<b>Certificazioni</b>	
Certificazione	UL, CSA, CE, PSE e CCC

Informazioni di spedizione	
Tipo di confezione	Scatola di cartone
Elenco del contenuto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Termocamera ad infrarossi</li> <li>• Valigetta rigida da trasporto</li> <li>• Batteria (all'interno della termocamera)</li> <li>• Cavo USB</li> <li>• Alimentatore/caricabatteria con spine UE, UK, US, AU</li> <li>• CD-ROM documentazione utente</li> <li>• Documentazione stampata</li> <li>• Scheda di download di FLIR Tools</li> </ul>
Confezione, peso	2,9 kg (6,4 libbre)
Confezione, dimensioni	385 × 165 × 315 mm (15,2 × 6,5 × 12,4 pollici)
EAN-13	4743254001114
UPC-12	845188005146
Paese di origine	Estonia

**Materiali di consumo ed accessori:**

- T911093; Tool belt
- T198528; Hard transport case FLIR Ex-series
- T198530; Battery
- T198531; Battery charger incl power supply
- T198532; Car charger
- T198534; Power supply USB-micro
- T198529; Pouch FLIR Ex and ix series
- T198533; USB cable Std A <-> Micro B
- T198583; FLIR Tools+ (download card incl. license key)
- T199233; FLIR Atlas SDK for .NET
- T199234; FLIR Atlas SDK for MATLAB

## 9.6 FLIR E6

P/N: 63902-0202

Rev.: 30748

<b>Descrizione generale</b>	
<p>Le termocamere serie FLIR Ex sono termocamere ad infrarossi compatte che offrono accesso alla visualizzazione ad infrarossi. Le termocamere serie FLIR Ex sono un'alternativa economica al termometro ad infrarossi ed offrono immagini termiche con informazioni sulla temperatura in ogni singolo pixel. Grazie alla nuova funzione MSX ed ai formati visivi, non esistono termocamere più facili da utilizzare.</p> <p>Le termocamere serie FLIR Ex sono intuitive, compatte e resistenti, perfette anche negli ambienti più difficili. Grazie all'ampio campo visivo, inoltre, sono perfette per le applicazioni edilizie.</p>	
Vantaggi:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilità di utilizzo: le termocamere serie FLIR Ex sono completamente automatiche e senza messa a fuoco, dotate di un'interfaccia intuitiva per misurazioni in modalità termica, visiva o MSX.</li> <li>• Compattezza e resistenza: con un peso di appena 0,575 kg e la borsa da cintura accessoria, le termocamere serie FLIR Ex sono sempre facili da trasportare. Il design robusto è in grado di resistere a cadute da 2 metri, garantendo la massima affidabilità anche in ambienti difficili.</li> <li>• Convenienza senza precedenti: le termocamere ad infrarossi serie FLIR Ex sono le più convenienti presenti sul mercato.</li> </ul>	
<b>Imaging e dati ottici</b>	
Risoluzione IR	160 × 120 pixel
Sensibilità termica/NETD	< 0,06°C (0,11°F) / < 60 mK
Campo visivo (FOV)	45° × 34°
Distanza minima di messa a fuoco	0,5 m (1,6 piedi)
Risoluzione spaziale (IFOV)	5,2 mrad
Numero di diaframma	1,5
Frequenza immagini	9 Hz
Messa a fuoco	Senza messa a fuoco
<b>Dati del rilevatore</b>	
Tipo di rilevatore	FPA (Focal Plane Array), microbolometro non raffreddato
Intervallo spettrale	7,5 – 13 μm
<b>Presentazione dell'immagine</b>	
Display	LCD a colori da 3,0" 320 × 240
Regolazione immagine	Automatica/Manuale
<b>Modalità di presentazione dell'immagine</b>	
Modalità immagine	MSX, termica, Picture in Picture (PiP) dissolvenza termica, videocamera digitale.
MSX (Multi Spectral Dynamic Imaging)	Immagine ad infrarossi con presentazione dei dettagli ottimizzata
Picture In Picture (PiP)	Area ad infrarossi sull'immagine visualizzata
<b>Misurazione</b>	
Intervallo di temperatura dell'oggetto	Da -20°C a +250°C (da -4°F a +482°F)
Accuratezza	±2 °C (±3,6 °F) o ±2% della lettura, per temperatura ambiente da 10 a 35 °C (da +50 a 95 °F) e temperatura dell'oggetto superiore a +0 °C (+32 °F)
<b>Analisi della misurazione</b>	
Puntatore	Punto centrale
Area	Riquadro con max/min

<b>Analisi della misurazione</b>	
Correzione dell'emissività	Variabile da 0,1 a 1,0
Tabella emissività	Tabella di emissività di materiali predefiniti
Correzione della temperatura apparente riflessa	Automatica, basata sulla temperatura riflessa in ingresso
<b>Impostazione</b>	
Tavolozze di colori	Bianco e nero, ferro ed arcobaleno
Comandi di impostazione	Adattamento geografico di unità, lingua, formati data ed ora
<b>Memorizzazione delle immagini</b>	
Formati di file	JPEG standard, 14 bit inclusi dati di misurazione
<b>Interfacce di comunicazione dati</b>	
Interfacce	Micro USB: trasferimento di dati da e verso il PC ed il dispositivo Mac
<b>Sistema di alimentazione</b>	
Tipo di batteria	Batteria Li/Ion ricaricabile
Tensione batteria	3,6 V
Autonomia della batteria	Circa 4 ore ad una temperatura ambiente di +25 ° C (+77 °F) e con un utilizzo normale
Sistema di ricarica	La batteria viene ricaricata all'interno della termocamera o nello specifico caricabatterie.
Tempo di ricarica	2,5 ore al 90% della capacità nella termocamera. 2 ore nel caricabatterie.
Funzione di risparmio energetico	Spegnimento automatico
Funzionamento CA	Adattatore CA, 90-260 VCA in ingresso, uscita 5 VCC alla termocamera
<b>Dati ambientali</b>	
Intervallo della temperatura di funzionamento	Da -15°C a +50°C (da +5°F a +122°F)
Intervallo della temperatura di immagazzinamento	Da -40°C a +70°C (da -40°F a +158°F)
Umidità (funzionamento ed immagazzinamento)	IEC 60068-2-30/24 Umidità relativa 95%
EMC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• WEEE 2012/19/EC</li> <li>• RoHS 2011/65/EC</li> <li>• C-Tick</li> <li>• EN 61000-6-3</li> <li>• EN 61000-6-2</li> <li>• FCC 47 CFR Parte 15 Classe B</li> </ul>
Isolamento	IP 54 (IEC 60529)
Urto	25 g (IEC 60068-2-27)
Vibrazioni	2 g (IEC 60068-2-6)
Caduta	2 m (6,6 piedi)
<b>Dati fisici</b>	
Peso della termocamera, con batteria	0,575 kg (1,27 libbre)
Dimensioni della termocamera (L x P x A)	244 x 95 x 140 mm (9,6 x 3,7 x 5,5 pollici)
Colore	Nero e grigio
<b>Certificazioni</b>	
Certificazione	UL, CSA, CE, PSE e CCC

Informazioni di spedizione	
Tipo di confezione	Scatola di cartone
Elenco del contenuto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Termocamera ad infrarossi</li> <li>• Valigetta rigida da trasporto</li> <li>• Batteria (all'interno della termocamera)</li> <li>• Cavo USB</li> <li>• Alimentatore/caricabatteria con spine UE, UK, US, AU</li> <li>• CD-ROM documentazione utente</li> <li>• Documentazione stampata</li> <li>• Scheda di download di FLIR Tools</li> </ul>
Confezione, peso	2,9 kg (6,4 libbre)
Confezione, dimensioni	385 × 165 × 315 mm (15,2 × 6,5 × 12,4 pollici)
EAN-13	4743254001008
UPC-12	845188004958
Paese di origine	Estonia

**Materiali di consumo ed accessori:**

- T911093; Tool belt
- T198528; Hard transport case FLIR Ex-series
- T198530; Battery
- T198531; Battery charger incl power supply
- T198532; Car charger
- T198534; Power supply USB-micro
- T198529; Pouch FLIR Ex and ix series
- T198533; USB cable Std A <-> Micro B
- T198583; FLIR Tools+ (download card incl. license key)
- T199233; FLIR Atlas SDK for .NET
- T199234; FLIR Atlas SDK for MATLAB

## 9.7 FLIR E8

P/N: 63903-0303

Rev.: 30749

<b>Descrizione generale</b>	
<p>Le termocamere serie FLIR Ex sono termocamere ad infrarossi compatte che offrono accesso alla visualizzazione ad infrarossi. Le termocamere serie FLIR Ex sono un'alternativa economica al termometro ad infrarossi ed offrono immagini termiche con informazioni sulla temperatura in ogni singolo pixel. Grazie alla nuova funzione MSX ed ai formati visivi, non esistono termocamere più facili da utilizzare.</p> <p>Le termocamere serie FLIR Ex sono intuitive, compatte e resistenti, perfette anche negli ambienti più difficili. Grazie all'ampio campo visivo, inoltre, sono perfette per le applicazioni edilizie.</p>	
Vantaggi:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilità di utilizzo: le termocamere serie FLIR Ex sono completamente automatiche e senza messa a fuoco, dotate di un'interfaccia intuitiva per misurazioni in modalità termica, visiva o MSX.</li> <li>• Compattezza e resistenza: con un peso di appena 0,575 kg e la borsa da cintura accessoria, le termocamere serie FLIR Ex sono sempre facili da trasportare. Il design robusto è in grado di resistere a cadute da 2 metri, garantendo la massima affidabilità anche in ambienti difficili.</li> <li>• Convenienza senza precedenti: le termocamere ad infrarossi serie FLIR Ex sono le più convenienti presenti sul mercato.</li> </ul>	
<b>Imaging e dati ottici</b>	
Risoluzione IR	320 × 240 pixel
Sensibilità termica/NETD	< 0,06°C (0,11°F) / < 60 mK
Campo visivo (FOV)	45° × 34°
Distanza minima di messa a fuoco	0,5 m (1,6 piedi)
Risoluzione spaziale (IFOV)	2,6 mrad
Numero di diaframma	1,5
Frequenza immagini	9 Hz
Messa a fuoco	Senza messa a fuoco
<b>Dati del rilevatore</b>	
Tipo di rilevatore	FPA (Focal Plane Array), microbolometro non raffreddato
Intervallo spettrale	7,5 – 13 μm
<b>Presentazione dell'immagine</b>	
Display	LCD a colori da 3,0" 320 × 240
Regolazione immagine	Automatica/Manuale
<b>Modalità di presentazione dell'immagine</b>	
Modalità immagine	MSX, termica, Picture in Picture (PiP) dissolvenza termica, videocamera digitale.
MSX (Multi Spectral Dynamic Imaging)	Immagine ad infrarossi con presentazione dei dettagli ottimizzata
Picture In Picture (PiP)	Area ad infrarossi sull'immagine visualizzata
<b>Misurazione</b>	
Intervallo di temperatura dell'oggetto	Da -20°C a +250°C (da -4°F a +482°F)
Accuratezza	±2 °C (±3,6 °F) o ±2% della lettura, per temperatura ambiente da 10 a 35 °C (da +50 a 95 °F) e temperatura dell'oggetto superiore a +0 °C (+32 °F)
<b>Analisi della misurazione</b>	
Puntatore	Punto centrale
Area	Riquadro con max/min

<b>Analisi della misurazione</b>	
Correzione dell'emissività	Variabile da 0,1 a 1,0
Tabella emissività	Tabella di emissività di materiali predefiniti
Correzione della temperatura apparente riflessa	Automatica, basata sulla temperatura riflessa in ingresso
<b>Impostazione</b>	
Tavolozze di colori	Bianco e nero, ferro ed arcobaleno
Comandi di impostazione	Adattamento geografico di unità, lingua, formati data ed ora
<b>Memorizzazione delle immagini</b>	
Formati di file	JPEG standard, 14 bit inclusi dati di misurazione
<b>Interfacce di comunicazione dati</b>	
Interfacce	Micro USB: trasferimento di dati da e verso il PC ed il dispositivo Mac
<b>Sistema di alimentazione</b>	
Tipo di batteria	Batteria Li/Ion ricaricabile
Tensione batteria	3,6 V
Autonomia della batteria	Circa 4 ore ad una temperatura ambiente di +25 ° C (+77 °F) e con un utilizzo normale
Sistema di ricarica	La batteria viene ricaricata all'interno della termocamera o nello specifico caricabatterie.
Tempo di ricarica	2,5 ore al 90% della capacità nella termocamera. 2 ore nel caricabatterie.
Funzione di risparmio energetico	Spegnimento automatico
Funzionamento CA	Adattatore CA, 90-260 VCA in ingresso, uscita 5 VCC alla termocamera
<b>Dati ambientali</b>	
Intervallo della temperatura di funzionamento	Da -15°C a +50°C (da +5°F a +122°F)
Intervallo della temperatura di immagazzinamento	Da -40°C a +70°C (da -40°F a +158°F)
Umidità (funzionamento ed immagazzinamento)	IEC 60068-2-30/24 Umidità relativa 95%
EMC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• WEEE 2012/19/EC</li> <li>• RoHS 2011/65/EC</li> <li>• C-Tick</li> <li>• EN 61000-6-3</li> <li>• EN 61000-6-2</li> <li>• FCC 47 CFR Parte 15 Classe B</li> </ul>
Isolamento	IP 54 (IEC 60529)
Urto	25 g (IEC 60068-2-27)
Vibrazioni	2 g (IEC 60068-2-6)
Caduta	2 m (6,6 piedi)
<b>Dati fisici</b>	
Peso della termocamera, con batteria	0,575 kg (1,27 libbre)
Dimensioni della termocamera (L x P x A)	244 x 95 x 140 mm (9,6 x 3,7 x 5,5 pollici)
Colore	Nero e grigio
<b>Certificazioni</b>	
Certificazione	UL, CSA, CE, PSE e CCC

Informazioni di spedizione	
Tipo di confezione	Scatola di cartone
Elenco del contenuto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Termocamera ad infrarossi</li> <li>• Valigetta rigida da trasporto</li> <li>• Batteria (2x)</li> <li>• Cavo USB</li> <li>• Alimentatore/caricabatteria con spine UE, UK, US, AU</li> <li>• Caricabatterie</li> <li>• CD-ROM documentazione utente</li> <li>• Documentazione stampata</li> <li>• Scheda di download di FLIR Tools</li> </ul>
Confezione, peso	3,13 kg (6,9 libbre)
Confezione, dimensioni	385 × 165 × 315 mm (15,2 × 6,5 × 12,4 pollici)
EAN-13	4743254001015
UPC-12	845188004965
Paese di origine	Estonia

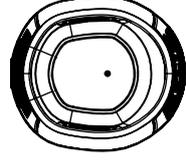
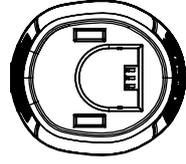
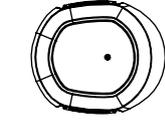
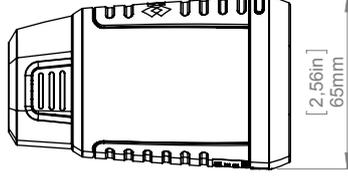
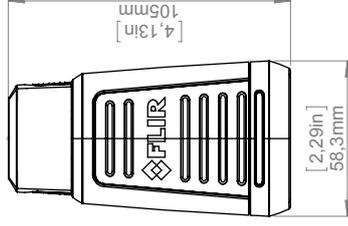
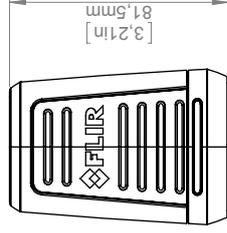
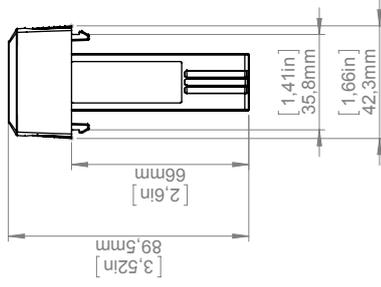
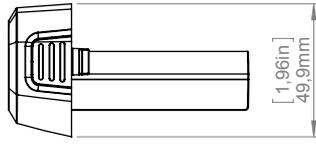
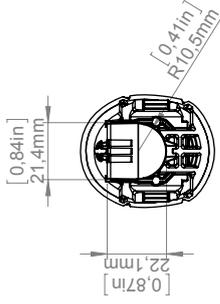
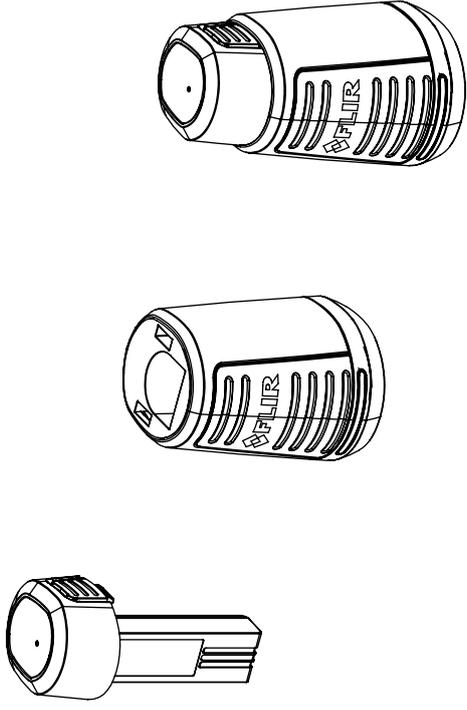
**Materiali di consumo ed accessori:**

- T911093; Tool belt
- T198528; Hard transport case FLIR Ex-series
- T198530; Battery
- T198531; Battery charger incl power supply
- T198532; Car charger
- T198534; Power supply USB-micro
- T198529; Pouch FLIR Ex and ix series
- T198533; USB cable Std A <-> Micro B
- T198583; FLIR Tools+ (download card incl. license key)
- T199233; FLIR Atlas SDK for .NET
- T199234; FLIR Atlas SDK for MATLAB





# Charger and Power pack



		Drawing No. <b>T127831</b> Size <b>A</b>
Modified <b>2013-03-25</b> Denomination	Check <b>CAHA</b>	Drawn by <b>R&amp;D Thermography</b>
Size <b>A3</b> Scale <b>1:2</b>		Sheet <b>2(2)</b> Size <b>A</b>
<b>Basic dimensions FLIR Ex</b>		

© 2012, FLIR Systems, Inc. All rights reserved worldwide. No part of this drawing may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form, or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without written permission from FLIR Systems, Inc. Specifications subject to change without further notice. Dimensional data is based on nominal values. Products may be subject to regional market considerations. License procedures may apply. Product may be subject to US Export Regulations. Please refer to exportquestions@flir.com with any questions. Division contrary to US law is prohibited.





## 12.1 Rivestimento esterno, cavi ed altri componenti della termocamera

### 12.1.1 Liquidi

Utilizzare uno dei liquidi seguenti:

- Acqua calda
- Una soluzione detergente non aggressiva

### 12.1.2 Dotazione necessaria

Un panno morbido

### 12.1.3 Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1. Immergere il panno nel liquido.
2. Strizzare il panno per rimuovere il liquido in eccesso.
3. Con il panno, pulire la parte desiderata.



#### ATTENZIONE

Non utilizzare solventi o liquidi simili su termocamera, cavi e altri componenti in quanto potrebbero danneggiarsi.

## 12.2 Obiettivo ad infrarossi

### 12.2.1 Liquidi

Utilizzare uno dei liquidi seguenti:

- Un liquido per la pulizia dell'obiettivo comunemente in commercio con oltre il 30% di alcol isopropilico.
- 96% di alcol etilico (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH).

### 12.2.2 Dotazione necessaria

Batuffolo di cotone

### 12.2.3 Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1. Immergere un batuffolo di cotone nel liquido.
2. Strizzare il batuffolo di cotone per rimuovere il liquido in eccesso.
3. Pulire l'obiettivo solo una volta e gettare il batuffolo di cotone.



#### AVVERTENZA

Prima di utilizzare un liquido, leggere attentamente tutte le relative schede con i dati di sicurezza del materiale (MSDS, Material Safety Data Sheets) e le etichette con le avvertenze applicate sui contenitori. I liquidi possono essere pericolosi.



#### ATTENZIONE

- Quando si pulisce l'obiettivo ad infrarossi, procedere con cautela. L'obiettivo è dotato di un rivestimento antiriflesso.
- Non eccedere nella pulizia dell'obiettivo ad infrarossi. Il rivestimento antiriflesso potrebbe rovinarsi.

## 13.1 Infiltrazioni di acqua ed umidità

### 13.1.1 Info generali

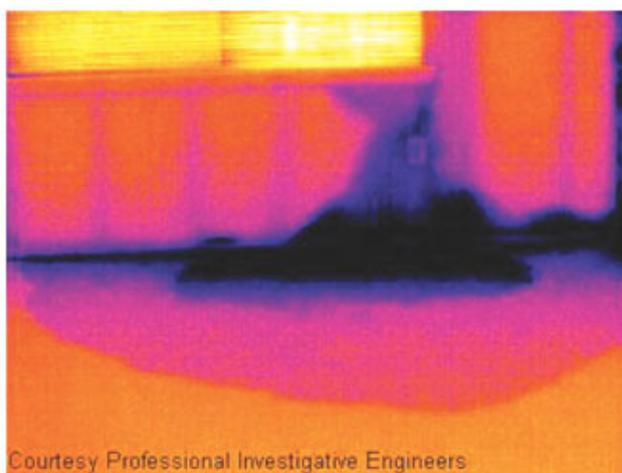
È spesso possibile rilevare infiltrazioni di acqua ed umidità nelle abitazioni mediante una termocamera ad infrarossi, in quanto l'area interessata presenta una proprietà di conduzione del calore differente, nonché una capacità di immagazzinare calore diversa rispetto ai materiali circostanti.

La possibilità di rilevare infiltrazioni di acqua ed umidità mediante un'immagine termica dipende da vari fattori.

Il riscaldamento ed il raffreddamento delle aree interessate avviene ad esempio con velocità diverse a seconda del materiale e dell'ora del giorno. È pertanto importante utilizzare anche altri metodi per rilevare le infiltrazioni di acqua ed umidità.

### 13.1.2 Figura

Nell'immagine seguente viene illustrata un'infiltrazione di acqua estesa su una parete esterna in cui l'acqua è penetrata oltre la facciata esterna a causa di un davanzale non installato correttamente.



## 13.2 Contatto difettoso in una presa

### 13.2.1 Info generali

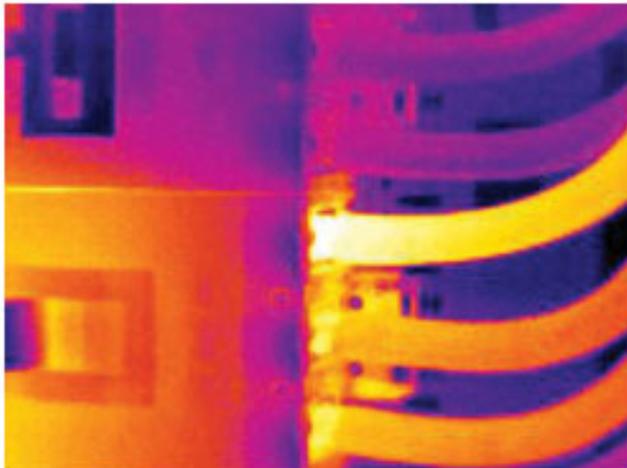
A seconda del tipo di presa, un cavo collegato in modo non corretto può determinare un aumento locale della temperatura. Tale aumento di temperatura è dovuto alla riduzione dell'area di contatto tra il punto di collegamento del cavo e la presa. Questo problema può causare incendi.

La struttura di una presa può risultare molto diversa a seconda del produttore. Diversi tipi di problemi possono pertanto produrre immagini termiche dall'aspetto analogo.

L'aumento locale della temperatura può inoltre essere determinato dal contatto improprio tra cavo e presa o da una differenza di carico.

### 13.2.2 Figura

Nell'immagine seguente viene illustrato il collegamento difettoso di un cavo ad una presa che ha determinato un aumento locale della temperatura.



### 13.3 Presa ossidata

#### 13.3.1 Info generali

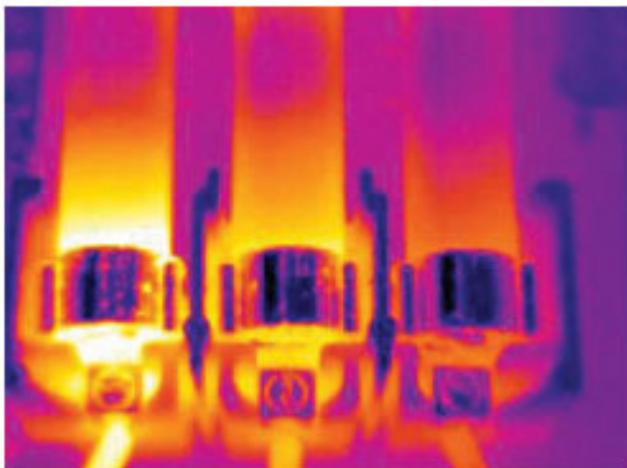
A seconda del tipo di presa e delle condizioni ambientali in cui si trova, è possibile che si verifichi un'ossidazione delle superfici di contatto. Questo problema può determinare un aumento locale della resistenza quando la presa viene caricata, il che si riflette nell'immagine termica sotto forma di aumento della temperatura.

La struttura di una presa può risultare molto diversa a seconda del produttore. Diversi tipi di problemi possono pertanto produrre immagini termiche dall'aspetto analogo.

L'aumento locale della temperatura può inoltre essere determinato dal contatto improprio tra cavo e presa o da una differenza di carico.

#### 13.3.2 Figura

Nell'immagine seguente viene illustrata una serie di fusibili, di cui uno presente un aumento della temperatura sulle superfici di contatto con il relativo contenitore. A causa del materiale metallico con cui è fatta la zona di attacco dei fusibili, l'aumento di temperatura non è visibile. Al contrario risulta visibile sul materiale di ceramica di cui è costituito il corpo del fusibile.



---

## 13.4 Carenze d'isolamento

### 13.4.1 Info generali

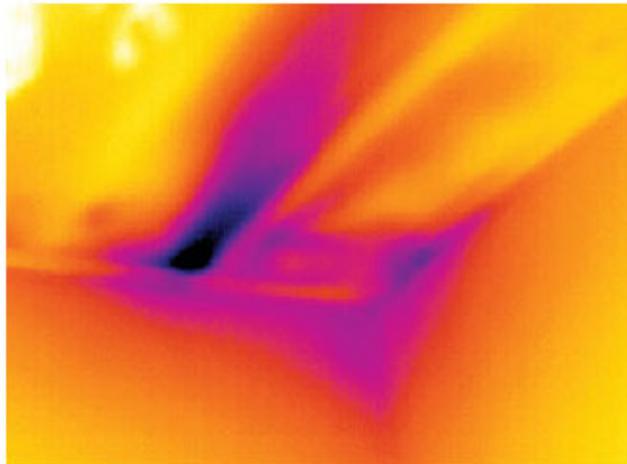
I problemi di isolamento derivano dalla perdita di volume del materiale isolante nel tempo, il quale non è quindi più in grado di riempire la cavità nell'intelaiatura della parete.

Con una termocamera ad infrarossi è possibile rilevare i problemi di isolamento poiché presentano una proprietà di conduzione del calore diversa rispetto al materiale isolante installato correttamente, nonché individuare l'area in cui l'aria penetra all'interno dell'intelaiatura dell'edificio.

Quando si controlla un edificio, la differenza di temperatura tra interno ed esterno dovrebbe essere di almeno 10 °C. Montanti, tubature dell'acqua, colonne in calcestruzzo e componenti simili possono apparire simili a problemi di isolamento in un'immagine termica. Possono inoltre verificarsi altre differenze di minore entità.

### 13.4.2 Figura

Nell'immagine seguente viene illustrato un problema di isolamento nell'intelaiatura del tetto. A causa dell'assenza di isolamento, l'aria è penetrata nella struttura del tetto il cui aspetto risulta pertanto diverso nell'immagine termica.



## 13.5 Corrente d'aria

### 13.5.1 Info generali

Infiltrazioni d'aria possono trovarsi in corrispondenza di battiscopa, porte, infissi e controsoffitti. Questo tipo di corrente d'aria risulta spesso rilevabile con una termocamera ad infrarossi e viene indicata come un flusso di aria più fredda che lambisce la superficie circostante.

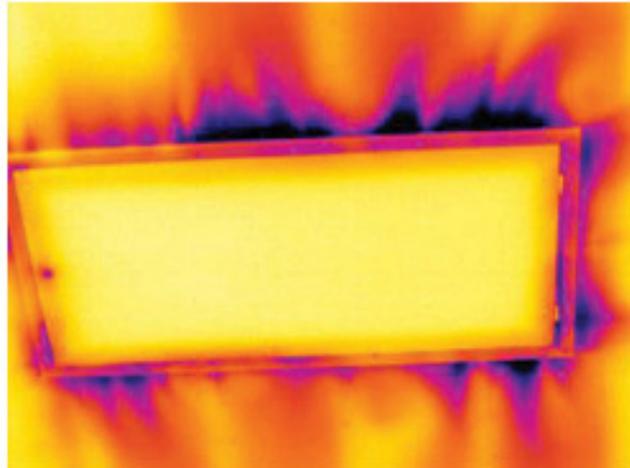
Quando si cercano le correnti d'aria in un'abitazione, è inoltre possibile che sia presente una pressione subatmosferica. Chiudere tutte le porte, le finestre e i condotti di ventilazione ed accendere la cappa della cucina per un certo periodo di tempo prima di acquisire le immagini termiche.

In un'immagine termica di una corrente d'aria viene indicato da un modello di flusso tipico, illustrato chiaramente nella figura seguente.

Tenere inoltre presente che le correnti d'aria possono essere nascoste dal calore emesso dal sistema di riscaldamento.

**13.5.2 Figura**

Nell'immagine viene illustrato un portello del controsoffitto la cui installazione non corretta determina una forte corrente d'aria.



FLIR Systems è stata fondata nel 1978 con l'obiettivo di sviluppare innovativi sistemi di imaging termico ad elevate prestazioni e si è affermata come leader internazionale nel settore della progettazione, produzione e distribuzione di tali sistemi per un'ampia gamma di applicazioni commerciali, industriali ed istituzionali. FLIR Systems include oggi cinque delle maggiori società che vantano straordinari risultati nel settore della tecnologia termica, dal 1958: la svedese AGEMA Infrared Systems (precedentemente nota come AGA Infrared Systems), le tre aziende statunitensi Indigo Systems, FSI e Inframetrics, nonché la società francese Cedip.

Nel 2007, FLIR Systems ha acquisito diverse società con esperienza a livello mondiale nel settore delle tecnologie dei sensori:

- Extech Instruments (2007)
- Ifara Tecnologías (2008)
- Salvador Imaging (2009)
- OmniTech Partners (2009)
- Directed Perception (2009)
- Raymarine (2010)
- ICx Technologies (2010)
- TackTick Marine Digital Instruments (2011)
- Aerius Photonics (2011)
- Lorex Technology (2012)
- Traficon (2012)
- MARSS (2013)
- DigitalOptics (azienda nel settore della microottica) (2013)
- DVTEL (2015)

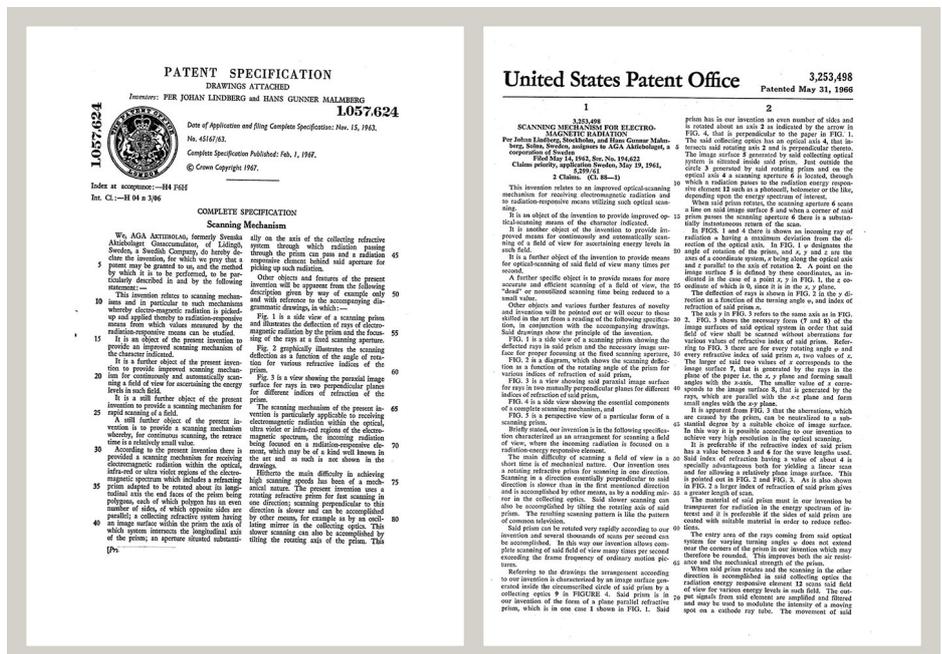


Figura 14.1 Documenti di brevetto dagli inizi degli anni 1960

FLIR Systems dispone di tre stabilimenti produttivi negli Stati Uniti (Portland, OREGON, Boston, MASSACHUSETTS, Santa Barbara, CALIFORNIA) e uno in Svezia (Stoccolma). Dal 2007 ha uno stabilimento produttivo anche a Tallinn, Estonia. È inoltre presente con uffici commerciali in Belgio, Brasile, Cina, Francia, Germania, Gran Bretagna, Hong Kong, Italia, Giappone, Corea, Svezia e USA, i quali, coadiuvati da una rete mondiale di agenti e distributori, supportano la base di clienti internazionali della società.

FLIR Systems è una società innovativa nel settore delle termocamere ad infrarossi in grado di anticipare la domanda del mercato migliorando costantemente i prodotti esistenti e sviluppandone di nuovi. La storia della società è costellata di importanti innovazioni che hanno segnato tappe fondamentali nella progettazione e nello sviluppo del prodotto, quali, ad esempio, l'introduzione della prima termocamera portatile a batteria per le ispezioni industriali e della prima termocamera ad infrarossi senza raffreddamento, solo per citarne un paio.



**Figura 14.2** 1969: Thermovision Modello 661. La termocamera pesava circa 25 kg, l'oscilloscopio 20 kg e lo stativo 15 kg. L'operatore inoltre doveva procurarsi un gruppo elettrogeno da 220 VCA ed un contenitore da 10 litri con azoto liquido. Alla sinistra dell'oscilloscopio è visibile l'attacco Polaroid (6 kg).



**Figura 14.3** 2015: FLIR One, un accessorio per telefoni cellulari iPhone e Android. Peso: 90 g.

FLIR Systems produce autonomamente i principali componenti meccanici ed elettronici delle proprie termocamere. Tutte le fasi della produzione, dalla progettazione dei rilevatori alla produzione delle lenti e dell'elettronica di sistema, fino alla calibrazione ed al collaudo finali, vengono eseguite sotto la supervisione di tecnici specializzati in tecnologie ad infrarossi, la cui elevata competenza garantisce la precisione e l'affidabilità di tutti i componenti cruciali assemblati nella termocamera.

#### 14.1 Molto di più di una semplice termocamera ad infrarossi

L'obiettivo di FLIR Systems non consiste semplicemente nella produzione dei migliori sistemi per termocamere. Ci impegniamo infatti per migliorare la produttività di tutti gli utenti dei nostri sistemi offrendo loro una combinazione di eccezionale potenza di software e termocamere. Il nostro software è specificatamente progettato per consentire la manutenzione preventiva, mentre il monitoraggio dei processi di ricerca e sviluppo viene realizzato internamente all'azienda. La maggior parte del software è disponibile in più lingue.

A corredo delle termocamere prodotte dall'azienda, viene fornita un'ampia gamma di accessori che consentono di adattare l'apparecchiatura acquistata a qualunque tipo di utilizzo.

#### 14.2 Le competenze della società a disposizione del cliente

Nonostante le termocamere prodotte da Flir Systems siano progettate per essere di semplice utilizzo, la termografia è un settore molto complesso e non è sufficiente saper utilizzare la termocamera. FLIR Systems ha pertanto creato il centro di addestramento ITC (Infrared Training Center), un'unità operativa distinta che si occupa di fornire corsi di formazione certificati. Partecipando ad uno dei corsi organizzati dall'ITC, gli operatori acquisiscono l'esperienza pratica necessaria.

Il personale dell'ITC fornisce inoltre il supporto applicativo necessario per passare dalla teoria alla pratica.

### **14.3 Una società dedicata al supporto dei clienti**

FLIR Systems gestisce una rete mondiale di servizi volti a mantenere sempre operative le termocamere fornite. Se si verifica un problema, i centri di assistenza locali dispongono delle attrezzature e del know-how necessari per risolverlo nel più breve tempo possibile. Non è pertanto necessario inviare lontano la termocamera o parlare con operatori che non capiscono l'italiano.

---

ambiente	Gli oggetti e i gas che emettono radiazioni verso l'oggetto sottoposto a misurazione.
assorbimento (fattore)	La quantità di radiazione assorbita da un oggetto rispetto alla radiazione ricevuta. Un valore compreso tra 0 e 1.
atmosfera	I gas presenti tra l'oggetto misurato e la termocamera, normalmente aria.
campo	L'intervallo della scala della temperatura, in genere espresso come un valore di segnale.
cavità isoterma	Un radiatore con cavità a forma di bottiglia con una temperatura uniforme, osservato attraverso il collo di bottiglia.
colore di saturazione	Le aree con temperature che non rientrano nelle impostazioni di livello e campo correnti vengono colorate con i colori di saturazione. Nei colori di saturazione sono compresi un colore di "superamento del limite massimo" ed un colore di "non raggiungimento del limite minimo". Esiste anche un terzo colore di saturazione rosso, con cui viene contrassegnato qualunque elemento saturato dal rilevatore per indicare che è opportuno cambiare l'intervallo.
conduzione	Il processo che determina la diffusione del calore in un materiale.
convezione	Per convezione si intende uno scambio termico in cui un fluido, che viene posto in movimento o per gravità o tramite altre forze, trasferisce il calore da un posto ad un altro.
corpo grigio	Un oggetto che emette una frazione fissa della quantità di energia di un corpo nero per ciascuna lunghezza d'onda.
corpo nero	Un oggetto totalmente non riflettente. Tutta la radiazione che emette è generata solo dalla propria temperatura.
corpo nero radiante	Dispositivo radiante IR con proprietà di corpo nero, utilizzato per calibrare le termocamere.
correzione di immagine (interna / esterna)	Un modo per compensare le differenze di sensibilità nelle varie parti delle immagini dal vivo ed anche per stabilizzare la termocamera.
differenza di temperatura.	Un valore risultante dalla sottrazione tra due valori di temperatura.
doppia isoterma	Un'isoterma con due bande di colori invece di una.
emissività (fattore)	La quantità di radiazione proveniente da un oggetto rispetto a quella di un corpo nero. Un valore compreso tra 0 e 1.
emittanza	La quantità di energia emessa da un oggetto per unità di tempo ed area ( $W/m^2$ ).
emittanza spettrale	Quantità di energia emessa da un oggetto per unità di tempo, area e lunghezza d'onda ( $W/m^2/\mu m$ ).
filtro spettrale	Un materiale trasparente solo ad alcune lunghezze d'onda ad infrarossi.
FOV	apertura angolare: l'angolo orizzontale che è possibile osservare attraverso un obiettivo IR.
FPA	Acronimo di Focal Plane Array: un tipo di rilevatore IR.
IFOV	Acronimo di Instantaneous Field Of View: unità di misura della risoluzione geometrica di una termocamera.

---

infrarosso	Radiazione non visibile, con una lunghezza d'onda compresa approssimativamente tra 2 e 13 $\mu\text{m}$ .
intervallo	Il limite di misurazione della temperatura complessiva corrente di una termocamera ad infrarossi. Le termocamere possono avere vari intervalli. Espresso come due temperature di corpo nero che limitano la calibrazione corrente.
intervallo di temperatura	Il limite di misurazione della temperatura complessiva corrente di una termocamera ad infrarossi. Le termocamere possono avere vari intervalli. Espresso come due temperature di corpo nero che limitano la calibrazione corrente.
IR	infrarosso
isoterma	Una funzione che evidenzia le parti di un'immagine la cui temperatura è superiore, inferiore o compresa in uno o più intervalli di temperatura.
isoterma trasparente	Un'isoterma che mostra una distribuzione lineare dei colori invece di coprire le parti evidenziate dell'immagine.
Laser LocatIR	Una fonte di luce alimentata elettricamente che emette radiazione laser in un sottile raggio concentrato per puntare su certe parti di un soggetto posto davanti alla termocamera.
livello	Il valore centrale della scala di temperatura, in genere espresso come valore di segnale.
NETD	Acronimo di Noise Equivalent Temperature Difference: unità di misura del livello di rumore delle immagini di una termocamera.
ottiche esterne	Protezioni termiche, obiettivi e filtri aggiuntivi che possono essere frapposti tra la termocamera e l'oggetto sottoposto a misurazione.
palette auto	L'immagine termica viene visualizzata con una distribuzione non uniforme dei colori, mostrando contemporaneamente sia gli oggetti freddi che quelli caldi.
parametri oggetto	Un gruppo di valori che descrive le circostanze in cui è stata eseguita la misurazione di un oggetto e l'oggetto stesso, quali emissività, temperatura apparente riflessa, distanza, ecc.
pixel	Abbreviazione di <i>picture element</i> : singolo punto di un'immagine.
potenza radiante	La quantità di energia emessa da un oggetto per unità di tempo (W).
puntatore laser	Una fonte di luce alimentata elettricamente che emette radiazione laser in un sottile raggio concentrato per puntare su certe parti di un soggetto posto davanti alla termocamera.
radianza	La quantità di energia emessa da un oggetto per unità di tempo, area ed angolo ( $\text{W}/\text{m}^2/\text{sr}$ ).
radiatore	Un dispositivo radiante IR.
radiatore a cavità	Un radiatore a forma di bottiglia con un rivestimento interno assorbente, visibile attraverso il collo di bottiglia.
radiazione	Il processo mediante il quale un oggetto o un gas emette energia elettromagnetica.
regolazione automatica	Una funzione che consente ad una termocamera di eseguire una correzione interna dell'immagine.
regolazione continua	Una funzione che consente di regolare l'immagine. È sempre attiva e regola continuamente la luminosità ed il contrasto in base al contenuto dell'immagine.

---

regolazione manuale	Un metodo per regolare l'immagine cambiando manualmente alcuni parametri.
riflettività	La quantità di radiazione riflessa da un oggetto rispetto alla radiazione ricevuta. Un valore compreso tra 0 e 1.
rumore	Piccoli disturbi indesiderati nell'immagine termica.
scala di temperatura	Il modo in cui viene visualizzata un'immagine termica. Viene espressa con due valori di temperatura che limitano i colori.
segnale di oggetto	Un valore non calibrato relativo alla quantità di radiazione che la termocamera riceve dall'oggetto.
tavolozza	L'insieme dei colori utilizzati per visualizzare un'immagine termica.
temperatura colore	La temperatura per cui il colore di un corpo nero corrisponde ad un colore specifico.
temperatura di riferimento	Una temperatura con cui possono essere confrontati i valori misurati ordinari.
termogramma	immagine ad infrarossi (o termica)
trasmissione (o trasmittanza) fattore	I gas ed i materiali possono essere più o meno trasparenti. La trasmissione è la quantità di radiazione IR che li attraversa. Un valore compreso tra 0 e 1.
trasmissione atmosferica calcolata	Un valore di trasmissione calcolato sulla base della temperatura, dell'umidità relativa dell'aria e della distanza dall'oggetto.
trasmissione atmosferica stimata	Un valore di trasmissione, fornito da un utente, che ne sostituisce uno calcolato.
umidità relativa	L'umidità relativa rappresenta il rapporto tra la massa corrente del vapore acqueo nell'aria e quella massima che può contenere in condizioni di saturazione.
visibile	Indica la modalità video di una termocamera, in contrapposizione alla normale modalità termografica. Quando una termocamera è in modalità visibile, cattura le normali immagini video, mentre le immagini termografiche vengono catturate quando la termocamera è in modalità IR.

## 16.1 Introduzione

La termocamera consente di misurare e rappresentare la radiazione infrarossa emessa da un oggetto. La radiazione è una funzione della temperatura superficiale di un oggetto e la termocamera è in grado di calcolare e visualizzare tale temperatura.

Tuttavia, la radiazione rilevata dalla termocamera non dipende soltanto dalla temperatura dell'oggetto, ma è anche una funzione dell'emissività. La radiazione ha origine anche nelle zone circostanti l'oggetto e viene riflessa sull'oggetto stesso. La radiazione emessa dall'oggetto e quella riflessa variano anche in base all'assorbimento atmosferico.

Per rilevare la temperatura con precisione, è opportuno ovviare agli effetti provocati dalla presenza di diverse sorgenti di radiazione. Questa procedura viene eseguita automaticamente in tempo reale dalla termocamera. Tuttavia, è necessario che la termocamera disponga dei seguenti parametri che si riferiscono agli oggetti.

- L'emissività dell'oggetto
- La temperatura apparente riflessa
- La distanza tra l'oggetto e la termocamera
- L'umidità relativa
- La temperatura dell'atmosfera

## 16.2 Emissività

Poiché l'emissività è il parametro più importante dell'oggetto, è necessario che venga impostato correttamente. In breve, l'emissività è una misura che si riferisce alla quantità di radiazione termica emessa da un oggetto, comparata a quella emessa da un corpo nero perfetto alla stessa temperatura.

Generalmente, i materiali di cui sono composti gli oggetti e i trattamenti effettuati sulle superfici presentano emissività comprese tra 0,1 e 0,95. Una superficie particolarmente lucida, ad esempio uno specchio, presenta un valore inferiore a 0,1, mentre una superficie ossidata o verniciata ha un livello di emissività superiore. Una vernice a base di olio ha un'emissività superiore a 0,9 nello spettro infrarosso, indipendentemente dal suo colore nello spettro visivo. La pelle umana è caratterizzata da un livello di emissività compreso fra 0,97 e 0,98.

I metalli non ossidati rappresentano un caso estremo di opacità perfetta e di elevata riflessività, la quale non subisce variazioni rilevanti al variare della lunghezza d'onda. Di conseguenza, l'emissività dei metalli è bassa: aumenta infatti solo con la temperatura. Per i non metalli, l'emissività tende ad essere elevata e a diminuire con la temperatura.

### 16.2.1 Come stabilire l'emissività di un campione

#### 16.2.1.1 Passaggio 1: determinazione della temperatura apparente riflessa

Utilizzare uno dei due metodi seguenti per determinare la temperatura apparente riflessa:

### 16.2.1.1.1 Metodo 1: metodo diretto

Attenersi alla procedura seguente:

1. Individuare possibili fonti di riflettività, tenendo in considerazione che l'angolo di incidenza = angolo di riflessione ( $a = b$ ).

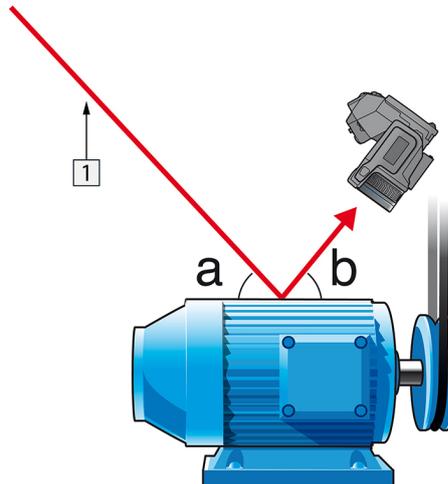


Figura 16.1 1 = Fonte di riflettività

2. Se la fonte di riflettività è una fonte puntiforme, modificare la fonte coprendola con un pezzo di cartone.

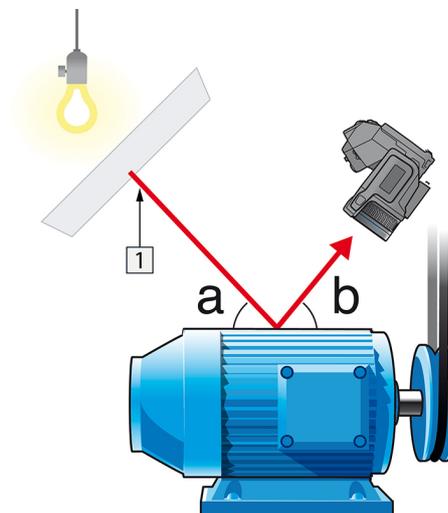


Figura 16.2 1 = Fonte di riflettività

3. Misurare l'intensità di radiazione (uguale alla temperatura apparente) della sorgente di riflettività adottando le seguenti impostazioni:

- Emissività: 1.0
- $D_{obj}$ : 0

È possibile misurare l'intensità di radiazione adottando uno dei due metodi seguenti:

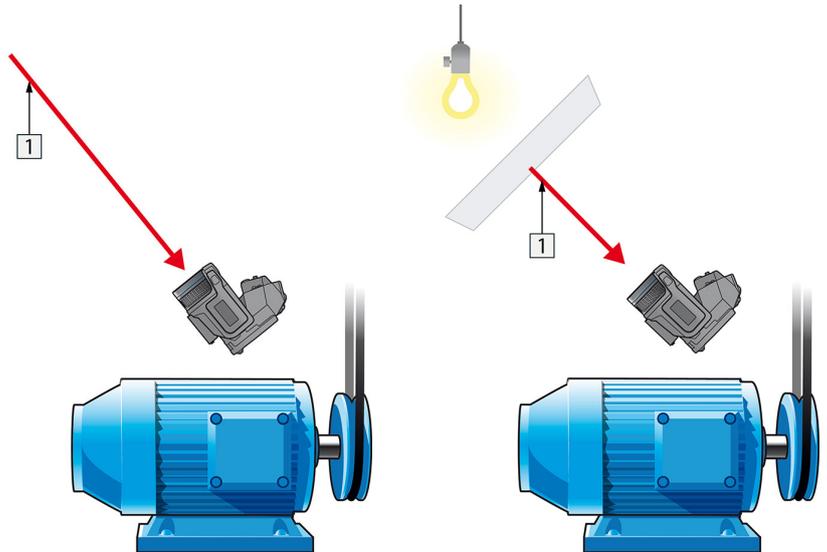


Figura 16.3 1 = Fonte di riflettività

Figura 16.4 1 = Fonte di riflettività

L'utilizzo di una termocoppia per la misurazione della temperatura apparente riflessa è sconsigliato per due motivi principali:

- una termocoppia non misura l'intensità di radiazione
- una termocoppia necessita di un eccellente contatto termico con la superficie, ottenuto solitamente incollando e ricoprendo il sensore con un isolatore termico.

#### 16.2.1.1.2 Metodo 2: metodo del riflettore

Attenersi alla procedura seguente:

1. Stropicciare un grosso pezzo di foglio d'alluminio.
2. Distenderlo ed attaccarlo ad un pezzo di cartone delle stesse dimensioni.
3. Posizionare il pezzo di cartone di fronte all'oggetto da sottoporre a misurazione. Verificare che il lato rivestito di foglio d'alluminio sia rivolto verso la termocamera.
4. Impostare l'emissività su 1,0.

5. Misurare la temperatura apparente del foglio d'alluminio e prendere nota del valore.

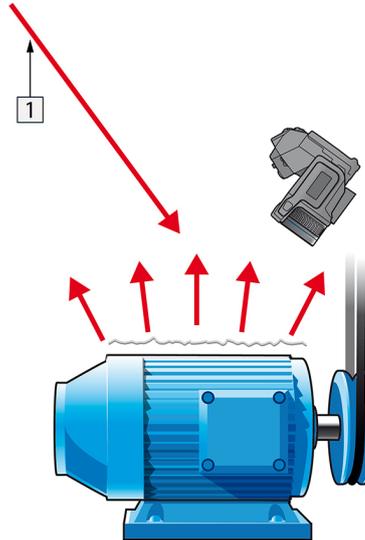


Figura 16.5 Misurazione della temperatura apparente del foglio d'alluminio.

#### 16.2.1.2 Passaggio 2: determinazione dell'emissività

Attenersi alla procedura seguente:

1. Selezionare un luogo per posizionare il campione.
2. Determinare ed impostare la temperatura apparente riflessa secondo la procedura indicata in precedenza.
3. Posizionare sul campione un pezzo di nastro elettrico con un'accertata emissività elevata.
4. Riscaldare il campione ad almeno 20 K oltre la temperatura ambiente. Il processo di riscaldamento deve essere abbastanza regolare.
5. Mettere a fuoco e regolare automaticamente la termocamera, quindi congelare l'immagine.
6. Regolare *Livello* e *Campo* per ottenere immagini con i migliori valori di contrasto e luminosità.
7. Impostare l'emissività come quella del nastro (solitamente 0,97).
8. Misurare la temperatura del nastro utilizzando una delle seguenti funzioni di misurazione:
  - *Isotherma* (consente di determinare sia la temperatura sia la regolarità di riscaldamento del campione)
  - *Puntatore* (più semplice)
  - *Riquadro Media* (adatto a superfici con emissività variabile).
9. Prendere nota della temperatura.
10. Spostare la funzione di misurazione sulla superficie del campione.
11. Modificare l'impostazione dell'emissività finché non si legge la stessa temperatura della misurazione precedente.
12. Prendere nota dell'emissività.

#### Nota

- Evitare la convezione forzata.
- Cercare un ambiente termicamente stabile che non generi riflettività puntiforme.
- Utilizzare un nastro di alta qualità, non trasparente e di emissività elevata accertata.
- Con questo metodo, si presuppone che la temperatura del nastro e della superficie del campione siano uguali. In caso contrario, la misurazione dell'emissività risulterebbe errata.

### 16.3 Temperatura apparente riflessa

Questo parametro viene utilizzato per bilanciare la radiazione riflessa nell'oggetto. Se l'emissività è bassa ed la temperatura dell'oggetto sensibilmente diversa da quella riflessa, risulta particolarmente importante impostare e bilanciare correttamente la temperatura apparente riflessa.

### 16.4 Distanza

Per distanza si intende la distanza esistente tra l'oggetto e l'obiettivo della termocamera. Questo parametro viene utilizzato per ovviare alle due condizioni seguenti:

- La radiazione del soggetto viene assorbita dall'atmosfera compresa fra l'oggetto e la termocamera.
- La termocamera rileva la radiazione dell'atmosfera stessa.

### 16.5 Umidità relativa

La termocamera consente anche di ovviare al fatto che la trasmittanza dipende in una certa misura dall'umidità relativa dell'atmosfera. Pertanto, è necessario impostare l'umidità relativa sul valore corretto. Per brevi distanze ed un'umidità normale, è in genere possibile utilizzare il valore predefinito dell'umidità relativa pari al 50%.

### 16.6 Altri parametri

Alcune termocamere e programmi di analisi di FLIR Systems consentono anche di effettuare compensazioni per i seguenti parametri:

- Temperatura atmosferica, *ossia* la temperatura atmosferica tra la termocamera e l'oggetto.
- Temperatura ottiche esterne, *ossia* la temperatura di obiettivi esterni o finestre utilizzati nella parte anteriore della termocamera.
- Trasmittanza ottiche esterne, *ossia* la trasmissione di obiettivi esterni o finestre utilizzati nella parte anteriore della termocamera

Fino a 200 anni fa circa, non si sospettava neanche l'esistenza della porzione ad infrarossi dello spettro elettromagnetico. Il significato originale dello spettro infrarosso o, come spesso viene chiamato, semplicemente "infrarosso", come forma di irradiazione di calore è forse meno ovvio oggi di quanto non lo fosse ai tempi in cui è stato scoperto da Herschel, nel 1800.



**Figura 17.1** Sir William Herschel (1738–1822)

La scoperta avvenne accidentalmente durante la ricerca di un nuovo materiale ottico. Sir William Herschel, astronomo reale del re Giorgio III d'Inghilterra e già famoso per aver scoperto il pianeta Urano, era alla ricerca di un filtro ottico in grado di ridurre la luminosità dell'immagine del sole nei telescopi durante le osservazioni. Mentre provava diversi campioni di vetro colorato che fornivano analoghe riduzioni di luminosità, fu attratto dalla constatazione che alcuni di questi campioni filtravano quantità ridotte del calore del sole, mentre altri ne filtravano così tanto che egli rischiò di ferirsi gli occhi dopo solo pochi secondi di osservazione.

Herschel si convinse presto della necessità di condurre un esperimento sistematico, con l'obiettivo di individuare un unico materiale in grado di ridurre la luminosità ai valori desiderati ed allo stesso tempo di ridurre al massimo il calore. All'inizio, i suoi esperimenti si basarono sull'esperimento del prisma condotto da Newton, ma furono rivolti più all'effetto termico che alla distribuzione visiva dell'intensità nello spettro. Herschel annerì con inchiostro il bulbo di un termometro sensibile contenente mercurio e lo utilizzò come rilevatore di radiazioni per studiare l'effetto termico dei vari colori dello spettro, definiti in base ad una tabella, mediante il passaggio di luce solare attraverso un prisma di vetro. Altri termometri, collocati al riparo dai raggi del sole, servivano da elementi di controllo.

Man mano che il termometro annerito veniva spostato lentamente lungo i colori dello spettro, i valori della temperatura mostravano un aumento costante passando dal violetto al rosso. Il risultato non era del tutto impreveduto, considerato che il ricercatore italiano Landriani aveva osservato lo stesso effetto in un esperimento analogo condotto nel 1777. Fu Herschel, tuttavia, il primo a riconoscere l'esistenza di un punto in cui l'effetto termico raggiunge un massimo e che le misurazioni limitate alla porzione visibile dello spettro non erano in grado di individuare questo punto.



**Figura 17.2** Marsilio Landriani (1746–1815)

Spostando il termometro nella regione scura, oltre l'estremità rossa dello spettro, Herschel ebbe la conferma che il calore continuava ad aumentare. Il punto massimo venne

individuato da Herschel ben oltre l'estremità rossa, in quelle che oggi chiamiamo le “lunghezze d'onda degli infrarossi”.

Quando Herschel compì la sua scoperta, denominò questa nuova porzione dello spettro elettromagnetico “spettro termometrico”,. Definì la radiazione stessa a volte come “calore nero”, a volte semplicemente come “raggi invisibili”. Paradossalmente, e contrariamente a quanto si pensa, non fu Herschel ad introdurre il termine “infrarosso”. La parola cominciò a comparire nei testi circa 75 anni più tardi e non è stato ancora chiarito a chi attribuirne la paternità.

L'uso del vetro nel prisma fatto da Herschel nel suo primo esperimento originale sollevò alcune dispute tra i suoi contemporanei sull'esistenza effettiva delle lunghezze d'onda degli infrarossi. Diversi ricercatori, nel tentativo di confermare i risultati del suo lavoro, utilizzarono indiscriminatamente vari tipi di vetro, ottenendo trasparenze diverse nell'infrarosso. Nei suoi esperimenti successivi, Herschel si rese conto della trasparenza limitata del vetro rispetto alla radiazione termica recentemente scoperta e fu costretto a concludere che l'ottica per l'infrarosso era probabilmente determinata esclusivamente dall'uso di elementi riflessivi, quali specchi piani o curvati. Fortunatamente, ciò si dimostrò vero solo fino al 1830, quando il ricercatore italiano Melloni fece una scoperta molto importante: il salgemma presente in natura (NaCl), contenuto nei cristalli naturali sufficientemente grandi per produrre lenti e prismi, è notevolmente trasparente all'infrarosso. Il risultato fu che il salgemma divenne il principale materiale ottico infrarosso nei successivi cento anni, fino a quando non si perfezionò la produzione di cristalli sintetici negli anni '30 del XX secolo.



**Figura 17.3** Macedonio Melloni (1798–1854)

I termometri utilizzati come rilevatori di radiazioni rimasero immutati fino al 1829, anno in cui Nobili inventò la termocoppia. (Il termometro di Herschel poteva segnare fino a  $0,2^{\circ}\text{C}$  di temperatura, i modelli successivi fino a  $0,05^{\circ}\text{C}$ ). Grazie a Melloni, che collegò una serie di termocoppie in sequenza per formare la prima termopila, si realizzò una svolta decisiva. Il nuovo dispositivo era almeno 40 volte più sensibile del miglior termometro disponibile allora per il rilevamento dell'irradiazione di calore, in grado di rilevare il calore di una persona a tre metri di distanza.

La prima cosiddetta “immagine del calore” fu possibile nel 1840, frutto del lavoro di Sir John Herschel, figlio dello scopritore dell'infrarosso e già famoso astronomo. In base all'evaporazione differenziale di una sottile pellicola di olio esposta ad un modello termico, l'immagine termica poteva essere visualizzata dalla luce riflessa, laddove l'interferenza della pellicola di olio rendeva l'immagine visibile all'occhio umano. Sir John riuscì inoltre ad ottenere un primitivo risultato di immagine termica su carta, che denominò “termografia”.



**Figura 17.4** Samuel P. Langley (1834–1906)

Il perfezionamento della sensibilità del rilevatore di raggi infrarossi proseguì lentamente. Un'altra scoperta importante, il cui autore fu Langley nel 1880, fu l'invenzione del bolometro. Questo strumento era costituito da una sottile striscia annerita di platino collegata ad un ramo di un circuito a ponte Wheatstone, esposta alle radiazioni dei raggi infrarossi e collegata ad un galvanometro sensibile. Allo strumento era stata attribuita la capacità di rilevare il calore di una mucca ad una distanza di 400 metri.

Lo scienziato inglese Sir James Dewar fu il primo ad introdurre l'uso di gas liquefatti come agenti di raffreddamento, come l'azoto liquido ad una temperatura di  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$  nella ricerca sulle basse temperature. Nel 1892 inventò un contenitore a chiusura ermetica in cui era possibile conservare gas liquefatti per giorni interi. Il comune "thermos", utilizzato per conservare bevande calde o fredde, si basa su questa invenzione.

Tra il 1900 e il 1920, venne "scoperto" l'infrarosso. Furono concessi molti brevetti per dispositivi in grado di rilevare individui, artiglieria, velivoli, navi e perfino iceberg. Il primo sistema operativo, nel senso moderno, venne sviluppato durante la prima guerra mondiale, quando entrambe le parti in conflitto conducevano programmi di ricerca dedicati allo sfruttamento militare dell'infrarosso. Questi programmi includevano sistemi sperimentali per il rilevamento di intrusioni nemiche, il rilevamento della temperatura di oggetti lontani, le comunicazioni sicure e la guida dei "missili guidati". Un sistema di ricerca ad infrarossi collaudato durante questo periodo era in grado di rilevare un velivolo in avvicinamento ad una distanza di 1,5 km o una persona a più di 300 metri.

In questo periodo, i sistemi più sensibili furono tutti basati su variazioni dell'idea di bolometro, ma fu nel periodo tra le due guerre che si assistette allo sviluppo di due nuovi rilevatori di raggi infrarossi rivoluzionari: il convertitore di immagini e il rilevatore di fotoni. All'inizio, il convertitore di immagini ricevette un'estrema attenzione da parte del settore militare, perché consentì per la prima volta nella storia, letteralmente, di "vedere nel buio". Tuttavia, la sensibilità del convertitore di immagini era limitata alle lunghezze d'onda degli infrarossi vicini e gli obiettivi militari più interessanti, i soldati nemici, dovevano essere illuminati da raggi di ricerca ad infrarossi. Considerato che ciò comportava il rischio di annullare il vantaggio dell'osservatore perché il nemico poteva essere analogamente equipaggiato, è comprensibile che l'interesse militare per il convertitore di immagini alla fine diminuì.

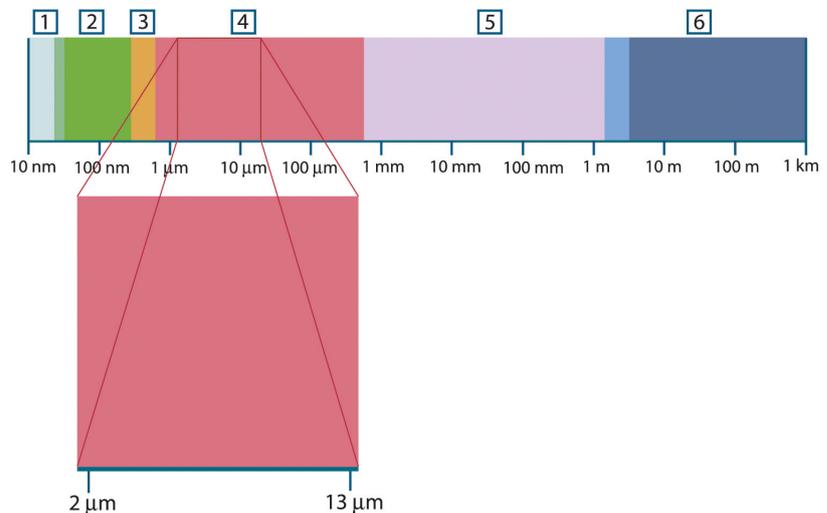
Gli svantaggi militari tattici dei cosiddetti sistemi di imaging termico "attivi", vale a dire attrezzati con raggi di ricerca, fornirono l'occasione dopo la seconda guerra mondiale per ulteriori ricerche sugli infrarossi coperte da segreto militare, mirati allo sviluppo di sistemi "passivi", privi di raggi di ricerca, basati sul rilevatore di fotoni particolarmente sensibile. Durante questo periodo, i regolamenti sul segreto militare impedirono la diffusione della tecnologia di imaging ad infrarossi. Solo alla metà degli anni '50 il segreto fu rimosso e i dispositivi di imaging termico cominciarono ad essere disponibili per la scienza e l'industria civili.

### 18.1 Introduzione

Gli argomenti riguardanti le radiazioni infrarosse e la relativa tecnica termografica sono spesso poco noti a molti utilizzatori di termocamere ad infrarossi. In questa sezione viene fornita una descrizione della teoria che sottende il concetto di termografia.

### 18.2 Lo spettro elettromagnetico

Lo spettro elettromagnetico è suddiviso arbitrariamente in un certo numero di regioni classificate in base alla lunghezza d'onda e denominate *bande*, distinte a seconda dei metodi utilizzati per emettere e rilevare le radiazioni. Non esiste alcuna differenza sostanziale tra le radiazioni presenti nelle diverse bande dello spettro elettromagnetico: tutte sono governate dalle stesse leggi e le sole differenze sono quelle determinate dalle diverse lunghezze d'onda.



**Figura 18.1** Lo spettro elettromagnetico. 1: raggi X; 2: ultravioletto; 3: luce visibile; 4: infrarosso; 5: microonde; 6: onde radio.

La termografia utilizza la banda spettrale dell'infrarosso. Il confine delle onde corte è situato al limite della percezione visiva, nella parte rossa dello spettro. Il confine delle onde lunghe si fonde con la lunghezza d'onda delle microonde radio, nell'intervallo delle onde millimetriche.

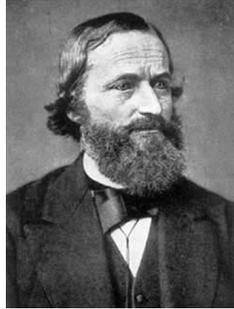
La banda dell'infrarosso è spesso ulteriormente suddivisa in quattro bande più piccole, i cui confini vengono anch'essi scelti in modo arbitrario. Le bande comprendono: *infrarosso vicino* (0,75–3 μm), *infrarosso medio* (3–6 μm), *infrarosso lontano* (6–15 μm) e *infrarosso estremo* (15–100 μm). Anche se le lunghezze d'onda sono espresse in μm (micrometri), per misurare la lunghezza d'onda in questa regione dello spettro è spesso possibile utilizzare anche altre unità di misura, *ad esempio* nanometri (nm) ed Ångström (Å).

Il rapporto tra le diverse unità di misura della lunghezza d'onda è:

$$10\,000\ \text{Å} = 1\,000\ \text{nm} = 1\ \mu = 1\ \mu\text{m}$$

### 18.3 Radiazione del corpo nero

Per corpo nero si intende un oggetto che assorbe tutte le radiazioni che lo colpiscono ad una lunghezza d'onda qualsiasi. L'utilizzo dell'apparente termine improprio *nero*, riferito ad un oggetto che emette radiazioni, è spiegato dalla legge di Kirchhoff (*Gustav Robert Kirchhoff*, 1824–1887) la quale afferma che un corpo in grado di assorbire tutte le radiazioni ad una lunghezza d'onda qualsiasi è ugualmente in grado di emettere radiazioni.



**Figura 18.2** Gustav Robert Kirchhoff (1824–1887)

La costruzione della sorgente di un corpo nero è, in linea di massima, molto semplice. Le caratteristiche delle radiazioni dell'apertura di una cavità isoterma costituita da un materiale opaco assorbente, rappresentano quasi esattamente le proprietà di un corpo nero. Un'applicazione pratica del principio per la costruzione di un perfetto assorbitore di radiazioni, è rappresentata da una scatola nascosta alla luce ad eccezione di un'apertura su uno dei lati. Qualsiasi tipo di radiazione entri successivamente all'interno del foro viene diffuso ed assorbito da ripetute riflessioni, in modo che solo una frazione infinitesimale possa sfuggire. L'oscurità ottenuta in corrispondenza dell'apertura è quasi simile ad un corpo nero e pressoché perfetta per tutte le lunghezze d'onda.

Se la cavità isoterma viene riscaldata adeguatamente, questa diventa ciò che si definisce un *radiatore a cavità*. Una cavità isoterma riscaldata ad una temperatura uniforme genera la radiazione di un corpo nero, le cui caratteristiche vengono stabilite unicamente in base alla temperatura della cavità. Tali radiatori di cavità vengono comunemente usati in laboratorio come sorgenti di radiazione negli standard di riferimento della temperatura per la calibrazione di strumenti termografici, quali ad esempio le termocamere FLIR Systems.

Se la temperatura della radiazione del corpo nero aumenta raggiungendo un valore superiore a 525 °C, la sorgente comincia a diventare visibile in modo da non apparire più nera all'occhio umano. Questo rappresenta la temperatura del radiatore che inizialmente è rossa e successivamente diventa arancione o gialla quando aumenta ulteriormente. Infatti, per *temperatura di colore* di un oggetto si intende la temperatura che un corpo nero dovrebbe raggiungere per avere lo stesso aspetto.

Si considerino ora tre espressioni che descrivono la radiazione emessa da un corpo nero.

### 18.3.1 La legge di Planck



**Figura 18.3** Max Planck (1858–1947)

*Max Planck* (1858–1947) fu in grado di descrivere la distribuzione spettrale della radiazione emessa da un corpo nero mediante la formula seguente:

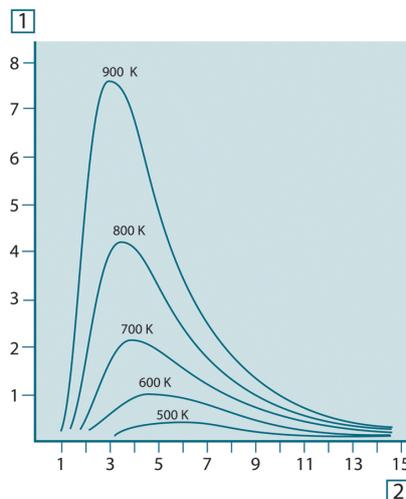
$$W_{\lambda b} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5 \left( e^{hc/\lambda kT} - 1 \right)} \times 10^{-6} [\text{Watt} / \text{m}^2, \mu\text{m}]$$

dove:

$W_{\lambda b}$	Emittanza energetica spettrale del corpo nero alla lunghezza d'onda $\lambda$ .
$c$	Velocità della luce = $3 \times 10^8$ m/s
$h$	Costante di Planck = $6,6 \times 10^{-34}$ Joule sec.
$k$	Costante di Boltzmann = $1,4 \times 10^{-23}$ Joule/K.
$T$	Temperatura assoluta (K) di un corpo nero.
$\lambda$	Lunghezza d'onda ( $\mu\text{m}$ ).

**Nota** Il fattore  $10^{-6}$  viene utilizzato poiché l'emittanza spettrale sulle curve è espressa in  $\text{Watt}/\text{m}^2, \mu\text{m}$ .

La formula di Planck, se rappresentata graficamente per le diverse temperature, genera una famiglia di curve. Seguendo una qualsiasi curva di Planck, l'emittanza spettrale è zero per  $\lambda = 0$ , successivamente aumenta rapidamente fino a raggiungere il massimo in corrispondenza della lunghezza d'onda  $\lambda_{\text{max}}$  e, dopo averla raggiunta, si avvicina nuovamente a zero per lunghezze d'onda elevate. Maggiore è la temperatura, minore è la lunghezza d'onda alla quale si raggiunge il massimo.



**Figura 18.4** Emittanza energetica spettrale di un corpo nero, secondo la legge di Planck, rappresentata graficamente per diverse temperature assolute. 1:Emittanza energetica spettrale ( $\text{W}/\text{cm}^2 \times 10^3(\mu\text{m})$ ); 2: Lunghezza d'onda ( $\mu\text{m}$ )

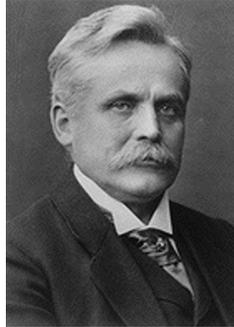
### 18.3.2 La legge di spostamento di Wien

Differenziandosi dalla formula di Planck relativamente a  $\lambda$ , e trovando il massimo, si ottiene:

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{2898}{T} [\mu\text{m}]$$

La formula di Wien (*Wilhelm Wien*, 1864-1928) descritta precedentemente rappresenta matematicamente l'osservazione comune in base alla quale i colori variano dal rosso all'arancione o al giallo con l'aumentare della temperatura di un radiatore termico. La lunghezza d'onda del colore è la stessa lunghezza calcolata per  $\lambda_{\text{max}}$ . Una buona approssimazione del valore di  $\lambda_{\text{max}}$  per una data temperatura del corpo nero si ottiene applicando la regola empirica  $3\,000/T \mu\text{m}$ . Per questo, una stella molto calda come Sirio

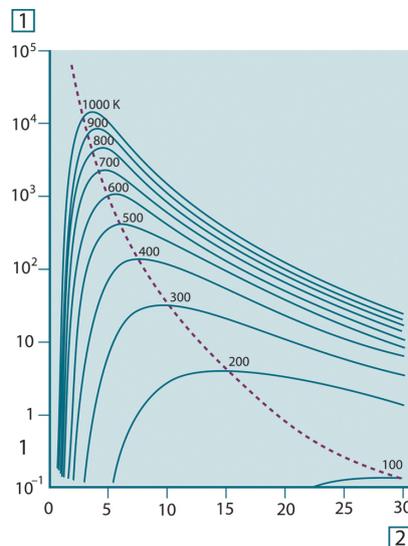
(11.000 K), che emette una luce bianca tendente al blu, irradia con il picco di emittanza energetica spettrale che si sviluppa all'interno dello spettro invisibile dell'ultravioletto, alla lunghezza d'onda di 0,27  $\mu\text{m}$ .



**Figura 18.5** Wilhelm Wien (1864–1928)

Il sole (circa 6.000°K) emette luce gialla, raggiungendo il picco a circa 0,5  $\mu\text{m}$  nella parte centrale dello spettro di luce visibile.

A temperatura ambiente (300 °K), il picco di emittanza spettrale si trova a 9,7  $\mu\text{m}$ , negli infrarossi lontani, mentre alla temperatura dell'azoto liquido (77 °K) il massimo della quantità di emittanza spettrale, peraltro pressoché insignificante, si raggiunge a 38  $\mu\text{m}$ , nelle lunghezze d'onda degli infrarossi estremi.



**Figura 18.6** Curve di Planck rappresentate graficamente su scale semilogaritmiche da 100 °K a 1000 °K. La linea tratteggiata rappresenta il punto di massima emittanza spettrale per ogni valore di temperatura, come descritto dalla legge di Wien. 1: Emittanza energetica spettrale ( $\text{W}/\text{cm}^2 (\mu\text{m})$ ); 2: Lunghezza d'onda ( $\mu\text{m}$ ).

### 18.3.3 Legge di Stefan-Boltzmann

Integrando la formula di Planck da  $\lambda = 0$  a  $\lambda = \infty$ , è possibile ottenere l'emittanza radiante totale ( $W_b$ ) di un corpo nero:

$$W_b = \sigma T^4 \text{ [Watt}/\text{m}^2]$$

La formula di Stefan-Boltzmann (*Josef Stefan*, 1835–1893 e *Ludwig Boltzmann*, 1844–1906), descritta precedentemente afferma che la quantità totale di energia emessa da un corpo nero è proporzionale alla temperatura assoluta elevata alla quarta potenza. Graficamente,  $W_b$  rappresenta l'area al di sotto della curva di Planck relativa a una data

temperatura. È possibile dimostrare che l'emittanza radiante compresa nell'intervallo da  $\lambda = 0$  to  $\lambda_{\max}$  è solo il 25% del totale, il che rappresenta quasi la quantità della radiazione solare presente nello spettro di luce visibile.



**Figura 18.7** Josef Stefan (1835–1893) e Ludwig Boltzmann (1844–1906)

Se si utilizza la formula di Stefan-Boltzmann per calcolare l'energia irradiata dal corpo umano, a una temperatura di 300 K ed una superficie esterna di circa 2 m<sup>2</sup>, è possibile ottenere 1 kW. Questa perdita di energia non potrebbe essere sostenuta se non esistesse l'assorbimento di compensazione della radiazione dalle superfici circostanti, a temperature ambiente che non variano troppo drasticamente rispetto alla temperatura corporea, oppure, naturalmente, dall'aggiunta di indumenti.

#### 18.3.4 Emettitori diversi dai corpi neri

Finora sono stati descritti solo i radiatori di corpo nero e la radiazione emessa da un corpo nero. Tuttavia, su una regione di lunghezza d'onda estesa, gli oggetti reali non rispettano quasi mai le leggi sopra illustrate – anche se tali oggetti, in taluni intervalli spettrali, potrebbero comportarsi come un corpo nero. Ad esempio, un dato tipo di vernice bianca può apparire perfettamente *bianca* nello spettro di luce visibile, ma diventa distintamente *grigia* a circa 2  $\mu\text{m}$ , mentre oltre i 3  $\mu\text{m}$  è pressoché *nera*.

Tre sono i processi che possono verificarsi e che impediscono a un oggetto reale di comportarsi come un corpo nero: una frazione della radiazione incidente  $\alpha$  può essere assorbita, una frazione  $\rho$  può essere riflessa, mentre un'altra  $\tau$  può essere trasmessa. Poiché tali fattori dipendono più o meno dalla lunghezza d'onda, l'indice  $\lambda$  viene utilizzato per stabilire la dipendenza spettrale delle loro definizioni. Pertanto:

- Assorbimento spettrale  $\alpha_\lambda$ = rapporto tra il flusso radiante spettrale assorbito da un oggetto e quello incidente;
- Riflessione spettrale  $\rho_\lambda$ = il rapporto tra il flusso radiante spettrale riflesso da un oggetto e quello incidente;
- Trasmissione spettrale  $\tau_\lambda$ = il rapporto tra il flusso radiante spettrale trasmesso da un oggetto e quello incidente;

La somma di questi tre fattori va sempre aggiunta al totale a qualsiasi lunghezza d'onda, in modo da ottenere la seguente relazione:

$$\alpha_\lambda + \rho_\lambda + \tau_\lambda = 1$$

Per i materiali opachi  $\tau_\lambda = 0$  quindi la relazione si semplifica in:

$$\alpha_\lambda + \rho_\lambda = 1$$

Un altro fattore, denominato emissività, è necessario per descrivere la frazione  $\epsilon$  dell'emittanza radiante di un corpo nero prodotta da un oggetto a una data temperatura. Si ottiene quindi la definizione seguente:

L'emissività spettrale  $\epsilon_\lambda$ = il rapporto tra il flusso energetico spettrale emesso da un oggetto e quello emesso da un corpo nero alla stessa temperatura e lunghezza d'onda.

Il rapporto tra l'emittanza spettrale di un oggetto e quella di un corpo nero può essere descritto mediante la seguente formula matematica:

$$\varepsilon_\lambda = \frac{W_{\lambda a}}{W_{\lambda b}}$$

In generale, esistono tre tipi di sorgenti di radiazione, distinti in base alle modalità in cui l'emittanza spettrale di ciascuno varia con il variare della lunghezza d'onda.

- Un corpo nero, per cui  $\varepsilon_\lambda = \varepsilon = 1$
- Un corpo grigio, per cui  $\varepsilon_\lambda = \varepsilon =$  costante inferiore a 1
- Un radiatore selettivo per cui  $\varepsilon$  varia in base alla lunghezza d'onda

In base alla legge di Kirchhoff, per qualsiasi materiale, l'emissività e l'assorbimento spettrali di un corpo sono uguali per qualsiasi temperatura e lunghezza d'onda specificate. In formula:

$$\varepsilon_\lambda = \alpha_\lambda$$

Da questo si ottiene, per un materiale opaco (poiché  $\alpha_\lambda + \rho_\lambda = 1$ ):

$$\varepsilon_\lambda + \rho_\lambda = 1$$

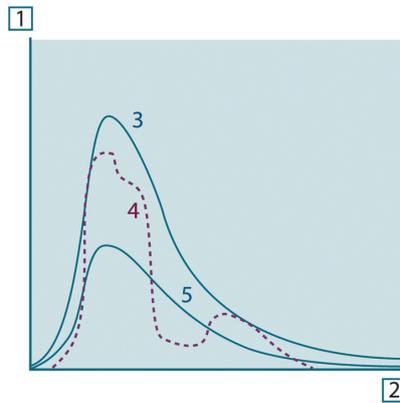
Per i materiali particolarmente lucidi  $\varepsilon_\lambda$  tende a zero in modo che, per un materiale perfettamente riflettente (*ad esempio* uno specchio) si avrà:

$$\rho_\lambda = 1$$

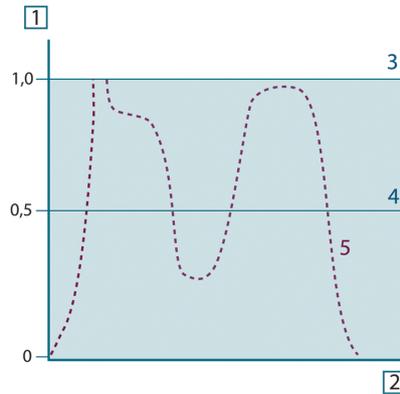
Per il radiatore di un corpo grigio, la formula di Stefan-Boltzmann diventa:

$$W = \varepsilon \sigma T^4 \text{ [Watt/m}^2\text{]}$$

La formula dimostra che il potere emissivo totale di un corpo grigio è identico a quello di un corpo nero alla stessa temperatura ridotta in proporzione al valore di  $\varepsilon$  del corpo grigio.



**Figura 18.8** Emittanza energetica spettrale di tre tipi di radiatori. 1: emittanza energetica spettrale; 2: lunghezza d'onda; 3: corpo nero; 4: radiatore selettivo; 5: corpo grigio.



**Figura 18.9** Emissività spettrale di tre tipi di radiatori. 1: emissività spettrale; 2: lunghezza d'onda; 3: corpo nero; 4: corpo grigio; 5: radiatore selettivo.

#### 18.4 Materiali semitrasparenti agli infrarossi

Si consideri ora un corpo non metallico semitrasparente, ad esempio una spessa lastra di materiale plastico. Quando la lastra viene riscaldata, la radiazione generata al suo interno si propaga attraverso il materiale fino a raggiungere le superfici in cui la radiazione viene parzialmente assorbita. Inoltre, quando la radiazione raggiunge la superficie, una parte di essa viene nuovamente riflessa verso l'interno e parzialmente assorbita, ma una parte di questa radiazione raggiunge l'altra superficie attraverso cui fuoriesce in gran parte, mentre un'altra sua parte viene nuovamente riflessa. Anche se le riflessioni progressive diventano sempre più deboli, è necessario sommarle quando si calcola l'emissività totale della lastra. Quando viene eseguita la somma della serie geometrica ottenuta, l'emissività effettiva di una lastra semitrasparente è data da:

$$\varepsilon_{\lambda} = \frac{(1 - \rho_{\lambda})(1 - \tau_{\lambda})}{1 - \rho_{\lambda}\tau_{\lambda}}$$

Quando la lastra diventa opaca questa formula viene così semplificata:

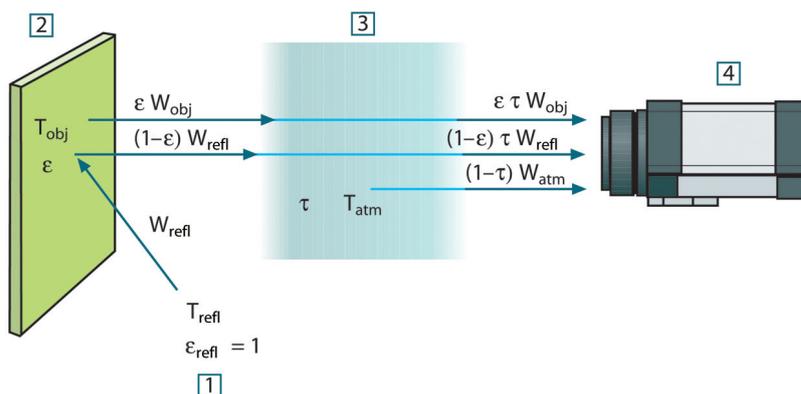
$$\varepsilon_{\lambda} = 1 - \rho_{\lambda}$$

Quest'ultima relazione risulta particolarmente utile, poiché spesso è più semplice misurare direttamente la riflettanza piuttosto che l'emissività.

Come illustrato in precedenza, quando è in azione, la termocamera riceve radiazioni anche da sorgenti diverse dall'oggetto sotto osservazione. Le radiazioni provengono inoltre dall'area circostante l'oggetto, riflessa tramite la superficie dell'oggetto stesso. Queste radiazioni vengono attenuate, in qualche misura, dall'atmosfera nel percorso di misurazione. A queste deve aggiungersi un terzo tipo proveniente dall'atmosfera stessa.

La descrizione della situazione di misurazione, come illustrata nella figura seguente, è sufficientemente fedele alle condizioni reali. È possibile che siano stati trascurati alcuni elementi, come la dispersione di luce solare nell'atmosfera o le radiazioni vaganti provenienti da sorgenti di radiazione intensa, esterne al campo visivo. Tali interferenze sono difficili da quantificare e comunque, nella maggior parte dei casi, sono talmente piccole da poter essere trascurate. Qualora non fossero così trascurabili, la configurazione della misurazione sarebbe probabilmente tale da causare rischi di interferenze, quanto meno all'occhio di un operatore esperto. È quindi responsabilità dell'operatore modificare la situazione di misurazione per evitare interferenze, modificando ad esempio la direzione di visualizzazione, schermando le sorgenti di radiazione intensa e così via.

In base a quanto chiarito, è possibile utilizzare la figura sotto riportata per ottenere una formula per il calcolo della temperatura di un oggetto in base al segnale di uscita della termocamera calibrata.



**Figura 19.1** Una rappresentazione schematica della situazione di misurazione termografica generale. 1: area circostante; 2: oggetto; 3: atmosfera; 4: termocamera

Si supponga che l'energia irradiata ricevuta  $W$  dalla sorgente di un corpo nero di temperatura  $T_{source}$  su distanze corte generi un segnale di uscita della termocamera  $U_{source}$ , proporzionale all'energia in entrata (termocamera ad energia lineare). È quindi possibile scrivere (Equazione 1):

$$U_{source} = CW(T_{source})$$

o con notazione semplificata:

$$U_{source} = CW_{source}$$

dove  $C$  è una costante.

Se la sorgente è un corpo grigio con emittanza  $\epsilon$ , la radiazione ricevuta sarà di conseguenza  $\epsilon W_{source}$ .

È ora possibile scrivere i tre termini dell'energia irradiata ricevuta:

1. *Emissione dall'oggetto* =  $\epsilon \tau W_{obj}$ , dove  $\epsilon$  è l'emittanza dell'oggetto e  $\tau$  è la trasmittanza dell'atmosfera. La temperatura dell'oggetto è  $T_{obj}$ .

2. *Emissione riflessa dalle sorgenti ambiente* =  $(1 - \varepsilon)\tau W_{refl}$ , dove  $(1 - \varepsilon)$  è la riflettanza dell'oggetto. Le sorgenti ambiente hanno la temperatura  $T_{refl}$ .

Questo esempio suppone che la temperatura  $T_{refl}$  sia la stessa per tutte le superficie emittenti interne alla semisfera, viste da un punto sulla superficie dell'oggetto. Si tratta ovviamente di una semplificazione della situazione reale. Tuttavia, la semplificazione è necessaria per ottenere una formula operativa e  $T_{refl}$ , almeno teoricamente, è possibile assegnarle un valore che rappresenti una temperatura valida per un'area complessa.

Si noti inoltre che, per ipotesi, l'emittanza dell'area circostante l'oggetto è = 1, rispettando in tal modo la legge di Kirchhoff, secondo la quale tutte le radiazioni che urtano le superfici dell'area circostante un oggetto verranno alla fine assorbite dalle superfici stesse. Quindi, l'emittanza è = 1. (Si noti tuttavia che l'ultimo punto suppone che si prenda in considerazione tutta la sfera intorno all'oggetto).

3. *Emissione dall'atmosfera* =  $(1 - \tau)\tau W_{atm}$ , dove  $(1 - \tau)$  è l'emittanza dell'atmosfera. La temperatura dell'atmosfera è  $T_{atm}$ .

È ora possibile scrivere l'energia irradiata totale ricevuta (Equazione 2):

$$W_{tot} = \varepsilon\tau W_{obj} + (1 - \varepsilon)\tau W_{refl} + (1 - \tau)W_{atm}$$

Moltiplicare ciascun termine per la costante C dell'Equazione 1 e sostituire i prodotti CW con il valore U corrispondente, in base alla medesima equazione, quindi ricavare (Equazione 3):

$$U_{tot} = \varepsilon\tau U_{obj} + (1 - \varepsilon)\tau U_{refl} + (1 - \tau)U_{atm}$$

Risolvere l'Equazione 3 per  $U_{obj}$  (Equazione 4):

$$U_{obj} = \frac{1}{\varepsilon\tau} U_{tot} - \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon} U_{refl} - \frac{1 - \tau}{\varepsilon\tau} U_{atm}$$

Questa è la formula di misurazione generale utilizzata da tutte le apparecchiature termografiche FLIR Systems. I valori di tensione della formula sono:

**Tabella 19.1** Tensioni

$U_{obj}$	Tensione di uscita calcolata della termocamera per un corpo nero di temperatura $T_{obj}$ , vale a dire una tensione direttamente convertibile nella temperatura reale dell'oggetto desiderato.
$U_{tot}$	Tensione di uscita misurata della termocamera per il caso specifico.
$U_{refl}$	Tensione di uscita teorica della termocamera per un corpo nero di temperatura $T_{refl}$ in base alla calibrazione.
$U_{atm}$	Tensione di uscita teorica della termocamera per un corpo nero di temperatura $T_{atm}$ in base alla calibrazione.

L'operatore deve fornire i valori di una serie di parametri per il calcolo:

- l'emittanza dell'oggetto  $\varepsilon$
- l'umidità relativa
- $T_{atm}$
- la distanza dell'oggetto ( $D_{obj}$ )
- la temperatura (effettiva) dell'area circostante l'oggetto o la temperatura ambientale riflessa  $T_{refl}$
- la temperatura dell'atmosfera  $T_{atm}$

A volte, tale compito può risultare oneroso per l'operatore, poiché in genere non è facile ricavare i valori precisi dell'emittanza e della trasmittanza atmosferica per il caso specifico. In genere, le due temperature non costituiscono un problema, ammesso che l'area circostante l'oggetto non contenga sorgenti di radiazione intensa e di grandi dimensioni.

A questo punto, è naturale domandarsi quanto sia importante conoscere i valori corretti di tali parametri. Potrebbe quindi essere interessante avere subito un'idea del problema,

osservando diversi casi di misurazione e confrontando le grandezze relative dei tre termini di radiazione. Ciò fornirà indicazioni utili per determinare quando è importante utilizzare i valori corretti di questi parametri.

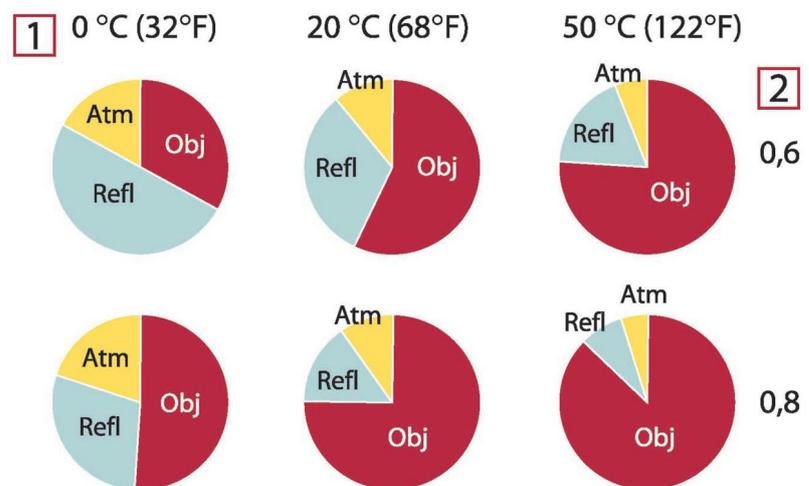
Le figure seguenti illustrano le grandezze relative dei tre tipi di radiazione per le temperature di tre diversi oggetti, due emittanze e due intervalli spettrali: SW e LW. Gli altri parametri hanno i seguenti valori fissi:

- $\tau$ : 0,88
- $T_{\text{refl}} = +20\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $T_{\text{atm}} = +20\text{ }^{\circ}\text{C}$

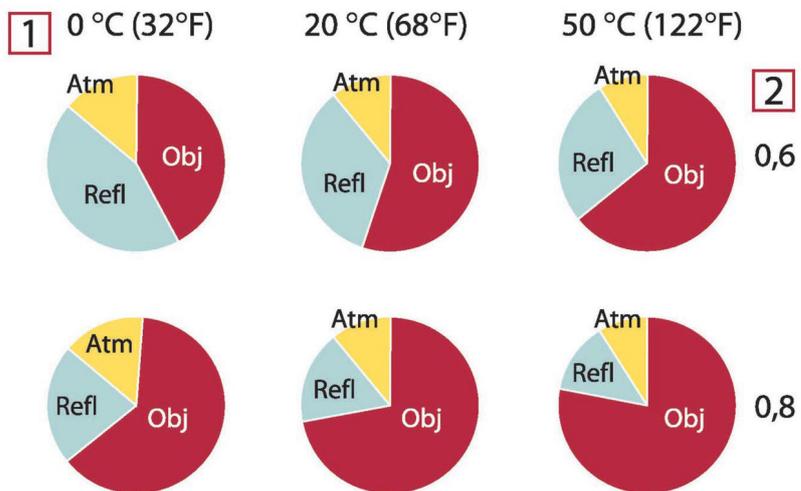
Ovviamente, la misurazione di temperature basse è più delicata della misurazione di quelle alte, in quanto le sorgenti di radiazione di disturbo sono relativamente più forti nel primo caso. Se anche il valore dell'emittanza dell'oggetto fosse basso, la situazione sarebbe ancora più difficile.

Infine, è necessario chiarire l'importanza dell'uso della curva di taratura sul punto di taratura più alto, chiamato anche estrapolazione. Si supponga che in una determinata circostanza  $U_{\text{tot}}$  sia = 4,5 volt. Il punto di taratura più elevato per la termocamera era nell'ordine di 4,1 volt, un valore sconosciuto all'operatore. Quindi, anche se l'oggetto era un corpo nero, come  $U_{\text{obj}} = U_{\text{tot}}$ , in realtà si esegue un'estrapolazione della curva di taratura, convertendo i 4,5 volt nella temperatura.

Si supponga ora che l'oggetto non sia nero, abbia un'emittanza pari a 0,75 ed una trasmittanza di 0,92. Si supponga inoltre che la somma dei due secondi termini dell'Equazione 4 dia 0,5 volt. Calcolando  $U_{\text{obj}}$  tramite l'Equazione 4 si ottiene come risultato  $U_{\text{obj}} = 4,5 / 0,75 / 0,92 - 0,5 = 6,0$ . Questa è un'estrapolazione piuttosto estrema, in particolare se si considera che l'amplificatore video può limitare il segnale di uscita a 5 volt! Si noti tuttavia che l'applicazione della curva di taratura è una procedura teorica che non prevede alcun limite elettronico o di altra natura. Se non fossero stati imposti limiti di segnale nella termocamera e se questa fosse stata calibrata su un valore superiore a 5 volt, la curva risultante sarebbe stata molto simile alla curva effettiva estrapolata oltre i 4,1 volt, a condizione che l'algoritmo di calibrazione fosse basato sulla fisica delle radiazioni, come l'algoritmo FLIR Systems. Naturalmente, deve esistere un limite per questo tipo di estrapolazioni.



**Figura 19.2** Grandezze relative delle sorgenti di radiazione in varie condizioni di misurazione (termocamera SW). 1: Temperatura dell'oggetto; 2: Emittanza Obj; Radiazione dell'oggetto; Refl: Radiazione riflessa; Atm: radiazione dell'atmosfera. Parametri fissi:  $\tau = 0,88$ ;  $T_{\text{refl}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (+68°F);  $T_{\text{atm}} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (+68°F).



**Figura 19.3** Grandezze relative delle sorgenti di radiazione in varie condizioni di misurazione (termocamera SW). 1: Temperatura dell'oggetto; 2: Emissanza; Obj: Radiazione dell'oggetto; Refl: Radiazione riflessa; Atm: radiazione dell'atmosfera. Parametri fissi:  $\tau = 0.88$ ;  $T_{\text{refl}} = 20^{\circ}\text{C}$  (+68°F);  $T_{\text{atm}} = 20^{\circ}\text{C}$  (+68°F).

In questa sezione sono raccolti dati di emissività provenienti da studi sui raggi infrarossi e dalle misurazioni eseguite da FLIR Systems.

### 20.1 Bibliografia

1. Mikael A. Bramson: *Infrared Radiation, A Handbook for Applications*, Plenum press, N.Y.
2. William L. Wolfe, George J. Zissis: *The Infrared Handbook*, Office of Naval Research, Department of Navy, Washington, D.C.
3. Madding, R. P.: *Thermographic Instruments and systems*. Madison, Wisconsin: University of Wisconsin – Extension, Department of Engineering and Applied Science.
4. William L. Wolfe: *Handbook of Military Infrared Technology*, Office of Naval Research, Department of Navy, Washington, D.C.
5. Jones, Smith, Probert: *External thermography of buildings...*, Proc. of the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, vol.110, Industrial and Civil Applications of Infrared Technology, June 1977 London.
6. Paljak, Pettersson: *Thermography of Buildings*, Swedish Building Research Institute, Stockholm 1972.
7. Vlcek, J: *Determination of emissivity with imaging radiometers and some emissivities at  $\lambda = 5 \mu\text{m}$* . Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.
8. Kern: *Evaluation of infrared emission of clouds and ground as measured by weather satellites*, Defence Documentation Center, AD 617 417.
9. Öhman, Claes: *Emittansmätningar med AGEMA E-Box*. Teknisk rapport, AGEMA 1999. (Emittance measurements using AGEMA E-Box. Technical report, AGEMA 1999.)
10. Mattei, S., Tang-Kwor, E: *Emissivity measurements for Nextel Velvet coating 811-21 between  $-36^{\circ}\text{C}$  AND  $82^{\circ}\text{C}$* .
11. Lohrengel & Todtenhaupt (1996)
12. ITC Technical publication 32.
13. ITC Technical publication 29.
14. Schuster, Norbert and Kolobrodov, Valentin G. *Infrarotthermographie*. Berlin: Wiley-VCH, 2000.

**Nota** I valori di emissività riportati nella tabella seguente sono stati registrati utilizzando una termocamera a onde corte. Devono pertanto essere considerati come valori raccomandati ed utilizzati con cautela.

### 20.2 Tabelle

**Tabella 20.1** T: spettro totale; SW: 2–5  $\mu\text{m}$ ; LW: 8–14  $\mu\text{m}$ , LLW: 6.5–20  $\mu\text{m}$ ; 1: materiale; 2: specifica; 3: temperatura in  $^{\circ}\text{C}$ ; 4: spettro; 5: emissività; 6: riferimento

1	2	3	4	5	6
Acciaio inossidabile	foglio, lucidato	70	SW	0,18	9
Acciaio inossidabile	foglio, lucidato	70	LW	0,14	9
Acciaio inossidabile	foglio, non trattato, parzialmente graffiato	70	SW	0,30	9
Acciaio inossidabile	foglio, non trattato, parzialmente graffiato	70	LW	0,28	9
Acciaio inossidabile	laminato	700	T	0,45	1
Acciaio inossidabile	lega, 8% Ni, 18% Cr	500	T	0,35	1
Acciaio inossidabile	sabbiato	700	T	0,70	1
Acciaio inossidabile	tipo 18-8, lucidato	20	T	0,16	2

Tabella 20.1 T: spettro totale; SW: 2–5  $\mu\text{m}$ ; LW: 8–14  $\mu\text{m}$ , LLW: 6.5–20  $\mu\text{m}$ ; 1: materiale; 2: specifica; 3: temperatura in  $^{\circ}\text{C}$ ; 4: spettro; 5: emissività; 6: riferimento (segue)

1	2	3	4	5	6
Acciaio inossidabile	tipo 18-8, ossidato a 800 $^{\circ}\text{C}$	60	T	0,85	2
Acqua	crystalli di ghiaccio	-10	T	0,98	2
Acqua	distillata	20	T	0,96	2
Acqua	ghiaccio, con spesso strato di brina	0	T	0,98	1
Acqua	ghiaccio, liscio	-10	T	0,96	2
Acqua	ghiaccio, liscio	0	T	0,97	1
Acqua	neve		T	0,8	1
Acqua	neve	-10	T	0,85	2
Acqua	strato, spessore >0,1mm	0-100	T	0,95-0,98	1
Alluminio	anodizzato, grigio chiaro, opaco	70	SW	0,61	9
Alluminio	anodizzato, grigio chiaro, opaco	70	LW	0,97	9
Alluminio	anodizzato, nero, opaco	70	SW	0,67	9
Alluminio	anodizzato, nero, opaco	70	LW	0,95	9
Alluminio	bagnato in $\text{HNO}_3$ , lastra	100	T	0,05	4
Alluminio	come ricevuto, foglio	100	T	0,09	2
Alluminio	come ricevuto, lastra	100	T	0,09	4
Alluminio	deposto sotto vuoto	20	T	0,04	2
Alluminio	foglio anodizzato	100	T	0,55	2
Alluminio	foglio, 4 campioni con graffiature differenti	70	SW	0,05-0,08	9
Alluminio	foglio, 4 campioni con graffiature differenti	70	LW	0,03-0,06	9
Alluminio	fortemente alterato da agenti atmosferici	17	SW	0,83-0,94	5
Alluminio	fortemente ossidato	50-500	T	0,2-0,3	1
Alluminio	fuso, sabbiato	70	SW	0,47	9
Alluminio	fuso, sabbiato	70	LW	0,46	9
Alluminio	irruvidito	27	10 $\mu\text{m}$	0,18	3
Alluminio	irruvidito	27	3 $\mu\text{m}$	0,28	3
Alluminio	lastra lucidata	100	T	0,05	4
Alluminio	lucidato	50-100	T	0,04-0,06	1
Alluminio	lucidato, foglio	100	T	0,05	2
Alluminio	pellicola	27	10 $\mu\text{m}$	0,04	3

Tabella 20.1 T: spettro totale; SW: 2-5 µm; LW: 8-14 µm, LLW: 6.5-20 µm; 1: materiale; 2: specifica; 3: temperatura in °C; 4: spettro; 5: emissività; 6: riferimento (segue)

1	2	3	4	5	6
Alluminio	pellicola	27	3 µm	0,09	3
Alluminio	superficie ruvida	20-50	T	0,06-0,07	1
Amianto	carta	40-400	T	0,93-0,95	1
Amianto	cartone	20	T	0,96	1
Amianto	lastra	20	T	0,96	1
Amianto	piastrella	35	SW	0,94	7
Amianto	polvere		T	0,40-0,60	1
Amianto	tessuto		T	0,78	1
Arenaria	lucidato	19	LLW	0,909	8
Arenaria	ruvido	19	LLW	0,935	8
Argento	lucidato	100	T	0,03	2
Argento	puro, lucidato	200-600	T	0,02-0,03	1
Argilla	refrattaria	70	T	0,91	1
Biossido di rame	polvere		T	0,84	1
Bronzo	bronzo al fosforo	70	SW	0,08	9
Bronzo	bronzo al fosforo	70	LW	0,06	9
Bronzo	lucidato	50	T	0,1	1
Bronzo	polvere		T	0,76-0,80	1
Bronzo	poroso, ruvido	50-150	T	0,55	1
Calce			T	0,3-0,4	1
Carbonio	fuliggine	20	T	0,95	2
Carbonio	grafite, superficie limata	20	T	0,98	2
Carbonio	nerofumo	20-400	T	0,95-0,97	1
Carbonio	polvere di carbone		T	0,96	1
Carbonio	polvere di grafite		T	0,97	1
Carta	4 colori diversi	70	SW	0,68-0,74	9
Carta	4 colori diversi	70	LW	0,92-0,94	9
Carta	adesiva bianca	20	T	0,93	2
Carta	bianca	20	T	0,7-0,9	1
Carta	bianca, 3brillan- tezze diverse	70	SW	0,76-0,78	9
Carta	bianca, 3brillan- tezze diverse	70	LW	0,88-0,90	9
Carta	blu scura		T	0,84	1
Carta	gialla		T	0,72	1
Carta	nera, opaca		T	0,94	1
Carta	nera, opaca	70	SW	0,86	9
Carta	nera, opaca	70	LW	0,89	9
Carta	nero		T	0,90	1
Carta	patinata con lacca nera		T	0,93	1
Carta	rossa		T	0,76	1
Carta	verde		T	0,85	1

Tabella 20.1 T: spettro totale; SW: 2–5  $\mu\text{m}$ ; LW: 8–14  $\mu\text{m}$ , LLW: 6.5–20  $\mu\text{m}$ ; 1: materiale; 2: specifica; 3: temperatura in °C; 4: spettro; 5: emissività; 6: riferimento (segue)

1	2	3	4	5	6
Carta da parati	motivo leggero, grigio chiaro	20	SW	0,85	6
Carta da parati	motivo leggero, rosso	20	SW	0,90	6
Catrame			T	0,79-0,84	1
Catrame	carta	20	T	0,91-0,93	1
Cemento		20	T	0,92	2
Cemento	asciutto	36	SW	0,95	7
Cemento	marciapiede	5	LLW	0,974	8
Cemento	ruvido	17	SW	0,97	5
Cromo	lucidato	50	T	0,10	1
Cromo	lucidato	500-1000	T	0,28-0,38	1
Cuoio	tinto		T	0,75-0,80	1
Cupralluminio		20	T	0,60	1
Ebanite			T	0,89	1
Ferro ed acciaio	arrugginito, rosso	20	T	0,69	1
Ferro ed acciaio	battuto, lucidato accuratamente	40-250	T	0,28	1
Ferro ed acciaio	brillante, inciso	150	T	0,16	1
Ferro ed acciaio	coperto da ruggine rossa	20	T	0,61-0,85	1
Ferro ed acciaio	elettrolitico	100	T	0,05	4
Ferro ed acciaio	elettrolitico	22	T	0,05	4
Ferro ed acciaio	elettrolitico	260	T	0,07	4
Ferro ed acciaio	elettrolitico, accuratamente lucidato	175-225	T	0,05-0,06	1
Ferro ed acciaio	foglio fortemente arrugginito	20	T	0,69	2
Ferro ed acciaio	foglio laminato	50	T	0,56	1
Ferro ed acciaio	foglio lucidato	750-1050	T	0,52-0,56	1
Ferro ed acciaio	foglio smerigliato	950-1100	T	0,55-0,61	1
Ferro ed acciaio	fortemente arrugginito	17	SW	0,96	5
Ferro ed acciaio	fortemente ossidato	50	T	0,88	1
Ferro ed acciaio	fortemente ossidato	500	T	0,98	1
Ferro ed acciaio	laminato a caldo	130	T	0,60	1
Ferro ed acciaio	laminato a caldo	20	T	0,77	1
Ferro ed acciaio	laminato a freddo	70	SW	0,20	9
Ferro ed acciaio	laminato a freddo	70	LW	0,09	9
Ferro ed acciaio	laminato di recente	20	T	0,24	1
Ferro ed acciaio	lucidato	100	T	0,07	2
Ferro ed acciaio	lucidato	400-1000	T	0,14-0,38	1
Ferro ed acciaio	ossidato	100	T	0,74	4

Tabella 20.1 T: spettro totale; SW: 2-5 µm; LW: 8-14 µm, LLW: 6.5-20 µm; 1: materiale; 2: specifica; 3: temperatura in °C; 4: spettro; 5: emissività; 6: riferimento (segue)

1	2	3	4	5	6
Ferro ed acciaio	ossidato	100	T	0,74	1
Ferro ed acciaio	ossidato	1227	T	0,89	4
Ferro ed acciaio	ossidato	125-525	T	0,78-0,82	1
Ferro ed acciaio	ossidato	200	T	0,79	2
Ferro ed acciaio	ossidato	200-600	T	0,80	1
Ferro ed acciaio	ruggine rossa, foglio	22	T	0,69	4
Ferro ed acciaio	ruvido, superficie piana	50	T	0,95-0,98	1
Ferro ed acciaio	smerigliato di recente	20	T	0,24	1
Ferro ed acciaio	strato di ossido brillante, foglio	20	T	0,82	1
Ferro galvanizzato	foglio	92	T	0,07	4
Ferro galvanizzato	foglio, brunito	30	T	0,23	1
Ferro galvanizzato	foglio, ossidato	20	T	0,28	1
Ferro galvanizzato	fortemente ossidato	70	SW	0,64	9
Ferro galvanizzato	fortemente ossidato	70	LW	0,85	9
Ferro stagnato	foglio	24	T	0,064	4
Ferro, ghisa	fusione	50	T	0,81	1
Ferro, ghisa	lavorato	800-1000	T	0,60-0,70	1
Ferro, ghisa	lingotti	1000	T	0,95	1
Ferro, ghisa	liquido	1300	T	0,28	1
Ferro, ghisa	lucidato	200	T	0,21	1
Ferro, ghisa	lucidato	38	T	0,21	4
Ferro, ghisa	lucidato	40	T	0,21	2
Ferro, ghisa	non lavorato	900-1100	T	0,87-0,95	1
Ferro, ghisa	ossidato	100	T	0,64	2
Ferro, ghisa	ossidato	260	T	0,66	4
Ferro, ghisa	ossidato	38	T	0,63	4
Ferro, ghisa	ossidato	538	T	0,76	4
Ferro, ghisa	ossidato a 600°C	200-600	T	0,64-0,78	1
Gesso		17	SW	0,86	5
Gesso	pannello in cartongesso, non trattato	20	SW	0,90	6
Gesso	prima mano di intonaco	20	T	0,91	2
Gesso idrato		20	T	0,8-0,9	1
Ghiaccio: vedere Acqua					
Gomma	dura	20	T	0,95	1

Tabella 20.1 T: spettro totale; SW: 2–5 µm; LW: 8–14 µm, LLW: 6.5–20 µm; 1: materiale; 2: specifica; 3: temperatura in °C; 4: spettro; 5: emissività; 6: riferimento (segue)

1	2	3	4	5	6
Gomma	morbida, grigia, ruvida	20	T	0,95	1
Granito	lucidato	20	LLW	0,849	8
Granito	rugoso, 4 campioni differenti	70	SW	0,95-0,97	9
Granito	rugoso, 4 campioni differenti	70	LW	0,77-0,87	9
Granito	ruvido	21	LLW	0,879	8
Idrossido di alluminio	polvere		T	0,28	1
Krylon Ultra-flat black 1602	Nero opaco	Temperatura ambiente fino a 175° C	LW	≈ 0,96	12
Krylon Ultra-flat black 1602	Nero opaco	Temperatura ambiente fino a 175° C	MW	≈ 0,97	12
Laccatura	3colori, spruzzata su alluminio	70	SW	0,50-0,53	9
Laccatura	3colori, spruzzata su alluminio	70	LW	0,92-0,94	9
Laccatura	alluminio su superficie ruvida	20	T	0,4	1
Laccatura	bachelite	80	T	0,83	1
Laccatura	bianca	100	T	0,92	2
Laccatura	bianca	40-100	T	0,8-0,95	1
Laccatura	nera, brillante, spruzzata su ferro	20	T	0,87	1
Laccatura	nera, opaca	100	T	0,97	2
Laccatura	nera, opaca	40-100	T	0,96-0,98	1
Laccatura	resistente al calore	100	T	0,92	1
Lastra di vetro/vetro float	senza rivestimento	20	LW	0,97	14
Legno		17	SW	0,98	5
Legno		19	LLW	0,962	8
Legno	bianco, umido	20	T	0,7-0,8	1
Legno	compensato, liscio, asciutto	36	SW	0,82	7
Legno	compensato, non trattato	20	SW	0,83	6
Legno	pasta		T	0,5-0,7	1
Legno	piallato	20	T	0,8-0,9	1
Legno	pino, 4 campioni differenti	70	SW	0,67-0,75	9
Legno	pino, 4 campioni differenti	70	LW	0,81-0,89	9
Legno	quercia piallata	20	T	0,90	2
Legno	quercia piallata	70	SW	0,77	9
Legno	quercia piallata	70	LW	0,88	9
Magnesio		22	T	0,07	4

Tabella 20.1 T: spettro totale; SW: 2-5 µm; LW: 8-14 µm, LLW: 6.5-20 µm; 1: materiale; 2: specifica; 3: temperatura in °C; 4: spettro; 5: emissività; 6: riferimento (segue)

1	2	3	4	5	6
Magnesio		260	T	0,13	4
Magnesio		538	T	0,18	4
Magnesio	lucidato	20	T	0,07	2
Malta		17	SW	0,87	5
Malta	asciutto	36	SW	0,94	7
Mattoni	allumina	17	SW	0,68	5
Mattoni	argilla refrattaria	1000	T	0,75	1
Mattoni	argilla refrattaria	1200	T	0,59	1
Mattoni	argilla refrattaria	20	T	0,85	1
Mattoni	comune	17	SW	0,86-0,81	5
Mattoni	impermeabile	17	SW	0,87	5
Mattoni	mattone refrattario	17	SW	0,68	5
Mattoni	muratura	35	SW	0,94	7
Mattoni	muratura, intonacato	20	T	0,94	1
Mattoni	refrattario, corindone	1000	T	0,46	1
Mattoni	refrattario, fortemente radiante	500-1000	T	0,8-0,9	1
Mattoni	refrattario, magnesite	1000-1300	T	0,38	1
Mattoni	refrattario, scarsamente radiante	500-1000	T	0,65-0,75	1
Mattoni	rosso, comune	20	T	0,93	2
Mattoni	rosso, ruvido	20	T	0,88-0,93	1
Mattoni	silice dinas, lucidato, ruvido	1100	T	0,85	1
Mattoni	silice dinas, non lucidato, ruvido	1000	T	0,80	1
Mattoni	silice dinas, refrattario	1000	T	0,66	1
Mattoni	silice, 95% SiO <sub>2</sub>	1230	T	0,66	1
Mattoni	sillimanite, 33% SiO <sub>2</sub> , 64% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1500	T	0,29	1
Molibdeno		1500-2200	T	0,19-0,26	1
Molibdeno		600-1000	T	0,08-0,13	1
Molibdeno	filamento	700-2500	T	0,1-0,3	1
Neve: vedere Acqua					
Nextel Velvet 811-21Black	Nero opaco	-60-150	LW	> 0,97	10 e 11
Nichel	brillante opaco	122	T	0,041	4
Nichel	commercialmente puro, lucidato	100	T	0,045	1
Nichel	commercialmente puro, lucidato	200-400	T	0,07-0,09	1
Nichel	elettrolitico	22	T	0,04	4

Tabella 20.1 T: spettro totale; SW: 2-5 µm; LW: 8-14 µm, LLW: 6.5-20 µm; 1: materiale; 2: specifica; 3: temperatura in °C; 4: spettro; 5: emissività; 6: riferimento (segue)

1	2	3	4	5	6
Nichel	elettrolitico	260	T	0,07	4
Nichel	elettrolitico	38	T	0,06	4
Nichel	elettrolitico	538	T	0,10	4
Nichel	elettroplaccato su ferro, lucidato	22	T	0,045	4
Nichel	elettroplaccato su ferro, non lucidato	20	T	0,11-0,40	1
Nichel	elettroplaccato su ferro, non lucidato	22	T	0,11	4
Nichel	elettroplaccato, lucidato	20	T	0,05	2
Nichel	filo	200-1000	T	0,1-0,2	1
Nichel	lucidato	122	T	0,045	4
Nichel	ossidato	1227	T	0,85	4
Nichel	ossidato	200	T	0,37	2
Nichel	ossidato	227	T	0,37	4
Nichel	ossidato a 600°C	200-600	T	0,37-0,48	1
Nichel-cromo	filo, ossidato	50-500	T	0,95-0,98	1
Nichel-cromo	filo, pulito	50	T	0,65	1
Nichel-cromo	filo, pulito	500-1000	T	0,71-0,79	1
Nichel-cromo	laminato	700	T	0,25	1
Nichel-cromo	sabbiato	700	T	0,70	1
Olio, lubrificante	film da 0,025 mm	20	T	0,27	2
Olio, lubrificante	film da 0,050 mm	20	T	0,46	2
Olio, lubrificante	film da 0,125 mm	20	T	0,72	2
Olio, lubrificante	film su base Ni: solo base Ni	20	T	0,05	2
Olio, lubrificante	rivestimento spesso	20	T	0,82	2
Oro	fortemente lucidato	100	T	0,02	2
Oro	lucidato	130	T	0,018	1
Oro	lucidato accuratamente	200-600	T	0,02-0,03	1
Ossido di alluminio	attivato, polvere		T	0,46	1
Ossido di alluminio	puro, polvere (allumina)		T	0,16	1
Ossido di nichel		1000-1250	T	0,75-0,86	1
Ossido di nichel		500-650	T	0,52-0,59	1
Ossido di rame	rosso, polvere		T	0,70	1
Ottone	foglio, laminato	20	T	0,06	1
Ottone	foglio, smerigliato	20	T	0,2	1
Ottone	fortemente lucidato	100	T	0,03	2
Ottone	lucidato	200	T	0,03	1
Ottone	opaco, ossidato	20-350	T	0,22	1

Tabella 20.1 T: spettro totale; SW: 2-5 µm; LW: 8-14 µm, LLW: 6.5-20 µm; 1: materiale; 2: specifica; 3: temperatura in °C; 4: spettro; 5: emissività; 6: riferimento (segue)

1	2	3	4	5	6
Ottone	ossidato	100	T	0,61	2
Ottone	ossidato	70	SW	0,04-0,09	9
Ottone	ossidato	70	LW	0,03-0,07	9
Ottone	ossidato a 600°C	200-600	T	0,59-0,61	1
Ottone	smerigliato utilizzando carta vetrata con graniglia 80	20	T	0,20	2
Pannello di fibra	masonite	70	SW	0,75	9
Pannello di fibra	masonite	70	LW	0,88	9
Pannello di fibra	pannello di truciolato	70	SW	0,77	9
Pannello di fibra	pannello di truciolato	70	LW	0,89	9
Pannello di fibra	poroso, non trattato	20	SW	0,85	6
Pannello di fibra	rigido, non trattato	20	SW	0,85	6
Panno	nero	20	T	0,98	1
Pavimentazione di asfalto		4	LLW	0,967	8
Pelle	umana	32	T	0,98	2
Piastrella	vetrificata	17	SW	0,94	5
Piombo	brillante	250	T	0,08	1
Piombo	non ossidato, lucidato	100	T	0,05	4
Piombo	ossidato a 200°C	200	T	0,63	1
Piombo	ossidato, grigio	20	T	0,28	1
Piombo	ossidato, grigio	22	T	0,28	4
Piombo rosso		100	T	0,93	4
Piombo rosso, polvere		100	T	0,93	1
Plastica	laminato in fibra di vetro (scheda per circuito stampato)	70	SW	0,94	9
Plastica	laminato in fibra di vetro (scheda per circuito stampato)	70	LW	0,91	9
Plastica	pannello isolante in poliuretano	70	LW	0,55	9
Plastica	pannello isolante in poliuretano	70	SW	0,29	9
Plastica	PVC, pavimento in plastica, opaco, strutturato	70	SW	0,94	9
Plastica	PVC, pavimento in plastica, opaco, strutturato	70	LW	0,93	9
Platino		100	T	0,05	4
Platino		1000-1500	T	0,14-0,18	1

Tabella 20.1 T: spettro totale; SW: 2-5 µm; LW: 8-14 µm, LLW: 6.5-20 µm; 1: materiale; 2: specifica; 3: temperatura in °C; 4: spettro; 5: emissività; 6: riferimento (segue)

1	2	3	4	5	6
Platino		1094	T	0,18	4
Platino		17	T	0,016	4
Platino		22	T	0,03	4
Platino		260	T	0,06	4
Platino		538	T	0,10	4
Platino	filo	1400	T	0,18	1
Platino	filo	50-200	T	0,06-0,07	1
Platino	filo	500-1000	T	0,10-0,16	1
Platino	nastro	900-1100	T	0,12-0,17	1
Platino	puro, lucidato	200-600	T	0,05-0,10	1
Polistirolo	isolante	37	SW	0,60	7
Polvere di magnesio			T	0,86	1
Porcellana	bianca, brillante		T	0,70-0,75	1
Porcellana	vetrificata	20	T	0,92	1
Rame	commerciale, brunito	20	T	0,07	1
Rame	elettrolitico, accuratamente lucidato	80	T	0,018	1
Rame	elettrolitico, lucidato	-34	T	0,006	4
Rame	fortemente ossidato	20	T	0,78	2
Rame	fuso	1100-1300	T	0,13-0,15	1
Rame	lucidato	50-100	T	0,02	1
Rame	lucidato	100	T	0,03	2
Rame	lucidato, commerciale	27	T	0,03	4
Rame	lucidato, meccanico	22	T	0,015	4
Rame	ossidato	50	T	0,6-0,7	1
Rame	ossidato fino all'annerimento		T	0,88	1
Rame	ossidato, nero	27	T	0,78	4
Rame	puro, superficie accuratamente preparata	22	T	0,008	4
Rame	raschiato	27	T	0,07	4
Sabbia			T	0,60	1
Sabbia		20	T	0,90	2
Scorie	caldaia	0-100	T	0,97-0,93	1
Scorie	caldaia	1400-1800	T	0,69-0,67	1
Scorie	caldaia	200-500	T	0,89-0,78	1
Scorie	caldaia	600-1200	T	0,76-0,70	1
Smalto		20	T	0,9	1
Smalto	lacca	20	T	0,85-0,95	1

Tabella 20.1 T: spettro totale; SW: 2-5 µm; LW: 8-14 µm, LLW: 6.5-20 µm; 1: materiale; 2: specifica; 3: temperatura in °C; 4: spettro; 5: emissività; 6: riferimento (segue)

1	2	3	4	5	6
Smeriglio	grezzo	80	T	0,85	1
Stagno	brunito	20-50	T	0,04-0,06	1
Stagno	foglio di ferro stagnato	100	T	0,07	2
Stucco	ruvido, calce	10-90	T	0,91	1
Terreno	asciutto	20	T	0,92	2
Terreno	saturo di acqua	20	T	0,95	2
Tipo 3M 35	Nastro isolante vinilico (diversi colori)	< 80	LW	≈ 0,96	13
Tipo 3M 88	Nastro isolante vinilico nero	< 105	LW	≈ 0,96	13
Tipo 3M 88	Nastro isolante vinilico nero	< 105	MW	< 0,96	13
Tipo 3M Super 33 +	Nastro isolante vinilico nero	< 80	LW	≈ 0,96	13
Titanio	lucidato	1000	T	0,36	1
Titanio	lucidato	200	T	0,15	1
Titanio	lucidato	500	T	0,20	1
Titanio	ossidato a 540°C	1000	T	0,60	1
Titanio	ossidato a 540°C	200	T	0,40	1
Titanio	ossidato a 540°C	500	T	0,50	1
Truciolato	non trattato	20	SW	0,90	6
Tungsteno		1500-2200	T	0,24-0,31	1
Tungsteno		200	T	0,05	1
Tungsteno		600-1000	T	0,1-0,16	1
Tungsteno	filamento	3300	T	0,39	1
Vernice	8 diversi tipi e colori	70	SW	0,88-0,96	9
Vernice	8 diversi tipi e colori	70	LW	0,92-0,94	9
Vernice	alluminio, vari stati di invecchiamento	50-100	T	0,27-0,67	1
Vernice	base olio, media di 16 colori	100	T	0,94	2
Vernice	blu cobalto		T	0,7-0,8	1
Vernice	giallo cadmio		T	0,28-0,33	1
Vernice	olio	17	SW	0,87	5
Vernice	olio, diversi colori	100	T	0,92-0,96	1
Vernice	olio, grigia, lucida	20	SW	0,96	6
Vernice	olio, grigia, opaca	20	SW	0,97	6
Vernice	olio, nero lucido	20	SW	0,92	6
Vernice	olio, nero opaco	20	SW	0,94	6
Vernice	plastica, bianco	20	SW	0,84	6
Vernice	plastica, nero	20	SW	0,95	6
Vernice	verde cromo		T	0,65-0,70	1

Tabella 20.1 T: spettro totale; SW: 2–5  $\mu\text{m}$ ; LW: 8–14  $\mu\text{m}$ , LLW: 6.5–20  $\mu\text{m}$ ; 1: materiale; 2: specifica; 3: temperatura in  $^{\circ}\text{C}$ ; 4: spettro; 5: emissività; 6: riferimento (segue)

1	2	3	4	5	6
Vernice trasparente	opaca	20	SW	0,93	6
Vernice trasparente	su parquet in quercia	70	SW	0,90	9
Vernice trasparente	su parquet in quercia	70	LW	0,90-0,93	9
Zinco	foglio	50	T	0,20	1
Zinco	lucidato	200-300	T	0,04-0,05	1
Zinco	ossidato a 400 $^{\circ}\text{C}$	400	T	0,11	1
Zinco	superficie ossidata	1000-1200	T	0,50-0,60	1

---

**A note on the technical production of this publication**

This publication was produced using XML — the eXtensible Markup Language. For more information about XML, please visit <http://www.w3.org/XML/>

**A note on the typeface used in this publication**

This publication was typeset using Linotype Helvetica™ World. Helvetica™ was designed by Max Miedinger (1910–1980)

**LOEF (List Of Effective Files)**

T501027.xml; it-IT; AH; 34115; 2016-03-08  
T505552.xml; it-IT; 9599; 2013-11-05  
T505551.xml; it-IT; 32076; 2016-01-11  
T505469.xml; it-IT; 23215; 2015-02-19  
T505013.xml; it-IT; 32063; 2016-01-08  
T505545.xml; it-IT; 25100; 2015-04-28  
T505547.xml; it-IT; 32090; 2016-01-12  
T505550.xml; it-IT; 32526; 2016-01-19  
T505786.xml; it-IT; AE; 33509; 2016-02-18  
T505470.xml; it-IT; 12154; 2014-03-06  
T505012.xml; it-IT; 32556; 2016-01-20  
T505007.xml; it-IT; 33374; 2016-02-15  
T505004.xml; it-IT; 12154; 2014-03-06  
T505000.xml; it-IT; 32200; 2016-01-13  
T505005.xml; it-IT; 32557; 2016-01-20  
T505001.xml; it-IT; 32554; 2016-01-20  
T505006.xml; it-IT; 32555; 2016-01-20  
T505002.xml; it-IT; 33396; 2016-02-16





---

**Website**

<http://www.flir.com>

**Customer support**

<http://support.flir.com>

**Copyright**

© 2016, FLIR Systems, Inc. All rights reserved worldwide.

**Disclaimer**

Specifications subject to change without further notice. Models and accessories subject to regional market considerations. License procedures may apply. Products described herein may be subject to US Export Regulations. Please refer to [exportquestions@flir.com](mailto:exportquestions@flir.com) with any questions.

Publ. No.: T559828  
Release: AH  
Commit: 34115  
Head: 35405  
Language: it-IT  
Modified: 2016-03-08  
Formatted: 2016-05-03