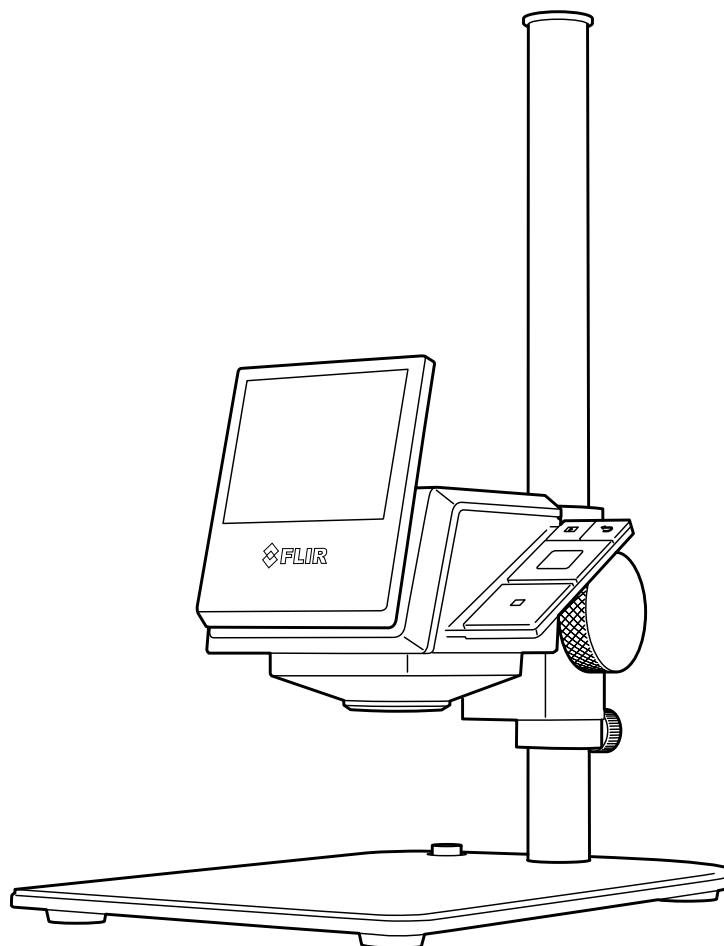


Uživatelská příručka

Řada FLIR ETS3xx



Uživatelská příručka Řada FLIR ETS3xx

Obsah

1	Prohlášení a dokumenty.....	1
1.1	Vyvázání se ze záruky.....	1
1.2	Statistické údaje o používání	1
1.3	Změny registru	1
1.4	Předpisy vlády USA.....	1
1.5	Autorská práva	1
1.6	Záruka kvality.....	1
1.7	Patenty.....	1
1.8	EULA Terms	1
1.9	EULA Terms	1
2	Bezpečnostní informace.....	2
3	Informace pro uživatele.....	4
3.1	Uživatelská fóra	4
3.2	Kalibrace	4
3.3	Přesnost	4
3.4	Likvidace elektronického odpadu	4
3.5	Školení	4
3.6	Aktualizace dokumentace.....	4
3.7	Důležitá poznámka k této příručce	5
3.8	Poznámka ke směrodatným verzím.....	5
4	Nápověda pro zákazníky	6
4.1	Obecně	6
4.2	Odeslání dotazu	6
4.3	Soubory ke stažení.....	6
5	Úvod	8
5.1	Obecný popis	8
5.2	Výhody.....	8
5.3	Hlavní funkce	8
6	Stručný návod ke spuštění kamery	9
6.1	Postup.....	9
7	Popis	10
7.1	Pohled zepředu	10
7.1.1	Obrázek	10
7.1.2	Vysvětlení.....	10
7.2	Pohled zezadu	11
7.2.1	Obrázek	11
7.2.2	Vysvětlení.....	11
7.3	Konektor USB	11
7.4	Prvky obrazovky	12
7.4.1	Obrázek	12
7.4.2	Vysvětlení.....	12
8	Ovládání kamery	13
8.1	Nabíjení baterie	13
8.1.1	Nabíjení baterie pomocí napájecího zdroje FLIR.....	13
8.1.2	Nabíjení baterie pomocí kabelu USB připojeného k počítači.....	13
8.2	Zapnutí a vypnutí kamery.....	13
8.3	Nastavení polohy kamery.....	14
8.3.1	Obrázek	14
8.3.2	Vysvětlení.....	14
8.3.3	Postup	14
8.4	Sejmutí stojanu z kamery.....	14
8.4.1	Postup	15

9	Provoz.....	16
9.1	Ukládání snímku	16
9.1.1	Obecně.....	16
9.1.2	Kapacita snímků	16
9.1.3	Pravidlo pojmenování.....	16
9.1.4	Postup	16
9.2	Vyvolávání snímku	16
9.2.1	Obecně.....	16
9.2.2	Postup	16
9.3	Odstranění snímku	16
9.3.1	Obecně.....	16
9.3.2	Postup	16
9.4	Odstranění všech snímků	17
9.4.1	Obecně.....	17
9.4.2	Postup	17
9.5	Měření teploty pomocí bodového měřiče.....	17
9.5.1	Obecně.....	17
9.5.2	Postup	17
9.6	Měření nejvyšší teploty v oblasti	17
9.6.1	Obecně.....	17
9.6.2	Postup	17
9.7	Měření nejnižší teploty v oblasti.....	17
9.7.1	Obecně.....	17
9.7.2	Postup	18
9.8	Skrytí měřicích nástrojů	18
9.8.1	Postup	18
9.9	Změna palety barev.....	18
9.9.1	Obecně.....	18
9.9.2	Postup	18
9.10	Používání barevných alarmů.....	18
9.10.1	Obecně.....	18
9.10.2	Příklady obrazů.....	18
9.10.3	Postup	19
9.11	Změna režimu teplotní stupnice	19
9.11.1	Obecně.....	19
9.11.2	Kdy používat <i>Ruční</i> režim.....	19
9.11.3	Postup	20
9.12	Nastavení emisivity jako vlastnosti povrchu.....	20
9.12.1	Obecně.....	20
9.12.2	Postup	20
9.13	Nastavení emisivity jako vlastního materiálu	21
9.13.1	Obecně.....	21
9.13.2	Postup	21
9.14	Změna emisivity jako vlastní hodnoty.....	21
9.14.1	Obecně.....	21
9.14.2	Postup	21
9.15	Změna odražené zdánlivé teploty	21
9.15.1	Obecně.....	21
9.15.2	Postup	22
9.16	Provádění opravy nerovnoměrnosti (non-uniformity correction, NUC)	22
9.16.1	Obecně.....	22
9.16.2	Postup	22
9.17	Změna nastavení	22
9.17.1	Obecně.....	22

	9.17.2 Postup	23
9.18	Aktualizace kamery	23
	9.18.1 Obecně	23
	9.18.2 Postup	23
10	Technické údaje	24
10.1	Online kalkulačka zorného pole	24
10.2	Poznámka k technickým údajům	24
10.3	Poznámka ke směrodatným verzím	24
10.4	FLIR ETS320	25
11	Technické výkresy	28
12	Čištění kamery	33
12.1	Pouzdro kamery, kabely a další součásti	33
	12.1.1 Kapaliny	33
	12.1.2 Zařízení	33
	12.1.3 Postup	33
12.2	Infračervený objektiv	33
	12.2.1 Kapaliny	33
	12.2.2 Zařízení	33
	12.2.3 Postup	33
13	Informace o společnosti FLIR Systems	35
13.1	Víc než jen infračervená kamera	36
13.2	Sdílení našich znalostí	36
13.3	Podpora našich zákazníků	37
14	Pojmy, zákony a definice	38
15	Techniky měření teplot	40
15.1	Úvod	40
15.2	Emisivita	40
	15.2.1 Zjištění emisivity vzorku	40
15.3	Teplota odraženého záření	43
15.4	Vzdálenost	44
15.5	Relativní vlhkost	44
15.6	Další parametry	44
16	Tajemství získání dobrého tepelného snímku	45
16.1	Úvod	45
16.2	Pozadí	45
16.3	Dobrý snímek	45
16.4	Tři pilíře jako základ dobrého snímku	46
	16.4.1 Zaostření	46
	16.4.2 Teplotní rozsah	47
	16.4.3 Detaily snímku a vzdálenost od objektu	47
16.5	Proměnné – optimalizace snímku a měření teploty	48
	16.5.1 Úroveň a rozmezí	48
	16.5.2 Palety a izotermy	49
	16.5.3 Parametry objektu	49
16.6	Pořizování snímků – praktické tipy	50
16.7	Závěr	50
17	Kalibrace	51
17.1	Úvod	51
17.2	Definice pojmu kalibrace	51
17.3	Kalibrace kamery ve společnosti FLIR Systems	51
17.4	Rozdíly mezi kalibrací prováděnou uživatelem a kalibrací prováděnou přímo ve společnosti FLIR Systems	52
17.5	Kalibrace, ověření a seřízení	52
17.6	Korekce nerovnoměrnosti	53

	17.7	Seřízení tepelného obrazu (tepelné ladění)	53
18		Historie infračervené techniky	54
19		Teorie termografie	57
	19.1	Úvod	57
	19.2	Elektromagnetické spektrum	57
	19.3	Záření – radiace černého tělesa	57
		19.3.1 Planckův zákon	58
		19.3.2 Wienův zákon posuvu	59
		19.3.3 Stefan-Boltzmannův zákon.....	60
		19.3.4 Nečerné zářiče	61
	19.4	Materiály polopropustné pro IČ záření	63
20		Rovnice měření	64
21		Tabulky emisivit	68
	21.1	Literatura	68
	21.2	Tabulky.....	68

1.1 Vyvázání se ze záruky

Všechny výrobky společnosti FLIR Systems mají záruku proti vadám materiálu a výrobním vadám po dobu jednoho (1) roku od data doručení původní zakázky. Tuto záruku lze uplatnit, jestliže výrobky byly normálně skladovány a používány podle pokynů společnosti FLIR Systems.

Nechlazené příruční infračervené kamery společnosti FLIR Systems mají záruku proti vadám materiálu a výrobním vadám po dobu dvou (2) let od data doručení původní zakázky. Tuto záruku lze uplatnit, jestliže výrobky byly normálně skladovány a používány podle pokynů společnosti FLIR Systems a jestliže byla kamera zaregistrována do 60 dnů od data původní zakázky.

Detektory pro nechlazené příruční infračervené kamery společnosti FLIR Systems mají záruku proti vadám materiálu a výrobním vadám po dobu deseti (10) let od data doručení původní zakázky. Tuto záruku lze uplatnit, jestliže výrobky byly normálně skladovány a používány podle pokynů společnosti FLIR Systems a jestliže byla kamera zaregistrována do 60 dnů od data původní zakázky.

Výrobky, které nevyrobila společnost FLIR Systems, ale které jsou součástí systémů dodávaných společností FLIR Systems původnímu kupujícímu, mají záruku (pokud je poskytována) určenou pouze příslušným dodavatelem a společnost FLIR Systems za takovéto výrobky nenese žádnou odpovědnost.

Záruka se vztahuje pouze na původního kupce a je nepřenosná. Záruku nelze uplatnit na žádný výrobek, který byl nějakým způsobem nesprávně používán, neudržován, poškozen nebo provozován při abnormálních podmínkách. Na spotřební části se záruka nevztahuje.

Jestliže dojde k poškození výrobku, které je kryto zárukou, výrobek nesmí být dále používán, aby se zabránilo dalšímu poškození. Zákazník musí vadu okamžitě nahlásit společnosti FLIR Systems (nebo jejím zástupci), jinak nebude možné záruku uplatnit.

Společnost FLIR Systems zdarma opraví nebo vymění každý vadný výrobek, jestliže bude na základě odborné prohlídky prokázána u výrobku vada materiálu či výroby a jestliže bude tento výrobek, jak již bylo uvedeno, vrácen společnosti FLIR Systems v záruční době, tj. do jednoho roku.

Společnost FLIR Systems nenese odpovědnost za vady výrobku kromě výše uvedených a neposkytuje na ně záruku.

Žádná další záruka není vyjádřena ani předpokládána. Společnost FLIR Systems se výslovně zříká předpokládaných záruk prodejnosti a vhodnosti k určitému účelu.

Společnost FLIR Systems není odpovědná za žádná přímá, nepřímá, speciální, náhodná či úmyslná poškození nebo ztrátu, at jsou tato založena na smlouvě, deliktu nebo jiném právním základě.

Tato záruka se bude řídit švédským právem.

Jakákoliv pře, spor nebo požadavek vyplývající z této záruky nebo ve spojení s ní bude s konečnou platností urovnán arbitráží podle pravidel arbitrážního soudu Stockholmské obchodní komory. Místem arbitráže bude Stockholm. Jednací jazyk v arbitrážním řízení bude angličtina.

1.2 Statistické údaje o používání

Společnost FLIR Systems si vyhražuje právo sběru anonymních statistických údajů o používání za účelem udržování a zlepšování kvality softwaru a služeb.

1.3 Změny registru

Položka registru HKEY_LOCAL_MACHINE\SYSTEM\CurrentControlSet\Control\Lsa\LmCompatibilityLevel bude automaticky změněna na úroveň 2, pokud služba FLIR Camera Monitor zjistí, že kamera FLIR je připojena k počítači kabelem USB. Změna bude provedena pouze v případě, že zařízení kamery implementuje vzdálenou síťovou službu, která podporuje síťová přihlášení.

1.4 Předpisy vlády USA

Na tento produkt se mohou vztahovat vývozní předpisy USA. S případnými dotazy se obraťte na adresu exportquestions@flir.com.

1.5 Autorská práva

© 2016, FLIR Systems, Inc. Všechna práva celosvětově vyhrazena. Žádná část softwaru včetně zdrojového kódu nesmí být reprodukována, přenášena, přepisována nebo překládána do jakéhokoli přirozeného nebo počítačového jazyka v jakémkoli formě nebo jakýmkoli způsobem, elektronicky, magneticky, opticky, ručně nebo jinak, bez předchozího písemného souhlasu společnosti FLIR Systems.

Tato dokumentace, ani žádná její část, nesmí být bez předchozího písemného souhlasu firmy FLIR Systems kopírována, fotograficky kopírována, reprodukována, překládána nebo přenášena na žádné elektronické médium či do strojově čitelné formy.

Názvy a značky uvedené na výrobcích v této příručce jsou registrovanými ochrannými známkami nebo ochrannými známkami společnosti FLIR Systems a/nebo jejich dceřiných společností. Všechny ostatní ochranné známky, obchodní názvy nebo názvy společností zmíněné v této příručce se používají pouze pro identifikaci a jsou majetkem jejich příslušných vlastníků.

1.6 Záruka kvality

Systém řízení kvality, v němž jsou tyto výrobky vyvíjeny a vyráběny, byl ověřen podle normy ISO 9001.

Výrobky společnosti FLIR Systems se neustále vyvíjejí. Společnost si proto vyhrazuje právo provádět bez předchozího oznámení změny a vylepšení jakéhokoli výrobku.

1.7 Patenty

000439161; 000653423; 000726344; 000859020; 001707738; 001707746; 001707787; 001776519; 001954074; 002021543; 002021543-0002; 002058180; 002249953; 002531178; 002816785; 002816793; 011200326; 014347553; 057692; 061609; 07002405; 100414275; 101796816; 101796817; 101796818; 102334141; 1062100; 11063060001; 11517895; 1226865; 12300216; 12300224; 1285345; 1299699; 1325808; 1336775; 1391114; 1402918; 1404291; 1411581; 1415075; 1421497; 1458284; 1678485; 1732314; 17399650; 1880950; 1886650; 2007301511414; 2007303395047; 2008301285812; 2009301900619; 20100060357; 2010301761271; 2010301761303; 2010301761572; 2010305959313; 2011304423549; 2012304717443; 2012306207318; 2013302676195; 2015202354035; 2015304259171; 204465713; 204967995; 2106017; 2107799; 2115696; 2172004; 2315433; 2381417; 2794760001; 3006596; 3006597; 303330211; 4358936; 483782; 484155; 4889913; 4937897; 4995790001; 5177595; 540838; 579475; 584755; 599392; 60122153; 6020040116815; 602006006500.0; 6020080347796; 6020110003453; 615113; 615116; 664580; 664581; 665004; 665440; 67023029; 6707044; 677298; 68657; 69036179; 70022216; 70028915; 70028923; 70057990; 7034300; 710424; 7110035; 7154093; 7157705; 718801; 723605; 7237946; 7312822; 7332716; 7336823; 734803; 7544944; 7606484; 7634157; 7667198; 7809258; 7826736; 8018649; 8153971; 8212210; 8289372; 8340414; 8354639; 8384783; 8520970; 8565547; 8595689; 8599262; 8654239; 8680468; 8803093; 8823803; 8853631; 8933403; 9171361; 9191583; 9279728; 9280812; 9338352; 9423940; 9471970; 9595087; D549758.

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.



VAROVÁNÍ

Použitelnost: digitální zařízení třídy B.

Toto zařízení bylo testováno a shledáno jako odpovídající omezením pro digitální zařízení třídy B ve shodě s částí 15 pravidel FCC. Tato omezení poskytují přiměřenou ochranu před škodlivým rušením při instalaci v domácnostech. Toto zařízení generuje, používá a může vyzařovat energii rozhlasových frekvencí a pokud není instalováno a používáno podle pokynů, může způsobit škodlivé rušení rozhlasové komunikace. Nelze však zaručit, že v případě některých instalací rušení nenastane. Jestliže toto zařízení ruší rozhlasový nebo televizní příjem, což lze zjistit jeho vypnutím a opětovným zapnutím, uživatel by se měl pokusit rušení odstranit jedním nebo několika následujícími opatřeními:

- změna orientace nebo umístění přijímací antény,
- výraznější oddělení zařízení a přijímače,
- připojení zařízení do jiné zásuvky v obvodu, který není shodný s obvodem, ve kterém je přijímač připojen.
- Pro pomoc se obraťte na dodavatele nebo zkušeného radio technika nebo televizního technika.



VAROVÁNÍ

Použitelnost: digitální zařízení odpovídající normám 15.19/RSS-210.

UPOZORNĚNÍ: Toto zařízení odpovídá části 15 pravidel FCC a normám RSS-210 konsorcia Industry Canada. Provoz je možný za následujících dvou podmínek:

1. toto zařízení nesmí způsobit žádné škodlivé rušení a
2. toto zařízení musí přijmout jakékoliv přijaté rušení včetně rušení, které může vést k nežádoucí činnosti.



VAROVÁNÍ

Použitelnost: digitální zařízení odpovídající normě 15.21.

UPOZORNĚNÍ: Změny nebo úpravy tohoto zařízení, které výslovně nepovolí společnost FLIR Systems mohou vést ke ztrátě oprávnění FCC k užívání tohoto zařízení.



VAROVÁNÍ

Použitelnost: digitální zařízení odpovídající normám 2.1091/2.1093/OET Bulletin 65.

Informace o vystavení organismu radiofrekvenčnímu záření: Síla záření vycházejícího ze zařízení se nachází pod limity FCC/IC pro vystavení lidského organismu rádiovým frekvencím. Zařízení by přesto mělo být používáno takovým způsobem, aby byl kontakt s člověkem za běžného provozu co nejmenší.



VAROVÁNÍ

Použitelnost: kamery s jednou nebo více bateriemi.

Nepokračujte v nabíjení baterie, pokud se nenabije ve stanoveném čase. Pokud v nabíjení baterie budete pokračovat, může se zahřát a způsobit výbuch nebo vzplanutí. Mohlo by dojít ke zranění.



VAROVÁNÍ

Použitelnost: kamery s jednou nebo více bateriemi.

K vybíjení baterie používejte pouze správné zařízení. Pokud nebudete používat správné zařízení, můžete snížit výkon nebo životnost baterie. Pokud nebudete používat správné zařízení, může do baterie téci nesprávný proud. To může vést k jejímu zahřátí a případně k výbuchu. Mohlo by dojít ke zranění.











VAROVÁNÍ

Než použijete stanovenou kapalinu, nezapomeňte si přečíst příslušné bezpečnostní tabulky materiálů a výstražné štítky na nádobách. Kapaliny mohou být nebezpečné. Mohlo by dojít ke zranění.



UPOZORNĚNÍ

Nemiřte infračervenou kamerou (s krytem objektivu nebo bez něj) na silné zdroje energie, například na zařízení vyzařující laserové záření nebo na slunce. Mohlo by to mít nežádoucí účinek na přesnost kamery. Mohlo by to rovněž způsobit poškození detektoru v kameře.

	UPOZORNĚNÍ
Pokud není v dokumentaci nebo v technických údajích uvedeno jinak, nepoužívejte kameru při teplotách vyšších než +50 °C. Vysoké teploty mohou způsobit poškození kamery.	
	UPOZORNĚNÍ
Nepřipojujte kameru přímo k zásuvce zapalovače cigaret ve vozidle. Můžete tak učinit pouze pomocí speciálního adaptéru pro připojení kamery k zásuvce zapalovače cigaret dodaného společností FLIR Systems. Jinak by mohlo dojít k poškození kamery.	
	UPOZORNĚNÍ
Použitelnost: kamery s jednou nebo více bateriemi. Při nabíjení baterie používejte pouze specifikovanou nabíječku. Jinak by mohlo dojít k poškození baterie.	
	UPOZORNĚNÍ
Použitelnost: kamery s jednou nebo více bateriemi. Teplotní rozsah, ve kterém můžete baterii nabíjet, je +0 °C až +45 °C, kromě korejského trhu, pro který je schválen rozsah +10 °C až +45 °C. Pokud budete baterii nabíjet při teplotách mimo tento rozsah, může se zahřát na vysokou teplotu nebo poškodit. Tím se také může snížit výkonnost nebo životnost baterie.	
	UPOZORNĚNÍ
Použitelnost: kamery s jednou nebo více bateriemi. Teplotní rozsah, v němž lze baterii vyjímat, je +10°C až +40°C, pokud není v uživatelské dokumentaci nebo v technických údajích stanoveno jinak. Používání baterie mimo tento teplotní rozsah může způsobit snížení její výkonnosti nebo zkrácení životnosti.	
	UPOZORNĚNÍ
K čištění kamery, kabelů a dalšího příslušenství nepoužívejte žádná ředidla ani jiné podobné kapaliny. Mohlo by dojít k poškození baterie a zranění.	
	UPOZORNĚNÍ
Při čištění infračerveného objektivu buďte opatrní. Objektiv je opatřen antireflexní vrstvou, která se snadno poškodí. Může dojít k poškození infračerveného objektivu.	
	UPOZORNĚNÍ
Nečistěte infračervený objektiv příliš velkou silou. Mohlo by dojít k poškození antireflexní vrstvy.	

Poznámka Údaje týkající se krytí jsou platné pouze tehdy, pokud jsou všechny otvory na kameře zakryté příslušnými kryty, příklopy nebo krytkami. To zahrnuje prostory pro datová úložiště, baterie a konektory.

3.1 Uživatelská fóra

Na našich uživatelských fórech si můžete vyměňovat nápady a diskutovat o potížích a řešeních infračervených technologií s jinými odborníky na termografická měření po celém světě. Fóra jsou přístupná na této webové stránce:

<http://forum.infraredtraining.com/>

3.2 Kalibrace

Doporučujeme, abyste kameru jednou ročně odesílali ke kalibraci. Pokyny, kam zaslat kameru, obdržíte v místní prodejně.

3.3 Přesnost

Doporučujeme začít s vlastním měřením teplot ne dříve než za 5 minut po zapnutí kamery.

3.4 Likvidace elektronického odpadu



Stejně jako u většiny elektronických výrobků je nutné i toto zařízení zlikvidovat způsobem šetrným k životnímu prostředí, a to v souladu s platnými předpisy týkajícími se zacházení s elektronickým odpadem.

Více informací vám poskytne zástupce společnosti FLIR Systems.

3.5 Školení

Další informace o školení k používání infračerveného vybavení naleznete na adrese:

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

3.6 Aktualizace dokumentace

Naše příručky se aktualizují několikrát za rok a také pravidelně vydáváme oznámení o kritických změnách výrobků.

Pro přístup k nejnovějším příručkám, překladům příruček a oznámením přejděte na kartu Download na:

<http://support.flir.com>

Registrace on-line zabere pouze několik minut. V oblasti pro stahování také naleznete nejnovější vydání příruček pro další naše výrobky, jakož i příručky pro naše starší a zastaralé výrobky.

3.7 Důležitá poznámka k této příručce

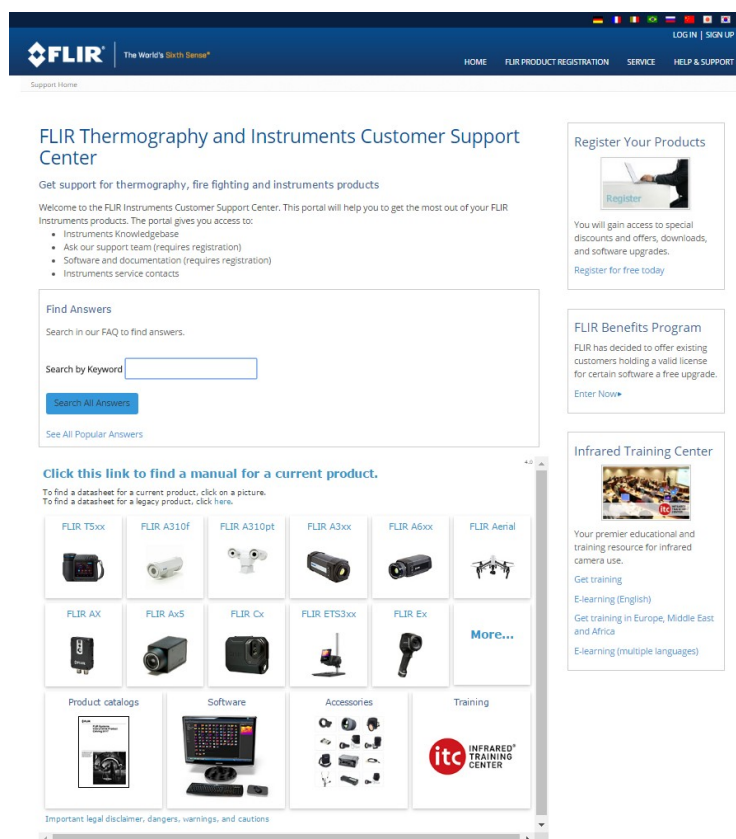
Společnost FLIR Systems vydává obecné příručky, které pokrývají několik kamer modelové řady.

Tato příručka tedy může obsahovat popisy a vysvětlení, které se nevztahují na vaši konkrétní kameru.

3.8 Poznámka ke směrodatným verzím

Směrodatnou verzí této publikace je její anglická verze. V případě odchylek vzniklých chybami při překladu je rozhodující text v angličtině.

Všechny nejnovější změny jsou jako první implementovány do anglické verze.



4.1 Obecně

Nápovědu pro zákazníky naleznete na adrese:

<http://support.flir.com>

4.2 Odeslání dotazu

Abyste mohli zaslat dotaz na nápovědu pro zákazníky, musíte být registrovaným uživatelem. Registrace prostřednictvím Internetu zabere pouze několik minut. Pokud chcete pouze prohledávat stávající otázky a odpovědi znalostní báze, nemusíte být registrovaným uživatelem.

Chcete-li odeslat dotaz, ujistěte se, zda máte po ruce následující informace:

- Model kamery
- Výrobní číslo kamery
- Komunikační protokol nebo způsob komunikace mezi kamerou a vaším zařízením (například čtečka karet SD, HDMI, Ethernet, USB, nebo FireWire)
- Typ zařízení (PC/Mac/iPhone/iPad/Android apod.)
- Verze všech programů od společnosti FLIR Systems
- Úplný název, číslo publikace a číslo revize vaší příručky

4.3 Soubory ke stažení

Na stránce pomoci zákazníkům můžete rovněž stáhnout následující položky, pokud je lze použít pro příslušný produkt:

-
- Aktualizace firmwaru pro infračervenou kameru.
 - Aktualizace softwaru pro osobní počítač/Mac.
 - Freewarové a testovací verze softwaru pro osobní počítač/Mac.
 - Uživatelská dokumentace pro aktuální, zastaralé nebo staré produkty.
 - Technické výkresy (ve formátu *.dxf a *.pdf).
 - Datové modely CAD (ve formátu *.stp).
 - Příspěvky o aplikacích.
 - Technické listy.
 - Katalogy produktů.

5.1 Obecný popis

Přístroj FLIR ETS3xx je první elektronická zkušební stolní kamera společnosti FLIR určená k rychlé kontrole teploty desek z polychlorovaných bifenyly a elektronických zařízení. Kamera FLIR ETS3xx je dostatečně citlivá, aby rozlišila jemné rozdíly teploty s přesností $\pm 3^\circ\text{C}$, takže lze rychle najít horká místa a body s hrozícím selháním. Infračervený detektor s rozlišením 320×240 pixelů poskytuje více než 76 000 bodů měření teploty, čímž vylučuje dohady dosavadních měřicích přístrojů. Kamera FLIR ETS3xx napájená baterií je určena speciálně pro práci na stolní desce a je připojena k počítači, což umožňuje okamžitou analýzu a sdílení údajů o teplotě.

5.2 Výhody

- Snižuje zkušební čas: rychle rozpoznáte horká místa, teplotní rozdíly a body, kde hrozí selhání.
- Zkvalitňuje navrhování výrobků: zjistíte, kam a kdy přidat větráky a tepelné výměníky, a zajistíte tak provoz výrobků s maximálním využitím jejich životnosti.
- Šetří peníze: zrychlete stavbu prototypů a snižte počet vývojových cyklů výrobku.
- Optimalizuje čas v laboratoři: má bateriové napájení, nevyžaduje ruční obsluhu a nabízí úplné měření s analýzou v kameře.

5.3 Hlavní funkce

- Více než 76 000 bodů bezkontaktního měření teploty stisknutím jediného tlačítka.
- Detektor s rozlišením 320×240 pixelů zaručuje jasné tepelné zobrazení.
- Měření teploty v čase pomocí softwaru FLIR Tools+.
- Měření malých součástí až do velikosti měřené plochy $170\ \mu\text{m}$ na pixel.
- K rychlému nalezení horkých míst slouží objektiv se zorným úhlem 45° zobrazující měřený předmět.
- Pro snadnější sdílení zaznamenává radiometrické snímky ve standardním formátu JPEG.
- Přesnost $\pm 3\%$ podporuje zajištění kvality a přejímání polychlorovaných bifenylovou továrnou.
- Rychlá montáž na dodávaný stojan umožňuje okamžité použití.
- Jasný LCD displej s úhlopříčkou 3 palce poskytuje okamžitou tepelnou zpětnou vazbu.
- Kvůli pokročilým korekcím měření a schopnostem se dodává prvotřídní software.

6.1 Postup

Použijte následující postup:

1. Nabijte baterii. Můžete to udělat různými způsoby:

- Nabijte baterii pomocí nabíječky FLIR.
- Nabijte baterii pomocí kabelu USB připojeného k počítači.

Poznámka Nabití baterie pomocí kabelu USB připojeného k počítači trvá *výrazně* déle než pomocí napájecího zdroje FLIR nebo samostatné nabíječky FLIR.

2. Uzemňovací kabel připojte k zemnici svorce na podložce stojánku kamery.
3. Tlačítkem Zap/Vyp zapněte kameru.
4. Nastavte polohu kamery.
5. Stisknutím tlačítka Uložit uložte obraz.

(Volitelné kroky)

6. Na následující webové stránce si můžete stáhnout software FLIR Tools/Tools+¹

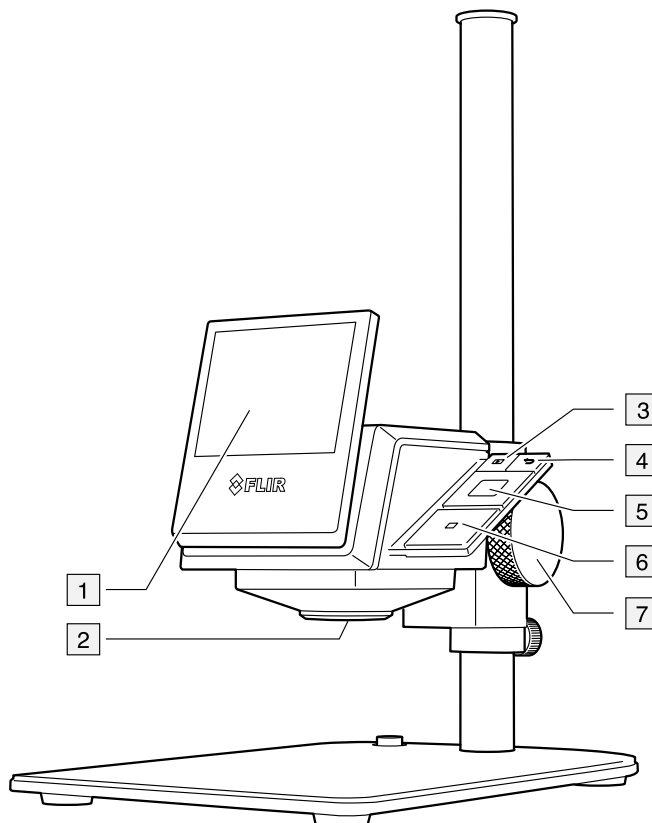
<http://support.flir.com/tools>

7. Nainstalujte aplikaci FLIR Tools/Tools+ do počítače.
8. Spusťte FLIR Tools/Tools+.
9. Připojte kameru k počítači pomocí kabelu USB.
10. Importujte snímky do aplikace FLIR Tools/Tools+.

1. Online dokumentaci k softwaru FLIR Tools/Tools+ naleznete na adrese <http://support.flir.com/resources/t22s/>. FLIR Tools+ je licencovaný software.

7.1 Pohled zepředu

7.1.1 Obrázek

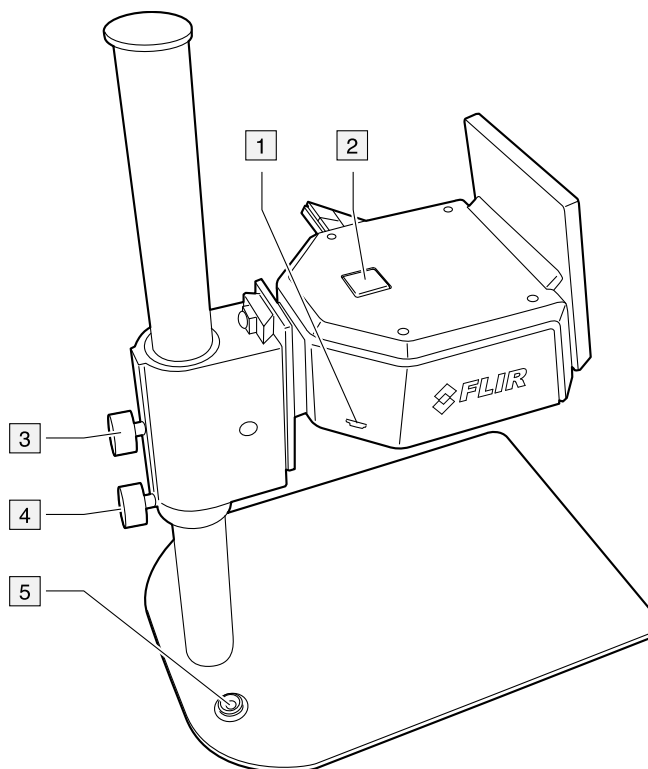


7.1.2 Vysvětlení

1. LCD displej.
2. Objektiv pro infračervenou kameru.
3. Tlačítko Archiv.
Funkce:
 - Stisknutím se otevře archiv obrazů.
4. Tlačítko Zpět/Storno.
Funkce:
 - Stisknutím přejdete zpět do systému nabídek.
 - Stisknutím zrušíte výběr.
5. Navigační ploška.
Funkce:
 - Stisknutím tlačítek vlevo/vpravo nebo nahoru/dolů můžete procházet nabídky a dialogová okna.
 - Stisknutím středu akci potvrdíte.
6. Tlačítko Uložit.
Funkce:
 - Stiskněte pro uložení snímku.
7. Knoflík jemného nastavení.

7.2 Pohled zezadu

7.2.1 Obrázek



7.2.2 Vysvětlení

1. Konektor USB.
2. Tlačítko Zap/Vyp.

Funkce:

- Tlačítkem Zap/Vyp zapnete kameru.
- Chcete-li kameru uvést do pohotovostního režimu, stiskněte a podržte tlačítko Zap/Vyp méně než 5 sekund. Po 48 hodinách se kamera automaticky vypne.
- Stisknutím a podržením tlačítka Zap/Vyp déle než 10 sekund kameru vypnete.

3. Knoflík na stojanu.
4. Knoflík opěrného kroužku.
5. Zemnicí svorka.

7.3 Konektor USB

Účel konektoru USB je následující:

- Nabíjení baterie pomocí napájecího zdroje FLIR.
- Nabíjení baterie pomocí kabelu USB připojeného k počítači.

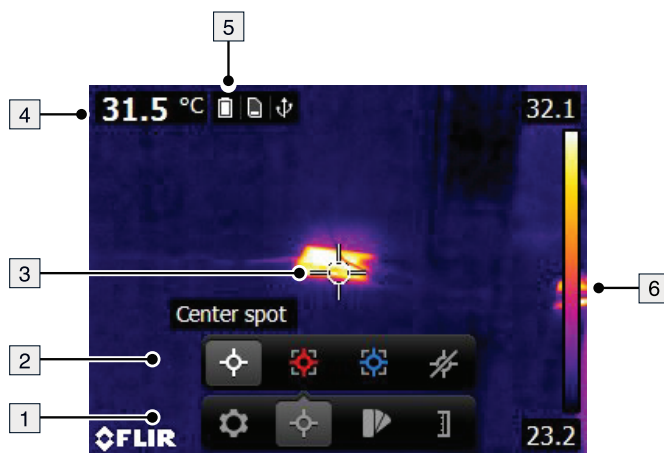
Poznámka Nabití baterie pomocí kabelu USB připojeného k počítači trvá *výrazně* déle než pomocí nabíječky FLIR.

- Přesunutí snímků z kamery do počítače kvůli další analýze v aplikaci FLIR Tools/Tools+.

Poznámka Před přesunem snímků nainstalujte do počítače aplikaci FLIR Tools/Tools+.

7.4 Prvky obrazovky

7.4.1 Obrázek



7.4.2 Vysvětlení

1. Panel hlavní nabídky
2. Panel podnabídky
3. Měření v bodu.
4. Tabulka výsledků.
5. Ikony stavu
6. Teplotní stupnice.

8.1 Nabíjení baterie



VAROVÁNÍ

Ujistěte se, že je v blízkosti vybavení snadno dostupná zásuvka.

8.1.1 Nabíjení baterie pomocí napájecího zdroje FLIR

Použijte následující postup:

1. Zapojte nabíječku do zásuvky elektrické sítě.
2. Napájecí kabel zapojte do konektoru USB na kameře.
3. Po úplném nabití baterie je vhodné odpojit nabíječku ze zásuvky elektrické sítě.

Poznámka Nabití zcela vybité baterie trvá 2 hodiny.

8.1.2 Nabíjení baterie pomocí kabelu USB připojeného k počítači

Použijte následující postup:

1. Pomocí kabelu USB připojte kameru k počítači.

Poznámka

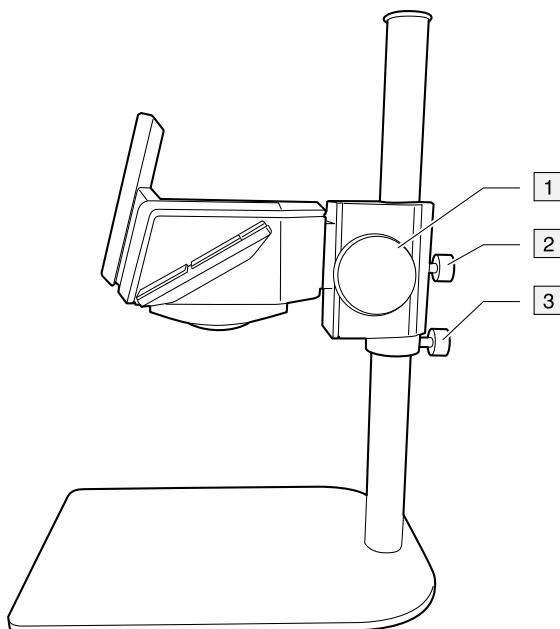
- Aby se kamera nabíjela, musí být počítač zapnutý.
- Nabití baterie pomocí kabelu USB připojeného k počítači trvá *výrazně* déle než pomocí nabíječky FLIR.

8.2 Zapnutí a vypnutí kamery

- Tlačítkem Zap/Vyp zapněte kameru.
- Chcete-li kameru uvést do pohotovostního režimu, stiskněte a podržte tlačítko Zap/Vyp méně než 5 sekund. Po 48 hodinách se kamera automaticky vypne.
- Stisknutím a podržením tlačítka Zap/Vyp déle než 10 sekund kameru vypnete.

8.3 Nastavení polohy kamery

8.3.1 Obrázek



8.3.2 Vysvětlení

1. Knoflík jemného nastavení.
2. Knoflík na stojanu.
3. Knoflík opěrného kroužku.

8.3.3 Postup

Poznámka Nedotýkejte se povrchu čočky objektivu. Pokud se tak stane, vyčistěte objektiv podle pokynů uvedených v části 12.2 *Infračervený objektiv*, strana 33.

Použijte následující postup:

1. Jemného nastavení dosáhnete otáčením knoflíku jemného nastavení.
2. Pro hrubé nastavení použijte následující postup:
 - 2.1. Povolte knoflík na stojanu a nastavte stojan do žádoucí polohy. Poté knoflík na stojanu utáhněte.
 - 2.2. Povolte knoflík opěrného kroužku a posuňte kroužek ke stojanu. Poté knoflík opěrného kroužku utáhněte.

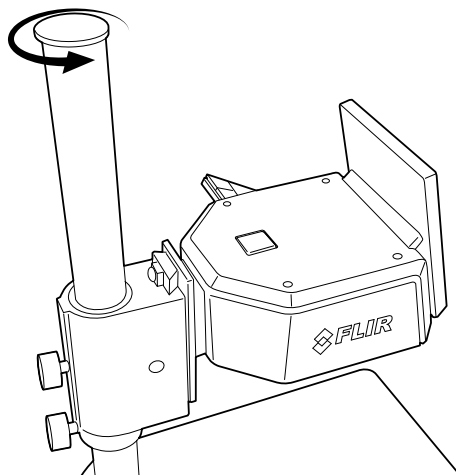
8.4 Sejmutí stojanu z kamery

Poznámka Nedotýkejte se povrchu čočky objektivu. Pokud se tak stane, vyčistěte objektiv podle pokynů uvedených v části 12.2 *Infračervený objektiv*, strana 33.

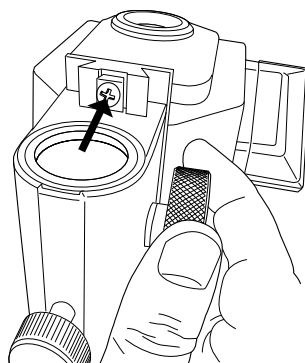
8.4.1 Postup

Použijte následující postup:

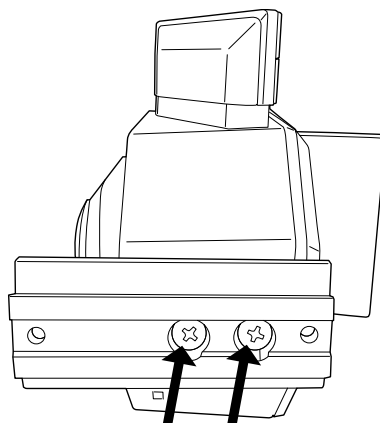
1. Otočte a sejměte vrchní část stojanu.



2. Uvolněte knoflík na stojanu a sejměte z něj kameru.
3. Otáčejte knoflíkem jemného nastavení proti směru hodinových ručiček, dokud neuvídíte šroub. Vyjměte šroub.



4. Otáčejte knoflíkem jemného nastavení ve směru hodinových ručiček, dokud neuvídíte šroub na druhé straně. Vyjměte šroub.
5. Sejměte stojan z kamery.
6. Vyjměte dva šrouby, kterými je upevněn držák na kameře.



7. Vyjměte dva šrouby, kterými je upevněn držák na kameře.
8. Sejměte držák z kamery.

9.1 Ukládání snímku

9.1.1 Obecně

Do vnitřní paměti kamery lze uložit více snímků.

9.1.2 Kapacita snímků

Do vnitřní paměti kamery můžete uložit přibližně 1 500 snímků.

9.1.3 Pravidlo pojmenování

Pravidlo pro pojmenování obrazů je *FLIRxxxx.jpg*, kde xxxx je unikátní číslo (přiřazené počítadlem).

9.1.4 Postup

Použijte následující postup:

1. Chcete-li snímek uložit, stiskněte tlačítko Uložit.

9.2 Vyvolávání snímku

9.2.1 Obecně

Když ukládáte snímek, uloží se do vnitřní paměti kamery. Chcete-li snímek znovu zobrazit, můžete jej otevřít z vnitřní paměti kamery.

9.2.2 Postup

Použijte následující postup:

1. Stiskněte tlačítko archiv.
2. Vyberte snímek, který chcete zobrazit, stisknutím tlačítka vlevo/vpravo nebo nahoru/dolů na navigační plošce.
3. Stiskněte střed navigační plošky. Tím zobrazíte vybraný snímek.
4. Proveďte jednu (nebo více) z následujících akcí:
 - Chcete-li zobrazit snímek na celé obrazovce, zobrazit informace o snímku nebo vymazat snímek, stiskněte navigační plošku. Zobrazí se panel nástrojů.
 - Chcete-li zobrazit předchozí či další snímek, stiskněte navigační plošku doleva nebo doprava.
5. Chcete-li se vrátit do režimu živého zobrazení, opakovaně stiskněte tlačítko Storno nebo stiskněte tlačítko Archiv.

9.3 Odstranění snímku

9.3.1 Obecně

Z vnitřní paměti kamery lze odstranit jeden nebo více snímků.

9.3.2 Postup

Použijte následující postup:

1. Stiskněte tlačítko archiv.
2. Stisknutím navigační plošky vlevo/vpravo nebo nahoru/dolů vyberte snímek, který chcete vymazat.
3. Stiskněte střed navigační plošky. Tím zobrazíte vybraný snímek.
4. Stiskněte střed navigační plošky. Tím zobrazíte panel nástrojů.

-
5. Na panelu nástrojů vyberte *Delete* . Tím zobrazíte dialogový rámeček, v němž si můžete vybrat, zda chcete vymazat snímek nebo zrušit akci.


9.4 Odstranění všech snímků

9.4.1 Obecně

Z vnitřní paměti kamery můžete odstranit všechny snímky.

9.4.2 Postup

Použijte následující postup:

1. Stiskněte střed navigační plošky. Tím zobrazíte panel nástrojů.
2. Na panelu nástrojů vyberte možnost *Možnosti* . Tím zobrazíte dialogové okno.
3. V dialogovém okně vyberte možnost *Nastavení zařízení*. Tím zobrazíte dialogové okno.
4. V dialogovém okně vyberte možnost *Obnovit*. Tím zobrazíte dialogové okno.
5. V dialogovém rámečku vyberte možnost *Delete all saved images*. Tím zobrazíte dialogový rámeček, v němž si můžete vybrat, zda chcete trvale vymazat všechny uložené snímky nebo zrušit akci.



9.5 Měření teploty pomocí bodového měřiče

9.5.1 Obecně

Teplotu lze měřit pomocí bodového měřiče. V takovém případě se na obrazovce zobrazí teplota v místě bodového měřiče.

9.5.2 Postup

Použijte následující postup:

1. Stiskněte střed navigační plošky. Tím zobrazíte panel nástrojů.
2. Na panelu nástrojů vyberte možnost *Měření* . Tím zobrazíte panel nástrojů.
3. Na panelu nástrojů vyberte možnost *Středový bod* . Teplota v místě bodového měřiče se nyní zobrazí v levém horním rohu obrazovky.



9.6 Měření nejvyšší teploty v oblasti

9.6.1 Obecně

Můžete změřit nejvyšší teplotu v dané oblasti. Zobrazí se pohyblivé měření bodu značící nejvyšší teplotu.

9.6.2 Postup

Použijte následující postup:

1. Stiskněte střed navigační plošky. Tím zobrazíte panel nástrojů.
2. Na panelu nástrojů vyberte možnost *Měření* . Tím zobrazíte panel nástrojů.
3. Na panelu nástrojů vyberte možnost *Hot spot* .



9.7 Měření nejnižší teploty v oblasti

9.7.1 Obecně

Můžete změřit nejnižší teplotu v dané oblasti. Zobrazí se pohyblivé měření bodu značící nejnižší teplotu.

9.7.2 Postup



Použijte následující postup:

1. Stiskněte střed navigační plošky. Tím zobrazíte panel nástrojů.
2. Na panelu nástrojů vyberte možnost *Měření* . Tím zobrazíte panel nástrojů.
3. Na panelu nástrojů vyberte možnost *Cold spot* .

9.8 Skrytí měřicích nástrojů

9.8.1 Postup

Použijte následující postup:

1. Stiskněte střed navigační plošky. Tím zobrazíte panel nástrojů.
2. Na panelu nástrojů vyberte možnost *Měření* . Tím zobrazíte panel nástrojů.
3. Na panelu nástrojů vyberte možnost *Bez měření* .


9.9 Změna palety barev

9.9.1 Obecně

Můžete změnit paletu barev, kterou kamera používá k zobrazení různých teplot. Jiná paleta může usnadnit analýzu obrazu.

9.9.2 Postup

Použijte následující postup:

1. Stiskněte střed navigační plošky. Tím zobrazíte panel nástrojů.
2. Na panelu nástrojů vyberte možnost *Barva* . Tím zobrazíte panel nástrojů.
3. Na panelu nástrojů vyberte novou paletu barev.

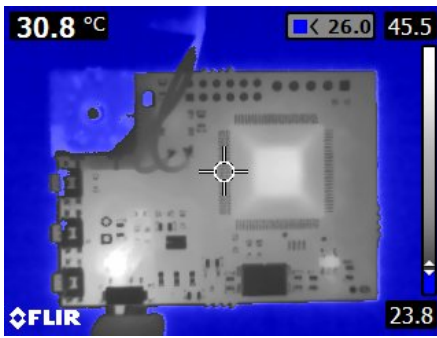
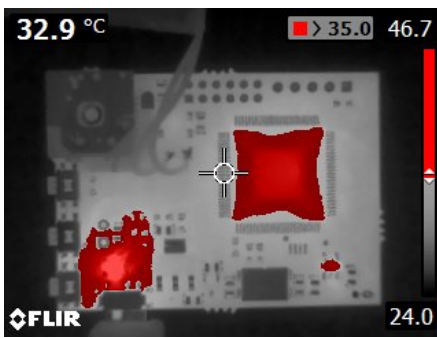
9.10 Používání barevných alarmů

9.10.1 Obecně

Pomocí barevných alarmů (izoterm) lze na infračerveném snímku snadno zjistit anomálie. Příkaz izoterma zabarví kontrastní barvou všechny pixely, které mají teplotu vyšší nebo nižší, než je předem stanovená teplotní úroveň.




9.10.2 Příklady obrazů

Tato tabulka vysvětluje různé barevné alarmy (izoterm).

Barevný alarm	Obráz
Alarm pod limitem	
Alarm nad limitem	

9.10.3 Postup

Použijte následující postup:

1. Stiskněte střed navigační plošky. Tím zobrazíte panel nástrojů.
2. Na panelu nástrojů vyberte možnost *Barva* . Tím zobrazíte panel nástrojů.
3. Na panelu nástrojů vyberte typ alarmu:
 - *Alarm pod limitem* .
 - *Alarm nad limitem* .
4. Stisknutím středu navigační plošky zobrazíte v horní části obrazovky prahovou teplotu.
5. Chcete-li prahovou teplotu změnit, stiskněte navigační plošku nahoru nebo dolů.

9.11 Změna režimu teplotní stupnice

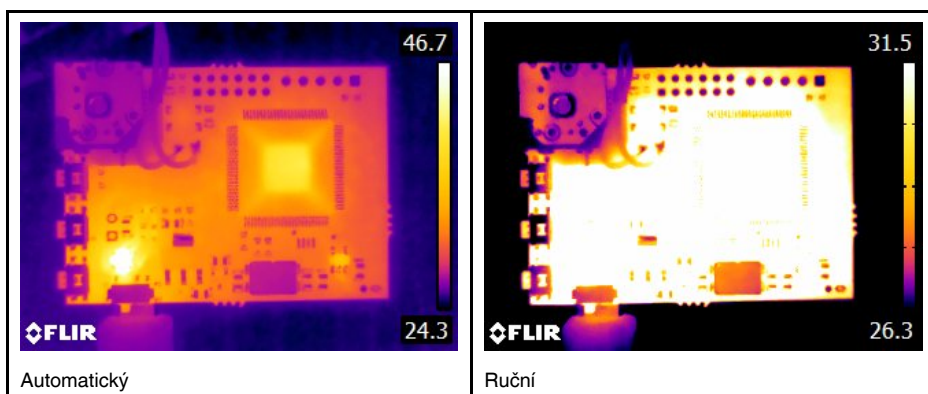
9.11.1 Obecně

Kamera může, v závislosti modelu kamery, fungovat ve dvou režimech teplotní stupnice:

- Režim *Automatický*: V tomto režimu je kamera neustále automaticky nastavována za účelem získání nejlepšího jasu a kontrastu snímku.
- *Ruční* režim: Tento režim umožňuje ruční nastavení rozmezí teplot a úrovně teplot.




9.11.2 Kdy používat *Ruční* režim

Zde jsou uvedeny dva infračervené snímky desky z polychlorovaných bifenylů. K usnadnění analýzy teplotních odchylek součástky v levém horním rohu byla teplotní stupnice na pravém snímku změněna na hodnoty blízké teplotě součástky.



9.11.3 Postup

Použijte následující postup:

1. Stiskněte střed navigační plošky. Tím zobrazíte panel nástrojů.
2. Na panelu nástrojů vyberte možnost *Teplotní stupnice* . Tím zobrazíte panel nástrojů.
3. Na panelu nástrojů vyberte jednu z následujících možností:
 - *Automatický* .
 - *Ruční* .
4. Chcete-li v režimu *Ruční* změnit rozmezí teplot a úroveň teplot, postupujte takto:
 - Stisknutím navigační plošky vlevo nebo vpravo vyberte (zvýrazněte) maximální a/ nebo minimální teplotu.
 - Stisknutím navigační plošky nahoru nebo dolů změňte hodnotu zvýrazněné teploty.

9.12 Nastavení emisivity jako vlastnosti povrchu

9.12.1 Obecně


Pro přesné teplotní měření potřebuje kamera informace o typu měřeného povrchu. Můžete vybrat z následujících vlastností povrchu:

- *Matný.*
- *Polomatný.*
- *Pololesklý.*

Další informace o emisivitě naleznete v části 15 *Techniky měření teplot*, strana 40.

9.12.2 Postup

Použijte následující postup:

1. Stiskněte střed navigační plošky. Tím zobrazíte panel nástrojů.
2. Na panelu nástrojů vyberte možnost *Možnosti* . Tím zobrazíte dialogové okno.
3. V dialogovém okně vyberte možnost *Parametry měření*. Tím zobrazíte dialogové okno.
4. V dialogovém okně vyberte možnost *Emisivita*. Tím zobrazíte dialogové okno.
5. V dialogovém okně vyberte jednu z následujících možností:
 - *Matný.*
 - *Polomatný.*
 - *Pololesklý.*

9.13 Nastavení emisivity jako vlastního materiálu


9.13.1 Obecně

Namísto zadávání vlastností povrchu z možností matný, polomatiný nebo pololesklý můžete zadat vlastní materiál ze seznamu materiálů.

Další informace o emisivitě naleznete v části 15 *Techniky měření teplot*, strana 40.

9.13.2 Postup

Použijte následující postup:

1. Stiskněte střed navigační plošky. Tím zobrazíte panel nástrojů.
2. Na panelu nástrojů vyberte možnost *Možnosti* . Tím zobrazíte dialogové okno.
3. V dialogovém okně vyberte možnost *Parametry měření*. Tím zobrazíte dialogové okno.
4. V dialogovém okně vyberte možnost *Emisivita*. Tím zobrazíte dialogové okno.
5. V dialogovém okně vyberte možnost *Vlastní materiál*. Tím zobrazíte seznam materiálů se známou emisivitou.
6. Vyberte materiál ze seznamu.

9.14 Změna emisivity jako vlastní hodnoty

9.14.1 Obecně

Pro velice přesná měření je potřeba místo výběru vlastnosti povrchu nebo vlastního materiálu nastavit emisivitu. Namísto prostého výběru vlastnosti povrchu je třeba vědět, jaký má emisivita a odrazivost vliv na měření.


Emisivita je vlastnost, která udává, kolik záření objekt emituje v porovnání s odráženým zářením. Zatímco nižší hodnota znamená, že větší část záření je odrážena, vyšší hodnota označuje nižší poměr odráženého záření.

Zatímco například leštěná nerezová ocel má hodnotu emisivity 0,14, strukturované podlahové PVC má hodnotu emisivity obvykle 0,93.

Další informace o emisivitě naleznete v části 15 *Techniky měření teplot*, strana 40.

9.14.2 Postup

Použijte následující postup:

1. Stiskněte střed navigační plošky. Tím zobrazíte panel nástrojů.
2. Na panelu nástrojů vyberte možnost *Možnosti* . Tím zobrazíte dialogové okno.
3. V dialogovém okně vyberte možnost *Parametry měření*. Tím zobrazíte dialogové okno.
4. V dialogovém okně vyberte možnost *Emisivita*. Tím zobrazíte dialogové okno.
5. V dialogovém okně vyberte možnost *Vlastní hodnota*. Tím zobrazíte dialogové okno, kde můžete nastavit vlastní hodnotu.

9.15 Změna odražené zdánlivé teploty


9.15.1 Obecně

Tento parametr se používá ke kompenzaci záření odraženého objektem. Je-li emisivita nízká a teplota objektu se od odražené teploty významně liší, bude důležité správně nastavit a kompenzovat odraženou zdánlivou teplotu.

Další informace o odražené zdánlivé teplotě naleznete v části 15 *Techniky měření teplot*, strana 40.

9.15.2 Postup

Použijte následující postup:

1. Stiskněte střed navigační plošky. Tím zobrazíte panel nástrojů.
2. Na panelu nástrojů vyberte možnost *Možnosti* . Tím zobrazíte dialogové okno.
3. V dialogovém okně vyberte možnost *Parametry měření*. Tím zobrazíte dialogové okno.
4. V dialogovém okně vyberte možnost *Odražená teplota*. Tím zobrazíte dialogové okno, kde můžete nastavit hodnotu.

9.16 Provádění opravy nerovnoměrnosti (non-uniformity correction, NUC)

9.16.1 Obecně

Když se na termokameře zobrazí zpráva *Kalibrace...*, probíhá proces, který se v termografii nazývá „korekce nerovnoměrnosti“ (Non-Uniformity Correction – NUC). Korekce nerovnoměrnosti je *korekce obrazu, kterou provádí software kamery, aby kompenzoval různé citlivosti prvků detektoru a další optické a geometrické vady*.² Další informace naleznete v části 17 *Kalibrace*, strana 51.

Korekce nerovnoměrnosti se provádí automaticky, například při spuštění nebo při změně teploty prostředí.

Korekci nerovnoměrnosti můžete rovněž provést ručně. To je účelné, když máte provádět kritické měření při co nejmenším narušení snímku.

9.16.2 Postup

Použijte následující postup:

1. Chcete-li provést ruční korekci nerovnoměrnosti, stiskněte a podržte tlačítko Archiv po dobu delší než 2 sekundy.

9.17 Změna nastavení

9.17.1 Obecně

Můžete měnit různá nastavení kamery.

Nabídka *Možnosti* obsahuje následující položky:

- *Parametry měření*.
- *Nastavení zařízení*.

9.17.1.1 Parametry měření

- *Emisivita*: Nastavená hodnota: 0,95.
- *Odražená teplota*: Nastavená hodnota: 20 °C.
- *Vzdálenost*: Nastavená hodnota: 1,0 m.

Poznámka Při normálním provozu není zpravidla nutné měnit parametry nastavených hodnot. Při velmi přesném měření budete možná muset nastavit položky *Emisivita* nebo *Odražená teplota*. Více informací najdete v částech 9.12 *Nastavení emivity jako vlastnosti povrchu*, 9.13 *Nastavení emivity jako vlastního materiálu*, 9.14 *Změna emivity jako vlastní hodnoty* a 9.15 *Změna odražené zdánlivé teploty*.


2. Definice je převzata z evropské normy EN 16714-3:2016, Nedestruktivní zkoušky – Termografické zkoušky – Část 3: Pojmy a definice.

9.17.1.2 Nastavení zařízení

- *Jazyk, čas a jednotky:*
 - *Jazyk.*
 - *Jednotka teploty.*
 - *Jednotka vzdálenosti.*
 - *Datum a čas.*
 - *Formát data a času.*
- *Obnovit:*
 - *Obnovit výchozí režim kamery.*
 - *Obnovit nastavení výrobce.*
 - *Odstranit všechny uložené snímky.*
- *Automatické vyp..*
- *Intenzita displeje.*
- *Informace o kameře:* Tento příkaz nabídky zobrazuje různé informace o kameře, například model, sériové číslo a verze softwaru.

9.17.2 Postup

Použijte následující postup:

1. Stiskněte střed navigační plošky. Tím zobrazíte panel nástrojů.
2. Na panelu nástrojů vyberte možnost *Možnosti* . Tím zobrazíte dialogové okno.
3. V dialogovém okně vyberte nastavení, která chcete změnit, a pomocí navigační plošky zobrazte další dialogová okna.

9.18 Aktualizace kamery

9.18.1 Obecně

Chcete-li získat výhody našeho nejnovějšího firmwaru pro kameru, je třeba kameru aktualizovat. Kamera se aktualizuje pomocí aplikace FLIR Tools/Tools+.

9.18.2 Postup

Použijte následující postup:

1. Spustíte FLIR Tools/Tools+.
2. Zapnete kameru.
3. Připojíte kameru k počítači pomocí kabelu USB.
4. V nabídce *Nápověda* v aplikaci FLIR Tools/Tools+ klikněte na možnost *Vyhledat aktualizace*.
5. Postupujte podle instrukcí na obrazovce.

10.1 Online kalkulačka zorného pole

Tabulky zorného pole pro všechny kombinace kamer a objektivů získáte na webové stránce <http://support.flir.com> po kliknutí na fotografii kamery.

10.2 Poznámka k technickým údajům

Společnost FLIR Systems si vyhrazuje právo kdykoli měnit technické údaje bez předchozího oznámení. Nejnovější informace naleznete na stránce <http://support.flir.com>.

10.3 Poznámka ke směrodatným verzím

Směrodatnou verzí této publikace je její anglická verze. V případě odchylek vzniklých chybami při překladu je rozhodující text v angličtině.

Všechny nejnovější změny jsou jako první implementovány do anglické verze.

10.4 FLIR ETS320

P/N: 63950-1001

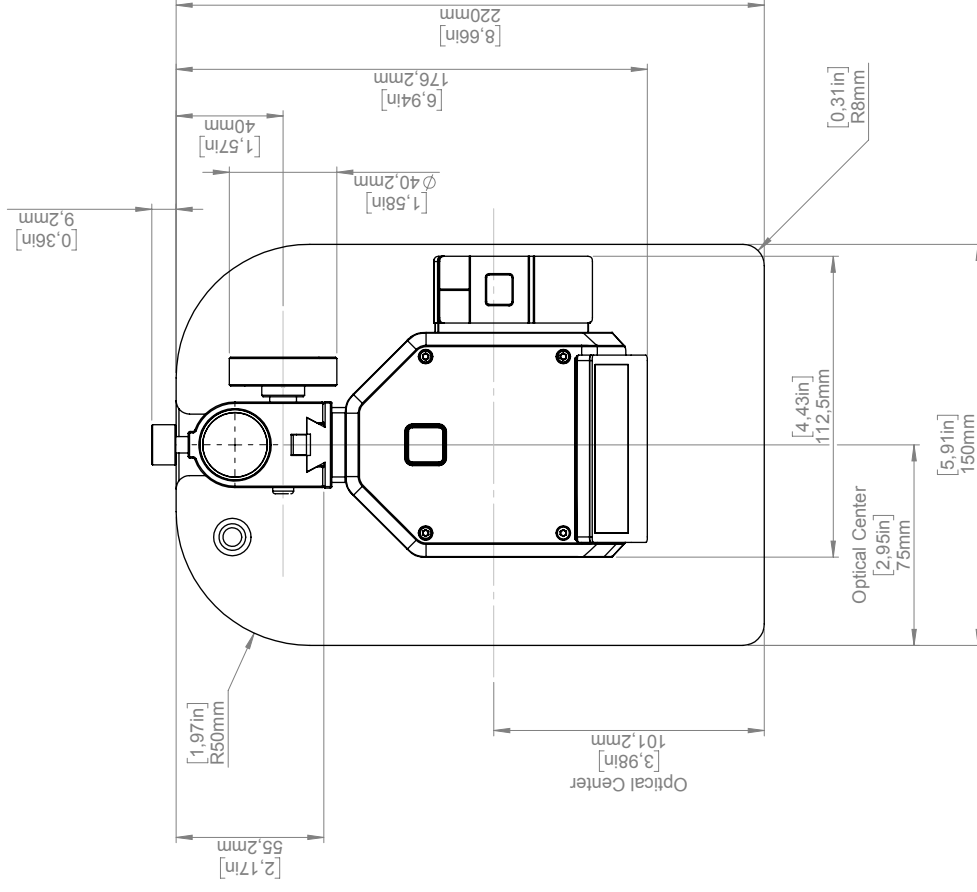
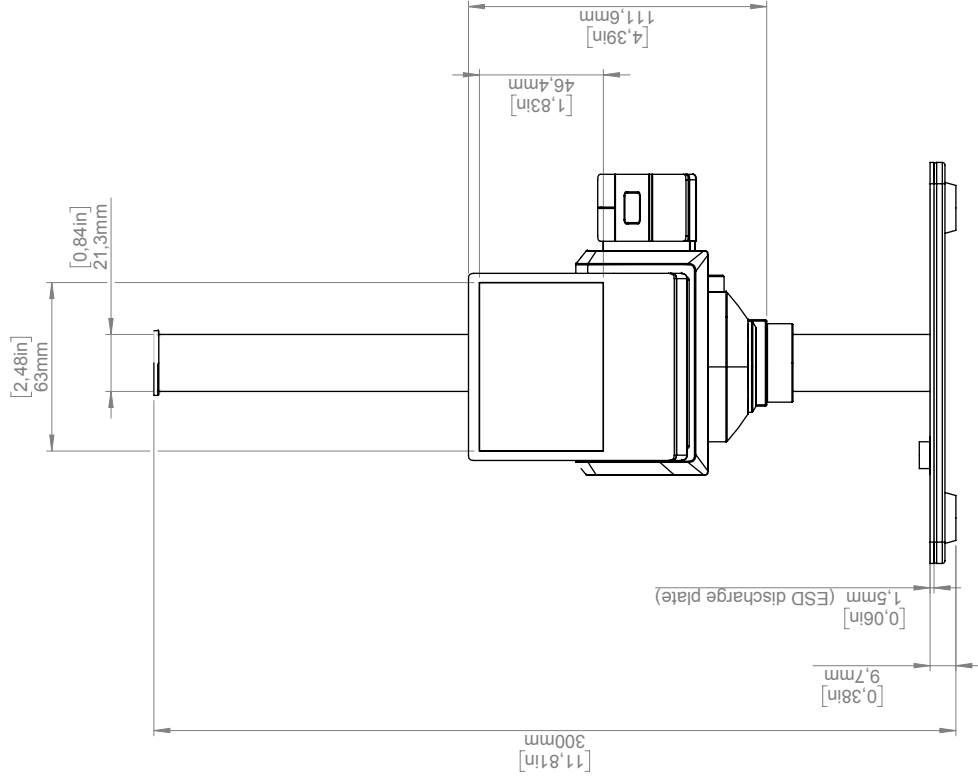
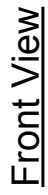
Rev.: 42969

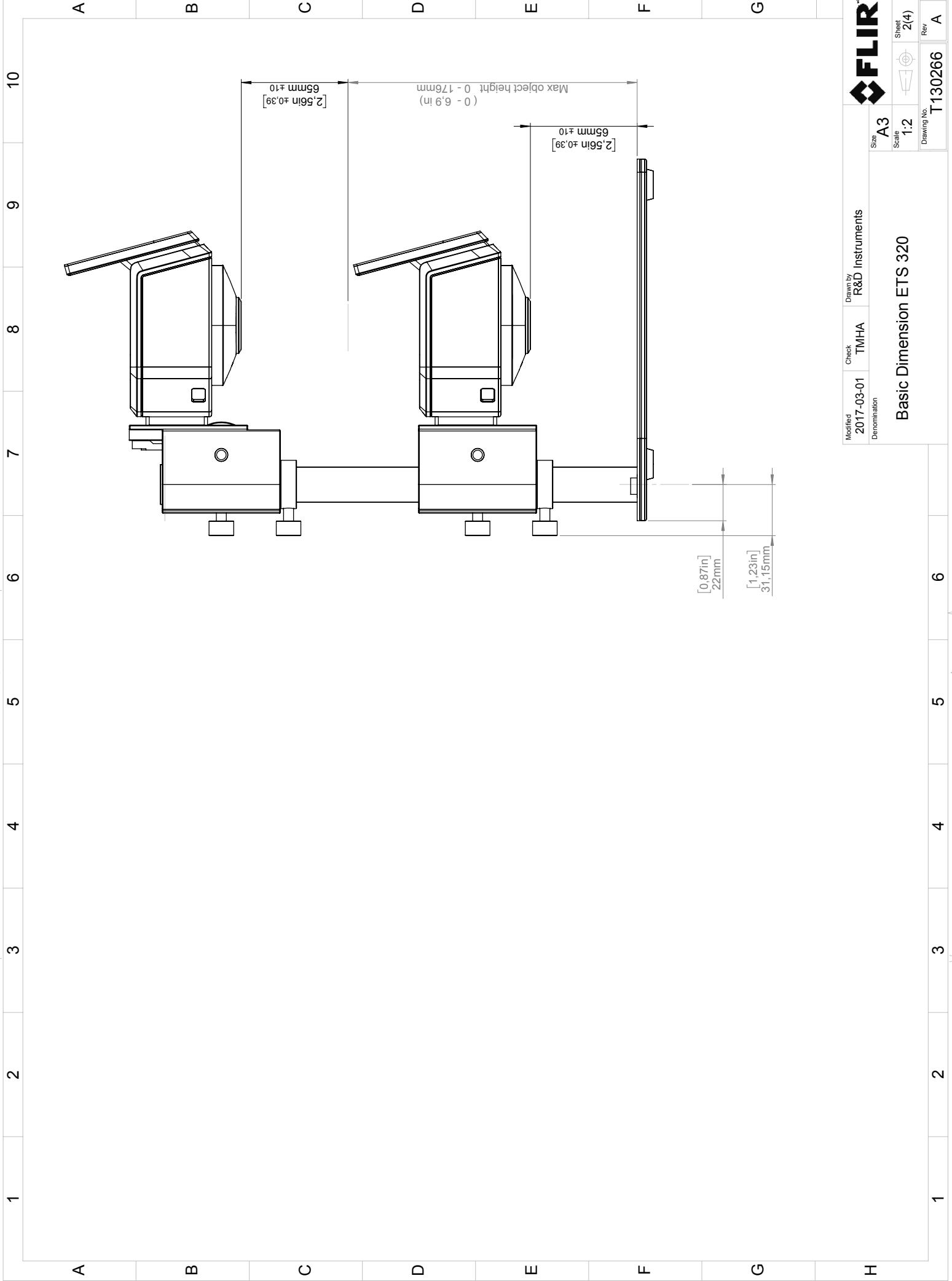
Obecný popis	
<p>Přístroj FLIR ETS320 je první elektronická zkušební stolní kamera společnosti FLIR, která je určena k rychlé kontrole teploty desek z polychlorovaných bifenyly a elektronických zařízení. Kamera FLIR ETS320 je dostatečně citlivá, aby rozlišila jemné rozdíly teploty s přesností $\pm 3^\circ\text{C}$, takže lze rychle najít horká místa a body s hrozícím selháním. Infračervený detektor s rozlišením 320×240 pixelů poskytuje více než 76 000 bodů měření teploty, čímž vylučuje dohady dosavadních měřicích přístrojů. Kamera FLIR ETS 320 napájená baterií je určena speciálně pro práci na stolní desce a je připojena k počítači, což umožňuje okamžitou analýzu a sdílení údajů o teplotě.</p>	
<p>Výhody:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Snižuje zkušební čas: rychle rozpoznáte horká místa, teplotní rozdíly a body, kde hrozí selhání. • Zkvalitňuje navrhování výrobků: zjistíte, kam a kdy přidat větráky a tepelné výměníky, a zajistíte tak provoz výrobků s maximálním využitím jejich životnosti. • Šetří peníze: zrychlete stavbu prototypů a snižte počet vývojových cyklů výrobku. • Optimalizuje čas v laboratoři: má bateriové napájení, nevyžaduje ruční obsluhu a nabízí úplné měření s analýzou v kameře. 	
<p>Hlavní funkce:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Více než 76 000 bodů bezkontaktního měření teploty stisknutím jediného tlačítka. • Detektor s rozlišením 320×240 pixelů zaručuje jasné tepelné zobrazení. • Měření teploty v čase pomocí softwaru FLIR Tools+. • Měření malých součástek až do velikosti měřené plochy $170\ \mu\text{m}$ na pixel. • K rychlému nalezení horkých míst slouží čočka se zorným úhlem 45° zobrazující měřený předmět. • Pro snadnější sdílení zaznamenává radiometrické snímky ve standardním formátu JPEG. • Přesnost $\pm 3\%$ podporuje zajištění kvality a přejímání polychlorovaných bifenyly továrnou. • Rychlá montáž na dodávaný stojan umožňuje okamžité použití. • Jasný LCD displej s úhlopříčkou 3 palce poskytuje okamžitou tepelnou zpětnou vazbu. • Kvůli pokročilým korekcím měření a schopnostem se dodává prvotřídní software. 	
Zobrazování a optická data	
Rozlišení v pásmu infračerveného záření	320×240 pixelů
Teplotní citlivost/NETD	$<0,06^\circ\text{C}/<60\ \text{mK}$
Zorné pole (FOV)	$45^\circ \times 34^\circ$
Pevná ohnisková vzdálenost	$70\ \text{mm} \pm 10\ \text{mm}$
Prostorové rozlišení (IFOV)	2,6 mrad
Světelnost objektivu	1,5
Frekvence zobrazení	9 Hz
Údaje o detektoru	
Typ detektoru	FPA (focal plane array – pole v ohniskové rovině), nechlazený mikrobolometr
Spektrální rozsah	7,5–13 μm
Zobrazení	
Displej	Barevný displej LCD, 3,0 palce, rozlišení 320×240 pixelů
Nastavení snímku	Automatické/ruční
Měření	
Rozsah teplot objektu	-20°C až $+250^\circ\text{C}$
Přesnost	$\pm 3^\circ\text{C}$ nebo $\pm 3\%$ odečtené hodnoty, jakkoli vysoké, pro okolní teplotu od 10°C do 35°C a teplotu objektu nad 0°C

Analýza měření	
Bodové měření	Středový bod
Oblast	Pravouhelník s maximem/minimem
Korekce emisivity	Proměnlivá od 0,1 do 1,0
Tabulka emisivity	Tabulka emisivity předem definovaných materiálů
Korekce odražené zdánlivé teploty	Automatická, podle zadané odražené teploty
Nastavení	
Palety barev	Černobílá, železná a duhová
Příkazy nastavení	Místní přizpůsobení jednotek, jazyka a formátu data a času
Vysílání videa	
Vysílání radiometrického infračerveného videa	Plně dynamické do počítače (FLIR Tools/Tools+) prostřednictvím rozhraní USB
Vysílání neradiometrického infračerveného videa	Nekomprimované barevné video prostřednictvím rozhraní USB
Ukládání snímků	
Formáty souborů	Standardní formát JPEG zahrnující 14bitová data měření
Datová komunikační rozhraní	
Rozhraní	USB Micro: přenos dat do počítače a z počítače PC a Mac
Systém napájení	
Typ baterie	Nabíjecí lithium-iontová baterie
Napětí baterie	3,7 V
Provozní doba baterie	Přibližně 4 hodiny při teplotě okolního prostředí 25 °C a obvyklém způsobu používání
Systém nabíjení	Baterie se nabíjí uvnitř kamery
Doba nabíjení	2,5 hodiny na 90 % kapacity
Řízení spotřeby	Automatické vypnutí
Provoz na střídavý proud	Adaptér na střídavý proud, vstup 90–260 V AC, výstup do kamery 5 V DC
Údaje o okolním prostředí	
Rozsah provozních teplot	10–40 °C
Rozsah skladovacích teplot	–40 až +70 °C
Vlhkost (provozní a skladovací)	IEC 60068-2-30/24 h 95% relativní vlhkost
Krytí	IP 40 (IEC 60529)
Směrnice a předpisy	
Směrnice a předpisy	<ul style="list-style-type: none"> FCC 47 CFR, část 15, třída B, podtřída B Předpisy REACH EC 1907/2006 Směrnice EMC 2014/30/EU Směrnice pro baterie 2006/66/EC Směrnice RoHS2 2011/65/EC Směrnice WEEE 2012/19/EC

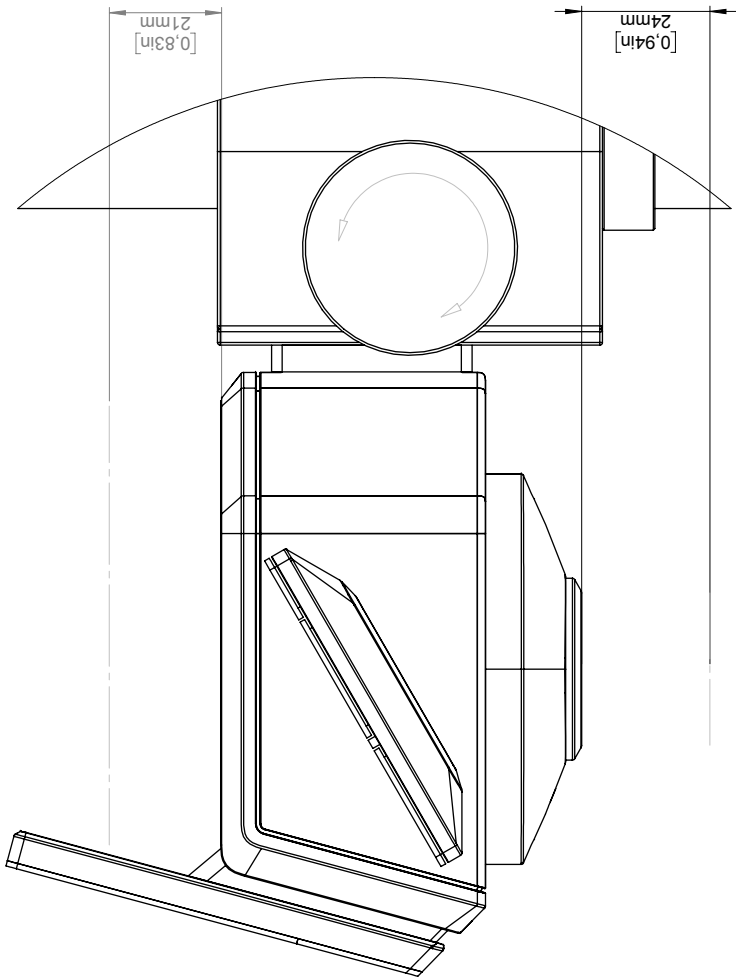
Fyzické údaje	
Hmotnost sestavy vč. baterie	1,8 kg
Rozměry sestavy (D × Š × V)	220 mm × 150 mm × 300 mm
Barva	Černá a šedá
Informace pro přepravu	
Obal, typ	Kartonová krabice
Seznam obsažených položek	<ul style="list-style-type: none">• FLIR Tools+• Infračervená kamera• Kabel USB• Napájecí zdroj• Tištěná dokumentace
Obal, hmotnost	2,9 kg
Rozměry balení (D × Š × V)	290 mm × 170 mm × 378 mm
EAN-13	4743254002913
UPC-12	845188014186
Země původu	Navrhla a zkonstruovala společnost FLIR Systems, Švédsko. Vyrobeno na Tchaj-wanu.

[Viz další strana]





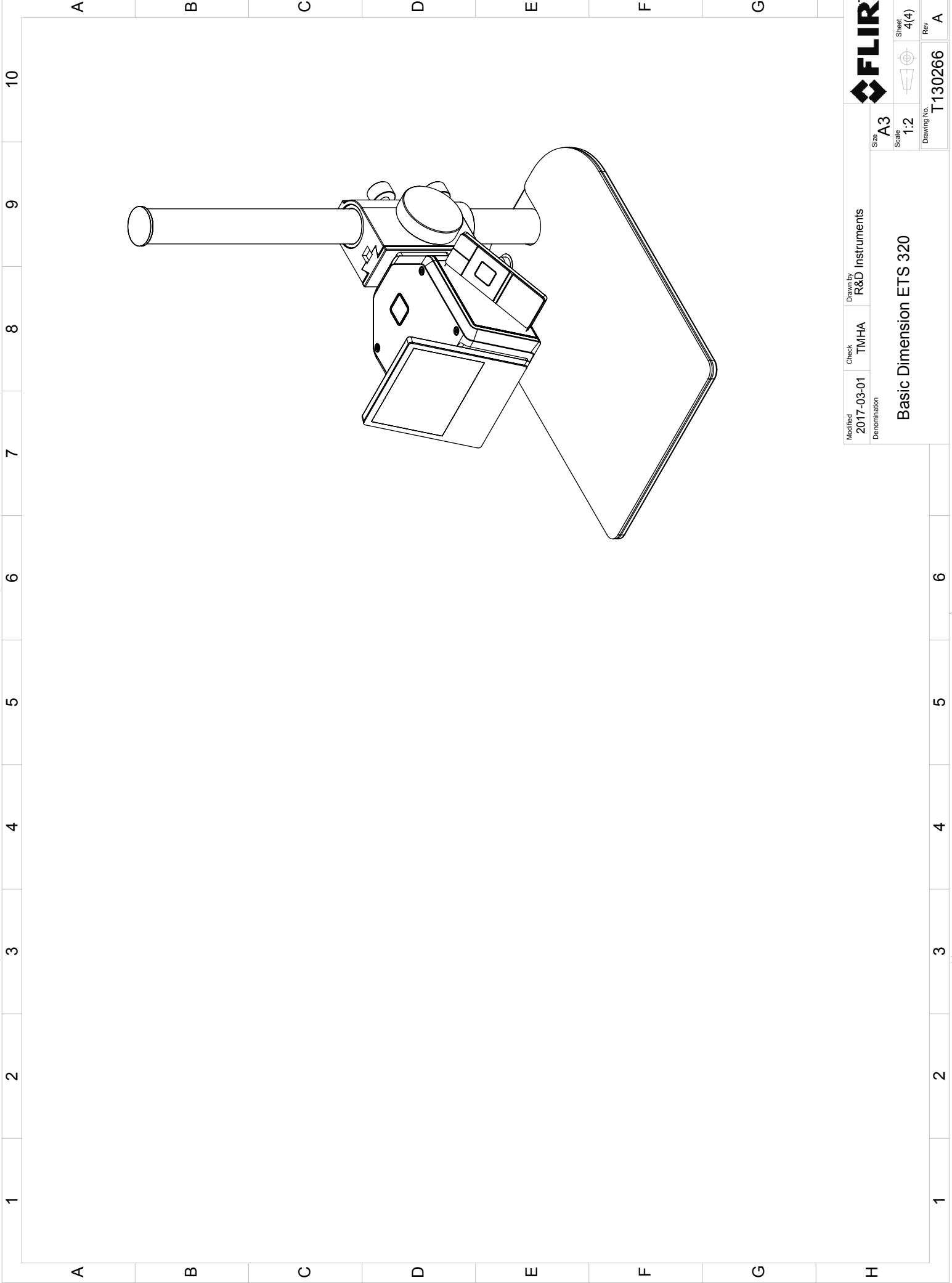
FLIR	Drawn by R&D Instruments			Size A3	Sheet 2(4)	Rev A
	Check TMHA	Denomination Basic Dimension ETS 320		Scale 1:2		
	Modified 2017-03-01			Drawing No. T130266		



DETAIL A
SCALE 1 : 1

Total adjustment length (locked): 45mm (1.77 in)

Modified 2017-03-01 Denomination		Check TMHA	Drawn by R&D Instruments	FLIR	
Basic Dimension ETS 320				Size A3	Sheet 3(4)
				Scale 1:2	
				Drawing No. T130266	Rev A



		Drawn by R&D Instruments		Size A3		Sheet 4(4)		Rev A	
Modified 2017-03-01		Check TMHA		Denomination Basic Dimension ETS 320		Scale 1:2		Drawing No. T130266	

12.1 Pouzdro kamery, kabely a další součásti

12.1.1 Kapaliny

Použijte jednu z těchto kapalin:

- Teplá voda
- Slabý roztok čisticího prostředku

12.1.2 Zařízení

Měkká látka

12.1.3 Postup

Použijte následující postup:

1. Namočte látku do kapaliny.
2. Vyždímejte z látky nadbytečnou kapalinu.
3. Pomocí látky součást vyčistěte.



UPOZORNĚNÍ

K čištění kamery, kabelů a dalšího příslušenství nepoužívejte žádná ředidla ani jiné podobné kapaliny. Mohly by je poškodit.

12.2 Infračervený objektiv

12.2.1 Kapaliny

Použijte jednu z těchto kapalin:

- Běžně dostupná čisticí kapalina pro objektiv, s obsahem izopropylalkoholu vyšším než 30 %.
- 96 % etylalkohol (C_2H_5OH).

12.2.2 Zařízení

Bavlněný tampón



UPOZORNĚNÍ

Pokud pro čištění objektivu používáte hadřík, musí být suchý. Pro čištění objektivu nepoužívejte hadříky navlhčené kapalinami uvedenými v části 12.2.1 výše. Uvedené kapaliny mohou způsobit uvolňování materiálu z hadříku pro čištění objektivu. Tento materiál může mít nežádoucí účinek na povrch objektivu.

12.2.3 Postup

Použijte následující postup:

1. Namočte bavlněný tampón do kapaliny.
2. Vyždímejte z bavlněné látky nadbytečnou kapalinu.
3. Vyčistěte bavlněným tampónem objektiv pouze jednou a pak jej vyřad'te.



VAROVÁNÍ

Než použijete stanovenou kapalinu, nezapomeňte si přečíst příslušné bezpečnostní tabulky materiálů a výstražné štítky na nádobách: kapaliny mohou být nebezpečné.

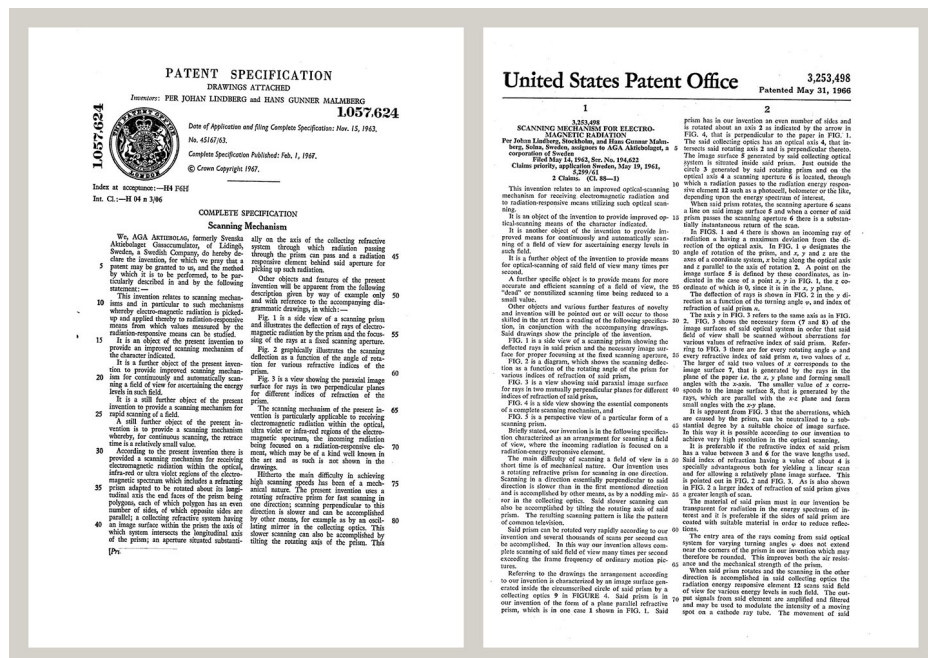
**UPOZORNĚNÍ**

- Při čištění infračerveného objektivu buďte opatrní. Objektiv je opatřen jemným antireflexním povlakem.
- Nečistěte infračervený objektiv příliš důrazně. Mohlo by dojít k poškození antireflexního povlaku.

Společnost FLIR Systems byla založena v roce 1978 jako průkopník v oblasti vývoje vysocí výkoných infračervených zobrazovacích systémů (termovizních kamer) a stala se přední světovou společností v navrhování, výrobě a prodeji teplotních zobrazovacích systémů pro širokou škálu komerčního a průmyslového využití i využití státními institucemi. Dnes společnost FLIR Systems zahrnuje pět velkých společností, které od roku 1958 dosáhly značných úspěchů v oblasti infračervených technologií – švédskou společnost AGEMA Infrared Systems (dříve AGA Infrared Systems), tři americké společnosti Indigo Systems, FSI a Inframetrics a francouzskou společnost Cedip.

Od roku 2007 převzala společnost FLIR Systems několik společností se špičkovými zkušenostmi v oblasti technologie snímačů:

- Exttech 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, divize mikrooptiky (2013)
- DVTEL (2015)
- Point Grey Research (2016)
- Prox Dynamics (2016)



Obrázek 13.1 Patentové listiny ze začátku 60. let minulého století

Společnost FLIR Systems má tři výrobní závody ve Spojených státech (ve městech Portland ve státě Oregon, Boston ve státě Massachusetts a Santa Barbara v Kalifornii) a jeden ve Švédsku (Stockholm). Od roku 2007 má také výrobní závod v Tallinu v Estonsku. Podporu pro naši mezinárodní klientelu zajišťují kanceláře pro přímý prodej v Belgii, Brazílii, Číně, Francii, Německu, Velké Británii, Hongkongu, Itálii, Japonsku, Koreji, Švédsku a USA, společně s celosvětovou sítí obchodních zástupců a distributorů.

Společnost FLIR Systems je v čele inovací v oboru infračervených kamer. Předvídáme poptávku na trhu neustálým vylepšováním našich stávajících kamer a vývojem kamer nových. Společnost vždy vytvářela milníky v navrhování a vývoji produktů například tím, že uvedla na trh první přenosnou kameru pro průmyslové kontroly napájenou z akumulátorů nebo první nechlazenou infračervenou kameru.



Obrázek 13.2 1969: Thermovision Model 661. Model 661. Kamera vážila přibližně 25 kg, osciloskop 20 kg a stativ 15 kg. Operátor také potřeboval generátor 220 V AC a 10litrovou nádobu s tekutým dusíkem. Vlevo od osciloskopu je vidět připojený Polaroid (6 kg).



Obrázek 13.3 2015: FLIR One, příslušenství pro mobilní telefony iPhone a Android. Hmotnost: 90 g.

Společnost FLIR Systems vyrábí všechny nezbytné mechanické i elektronické součásti kamerových systémů. Naši technici provádějí a kontrolují všechny fáze výroby – od návržení a výroby detektoru, přes čočky a elektroniku systému, až po závěrečné zkoušky a kalibraci. Hluboké znalosti těchto odborníků na infračervené technologie zajišťují přesnost a spolehlivost nejdůležitějších součástí infračervené kamery.

13.1 Víc než jen infračervená kamera

Ve společnosti FLIR Systems si uvědomujeme, že naším úkolem není jen samotná výroba infračervených kamerových systémů. Naším cílem je umožnit uživatelům našich infračervených kamerových systémů pracovat efektivněji tak, že jim nabídneme co nejvýkonnější kombinaci kamery a softwaru. V naší společnosti vyvíjíme software pro prognostiku údržby, pro výzkum a vývoj a pro sledování procesů přesně podle přání zákazníků. Většina softwarových aplikací je k dispozici v řadě jazykových mutací.

Podporujeme naše infračervené kamery širokou škálou příslušenství, abyste mohli své zařízení přizpůsobit těm nejnáročnějším požadavkům v oblasti použití infračervených technologií.

13.2 Sdílení našich znalostí

I když jsou naše kamery konstruované tak, aby se s nimi uživatelům co nejlépe pracovalo, měli byste o termografii vědět více, než jen jak obsluhovat kameru. Proto společnost FLIR Systems založila Školící středisko pro infračervené technologie (ITC), samostatnou obchodní jednotku, která poskytuje certifikovaná školení. Účast na některém z těchto kurzů ITC vám poskytne skutečně praktické zkušenosti.

K dispozici jsou vám rovněž pracovníci ITC, kteří vám budou poskytovat podporu s aplikacemi, již byste mohli potřebovat při uvádění infračervené teorie do praxe.

13.3 Podpora našich zákazníků

Společnost FLIR Systems provozuje celosvětovou servisní síť, která zajišťuje trvalou funkčnost vaší kamery. Pokud by se u kamery vyskytly potíže, místní servisní střediska mají veškeré vybavení i know-how, které jim umožňují váš problém vyřešit v co nejkratším čase. Není tedy nutné kameru posílat na druhý konec světa nebo mluvit s někým, kdo nerozumí vašemu jazyku.

Pojem	Definice
Absorpce a emise ³	Kapacita nebo schopnost tělesa pohlcovat dopadající vyzařovanou energii je vždy stejná jako kapacita pro emitování jeho vlastní energie ve formě záření
Barevná paleta	Přiřazuje různé barvy k označení konkrétních úrovní zdánlivé teploty. V závislosti na použitých barvách mohou palety poskytovat vysoký nebo nízký kontrast.
Diagnostika	Zkoumání příznaků a syndromů, jehož účelem je určit povahu poruch nebo selhání ⁴
Dopadající záření	Záření, které dopadá na těleso z jeho okolí
Emisivita	Poměr energie vyzařované reálným tělesem a energie, kterou vyzařuje černé těleso při stejné teplotě a stejné vlnové délce ⁵
Excitační záření	Záření, které opouští povrch tělesa bez ohledu na jeho původní zdroje
Infračervená termografie	Proces získávání a analýzy tepelných informací z bezkontaktních zařízení pro snímání tepelného obrazu
Izoterma	Nahrazuje určité barvy stupnice kontrastní barvou a označuje interval stejné zdánlivé teploty ⁶
Kvalitativní termografie	Termografie, která je založena na analýze tepelných vzorů, s jejichž pomocí odhaluje a lokalizuje místa anomálií ⁷
Kvantitativní termografie	Termografie, která používá měření teploty k určení závažnosti anomálií s cílem stanovit priority pro opravy ⁷
Prostorové rozlišení	Schopnost infračervené kamery rozeznat malé objekty nebo detaily
Proudění (konvekce)	Způsob přenosu tepla, kdy je kapalina působením gravitace nebo jiné síly uvedena do pohybu a přenáší teplo z jednoho místa na druhé
Přenos tepla zářením	Přenos tepla vyzařováním a pohlcováním tepelného záření
Rychlost přenosu tepla ⁸	Rychlost přenosu tepla za podmínek ustáleného stavu je přímo úměrná tepelné vodivosti tělesa, ploše příčného průřezu, přes který prochází tepelný tok, a teplotnímu rozdílu mezi dvěma konci tělesa. Je nepřímo úměrná délce nebo tloušťce tělesa. ⁹
Směr přenosu tepelné energie ¹⁰	Teplo bude samovolně proudit z teplejší oblasti do chladnější, a tím bude docházet k přenosu tepelné energie z jednoho místa na druhé ¹¹
Tepelná energie	Celková kinetická energie molekul, které tvoří těleso ¹²
Tepelné ladění	Proces nastavení barev obrazu analyzovaného tělesa s cílem dosáhnout maximálního kontrastu
Teplo	Tepelná energie, která je přenášena mezi dvěma tělesy (systémy) v důsledku jejich rozdílných teplot
Teplota	Měřítka průměrné kinetické energie molekul a atomů, které tvoří hmotu
Teplotní gradient	Postupná změna teploty v závislosti na vzdálenosti ⁵

3. Kirchhoffův zákon tepelného vyzařování:

4. Na základě normy ISO 3372:2004 (en).

5. Na základě normy ISO 16714-3:2016 (en).

6. Na základě normy ISO 18434-1:2008 (en)

7. Na základě normy ISO 10878-2013 (en).

8. Fourierův zákon:

9. Jedná se o jednorozměrnou formu Fourierova zákona, která je platná pro podmínky ustáleného stavu.

10. Druhý termodynamický zákon:

11. Jedná se o důsledek druhého termodynamického zákona, samotný zákon je složitější.

12. Tepelná energie je součástí vnitřní energie tělesa.

Pojem	Definice
Vedení (kondukce)	Přímý přenos tepelné energie z molekuly na molekulu, který je způsoben srážkami molekul
Zachování energie ¹³	Součet celkové vnitřní energie v uzavřeném systému je konstantní
Zdánlivá odražená teplota	Zdánlivá teplota prostředí, která je odražena cílovými tělesy do infračervené kamery ¹⁴
Zdánlivá teplota	Nekompenzovaná hodnota odečtená z infračerveného přístroje, která zahrnuje veškeré záření dopadající na přístroj bez ohledu na zdroje záření ¹⁵

13. První termodynamický zákon:

14. Na základě normy ISO 16714-3:2016 (en).

15. Na základě normy ISO 18434-1:2008 (en).

15.1 Úvod

Infračervená kamera měří a zobrazuje objektem vyzařované infračervené záření. Skutečnost, že záření přímo závisí na povrchové teplotě objektu, umožňuje kameře tuto teplotu vypočítat a zobrazit.

Avšak radiace měřená kamerou nezávisí pouze na teplotě objektu, ale také na emisivitě. Záření také vzniká v okolním prostředí a odraží se od objektu. Záření objektu a odražené záření jsou rovněž ovlivněny pohlčováním při průchodu atmosférou.

K přesnému měření teploty je proto nutné kompenzovat účinky různých zdrojů radiace. To kamera provádí automaticky za provozu. Do kamery je však nutné zadat následující parametry objektu:

- emisivita objektu
- teplota odraženého záření
- vzdálenost mezi objektem a kamerou
- relativní vlhkost
- teplota atmosféry

15.2 Emisivita

Nejdůležitější parametr objektu, který musí být správně určen, je emisivita. Emisivita objektu je - stručně řečeno - poměr množství záření emitovaného objektem a záření dokonalého černého tělesa stejné teploty.

Emisivita, resp. koeficient emisivity běžných materiálů a jejich upravených povrchů je přibližně v rozsahu od 0,1 do 0,95. Silně vyleštěný povrch (zrcadlo) má emisivitu velmi nízkou, nižší než 0,1, kdežto oxidovaný nebo natřený povrch má emisivitu vyšší. Olejové barvy mají ve viditelném spektru emisivitu větší než 0,9, nezávisle na jejich barvě. Lidská pokožka má emisivitu 0,97 až 0,98.

Neoxidované kovy jsou extrémním případem naprosté nepropustnosti a vysoké odrazivosti, která se příliš nemění v různých vlnových délkách. Proto je emisivita kovů nízká – zvyšuje se pouze s teplotou. Nekovy mají většinou vysokou emisivitu, která se snižuje s teplotou.

15.2.1 Zjištění emisivity vzorku

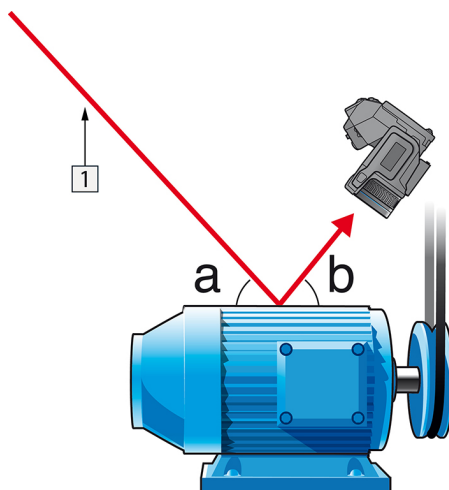
15.2.1.1 Krok 1: Určení teploty odraženého záření

Použijte některou z těchto dvou metod pro určení teploty odraženého záření:

15.2.1.1.1 Metoda 1: Přímá metoda

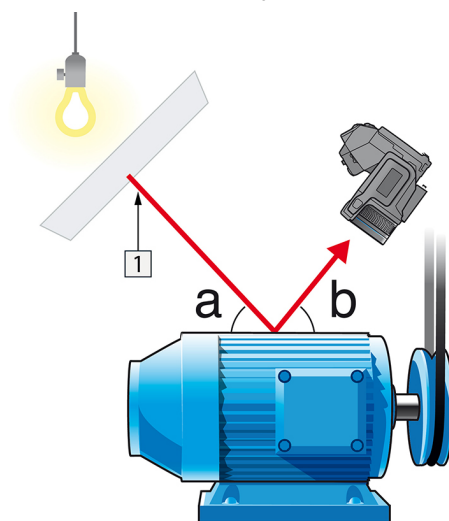
Použijte následující postup:

1. Najděte možné zdroje odrazu s ohledem na skutečnost, že úhel dopadu je roven úhlu odrazu ($a = b$).



Obrázek 15.1 1 = Zdroj odrazu

2. Je-li zdroj odrazu bodový, upravte zdroj tak, že jej přehradíte kouskem kartonu.

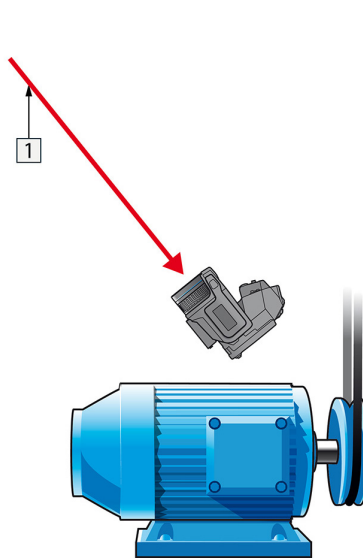


Obrázek 15.2 1 = Zdroj odrazu

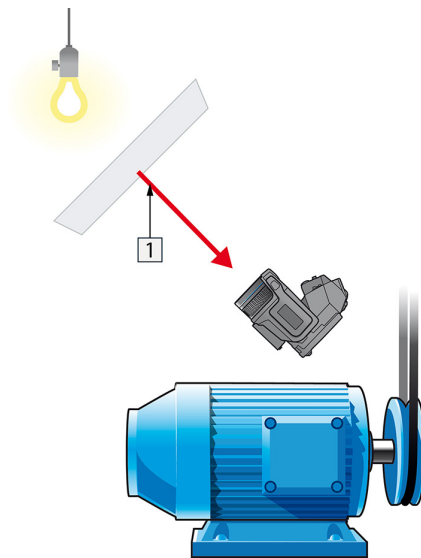
3. Změřte intenzitu záření (= zdánlivou teplotu) ze zdroje odrazu pomocí následujícího nastavení:

- Emisivita: 1,0
- D_{obj} : 0

Intenzitu záření lze změřit pomocí jedné z těchto dvou metod:



Obrázek 15.3 1 = Zdroj odrazu



Obrázek 15.4 1 = Zdroj odrazu

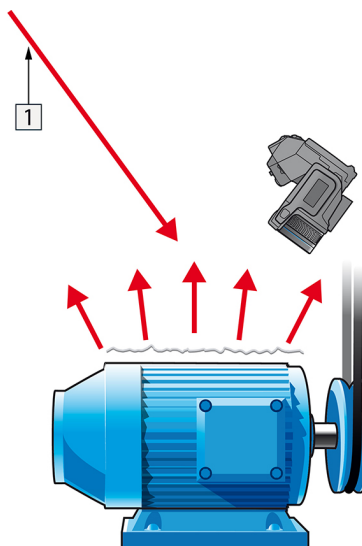
K měření zdánlivé odražené teploty nelze použít termočlánek, protože termočlánek měří *teplotu*, ale zdánlivá teplota je *intenzita záření*.

15.2.1.1.2 Metoda 2: Metoda odrazového zrcadla

Použijte následující postup:

1. Rozdělte velký kus hliníkové fólie na kousky.
2. Uhlad'te hliníkovou fólii a připevněte ji na desku z kartonu stejné velikosti.
3. Položte desku z kartonu před objekt, který chcete měřit. Zajistěte, aby strana s hliníkovou fólií směřovala ke kameře.
4. Nastavte emisivitu na 1,0.

5. Změřte zdánlivou teplotu hliníkové fólie a poznamenejte si ji. Fólie je považována za dokonalý odrazný materiál, takže její zdánlivá teplota se shoduje se zdánlivou teplotou odraženou od okolí.



Obrázek 15.5 Měření teploty záření hliníkové fólie.

15.2.1.2 Krok 2: Určení emisivity

Použijte následující postup:

1. Zvolte místo, kam se položí vzorek.
2. Podle předchozího postupu určete a nastavte teplotu odraženého záření.
3. Na vzorek položte kousek elektrické pásky se známou vysokou emisivitou.
4. Zahřejte vzorek na teplotu přesahující alespoň o 20 K pokojovou teplotu. Zahřívání musí být přiměřeně rovnoměrné.
5. Zaostrte a automaticky nastavte kameru a zastavte obraz.
6. Upravte možnost *Úroveň* a *Rozmezí* pro dosažení nejlepšího jasu a kontrastu obrazu.
7. Nastavte emisivitu na hodnotu odpovídající pásce (obvykle 0,97).
8. Pomocí jedné z následujících měřících funkcí změřte teplotu pásky:
 - *Izoterma* (pomáhá určit jak teplotu, tak rovnoměrnost zahřívání vzorku)
 - *Bod* (jednodušší)
 - *Pravoúhelník Prům.* (dobré pro povrchy s proměnlivou emisivitou).
9. Zaznamenejte teplotu.
10. Přesuňte měřicí funkce na povrch vzorku.
11. Měňte nastavení emisivity, dokud neodečtete stejnou teplotu jako při předchozím měření.
12. Zaznamenejte emisivitu.

Poznámka

- Zabraňte nucenému proudění
- Najděte teplotně stabilní okolí, které nebude vytvářet bodové odrazy.
- Použijte vysoce kvalitní pásku, o které víte, že není propustná a disponuje vysokou emisivitou, na kterou se můžete spolehnout.
- Tato metoda předpokládá, že je teplota pásky a povrchu vzorku stejná. Pokud tomu tak není, bude měření emisivity chybné.

15.3 Teplota odraženého záření

Tento parametr se používá ke kompenzaci záření odraženého objektem. Je-li emisivita nízká a teplota objektu relativně dosti jiná než odražená, bude důležité správně nastavit a kompenzovat teplotu odraženého záření.

15.4 Vzdálenost

Vzdáleností se míní vzdálenost mezi objektem a objektivem kamery. Tento parametr se používá ke kompenzaci těchto dvou vlivů:

- Záření cílového objektu je absorbováno atmosférou mezi objektem a kamerou.
- Záření atmosféry je detekováno kamerou.

15.5 Relativní vlhkost

Kamera může také kompenzovat skutečnost, že propustnost atmosféry rovněž závisí na její relativní vlhkosti. Proto je nutné zadat hodnotu parametru relativní vlhkosti. Pro malé vzdálenosti může být hodnota relativní vlhkosti ponechána na předvolených 50 %.

15.6 Další parametry

Některé kamery a programy pro analýzu společnosti FLIR Systems umožňují dále kompenzovat následující parametry:

- Atmosférická teplota – *t_j*. teplota atmosféry mezi kamerou a cílem.
- Teplota externí optiky – *t_j*. teplota externích čoček nebo oken použitých před kamerou.
- Transmittance externí optiky – *t_j*. transmittance externích čoček nebo oken použitých před kamerou.

16.1 Úvod

Používání termokamer se v posledních letech rozšiřuje mezi profesionály z mnoha oborů. Vyznačují se snadnou obsluhou a pořizování tepelných snímků je rychlé. Snímky je také možné snadno vkládat do zpráv, například při revizi elektroinstalace nebo pořizování důkazního materiálu prováděných prací v případě závad nebo zjištěných odchylek. Lidé však často zapominají, že snímky pořizované pro účely doložení určitých skutečností nebo dokonce jako důkazy k soudu musí splňovat určité požadavky. Toho však nelze dovést jen pomocí rychlé momentky. Co tedy charakterizuje dobrý tepelný snímek?

16.2 Pozadí

Při praktickém předvádění na našich termografických školeních se stále dokola přesvědčujeme, jak obtížná je pro některé účastníky volba optimálních nastavení kamery pro různé účely. Každý nemá praxi řekněme například z amatérského fotografování (více o rozdílech mezi termografií a fotografií v další části), a k pořízení dobrého a kvalitního tepelného snímku jsou určité znalosti z oblasti fotografie – včetně jejich praktické aplikace – nutné. Z tohoto důvodu není nijak překvapující, že termografové, zejména ti neškolení, opakovaně vytváří zprávy s tepelnými snímky nenaplňujícími potřebné požadavky nebo dokonce naznačujícími nesprávné závěry, které se hodí leda tak do koše. Bohužel, s takovými zprávami se setkáváme nejen u společností, kde termografie tvoří spíše jen doplněk jejich činnosti, ale také u firem, ve kterých mohou být takovéto zprávy součástí monitorování životně důležitých procesů nebo programů údržby. Jsou k tomu dva hlavní důvody: buď uživatelné neví, jak má dobrý tepelný snímek vypadat nebo jak se dá pořídit, nebo – ať už z jakéhokoli důvodu – není práce řádně odvedena.

16.3 Dobrý snímek

Termografie a fotografie jsou do určité míry příbuzné obory. Není proto od věci podívat se, co je důležité pro profesionální fotografy. Jak charakterizují dobrý snímek? Jako nejdůležitější lze zdůraznit tři aspekty:

1. Snímek musí pozorovatele nějakým způsobem oslovit. To znamená, že musí být něčím neobvyklý, výrazný nebo jedinečný. Musí vzbudit zájem a podle žánru také vyvolávat emoce.
2. Je třeba, aby byl vyvážený, s harmonickou kompozicí; detaily snímku musí esteticky korespondovat s jeho obsahem.
3. Musí na něm být zajímavé osvětlení, například protisvětlo nebo boční světlo, které vrhá dramatické stíny, případně večerní světlo či jiné příjemné osvětlení – cokoli, co přispěje k celkovému dojmu, jaký chce fotograf vyvolat.

Do jaké míry lze tento přístup aplikovat v termografii?

Také v termografii by měl být motiv zajímavý. Jinými slovy, naším cílem je zobrazit objekt či jeho stav. Emoce nejsou nutné – prioritu mají na tepelných snímcích fakta (za předpokladu, že se nemá jednat o umělecké dílo!). V každodenním pracovním životě je důležité zřetelně ilustrovat tepelné projevy a doplňovat měření teplot.

Na tepelných snímcích musí být také dostatek detailů a objekt zobrazen v dostatečné velikosti a vhodné poloze.

Bez externího osvětlení není nic vidět a není ani možné pořídit fotografii, protože to, co vidíme na vlastní oči nebo zachytíme fotoaparátem, je odražené světlo. V termografii kamera zaznamenává jak emitované, tak odražené vyzařování. Proto má svou důležitost vztah a intenzita infračerveného záření jak vyzařovaného příslušným objektem, tak okolím. Jas a kontrast na snímku se pak upravují změnou zobrazeného teplotního intervalu.

Porovnání fotografie s termografií můžeme shrnout do tabulky v podobě několika klíčových pojmů:

Fotografie	Termografie
Zajímavý motiv	Zkoumaný objekt
„Vypráví příběh“	„Prezentuje fakta“

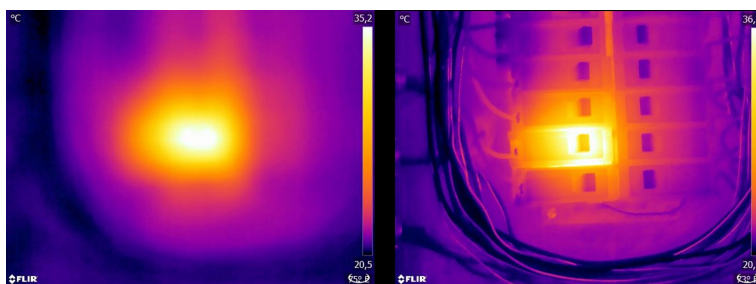
Fotografie	Termografie
Esteticky příjemná	Zřetelný tepelný obraz
Emotivní	Objektivní
Detaily snímku	Detaily snímku
Zaostření	Zaostření
Světlo	Vyzařování a odraz
Jas	Jas
Kontrast	Kontrast

Podobně jako ve fotografii existuje v termografii nespočet možností úprav snímků – za předpokladu, že jsou uloženy jako radiometrické obrazy. Některá nastavení však není možné měnit, a některé chyby na snímcích nelze opravit.

16.4 Tři pilíře jako základ dobrého snímku

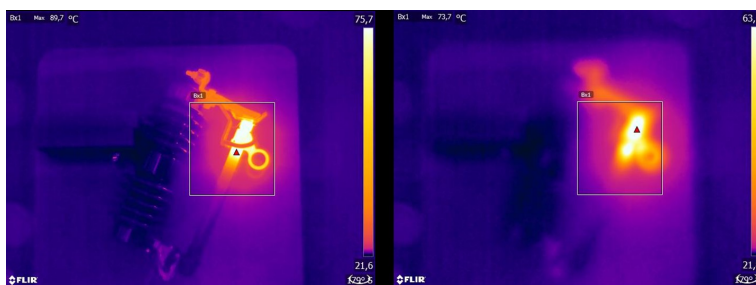
16.4.1 Zaostření

Profesionální tepelný snímek je vždy správně zaostřen a celý ostrý. Objekt i tepelný obraz musí být zřetelné a dobře zřejmé.



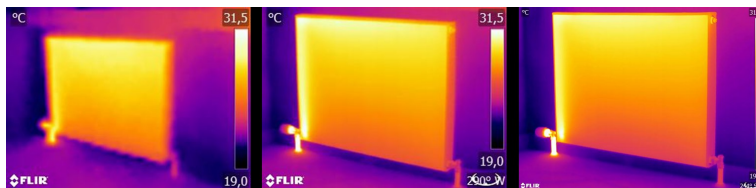
Obrázek 16.1 Na nezaostřeném snímku vidíme jen „tepelné skvrny“ (vlevo). Na zaostřeném snímku (vpravo) je zřetelně znázorněno, jaký objekt nás zajímá a kde se zahřívá.

Rozmazaný snímek nejen že působí neprofesionálně a ztěžuje jak identifikaci objektu, tak případných závad (viz Obrázek 16.1), ale může také vést k chybám měření (viz Obrázek 16.2), které jsou tím zásadnější, čím menší je měřený objekt. Dokonce i když budou všechny ostatní parametry nastaveny správně, hodnoty naměřené na nezaostřeném tepelném snímku budou s největší pravděpodobností nesprávné.



Obrázek 16.2 Dobře zaostřený tepelný snímek (vlevo) s maximální teplotou $T_{\max} = 89,7\text{ °C}$ a nesprávně zaostřený tepelný snímek (vpravo) s maximální teplotou $T_{\max} = 73,7\text{ °C}$.

Svou roli v kvalitě snímků hraje samozřejmě i velikost matice detektoru. Snímky pořízené kamerami s menšími detektory (tj. s méně pixely) jsou rozmazanější, nebo chcete-li „zrnitější“, a působí dojemem, jako by nebyly dobře zaostřené (viz Obrázek 16.3). Je také třeba poznamenat, že ne všechny kamery se dají zaostřovat, a v takovýchto případech je jedinou možností, jak zajistit ostrý obraz kamery, změna vzdálenosti od objektu.



Obrázek 16.3 Stejně topné těleso ze stejné vzdálenosti při použití shodných nastavení zachycené třemi různými termokamerami: FLIR C2 (vlevo), FLIR T440 (uprostřed) a FLIR T640 (vpravo).

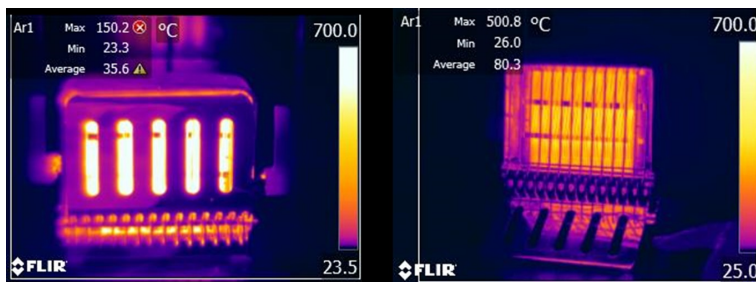
16.4.2 Teplotní rozsah

U ručních kamer s nechlazenými mikrobolometrem je „expozice“ v zásadě dána obnovovacím kmitočtem snímků. To znamená, že není možné určovat, jak dlouho by mělo záření dopadat na detektor kamery, a tedy kolik ho tam dopadne. Z tohoto důvodu je třeba vybrat vhodný teplotní rozsah odpovídající míře dopadajícího záření. Je-li vybrán příliš nízký teplotní rozsah, bude snímek přesaturovaný, protože objekty s vyšší teplotou vyzařují více infračerveného záření než studenější objekty. Pokud vyberete příliš vysoký teplotní rozsah, bude teplotní snímek „podexponovaný“, jak znázorňuje Obrázek 16.4.



Obrázek 16.4 Snímky z kamery FLIR T440 s teplotními rozsahy -20 až $+120$ °C, (vlevo), 0 až $+650$ °C (uprostřed) a $+250$ až $+1200$ °C (vpravo). Všechna ostatní nastavení zůstala stejná.

Chcete-li pořídit snímek nebo změřit teplotu, je třeba vybrat nejnižší teplotní rozsah, který kamera nabízí. Současně je však nutné zachytit na snímku i tu nejvyšší teplotu (viz Obrázek 16.5).

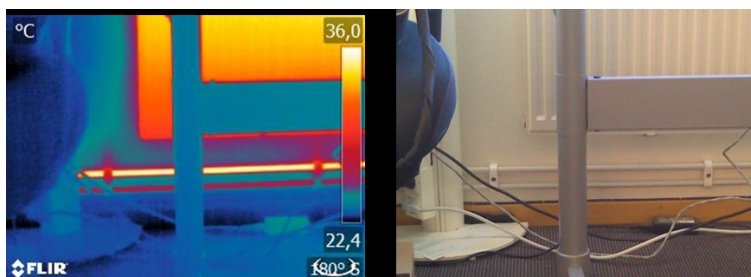


Obrázek 16.5 Snímek stejného objektu s různými teplotními rozsahy: -20 až $+120$ °C (vlevo) a 0 až $+650$ °C (vpravo). Teplota na snímku vlevo se zobrazuje s výstražnou značkou (červený kroužek s bílým křížkem), protože naměřené hodnoty jsou mimo kalibrovaný rozsah.

V závislosti na modelu kamery a možnostech konfigurace se někdy dají zobrazit přexponované a podexponované oblasti kontrastní barvou.

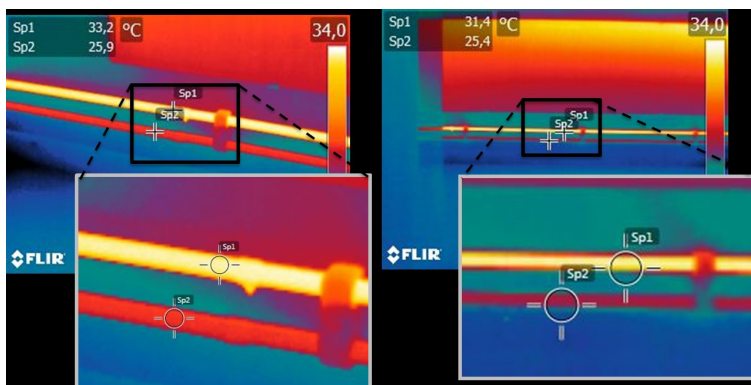
16.4.3 Detaily snímku a vzdálenost od objektu

Osvětlení ve fotografii odpovídá v termografii vzájemná interakce vyzařování objektu a záření odraženého od okolí. To druhé je nežádoucí, protože cílem je omezit parazitní či přinejmenším bodové odrazy. Tohoto cíle lze dosáhnout zvolením vhodného místa pro pořizování snímků. Doporučujeme volit taková místa, odkud je objekt zájmu zřetelně vidět a není za něčím skryt. Vypadá to jako samozřejmost, ale v oboru stavebnictví například často můžeme narazit na zprávy, ve kterých jsou zkoumaná potrubí či okna ukrytá za sedačkami, pokojovými rostlinami nebo záclonami či závěsy. Takováto situace je ilustrována na Obrázek 16.6 a setkáváme s ní stále příliš často.



Obrázek 16.6 „Termografická kontrola“ nepřístupného objektu.

Je také důležité, aby zkoumaný objekt nebo oblasti zájmu zabíraly celou plochu tepelného snímku. To platí zejména při měření teplot malých objektů. Pro správné měření teploty je nutné, aby byl bodový nástroj celý vyplněn příslušným objektem. Zorné pole a tedy velikost bodu jsou dány jednak vzdáleností od objektu, jednak optikou použitou na kameře. V takovýchto případech je nutné buď zkrátit vzdálenost od objektu (jděte blíže!) nebo použít teleobjektiv (viz Obrázek 16.7).



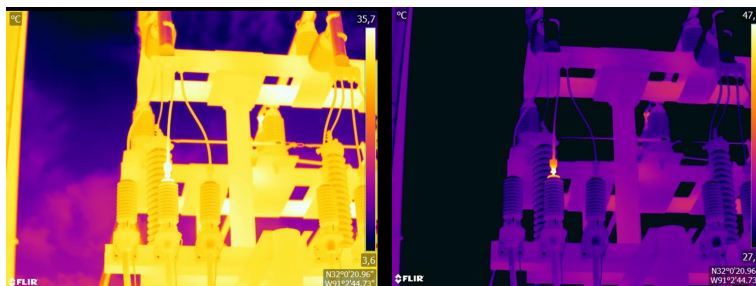
Obrázek 16.7 Přívodní a vratné potrubí topných těles v otevřené kanceláři. Levý snímek byl pořízen ze vzdálenosti 1 m: měřicí bod je vyplněn a naměřená teplota je správná. Snímek vpravo byl pořízen ze vzdálenosti 3 m: měřicí bod není celý vyplněn, a proto jsou naměřené hodnoty teploty nesprávné (31,4 a 25,4 °C namísto 33,2 a 25,9 °C).

16.5 Proměnné – optimalizace snímku a měření teploty

16.5.1 Úroveň a rozmezí

Po nastavení vhodného teplotního rozsahu můžete upravit kontrast a jas tepelného snímku změnou zobrazených teplotních intervalů. V ručním režimu lze teplotám objektu zájmu přiřadit umělé barvy dostupné v paletě. Tento proces se často označuje jako „tepelné ladění“. V automatickém režimu kamera nastaví nejnižší a nejvyšší zdánlivou teplotu na snímku jako horní a dolní limit aktuálně zobrazeného teplotního intervalu.

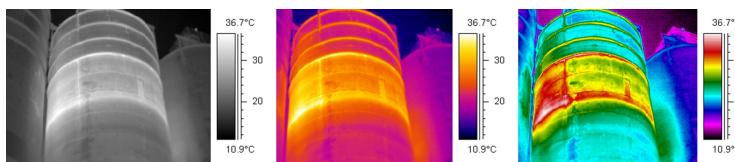
Nastavení vhodného či pro konkrétní aplikaci potřebného měřítka na tepelném snímku představuje důležitý předpoklad interpretace snímku a často se bohužel podceňuje (viz Obrázek 16.8).



Obrázek 16.8 Tepelný snímek v automatickém režimu (vlevo) a při ručním modelování (vpravo). Upravený teplotní interval zvyšuje kontrast snímku a zvýrazňuje závady.

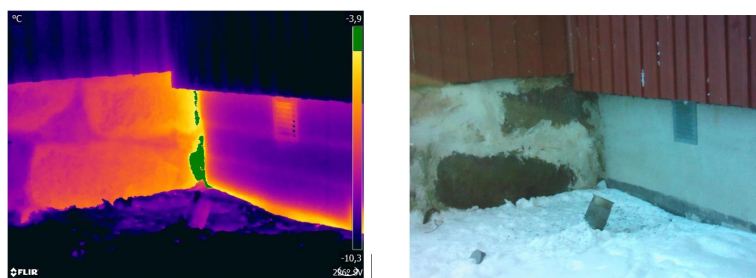
16.5.2 Palety a izotermy

Palety představují intervaly mezi stejnými zdánlivými teplotami při použití různých sad barev. Jinými slovy slouží k převedení konkrétních intenzit vyzařování na barvy, které budou pro danou paletu specifické. Mezi často používané palety patří šedá, železo a duha (viz Obrázek 16.9). Šedé tóny jsou vhodné především při potřebě rozlišit malé geometrické detaily, ale příliš se nehodí k zobrazování malých rozdílů teplot. Paleta železa je velmi intuitivní a snadno pochopitelná pro všechny, kdo nemají s termografií mnoho zkušeností. Nabízí vyvážený poměr rozlišení geometrických prvků a tepelného rozlišení. Duhová paleta je barevnější a dokáže rozlišit světlé a tmavé barvy. To přináší větší kontrast, ale může také přivodit více šumu na snímcích objektů s odlišnými povrchy nebo mnoha různými teplotami.



Obrázek 16.9 Palety šedá, železo a duha (zleva doprava).

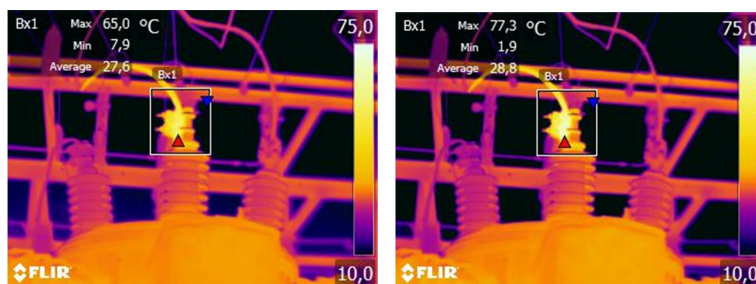
Izoterma je funkce měření, která zobrazuje daný interval stejné zdánlivé teploty nebo intenzity záření barvou odlišnou od palety. Umožňuje zvýraznit na snímku rozložení teplot (viz Obrázek 16.10).



Obrázek 16.10 Základová zeď: napojení starých (na obrázku vlevo) a nových částí (na obrázku vpravo) budovy. Izoterma zvýrazňuje oblast průniku vzduchu.

16.5.3 Parametry objektu

Jak jsme tedy zjistili, vzhled tepelných snímků závisí na technice a volbě nastavení termografem. Výsledný vzhled uložených radiometrických obrazů se dá následně upravit. Je však také možné měnit nastavení relevantní pro výpočet teplot. V praxi to znamená, že lze zpětně upravovat nastavení emisivity a odražené zdánlivé teploty. Pokud zjistíte, že tyto parametry byly nastaveny nesprávně, nebo chcete přidat další body měření, budou naměřené hodnoty teplot vypočítány nebo přepočítány v souladu s provedenými změnami (viz Obrázek 16.11).



Obrázek 16.11 Změna emisivity u uloženého snímku. Maximální teplota je na levém snímku 65,0 °C pro $\varepsilon = 0,95$ a na pravém snímku 77,3 °C pro $\varepsilon = 0,7$.

16.6 Pořizování snímků – praktické tipy

Následující seznam obsahuje několik praktických tipů. Mějte však na paměti, že se nejedná o vyčerpávající popis postupu při pořizování tepelných snímků.

- Zkontrolujte, zda je kamera nastavena na ukládání radiometrických obrazů.
- Zvolte vhodné místo pro pořizování snímků:
 - Pozorujte způsob vyzařování.
 - Zkontrolujte, zda je objekt zřetelně viditelný a znázorněný ve vhodné velikosti a poloze.
- Pokud změníte nastavení emisivity, podívejte se na teplotní rozsah a zkontrolujte, zda stále odpovídá.
- Zaostřete.
- Umístěte kameru na stativ, abyste minimalizovali možnost jejího rozhýbání.
- Proveďte tepelné ladění.
- Poznamenejte si popis objektu, jeho velikost, skutečnou vzdálenost, podmínky prostředí a provozní podmínky.

Tepelné snímky se dají snáze upravovat, pokud jsou uloženy neboli „zastavené“ (v režimu „Náhled“). Nemusíte tak v terénu provádět vše a můžete opustit nebezpečná místa okamžitě po pořízení snímku. Pokud je to možné, pořídte několik snímků navíc a některé z jiných úhlů. Pořád je to lepší, než pořídít snímků málo! Následně můžete v klidu vybrat ten nejlepší.

16.7 Závěr

Pořízení dobrého tepelného snímku nejsou žádné čáry – potřebujete jen poctivé řemeslo a spolehlivost při práci. Řada uvedených skutečností se může jevit jako triviální a dobře známá, hlavně amatérským fotografům. Samozřejmě, že pořizování ostrých snímků usnadňuje dobré vybavení. Lepší kamery, tedy ty s vyšším rozlišením, umožňují rychle lokalizovat i malé anomálie, a bez možnosti zaostřit je vždy obtížné zachytit ostrý snímek. Špičkové kamery však nejsou při nesprávném používání zárukou dobrých snímků. Základem kvalitní a profesionální práce je vzdělávání a zaškolení v oboru termografie, výměna znalostí s dalšími lidmi zabývajícími se termografií a samozřejmě procvičování v praxi.

17.1 Úvod

Provedení kalibrace termokamery je nezbytným předpokladem pro měření teploty. Kalibrace stanovuje vztah mezi vstupním signálem a fyzikální veličinou, kterou chce uživatel měřit. Nicméně navzdory velmi rozšířenému a častému používání je pojem „kalibrace“ často nesprávně chápán nebo chybně používán. K nejasnostem přispívají i místní a národní odlišnosti a také problémy související s překlady toho pojmu.

Nejasná terminologie může vést k potížím při komunikaci a chybným překladům a následně k nesprávnému měření v důsledku nesprávného pochopení, a v nejhorším případě dokonce k soudním sporům.

17.2 Definice pojmu kalibrace

Mezinárodní úřad pro váhy a míry¹⁶ definuje *kalibraci*¹⁷ následujícím způsobem:

an operation that, under specified conditions, in a first step, establishes a relation between the quantity values with measurement uncertainties provided by measurement standards and corresponding indications with associated measurement uncertainties and, in a second step, uses this information to establish a relation for obtaining a measurement result from an indication.

Samotná kalibrace může být vyjádřena v různých formátech: může se jednat o výpis, kalibrační funkci, kalibrační diagram¹⁸, kalibrační křivku¹⁹ nebo kalibrační tabulku.

Často je jako „kalibrace“ vnímán a míněn pouze první krok výše uvedené definice, ovšem to není (vždy) dostatečné.

S ohledem na postup kalibrace termokamery určí první krok vztah mezi emitovaným zářením (hodnota veličiny) a elektrickým výstupním signálem (indikace). První krok kalibrační procedury zahrnuje získání homogenní (neboli stejnoměrné) odezvy, když je kamera umístěna před plošný zdroj záření.

Když známe teplotu referenčního zdroje (etalonu) emitujícího záření, můžeme v druhém kroku určit souvislost získaného výstupního signálu (indikace) a teploty referenčního zdroje (výsledek měření). Druhý krok zahrnuje měření driftu a kompenzaci.

K zajištění správného postupu není kalibrace termokamery, striktně, vyjádřena prostřednictvím teploty. Termokamery jsou citlivé na infračervené záření, proto nejdříve získáme souvztažnost intenzity záření a poté vztah mezi intenzitou záření a teplotou. U kamer s bolometrickým detektorem, které používají zákazníci z jiných oblastí, než je výzkum a vývoj, není vyjádřena intenzita záření, takže je poskytována pouze teplota.

17.3 Kalibrace kamery ve společnosti FLIR Systems

Bez kalibrace nebude infračervená kamera schopná měřit intenzitu záření ani teplotu. Ve společnosti FLIR Systems je prováděna kalibrace kamer s nechlazenými mikrobolometrickými detektory určených k měření během výroby i servisní údržby. Kalibraci kamer s chlazenými fotonovými detektory provádí často uživatelé pomocí speciálního softwaru. Tento typ softwaru mohou uživatelé teoreticky použít také ke kalibraci běžných ručních nechlazených termokamer. Avšak software není vhodný pro účely vytváření protokolů a většina uživatelů ho nemá k dispozici. Zařízení, která nejsou určena k měření a používají se pouze ke snímání obrazu, nevyžadují kalibraci teploty. Někdy se to také odráží

16. <http://www.bipm.org/en/about-us/> [vyhledáno 31. 1. 2017]

17. <http://jcgim.bipm.org/vim/en/2.39.html> [vyhledáno 31. 1. 2017]

18. <http://jcgim.bipm.org/vim/en/4.30.html> [Vyhledáno 31. ledna 2017.]

19. <http://jcgim.bipm.org/vim/en/4.31.html> [Vyhledáno 31. ledna 2017.]

v terminologii kamer, když se hovoří o infračervených kamerách nebo termokamerách pro snímání obrazu v porovnání s termografickými kamerami, přičemž měřicími zařízeními jsou ty druhé.

Kalibrační informace se ukládají do kalibračních křivek, které jsou vyjádřeny matematickým funkcemi, ať už kalibraci provedla společnost FLIR Systems nebo uživatel. Vzhledem k tomu, že se intenzita záření mění s teplotou i vzdáleností mezi tělesem a kamerou, jsou pro různé teplotní rozsahy a vyměnitelné objektivy generovány odlišné křivky.

17.4 Rozdíly mezi kalibrací prováděnou uživatelem a kalibrací prováděnou přímo ve společnosti FLIR Systems

Za prvé, referenční zdroje (etalony), které používá společnost FLIR Systems, jsou samy o sobě kalibrované a sledovatelné. To znamená, že zdroje na každém pracovišti společnosti FLIR Systems, které provádí kalibrace, jsou kontrolovány nezávislým vnitrostátním orgánem. Jako potvrzení provedené kalibrace je vystaveno osvědčení o kalibraci kamery. To slouží nejenom jako důkaz o provedení kalibrace společností FLIR Systems, ale také o provedení kalibrace pomocí kalibrovaných etalonů. Někteří uživatelé vlastní úředně schválené referenční zdroje (etalony) nebo k nim mají přístup, ale takových uživatelů je velmi málo.

Za druhé, existuje určitý technický rozdíl. Když provádí kalibraci uživatel, výsledek často (ale nikoli vždy) neobsahuje kompenzaci driftu. Hodnoty tak neberou v úvahu možnou změnu výstupu kamery v důsledku odlišné vnitřní teploty kamery. To přináší větší nejistotu. Kompenzace driftu používá data získaná v komorách s regulovaným klimatem. Veškeré kamery od společnosti FLIR Systems mají provedenu kompenzaci driftu, když jsou poprvé dodány zákazníkovi a když je provedena jejich opětovná kalibrace servisním oddělením společnosti FLIR Systems.

17.5 Kalibrace, ověření a seřízení

Běžným omylem je záměna pojmu *kalibrace* s pojmem *ověření* nebo *seřízení*. Ve skutečnosti je kalibrace nezbytným předpokladem pro *ověření*, které poskytuje potvrzení, že bylo dosaženo stanovených požadavků. Ověření poskytuje objektivní důkaz, že daná položka splňuje stanovené požadavky. K získání ověření je potřebné změřit stanovené teploty (emitované záření) kalibrovaných a sledovatelných referenčních zdrojů (etalonů). Výsledky měření, včetně odchylek, se zaznamenávají do tabulky. Na osvědčení o ověření je uvedeno, že tyto výsledky měření vyhovují stanoveným požadavkům. Někdy společnost nebo organizace nabízejí a prodávají toto osvědčení o ověření jako „osvědčení o kalibraci“.

Řádného ověření, a v širším významu kalibrace nebo opětovné kalibrace, lze dosáhnout, pouze když je dodržen platný postup. Tento proces zahrnuje více, než je umístění kamery před černá tělesa a provedení kontroly, zda výstup kamery (například teplota) odpovídá originální kalibrační tabulce. Často se zapomíná, že kamera není citlivá na teplotu, ale na záření. Kamera je navíc systém pro *snímání obrazu*, nikoli pouhý samostatný snímač. V důsledku toho je při špatné nebo nesprávné seřízené optické konfiguraci, která kameře umožňuje „zachycovat“ intenzitu záření, získané „ověření“ (nebo kalibrace či opětovná kalibrace) bezcenné.

Například je nutné zvolit vzdálenost mezi černým tělesem a kamerou a také průměr dutiny černého tělesa tak, aby se minimalizovalo rozptýlené záření a snížil účinek velikosti zdroje.

Shrnutí: Platný postup musí být v souladu s fyzikálními zákony pro *intenzitu záření* a nikoli fyzikálními zákony pro teplotu.

Kalibrace je také nezbytným předpokladem pro *seřízení*, což je sada úkonů prováděných s měřicím systémem tak, aby poskytoval předepsané indikace odpovídající daným

hodnotám veličin, které mají být měřeny, získaným obvykle z měřicích etalonů. Zjednodušeně lze seřízení popsat jako úkon, který zajistí, že přístroje budou měřit správně v rámci svých specifikací. V běžném jazyce je pojem „kalibrace“ široce používán pro měřicí zařízení místo pojmu „seřízení“.

17.6 Korekce nerovnoměrnosti

Když se na termokameře zobrazí zpráva Calibrating... (Probíhá kalibrace...), probíhá seřízení pro odchylku v reakci na jednotlivé prvky (pixely) detektoru. V termografii se tento proces nazývá „korekce nerovnoměrnosti“. Jedná se o aktualizaci posuvu, přičemž zisk zůstane zachován.

Evropská norma EN 16714-3, Non-destructive Testing—Thermographic Testing—Part 3: Terms and Definitions, definuje korekci nerovnoměrnosti jako korekci obrazu, kterou provádí software kamery, aby kompenzoval různé citlivosti prvků detektoru a další optické a geometrické vady.

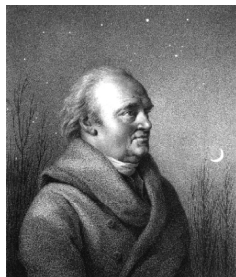
Během korekce nerovnoměrnosti (aktualizace posuvu) je do optické dráhy umístěna korekční clona (vnitřní korekční destička) a veškeré prvky detektoru jsou vystaveny stejné míře záření, které pochází z korekční clony. V ideální situaci by proto měly všechny prvky poskytovat stejný výstupní signál. Avšak každý jednotlivý prvek má svou vlastní odezvu, takže výstup není rovnoměrný. Tato odchylka od ideálního výsledku se převede na číselnou hodnotu a použije k matematickému provedení korekce obrazu, která v podstatě představuje korekci zobrazeného signálu záření. Některé kamery nejsou opatřeny vnitřní korekční destičkou. V takovém případě je nutné aktualizaci posuvu provést ručně pomocí speciálního softwaru a externího zdroje rovnoměrného záření.

Korekce nerovnoměrnosti se provádí například při uvádění do provozu, při změně měřicího rozsahu nebo při změnách teploty prostředí. Některé kamery také umožňují uživatelům aktivovat korekci ručně. To je užitečné, pokud musíte provést kritické měření s co nejmenšími vadami obrazu.

17.7 Seřízení tepelného obrazu (tepelné ladění)

Někteří lidé používají pojem „kalibrace obrazu“, když upravují tepelný kontrast a jas v obraze, aby zvýraznili určité detaily. Během této operace je interval teploty nastaven tak, aby systém použil veškeré dostupné barvy k zobrazení pouze (nebo hlavně) teplot v oblasti zájmu. Správné označení tohoto úkonu je „seřízení tepelného obrazu“ nebo „tepelné ladění“, případně v některých jazycích „optimalizace tepelného obrazu“. Chcete-li provést tento úkon, musíte přejít do ručního režimu, jinak kamera nastaví dolní a horní limit intervalu zobrazených teplot automaticky podle nejnižší a nejvyšší teploty ve scéně.

Před rokem 1800 neměl nikdo tušení o existenci infračervené části elektromagnetického spektra. Původní význam infračerveného spektra často nazývaného jednoduše „infračerveného záření“ jako formy vyzařování tepla je dnes možná méně patrný než v roce 1800, kdy toto záření objevil badatel Herschel.



Obrázek 18.1 Sir William Herschel (1738–1822)

Objev byl učiněn náhodně při hledání nového optického materiálu. Sir William Herschel - dvorní astronom Jiřího III., krále Anglie, známý již svým dřívějším objevem planety Uran - hledal materiál pro optický filtr, kterým by se při pozorování slunce snížil jas obrazu v dalekohledech. Při testování různých vzorků barevných skel, která velmi podobně snižovala jas, ho zaujala skutečnost, že některými skly procházelo pouze málo slunečního tepla, kdežto jinými skly procházelo tolik tepla, že riskoval poškození očí po pouhých několika sekundách pozorování.

Herschel brzo nabyt přesvědčení, že je zapotřebí provést systematický experiment s cílem nalezení materiálu, jež by zajistil požadované snížení jasu a také maximálně omezil teplo. Začal experimentovat tím, že vlastně opakoval Newtonův experiment s hranolem, ale přitom se zaměřil na tepelný efekt, ne na viditelné rozložení světelné intenzity ve spektru. Nejprve inkoustem začernil baňku s citlivým rtuťovým teploměrem. Tímto detektorem záření testoval tepelné účinky různých barev spektra vytvářených na stole pomocí skleněného hranolu, kterým procházelo sluneční světlo. K porovnání mu sloužily jiné teploměry umístěné mimo sluneční paprsky.

Při pomalém přesouvání začerněného teploměru po barvách spektra vykazovaly zjištěné teploty stálý nárůst, od fialového konce po červený konec spektra. To nebylo až tak nečekané, jelikož italský badatel Landriani pozoroval bezmála stejný efekt při podobném experimentu v roce 1777. Byl to však Herschel, kdo jako první rozpoznal, že musí existovat bod, v němž tepelný efekt dosáhne maxima, a že při měření soustředěném na viditelnou část spektra nebyl tento bod nalezen.



Obrázek 18.2 Marsilio Landriani (1746–1815)

Posouváním teploměru do tmavé oblasti za červený konec spektra Herschel zjistil, že tepelný efekt vzrůstal. Bod maxima našel poměrně daleko od červeného konce – v místě, kterému se dnes říká "infračervené vlnové pásmo".

Když Herschel zveřejnil svůj objev, nazval tuto část elektromagnetického spektra "termometrické spektrum". Samotné záření často označoval jako "tmavé teplo" nebo prostě "neviditelné paprsky". Je paradoxní, že na rozdíl od rozšířeného názoru, to nebyl

Herschel, kdo vytvořil termín "infračervený". Toto slovo se začalo vyskytovat v tisku asi o 75 let později a je stále nejasné, kdo je jeho původcem.

To, že Herschel při svém původním experimentu použil skleněný hranol, vedlo k určitým počátečním polemikám s jeho současníky o skutečné existenci infračervených vlnových délek. Jiní badatelé ve snaze potvrdit jeho pokus používali různé druhy skla bez rozlišení, čímž ale dosahovali různé průhlednosti v infračerveném pásmu. Ve svých pozdějších experimentech si Herschel byl vědom omezené propustnosti skla vůči nově objevenému tepelnému záření a byl nucen dojít k závěru, že jako optické prvky pro infračervené záření bude možné používat výhradně odrážející prvky (tj. rovná a zakřivená zrcadla). Naštěstí tomu tak bylo pouze do roku 1830, kdy italský badatel Melloni učinil převratný objev, že v přírodě se vyskytující kamenná sůl (NaCl) - která byla k dispozici v přírodních krystalech dostatečně velkých, aby z ní šly vyrobít čočky a hranoly - pozoruhodně propouští infračervené záření. Výsledkem bylo to, že kamenná sůl se stala hlavním optickým materiálem pro infračervené spektrum a zůstala jím po dobu dalších sta let, dokud nebyla v roce 1930 zvládnuta metoda výroby syntetických krystalů.



Obrázek 18.3 Macedonio Melloni (1798–1854)

Teploměry se jako detektory záření používaly až do roku 1829, kdy Nobili vynalezl termočlánek. (Herschelův vlastním teploměrem bylo možné odečítat s přesností na 0,2 °C a pozdějšími modely bylo možné odečítat s přesností 0,05 °C). Poté došlo k převratné události, kdy Melloni připojil určitý počet termočlánků do série a vytvořil tak první termoelektrickou baterii. Toto nové zařízení bylo pro detekci tepelného záření přibližně 40krát citlivější než tehdejší nejlepší teploměr – bylo schopné detekovat teplo osoby stojící v třímetrové vzdálenosti.

V roce 1940 bylo možné vytvořit první takzvaný "tepelný obraz", což byl výsledek práce sira Sir Johna Herschela, syna objevitele infračerveného záření, který byl také známý astronom. Na základě diferenciálního odpařování tenké vrstvy oleje vystavené tepelnému záření, které na ni zaměřil, bylo možné spatřit tepelný obraz díky odráženému světlu, protože interferenční účinky olejové vrstvy zajistily, že obraz byl pro lidské oko viditelný. Sir John Herschel také vytvořil jednoduchý záznam teplotního obrazu na papír - tento obraz pak nazval "termograf".



Obrázek 18.4 Samuel P. Langley (1834–1906)

Zlepšování detektoru infračerveného záření pokračovalo pomalu. Další významný pokrok učinil badatel Langley v roce 1880, když vynalezl bolometr. Tento bolometr sestával z tenkého začerněného proužku platiny připojeného k jedné větvi Wheatstonova můstku, na který bylo zaměřeno infračervené záření, na něž reagoval citlivý galvanometr. O tomto zařízení se říká, že bylo schopno detekovat teplo krávy na vzdálenost 400 metrů.

Anglický vědec sir James Dewar jako první začal používat zkapalněné plyny jako chladiva (například tekutý dusík s teplotou $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$) ve výzkumu v oblasti nízkých teplot. V roce 1892 vynalezl jedinečnou vzduchotěsnou nádobu, ve které bylo možné skladovat zkapalněné plyny po celé dny. Na tomto vynálezu je založena známá „termoska“ používaná k uchování horkých nebo chlazených nápojů.

V období let 1900 a 1920 „objevili“ infračervené pásmo i světoví vynálezci. Byly uděleny mnohé patenty na zařízení k detekci osob, dělostřelectva, letadel, lodí a dokonce i le-
dovců. První funkční systémy začaly být vyvíjeny během první světové války (1914–1918), kdy obě strany prováděly výzkumné programy zaměřené na vojenské využití infračerveného záření. Tyto programy zahrnovaly experimentální systémy k detekci pronikání nepřítele, měření teploty na dálku, zabezpečenou komunikaci a navádění „létajících torpéd“. Jistý infračervený vyhledávací systém testovaný v této době byl schopen detekovat blížící se letadlo na vzdálenost 1,5 km (0,94 míle) nebo osobu na vzdálenost větší než 300 metrů.

Až do této doby byly všechny nejcitlivější systémy založeny na obměnách bolometru, ale v meziválečném období byly vyvinuty dva nové a revoluční infračervené detektory: konvertor obrazu a fotonový detektor. O konvertor obrazu se zpočátku nejvíce zajímala armáda, protože jako první pozorovateli umožňoval doslova „vidět ve tmě“. Avšak citlivost konvertoru obrazu byla omezena na blízké infračervené vlnové délky, a proto většina zajímavých vojenských cílů (tj. nepřátelští vojáci) musela být osvětlována infračervenými vyhledávacími paprsky. Jelikož tak vznikalo riziko, že poloha pozorovatele bude prozrazena podobně vybavenému pozorovateli nepřítele, je pochopitelné, že vojenský zájem o konvertor obrazu brzy zanikl.

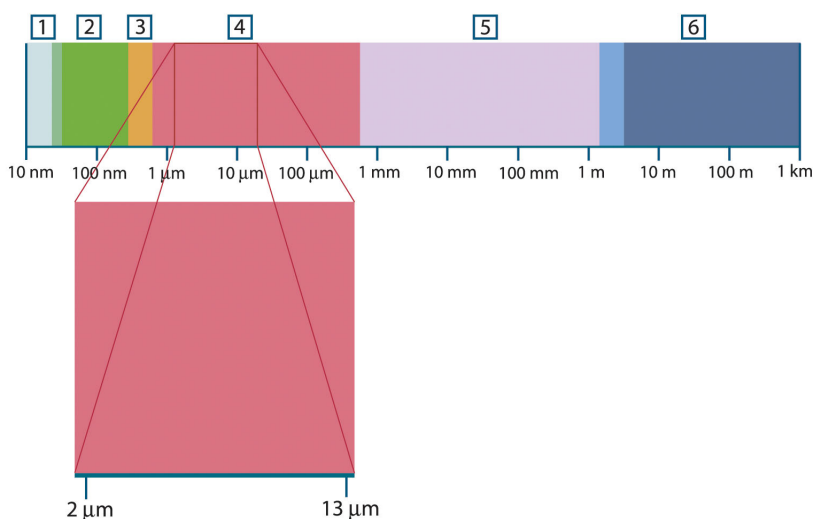
Vojensko-taktické nevýhody takzvané „aktivních“ (tj. vybavených vyhledávacím paprskem) systémů teplotního obrazu byly po 2. světové válce (1939–1945) hybnou silou pro rozsáhlé tajné vojenské programy k výzkumu infračerveného spektra zaměřené na vývoj „pasivních“ (bez vyhledávacího paprsku) systémů s využitím extrémně citlivého fotonového detektoru. V té době zakazovaly vojenské bezpečnostní předpisy zveřejňování informací o infračervené zobrazovací technice. Odtajnění bylo zrušeno v polovině padesátých let. Od té doby jsou dostačující teplotní zobrazovací zařízení k dispozici civilnímu sektoru, vědě i průmyslu.

19.1 Úvod

Vlastnosti infračerveného záření (vyzařování) a používaná technika v termografii mohou být stále ještě nové pro mnohé uživatele, kteří používají infračervenou kameru poprvé. V této části jsou objasněny základy teorie termografie.

19.2 Elektromagnetické spektrum

Elektromagnetické spektrum je rozděleno (na základě úmluvy) podle vlnových délek do několika skupin, kterým se říká *vlnová pásma* a která jsou dále rozdělena podle metod používaných pro vytváření (zdroje) a zjišťování (detekční systémy) radiace-vyzařování. Neexistuje žádný základní rozdíl mezi vlnovými pásmy elektromagnetického spektra. Všechny podléhají stejným zákonům a liší se pouze vlnovými délkami.



Obrázek 19.1 Elektromagnetické spektrum. 1: rentgenové záření; 2: ultrafialové záření; 3: viditelné záření; 4: infračervené záření; 5: mikrovlnné záření; 6: radiové záření.

Termografie využívá vlnové pásmo infračerveného (dále IČ) záření. Hranice začátku pásma krátkovlnného IČ záření je tam, kde končí tzv. viditelné pásmo (tmavě červená). Hranice konce pásma dlouhovlnného IČ záření je tam, kde začíná pásmo mikrovlnných vlnových délek, tj. v pásmu několika milimetrů vlnové délky.

Vlnové pásmo infračerveného záření je ještě často děleno do čtyř menších pásem, které mají rovněž (uměle) stanovené hranice. Jsou to tato pásma: *near infrared-blízké IČ* (0,75-3 μm), *middle infrared-střední IČ* (3-6 μm), *far infrared-vzdálené IČ* (6-15 μm) a *extreme infrared-velmi vzdálené* (15-100 μm). Přestože jsou vlnové délky udávány v μm (mikrometrech), používají se v tomto spektrálním pásmu i jiné jednotky, např. nanometr (nm) a Ångström (Å).

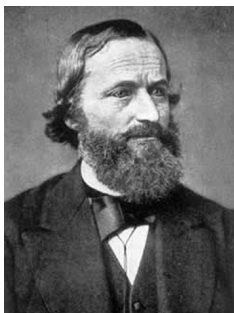
Vztah mezi různými jednotkami je následující:

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

19.3 Záření – radiace černého tělesa

Černé těleso je definováno jako objekt, který pohlcuje veškeré záření, které na něj dopadá, a to bez ohledu na vlnovou délku záření. Na první pohled nevhodný přívlastek (označení *černé* je vztaženo k objektu s vysokou intenzitou záření) je vysvětlen

Kirchhoffovým zákonem (podle *Gustava Roberta Kirchhoffa*, 1824–1887), který říká, že těleso schopné pohlcovat (absorbovat) veškeré na něj dopadající záření je schopné stejné množství záření vyzařovat (emitovat).



Obrázek 19.2 Gustav Robert Kirchhoff (1824–1887)

Konstrukce černého tělesa je v principu velmi jednoduchá. Černé těleso lze charakterizovat pomocí vyzařovacích charakteristik otvoru vytvořeného v izotermní dutině neprůhledného absorbujícího materiálu. V praxi je možné tento princip uplatnit při konstrukci dokonalého pohlcovače záření, což může být světlotěsná bedna, která má na jedné straně štěrbinu. Veškeré záření, které vstoupí tímto otvorem, se rozptýlí a opakovanými odrazy pohltí, takže může uniknout pouze nekonečně malý díl záření. Černost dosažená takovým otvorem je téměř shodná s vlastnostmi černého tělesa a vyhovuje pro všechny vlnové délky.

Když tuto izotermickou dutinu opatříme vhodným zdrojem tepla, stane se z ní takzvaný *dutinový zářič*. Izotermní dutina zahřátá na konstantní teplotu vytváří záření černého tělesa, přičemž charakteristika takového záření je určována pouze teplotou dutiny. Takové dutinové zářiče se velmi často používají jako zdroje záření pro kalibraci přístrojů využívajících (vyhodnocujících) IČ záření, tedy také např. pro infračervené kamery společnosti, například kamera . FLIR Systems.

Překročí-li teplota černého tělesa 525 °C, zdroj začíná být viditelný, protože pro lidské oko se již nejeví jako černý. Je to počáteční stav tzv. červené sálavé teploty zářiče, která potom (při zvyšování teploty) přechází do barvy oranžové resp. žluté. Definice tzv. *teploty barvy* objektu vyjadřuje, že je to taková teplota, na kterou by muselo být zahřáto černé těleso, aby mělo stejnou barvu, jako objekt.

Nyní použijeme tři vztahy, pomocí kterých je vyjádřeno vyzařování černého tělesa.

19.3.1 Planckův zákon



Obrázek 19.3 Max Planck (1858–1947)

Max Planck (1858–1947) popsal intenzitu spektrálního vyzařování pomocí následujícího vzorce:

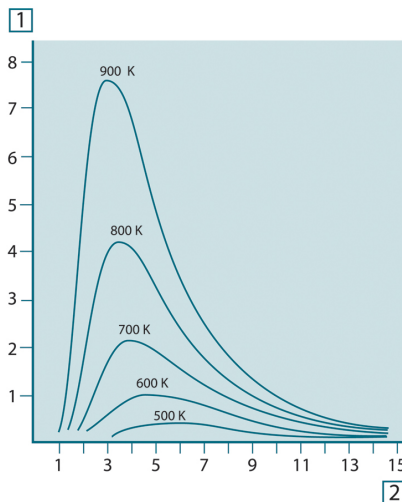
$$W_{\lambda b} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5 \left(e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1 \right)} \times 10^{-6} [\text{Watt} / \text{m}^2, \mu\text{m}]$$

kde:

$W_{\lambda b}$	spektrální hustota intenzity vyzařování černého tělesa při vlnové délce λ .
c	rychlost světla = 3×10^8 m/sek.
h	Planckova konstanta = $6,6 \times 10^{-34}$ Joule sek.
k	Boltzmannova konstanta = $1,4 \times 10^{-23}$ Joule/K.
T	absolutní teplota (K) černého tělesa.
λ	vlnová délka (μm).

Poznámka Činitel 10^{-6} je použit proto, že hodnoty spektrálního vyzařování uvedené u jednotlivých křivek jsou vyjádřeny ve Watt/m², μm .

Znázorníme-li graficky Planckův zákon (rovnici), dostaneme soustavu křivek. Při zkoumání kterékoli z takto získaných křivek zjistíme, že při $\lambda = 0$ se spektrální hustota vyzařování rovná nule. Se zvyšující se vlnovou délkou křivka prudce stoupá, až dosáhne maxima v λ_{max} . Poté se začíná při velkých hodnotách vlnových délek opět přibližovat k nule. Čím je teplota tělesa vyšší, tím je kratší vlnová délka, při které dojde k dosažení maxima.



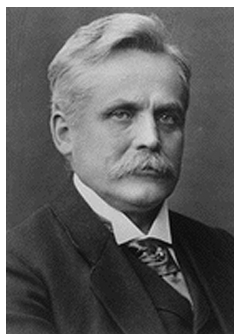
Obrázek 19.4 Intenzity spektrálního vyzařování černého tělesa při různých absolutních teplotách znázorněné na základě Planckova zákona. 1: spektrální hustota intenzity vyzařování ($\text{W}/\text{cm}^2 \times 10^3(\mu\text{m})$); 2: vlnová délka (μm)

19.3.2 Wienův zákon posuvu

Diferenciací Planckova zákona se zřetelem na λ a nalezení maxima získáme:

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

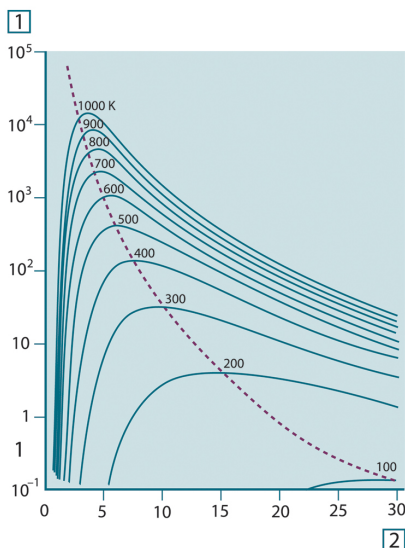
Toto je Wienův zákon (podle *Wilhelma Wiena*, 1864-1928), pomocí kterého je matematicky vyjádřeno, že při vzrůstu teplot zářiče se barvy mění od červené k oranžové či žluté. Vlnová délka barvy je stejná jako vlnová délka vypočítaná pro λ_{max} . Poměrně přesného určení hodnoty λ_{max} pro dané černé těleso dosáhneme, použijeme-li praktickou hodnotu $3\,000/T$ μm . Tak lze např. spočítat, že velmi horká hvězda, jako je Sirius (11 000 K), vyzařuje modravě bílé světlo maximální hodnotou vyzařovaného spektra nacházejícího se v oblasti ultrafialového záření o vlnové délce 0,27 μm , které je pro lidské oko neviditelné.



Obrázek 19.5 Wilhelm Wien (1864–1928)

Slunce (cca 6000 K) vyzařuje žluté světlo, s vrcholem okolo 0,5 μm , který je ve středu viditelného světelného spektra.

Při pokojové teplotě (300 K) je vrchol vyzařování na 9,7 μm , ve vzdáleném IČ záření, zatímco při teplotě kapalného dusíku (77 K) je maximum energeticky téměř nevýznamného záření na 38 μm , tedy ve vlnových délkách velmi vzdáleného IČ záření.



Obrázek 19.6 Planckův vyzařovací zákon znázorněný v semi-log. stupnici od 100 do 1 000 K. Čárkovaná křivka představuje spojnicí největšího vyzařování (max.) každé teploty, jak je popsáno Wienovým zákonem posuvu. 1: spektrální hustota intenzity vyzařování ($\text{W}/\text{cm}^2 (\mu\text{m})$); 2: vlnová délka (μm).

19.3.3 Stefan-Boltzmannův zákon

Integrací Planckova zákona od $\lambda = 0$ na $\lambda = \infty$, získáme celkové vyzařování (W_b) černého tělesa:

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

Tento Stefan-Boltzmannův vzorec (*Josef Stefan*, 1835–1893, *Ludwig Boltzmann*, 1844–1906), říká, že výsledný vyzařovaný výkon černého tělesa je úměrný čtvrté mocnině jeho absolutní teploty. Graficky W_b je výkon znázorněn plochou pod křivkou vytvořenou podle Planckova zákona pro určitou teplotu. Může být vyjádřeno, že vyzařování v intervalu $\lambda = 0$ až λ_{max} je pouze 25 % výsledného záření, což je skoro stejně jako hodnota slunečního záření ve viditelné části elektromagnetického spektra.



Obrázek 19.7 Josef Stefan (1835–1893) a Ludwig Boltzmann (1844–1906)

Použitím Stefan-Boltzmannova vztahu k výpočtu energie vyzařovaném lidským tělem při teplotě 300 K a při velikosti povrchu těla asi 2 m², bychom vypočetli, že tento výkon by byl cca 1 kW. Taková ztráta výkonu by byla nepřijatelná, pokud by nebyla kompenzovaná absorbováním záření od okolního prostředí při pokojových teplotách, které se příliš neliší od teploty těla, a samozřejmě také oblečením.

19.3.4 Nečerné zářiče

Dosud byla zmiňována pouze černá tělesa a jejich záření. Avšak reálné objekty (tělesa) resp. jejich záření se neřídí v delších rozmezích vlnových délek stejnými zákony, které platí pro černé těleso, přestože v určitých intervalech vlnových délek tomu tak může být. Např. určitý typ bílé barvy se jeví dokonale *bílý* ve viditelné části spektra, ale okolo 2 μm se stává výrazně *šedý* od 3 μm a dále je téměř *černý*.

Existují tři skutečnosti (složky záření), které mohou odlišovat reálný objekt od černého tělesa: část dopadajícího záření α může být pohlcována, část záření ρ může být odražena a část τ může tělesem prostupovat. Tyto složky jsou víceméně závislé na vlnové délce, a proto se k jejich vyjádření používá spektrální závislost λ . Proto:

- Spektrální pohltivost α_λ = poměr energie pohlcené spektrálním zářičem a celkovým tokem.
- Spektrální odrazivost ρ_λ = poměr energie odražené spektrálním zářičem a celkovým tokem.
- Spektrální propustnost τ_λ = poměr energie propuštěné spektrálním zářičem a celkovým tokem.

Součet všech tří faktorů je vždy roven jedné a to bez ohledu na vlnovou délku, takže výsledný vztah je potom:

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

Pro nepropustné materiály platí $\tau_\lambda = 0$ a výše uvedený vztah se potom zjednoduší na:

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

K popisu poměru ϵ záření vyzařovaného objektem a záření, které by vyzařovalo černé těleso při stejné teplotě, se používá jiný činitel nazývaný emisivita. Dostáváme se tedy k definici:

Spektrální emisivita ϵ_λ = poměr mezi energií spektrálního zářiče objektu a energií černého tělesa při stejné teplotě a vlnové délce.

Poměr mezi spektrálním vyzařováním obecného objektu a černého tělesa lze vyjádřit matematicky takto:

$$\epsilon_\lambda = \frac{W_{\lambda o}}{W_{\lambda b}}$$

Obecně vyjádřeno, existují tři typy zdrojů záření, které se odlišují podle způsobů, jak se mění spektrální vyzařování v závislosti na vlnové délce.

- Černé těleso, pro které platí $\epsilon_\lambda = \epsilon = 1$
- Šedé těleso, pro které platí $\epsilon_\lambda = \epsilon = \text{konstanta}$, která je menší než 1.

- Selektivní zářič, jehož ε závisí na vlnové délce.

Podle Kirchhoffova zákona platí pro každý materiál, že spektrální vyzařování a spektrální pohltivost se sobě rovnají a to při jakékoliv teplotě a vlnové délce. Platí tedy:

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

Pro nepropustné materiály platí tedy ($\alpha_\lambda + \rho_\lambda = 1$):

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

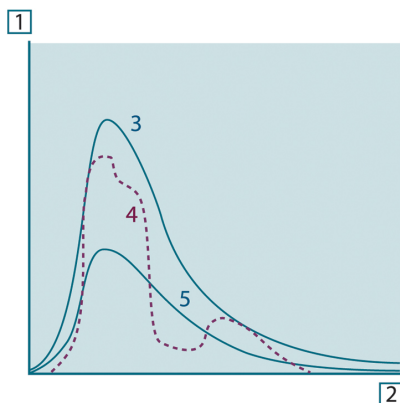
U vysoce lesklých materiálů se ε_λ blíží nule, proto dokonale odrazivý materiál (*např.* dokonalé zrcadlo) platí:

$$\rho_\lambda = 1$$

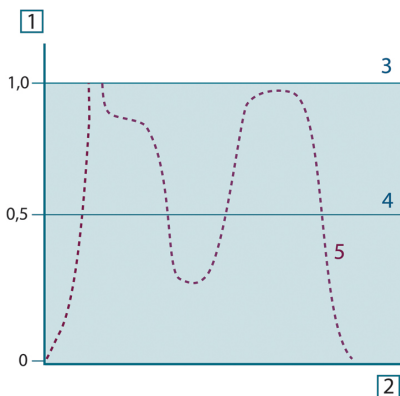
Pro šedý zářič je potom Stefan-Boltzmannův vztah:

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

Znamená to tedy, že při stejných teplotách šedého zářiče a černého tělesa je výsledná energie vyzařovaná šedým zářičem, v porovnání s vyzařovanou energií černého tělesa, menší úměrně k hodnotě ε z šedého tělesa.



Obrázek 19.8 Spektrální hustota intenzity vyzařování tří druhů zářičů. 1: spektrální hustota intenzity vyzařování; 2: vlnová délka; 3: černé těleso; 4: selektivní zářič; 5: šedé těleso.



Obrázek 19.9 Spektrální emisivita tří druhů zářičů. 1: spektrální emisivita; 2: vlnová délka; 3: černé těleso; 4: šedé těleso; 5: selektivní zářič.

19.4 Materiály polopropustné pro IČ záření

Uvažujme nyní o nekovovém polopropustném tělese – pro jednoduchost o silné desce z plastu. Po jejím zahřátí radiace generovaná v hmotě desky musí projít až na povrch, tj. skrze materiál desky, ve kterém je částečně pohlcována. Navíc je část záření, které se dostane na povrch, odraženo zpět do desky. Odražené záření je opět částečně pohlcováno, přičemž část, která se dostane až k druhému povrchu, se ve větší míře vyžáří a část se odrazí zpět do desky. Přestože je postupné odrážení záření do nitra hmoty stále slabší a slabší, musí se vzájemně sečíst, aby bylo možné stanovit výsledné vyzařování desky. Po sečtení výsledné geometrické řady získáme potom pro určení výsledné emisivity tento vztah:

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

Když se jedná o nepropustnou desku, tato rovnice se zjednoduší takto:

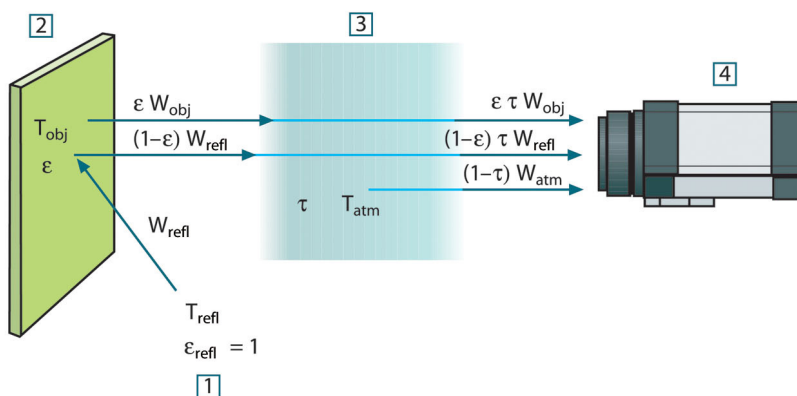
$$\varepsilon_{\lambda} = 1 - \rho_{\lambda}$$

Tento poslední vztah je velmi vhodný, protože v řadě případů je mnohem jednodušší změřit odrazivost než emisivitu.

Jak jsme již uvedli, při prohlížení objektu kamera přijímá záření nejen z objektu samotného. Také zabírá záření z okolí, odražené z povrchu objektu. Obě tato záření jsou do jisté míry zeslabována atmosférou mezi měřicí cestou. Navíc je ještě nutné vzít v úvahu záření atmosféry.

Tento popis situace měření, jak ukazuje níže uvedený obrázek, je jakž takž věrným popisem reálných podmínek. Bylo například zanedbáno sluneční světlo rozptýlené v atmosféře nebo bludné záření ze zdrojů intenzivního záření mimo zorné pole. Takové rušivé vlivy se však těžko kvantifikují a ve většině případů jsou dostatečně malé, abychom je mohli zanedbat. V případě, že tyto vlivy nejsou zanedbatelné, je měřicí konfigurace pravděpodobně taková, že riziko rušení je zjevné, přinejmenším pro vyškoleného operátora. Pak je jeho odpovědností upravit situaci měření, aby zamezil rušivým vlivům, například změnou směru pohledu, zastíněním zdrojů intenzivního záření atd.

Pokud přijmeme výše uvedený popis, můžeme obrázek použít k sestavení rovnice pro výpočet teploty objektu na základě výstupu kalibrované kamery.



Obrázek 20.1 Schematický náčrtek obecné termografické měřicí situace. 1: okolí; 2: objekt; 3: atmosféra; 4: kamera

Předpokládejme, že přijatý výkon záření W z černého zdroje s teplotou T_{source} na krátkou vzdálenost generuje na kameře výstupní signál U_{source} , který je vůči vstupní energii proporcionální (lineární energetická kamera). Pak můžeme napsat (rovnice 1):

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

nebo ve zjednodušeném zápisu:

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

kde C je konstanta.

Jestliže je zdrojem šedé těleso s vyzařováním ϵ , přijaté záření bude v důsledku toho ϵW_{source} .

Nyní můžeme vyjádřit tři složky přijatého záření:

1. $E_{mise\ z\ objektu} = \epsilon \tau W_{obj}$, kde ϵ je vyzařování objektu a τ je transmitance atmosféry. Teplota objektu je T_{obj} .

2. *Odražená emise z okolních zdrojů* $= (1 - \varepsilon)\tau W_{\text{refl}}$, kde $(1 - \varepsilon)$ je odrazivost objektu. Okolní zdroje mají teplotu T_{refl} . Předpokládáme, že teplota T_{refl} je stejná pro všechny emitující povrchy v polokouli viděné z určitého bodu na povrchu objektu. Skutečnou situaci tím samozřejmě poněkud zjednodušujeme. Je to však potřebné zjednodušení, abychom mohli sestavit fungující rovnici a mohli teplotě T_{refl} – alespoň teoreticky – přiřadit hodnotu, která představuje efektivní teplotu komplexního okolí.
- Všimněte si také, že předpokládáme, že vyzařování pro okolí je $= 1$. To je přesně v souladu s Kirchhoffovým zákonem: Veškeré záření dopadající na okolní povrchy je nakonec týmiž povrchy pohlceno. A proto vyzařování $= 1$. (Všimněte si, že poslední úvaha vyžaduje, abychom brali v úvahu kompletní kouli kolem objektu.)
3. *Emise z atmosféry* $= (1 - \tau)\tau W_{\text{atm}}$, kde $(1 - \tau)$ je vyzařování atmosféry. Teplota atmosféry je T_{atm} .

Nyní lze vyjádřit celkovou energii přijatého záření (rovnice 2):

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

Každou složku vynásobíme konstantou C z rovnice 1 a podle stejné rovnice nahradíme produkty CW odpovídajícími U , a získáme (rovnice 3):

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

Vyřešte rovnici 3 pro U_{obj} (rovnice 4):

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

Toto je obecná rovnice (měření) používaná v termografických měřicích systémech společnosti FLIR Systems. Napětí v rovnici mají následující význam:

Tabulka 20.1 Napětí

U_{obj}	Vypočítané výstupní napětí kamery pro teplotu T_{obj} černého tělesa, tj. napětí, které lze přímo převádět na skutečnou teplotu požadovaného objektu.
U_{tot}	Naměřené výstupní napětí na kameře pro skutečný případ.
U_{refl}	Teoretické výstupní napětí kamery pro teplotu T_{refl} černého tělesa podle kalibrace.
U_{atm}	Teoretické výstupní napětí kamery pro teplotu T_{atm} černého tělesa podle kalibrace.

Operátor musí pro výpočet dodat hodnoty některých parametrů:

- vyzařování objektu ε ,
- relativní vlhkost,
- T_{atm}
- vzdálenost objektu (D_{obj})
- (efektivní) teplota okolí objektu nebo odražená okolní teplota T_{refl} a
- teplota atmosféry T_{atm}

Tento úkol může být pro operátora někdy velmi náročný, protože obvykle neexistuje žádný snadný způsob, jak v daném případě zjistit přesné hodnoty vyzařování a propustnosti atmosféry. Tyto dvě teploty jsou obvykle malým problémem za předpokladu, že okolí neobsahuje velké a intenzivní zdroje záření.

Logickou otázkou v této souvislosti je: Jak důležité je znát přesné hodnoty těchto parametrů? Možná by bylo zajímavé nastínit si tento problém tak, že si uvedeme několik různých případů měření a porovnáme relativní magnitudy těchto tří složek záření. Tak si vytvoříme představu o tom, kdy je důležité použít přesné hodnoty určitých parametrů.

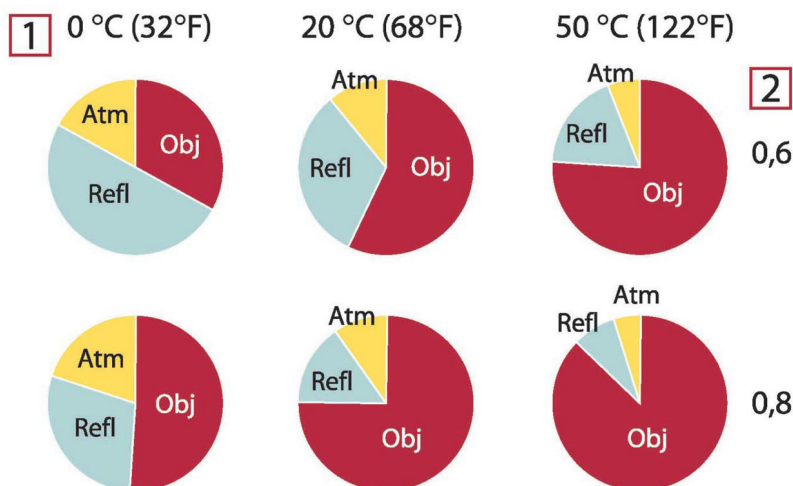
Níže uvedené hodnoty uvádějí relativní magnitudy tří složek záření pro tři různé teploty objektu, dvě vyzařování a dva spektrální rozsahy: SW (krátké vlny) a LW (dlouhé vlny). Zbývající parametry mají následující pevné hodnoty:

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

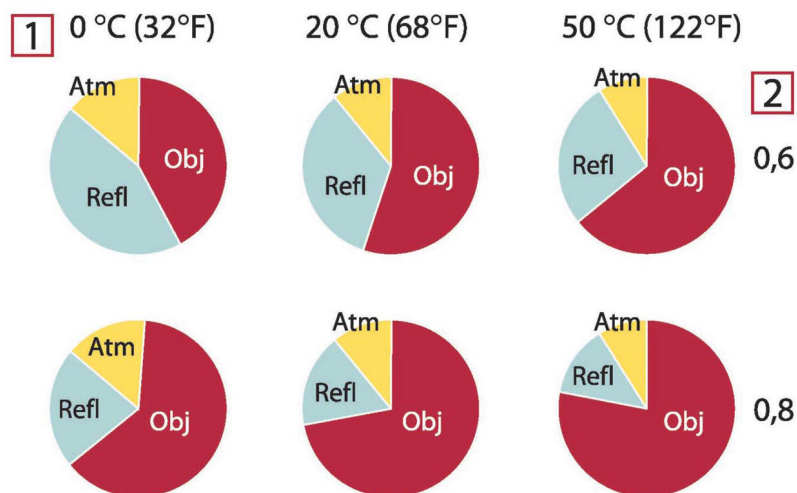
Je zjevné, že měření nízkých teplot objektu je důležitější než měření vysokých teplot, protože v prvním případě jsou zdroje "rušivého" záření relativně silnější. Jestliže je vyzařování objektu nízká, situace bude obtížnější.

Nakonec musíme odpovědět na otázku o tom, jak je důležité použít kalibrační křivku nad nejvyšším kalibračním bodem, čemuž říkáme extrapolace. Dejme tomu, že v určitém případě naměříme napětí $U_{\text{tot}} = 4,5$ Voltu. Nejvyšší kalibrační bod kamery byl v řádu 4,1 Voltu, což je hodnota, kterou operátor neznal. I když by tedy objekt byl černým tělesem, tj. $U_{\text{obj}} = U_{\text{tot}}$, ve skutečnosti provádíme extrapolaci kalibrační křivky, když konvertujeme napětí 4,5 Voltu na teplotu.

Nyní předpokládejme, že objekt není černý, má koeficient emisivity 0,75 a koeficient propustnosti atmosféry je 0,92. Také předpokládáme, že dva poslední výrazy v rovnici 4 společně tvoří 0,5 Voltu. Výpočet napětí U_{obj} pomocí rovnice 4 pak pokračuje $U_{\text{obj}} = 4,5 / 0,75 / 0,92 - 0,5 = 6,0$. To je extrémní extrapolace, zvláště když vezmeme v úvahu, že videozesilovač může výstup omezit na 5 Voltů! Pamatujte ale na to, že uplatnění kalibrační křivky je teoretická procedura, při níž neexistují žádná elektronická nebo jiná omezení. Jsme přesvědčeni o tom, že kdyby v kameře nebylo žádné omezení signálu a kdyby kamera byla kalibrována na mnohem vyšší hodnotu než 5 Voltů, výsledná křivka by byla téměř shodná se skutečnou křivkou extrapolovanou nad 4,1 Voltu, za předpokladu, že se kalibrační algoritmus zakládá na teorii záření podobně jako algoritmus vytvořený u společnosti FLIR Systems. Pro takové extrapolace musí samozřejmě existovat určitý limit.



Obrázek 20.2 Relativní velikosti zdrojů záření za různých podmínek měření (SW kamera). 1: Teplota objektu; 2: Vyzařování Obj; Záření objektu; Refl: Odražené záření; Atm: Atmosférické záření. Fixní parametry: $\tau = 0,88$; $T_{\text{refl}} = 20\text{ °C}$; $T_{\text{atm}} = 20\text{ °C}$.



Obrázek 20.3 Relativní velikosti zdrojů záření za různých podmínek měření (LW kamera). 1: Teplota objektu; 2: Vyzařování; Obj: Záření objektu; Refl: Odražené záření; Atm: Atmosférické záření. Fixní parametry: $\tau = 0,88$; $T_{\text{refl}} = 20 \text{ °C}$; $T_{\text{atm}} = 20 \text{ °C}$.

Tato část uvádí souhrnná data o emisivitě vybraná z publikací o infračerveném spektru a měření společnosti FLIR Systems.

21.1 Literatura

1. Mikaél 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°C AND 82°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.

Poznámka Hodnoty emisivity v níže uvedené tabulce jsou získány pomocí krátkovlnné (SW) kamery. Tyto hodnoty je nutné považovat pouze za informativní a je doporučeno je používat obezřetně.

21.2 Tabulky

Tabulka 21.1 T: celé spektrum; SW: 2–5 μm ; LW: 8–14 μm , LLW: 6,5–20 μm ; 1: materiál; 2: specifikace; 3: teplota v $^{\circ}\text{C}$; 4: spektrum; 5: emisivita; 6: literatura

1	2	3	4	5	6
3M typ 35	vinylová elektroizolační páska (několik barev)	< 80	LW	$\approx 0,96$	13
3M typ 88	černá vinylová elektroizolační páska	< 105	LW	$\approx 0,96$	13
3M typ 88	černá vinylová elektroizolační páska	< 105	MW	< 0,96	13
3M typ Super 33+	černá vinylová elektroizolační páska	< 80	LW	$\approx 0,96$	13
asfaltový koberec		4	LLW	0,967	8
azbest	břidlice	20	T	0,96	1

Tabulka 21.1 T: celé spektrum; SW: 2–5 μm ; LW: 8–14 μm ; LLW: 6,5–20 μm ; 1: materiál; 2: specifikace; 3: teplota v $^{\circ}\text{C}$; 4: spektrum; 5: emisivita; 6: literatura (pokračování)

1	2	3	4	5	6
azbest	deska	20	T	0,96	1
azbest	papír	40-400	T	0,93-0,95	1
azbest	podlahová dlaždice	35	SW	0,94	7
azbest	prášek		T	0,40-0,60	1
azbest	tkanina		T	0,78	1
barva	8 různých barev a kvalit	70	SW	0,88-0,96	9
barva	8 různých barev a kvalit	70	LW	0,92-0,94	9
barva	chromová zelená		T	0,65-0,70	1
barva	hliníková, různé stář	50-100	T	0,27-0,67	1
barva	kadmiová, žlutá		T	0,28-0,33	1
barva	kobaltově modrá		T	0,7-0,8	1
barva	olej	17	SW	0,87	5
barva	olejová, průměr 16 barev	100	T	0,94	2
barva	olejová, různé barvy	100	T	0,92-0,96	1
barva	olejová, černá, lesklá	20	SW	0,92	6
barva	olejová, černá, matná	20	SW	0,94	6
barva	olejová, šedá, lesklá	20	SW	0,96	6
barva	olejová, šedá, matná	20	SW	0,97	6
barva	plastická, bílá	20	SW	0,84	6
barva	plastická, černá	20	SW	0,95	6
Beton		20	T	0,92	2
Beton	neopracovaný	17	SW	0,97	5
Beton	pochozí	5	LLW	0,974	8
Beton	suchý	36	SW	0,95	7
bronz	fosforový bronz	70	SW	0,08	9
bronz	fosforový bronz	70	LW	0,06	9
bronz	leštěný	200	T	0,03	1
bronz	leštěný	50	T	0,1	1
bronz	leštěný do vysokého lesku	100	T	0,03	2
bronz	matný	20-350	T	0,22	1
bronz	oxidovaný	100	T	0,61	2
bronz	oxidovaný	70	SW	0,04-0,09	9
bronz	oxidovaný	70	LW	0,03-0,07	9
bronz	oxidovaný při teplotě 600 $^{\circ}\text{C}$	200-600	T	0,59-0,61	1

Tabulka 21.1 T: celé spektrum; SW: 2–5 μm ; LW: 8–14 μm ; LLW: 6,5–20 μm ; 1: materiál; 2: specifikace; 3: teplota v $^{\circ}\text{C}$; 4: spektrum; 5: emisivita; 6: literatura (pokračování)

1	2	3	4	5	6
bronz	plát, zdrsňený smirkovým plátnem	20	T	0,2	1
bronz	porézní, zdrsňený	50-150	T	0,55	1
bronz	prášek		T	0,76-0,80	1
bronz	válcovaný plát	20	T	0,06	1
bronz	zdrsňený smirkovým plátnem č. 80	20	T	0,20	2
Chrom	leštěný	50	T	0,10	1
Chrom	leštěný	500-1000	T	0,28-0,38	1
Cihla	alumina	17	SW	0,68	5
Cihla	dínasová křemenka, glazovaná, neopracovaná	1100	T	0,85	1
Cihla	dínasová křemenka, neglazovaná, neopracovaná	1000	T	0,80	1
Cihla	dínasová křemenka, refrakční	1000	T	0,66	1
Cihla	křemenka, 95 % SiO_2	1230	T	0,66	1
Cihla	normální	17	SW	0,86-0,81	5
Cihla	ohnivzdorná cihla	17	SW	0,68	5
Cihla	refrakční, korund	1000	T	0,46	1
Cihla	refrakční, magnezit	1000-1300	T	0,38	1
Cihla	refrakční, silně zářící	500-1000	T	0,8-0,9	1
Cihla	refrakční, slabě zářící	500-1000	T	0,65-0,75	1
Cihla	sillimanit, 33 % SiO_2 , 64 % Al_2O_3	1500	T	0,29	1
Cihla	vodotěsné	17	SW	0,87	5
Cihla	zed'	35	SW	0,94	7
Cihla	zed', omítnutá	20	T	0,94	1
Cihla	červené, hrubé	20	T	0,88-0,93	1
Cihla	červené, normální	20	T	0,93	2
Cihla	šamot	1000	T	0,75	1
Cihla	šamot	1200	T	0,59	1
Cihla	šamot	20	T	0,85	1
cín	cínem potažený železný plát	100	T	0,07	2
cín	leštěný	20-50	T	0,04-0,06	1
cínové železo	plát	24	T	0,064	4
dehet			T	0,79-0,84	1
dehet	papír	20	T	0,91-0,93	1

Tabulka 21.1 T: celé spektrum; SW: 2–5 μm ; LW: 8–14 μm ; LLW: 6,5–20 μm ; 1: materiál; 2: specifikace; 3: teplota v $^{\circ}\text{C}$; 4: spektrum; 5: emisivita; 6: literatura (pokračování)

1	2	3	4	5	6
dioxid mědi	prášek		T	0,84	1
dlaždice	glazura	17	SW	0,94	5
dřevitá lepenka	neopracovaná	20	SW	0,90	6
dřevo		17	SW	0,98	5
dřevo		19	LLW	0,962	8
dřevo	borovice, 4 různé vzorky	70	SW	0,67-0,75	9
dřevo	borovice, 4 různé vzorky	70	LW	0,81-0,89	9
dřevo	bílé, navlhle	20	T	0,7-0,8	1
dřevo	dub, hoblovaný	20	T	0,90	2
dřevo	dub, hoblovaný	70	SW	0,77	9
dřevo	dub, hoblovaný	70	LW	0,88	9
dřevo	hoblované	20	T	0,8-0,9	1
dřevo	překližka, hladká, suchá	36	SW	0,82	7
dřevo	překližka, neopracovaná	20	SW	0,83	6
dřevo	základní		T	0,5-0,7	1
ebonit			T	0,89	1
fermež, nátěr	bytová	20	SW	0,93	6
fermež, nátěr	na dubových parketách	70	SW	0,90	9
fermež, nátěr	na dubových parketách	70	LW	0,90-0,93	9
galvanizované železo	leštěný plát	30	T	0,23	1
galvanizované železo	oxidovaný plát	20	T	0,28	1
galvanizované železo	plát	92	T	0,07	4
galvanizované železo	velmi oxidovaná	70	SW	0,64	9
galvanizované železo	velmi oxidovaná	70	LW	0,85	9
glazura		20	T	0,9	1
glazura	lak	20	T	0,85-0,95	1
granit	leštěný	20	LLW	0,849	8
granit	neopracovaný	21	LLW	0,879	8
granit	neopracovaný, 4 různé vzorky	70	SW	0,95-0,97	9
granit	neopracovaný, 4 různé vzorky	70	LW	0,77-0,87	9
hliník	anodizovaný plát	100	T	0,55	2
hliník	anodizovaný, světle šedý, matný	70	SW	0,61	9
hliník	anodizovaný, světle šedý, matný	70	LW	0,97	9

Tabulka 21.1 T: celé spektrum; SW: 2–5 μm ; LW: 8–14 μm ; LLW: 6,5–20 μm ; 1: materiál; 2: specifikace; 3: teplota v $^{\circ}\text{C}$; 4: spektrum; 5: emisivita; 6: literatura (pokračování)

1	2	3	4	5	6
hliník	anodizovaný, černý, matný	70	SW	0,67	9
hliník	anodizovaný, černý, matný	70	LW	0,95	9
hliník	fólie	27	10 μm	0,04	3
hliník	fólie	27	3 μm	0,09	3
hliník	leštěná deska	100	T	0,05	4
hliník	leštěný	50-100	T	0,04-0,06	1
hliník	leštěný plát	100	T	0,05	2
hliník	odlité, očištěné otryskáním	70	SW	0,47	9
hliník	odlité, očištěné otryskáním	70	LW	0,46	9
hliník	oxidované, silně	50-500	T	0,2-0,3	1
hliník	plát, 4 vzorky různě zaškrábané	70	SW	0,05-0,08	9
hliník	plát, 4 vzorky různě zaškrábané	70	LW	0,03-0,06	9
hliník	ponořený v HNO_3 , deska	100	T	0,05	4
hliník	silně zvětralé	17	SW	0,83-0,94	5
hliník	vakuově nanesený	20	T	0,04	2
hliník	ve stavu přijetí, deska	100	T	0,09	4
hliník	ve stavu přijetí, plát	100	T	0,09	2
hliník	zdrsněný	27	10 μm	0,18	3
hliník	zdrsněný	27	3 μm	0,28	3
hliník	zdrsněný povrch	20-50	T	0,06-0,07	1
hliníkový bronz		20	T	0,60	1
hořčík		22	T	0,07	4
hořčík		260	T	0,13	4
hořčík		538	T	0,18	4
hořčík	leštěný	20	T	0,07	2
hořčíkový prášek			T	0,86	1
hydroxid hlinitý	prášek		T	0,28	1
jíl	pálený	70	T	0,91	1
Krylon Ultra-flat black 1602	matná čern	teplota místnosti do 175	LW	$\approx 0,96$	12
Krylon Ultra-flat black 1602	matná čern	teplota místnosti do 175	MW	$\approx 0,97$	12
kůže	lidská	32	T	0,98	2
kůže	vydělaná		T	0,75-0,80	1
lak	3 barvy stříkané na hliník	70	SW	0,50-0,53	9
lak	3 barvy stříkané na hliník	70	LW	0,92-0,94	9

Tabulka 21.1 T: celé spektrum; SW: 2–5 μm ; LW: 8–14 μm ; LLW: 6,5–20 μm ; 1: materiál; 2: specifikace; 3: teplota v $^{\circ}\text{C}$; 4: spektrum; 5: emisivita; 6: literatura (pokračování)

1	2	3	4	5	6
lak	bakelitový	80	T	0,83	1
lak	bílý	100	T	0,92	2
lak	bílý	40-100	T	0,8-0,95	1
lak	hliníkový na drsném povrchu	20	T	0,4	1
lak	odolný teple	100	T	0,92	1
lak	černý, lesklý, stříkaný na železo	20	T	0,87	1
lak	černý, matný	100	T	0,97	2
lak	černý, matný	40-100	T	0,96-0,98	1
led: viz voda					
látka	černá	20	T	0,98	1
malta		17	SW	0,87	5
malta	suchý	36	SW	0,94	7
molybden		1500-2200	T	0,19-0,26	1
molybden		600-1000	T	0,08-0,13	1
molybden	vlákno	700-2500	T	0,1-0,3	1
měď	elektrolytická, leštěná	-34	T	0,006	4
měď	elektrolytická, pečlivě leštěná	80	T	0,018	1
měď	leštěná, strojově	22	T	0,015	4
měď	leštěný	50-100	T	0,02	1
měď	leštěný	100	T	0,03	2
měď	natavená	1100-1300	T	0,13-0,15	1
měď	obchodní, leštěná	20	T	0,07	1
měď	obchodní, leštěná	27	T	0,03	4
měď	oxidovaná do černa		T	0,88	1
měď	oxidovaná, černá	27	T	0,78	4
měď	oxidovaný	50	T	0,6-0,7	1
měď	velmi oxidovaná	20	T	0,78	2
měď	zaškrábaná	27	T	0,07	4
měď	čistý, pečlivě připravený povrch	22	T	0,008	4
nerezová ocel	leštěný plát	70	SW	0,18	9
nerezová ocel	leštěný plát	70	LW	0,14	9
nerezová ocel	plát, neopravený, trochu zaškrábaný	70	SW	0,30	9
nerezová ocel	plát, neopravený, trochu zaškrábaný	70	LW	0,28	9
nerezová ocel	pískované	700	T	0,70	1
nerezová ocel	slitina, 8 % Ni, 18 % Cr	500	T	0,35	1

Tabulka 21.1 T: celé spektrum; SW: 2–5 μm ; LW: 8–14 μm , LLW: 6,5–20 μm ; 1: materiál; 2: specifikace; 3: teplota v $^{\circ}\text{C}$; 4: spektrum; 5: emisivita; 6: literatura (pokračování)

1	2	3	4	5	6
nerezová ocel	typ 18-8, leštěná kůží	20	T	0,16	2
nerezová ocel	typ 18-8, oxidované při teplotě 800 $^{\circ}\text{C}$	60	T	0,85	2
nerezová ocel	válcovaný	700	T	0,45	1
Nextel Velvet 811-21 Black	matná čern	-60-150	LW	> 0,97	10 a 11
nichrom	drát, oxidovaný	50-500	T	0,95-0,98	1
nichrom	drát, čistý	50	T	0,65	1
nichrom	drát, čistý	500-1000	T	0,71-0,79	1
nichrom	pískované	700	T	0,70	1
nichrom	válcovaný	700	T	0,25	1
nikl	drát	200-1000	T	0,1-0,2	1
nikl	elektrolyticky nanesený na železe, leštěný	22	T	0,045	4
nikl	elektrolyticky nanesený na železe, neleštěný	20	T	0,11-0,40	1
nikl	elektrolyticky nanesený na železe, neleštěný	22	T	0,11	4
nikl	elektrolyticky nanesený, leštěný	20	T	0,05	2
nikl	elektrolytické	22	T	0,04	4
nikl	elektrolytické	260	T	0,07	4
nikl	elektrolytické	38	T	0,06	4
nikl	elektrolytické	538	T	0,10	4
nikl	lesklý, matný	122	T	0,041	4
nikl	leštěný	122	T	0,045	4
nikl	obchodní, čistý, leštěný	100	T	0,045	1
nikl	obchodní, čistý, leštěný	200-400	T	0,07-0,09	1
nikl	oxidovaný	1227	T	0,85	4
nikl	oxidovaný	200	T	0,37	2
nikl	oxidovaný	227	T	0,37	4
nikl	oxidovaný při teplotě 600 $^{\circ}\text{C}$	200-600	T	0,37-0,48	1
olej, mazací	film 0,025 mm	20	T	0,27	2
olej, mazací	film 0,050 mm	20	T	0,46	2
olej, mazací	film 0,125 mm	20	T	0,72	2
olej, mazací	film na bázi niklu: pouze na niklové bázi	20	T	0,05	2
olej, mazací	tenký povlak	20	T	0,82	2
olovo	lesklé	250	T	0,08	1

Tabulka 21.1 T: celé spektrum; SW: 2–5 μm ; LW: 8–14 μm ; LLW: 6,5–20 μm ; 1: materiál; 2: specifikace; 3: teplota v $^{\circ}\text{C}$; 4: spektrum; 5: emisivita; 6: literatura (pokračování)

1	2	3	4	5	6
olovo	neoxidované, leštěné	100	T	0,05	4
olovo	oxidované, šedivé	20	T	0,28	1
olovo	oxidované, šedivé	22	T	0,28	4
olovo	oxidovaný při te- plotě 200 $^{\circ}\text{C}$	200	T	0,63	1
Omítka		17	SW	0,86	5
Omítka	nehlazená	20	T	0,91	2
Omítka	sádkarton, neopracovaný	20	SW	0,90	6
oxid hlinitý	aktivovaný, prášek		T	0,46	1
oxid hlinitý	čistý, prášek (alumina)		T	0,16	1
oxid mědi	červená, prášek		T	0,70	1
oxid niklu		1000-1250	T	0,75-0,86	1
oxid niklu		500-650	T	0,52-0,59	1
papír	4 různé barvy	70	SW	0,68-0,74	9
papír	4 různé barvy	70	LW	0,92-0,94	9
papír	bílý	20	T	0,7-0,9	1
papír	bílý vazbový	20	T	0,93	2
papír	bílý, 3 různé lesky	70	SW	0,76-0,78	9
papír	bílý, 3 různé lesky	70	LW	0,88-0,90	9
papír	modrý, tmavě		T	0,84	1
papír	s vrstvou černého laku		T	0,93	1
papír	zelený		T	0,85	1
papír	černá		T	0,90	1
papír	černý, matný		T	0,94	1
papír	černý, matný	70	SW	0,86	9
papír	černý, matný	70	LW	0,89	9
papír	červený		T	0,76	1
papír	žlutý		T	0,72	1
plast	polyuretanová izolační deska	70	LW	0,55	9
plast	polyuretanová izolační deska	70	SW	0,29	9
plast	PVC, podlahový, matný, strukturovaný	70	SW	0,94	9
plast	PVC, podlahový, matný, strukturovaný	70	LW	0,93	9
plast	skelný laminát (deska tištěných spojů)	70	SW	0,94	9

Tabulka 21.1 T: celé spektrum; SW: 2–5 μm ; LW: 8–14 μm ; LLW: 6,5–20 μm ; 1: materiál; 2: specifikace; 3: teplota v $^{\circ}\text{C}$; 4: spektrum; 5: emisivita; 6: literatura (pokračování)

1	2	3	4	5	6
plast	skelný laminát (deska tištěných spojů)	70	LW	0,91	9
platina		100	T	0,05	4
platina		1000-1500	T	0,14-0,18	1
platina		1094	T	0,18	4
platina		17	T	0,016	4
platina		22	T	0,03	4
platina		260	T	0,06	4
platina		538	T	0,10	4
platina	drát	1400	T	0,18	1
platina	drát	50-200	T	0,06-0,07	1
platina	drát	500-1000	T	0,10-0,16	1
platina	pásek	900-1100	T	0,12-0,17	1
platina	čistý, leštěný	200-600	T	0,05-0,10	1
polystyren	izolační	37	SW	0,60	7
porcelán	bílý, lesklý		T	0,70-0,75	1
porcelán	glazura	20	T	0,92	1
pryž	měkká, šedá, hrubá	20	T	0,95	1
pryž	tvrdá	20	T	0,95	1
písek			T	0,60	1
písek		20	T	0,90	2
pískovec	leštěný	19	LLW	0,909	8
pískovec	neopracovaný	19	LLW	0,935	8
půda	nasycená vodou	20	T	0,95	2
půda	suchý	20	T	0,92	2
Skleněná tabulka (plavené sklo)	nepokovené	20	LW	0,97	14
smirkové plátno	hrubé	80	T	0,85	1
sníh: viz voda					
struska	kotelní	0-100	T	0,97-0,93	1
struska	kotelní	1400-1800	T	0,69-0,67	1
struska	kotelní	200-500	T	0,89-0,78	1
struska	kotelní	600-1200	T	0,76-0,70	1
stříbro	leštěný	100	T	0,03	2
stříbro	čistý, leštěný	200-600	T	0,02-0,03	1
sádra		20	T	0,8-0,9	1
tapeta	jemný vzorek, světle šedá	20	SW	0,85	6
tapeta	jemný vzorek, červená	20	SW	0,90	6
titan	leštěný	1000	T	0,36	1
titan	leštěný	200	T	0,15	1

Tabulka 21.1 T: celé spektrum; SW: 2–5 μm ; LW: 8–14 μm ; LLW: 6,5–20 μm ; 1: materiál; 2: specifikace; 3: teplota v $^{\circ}\text{C}$; 4: spektrum; 5: emisivita; 6: literatura (pokračování)

1	2	3	4	5	6
titan	leštěný	500	T	0,20	1
titan	oxidovaný při teplotě 540 $^{\circ}\text{C}$	1000	T	0,60	1
titan	oxidovaný při teplotě 540 $^{\circ}\text{C}$	200	T	0,40	1
titan	oxidovaný při teplotě 540 $^{\circ}\text{C}$	500	T	0,50	1
Uhlík	grafit, celistvý povrch	20	T	0,98	2
Uhlík	grafitový prášek		T	0,97	1
Uhlík	lampová čerň	20-400	T	0,95-0,97	1
Uhlík	prášek z dřevěného uhlí		T	0,96	1
Uhlík	svíčkové saze	20	T	0,95	2
vláknitá deska	dřevovláknitá deska	70	SW	0,75	9
vláknitá deska	dřevovláknitá deska	70	LW	0,88	9
vláknitá deska	porézní, neopracovaná	20	SW	0,85	6
vláknitá deska	tvrdá, neopracovaná	20	SW	0,85	6
vláknitá deska	třísková deska	70	SW	0,77	9
vláknitá deska	třísková deska	70	LW	0,89	9
voda	destilovaná	20	T	0,96	2
voda	led, hladký	-10	T	0,96	2
voda	led, hladký	0	T	0,97	1
voda	led, se silně zamrzlou vrstvou	0	T	0,98	1
voda	sníh		T	0,8	1
voda	sníh	-10	T	0,85	2
voda	vrstva >0,1 mm	0-100	T	0,95-0,98	1
voda	zamrzlá do krystalů	-10	T	0,98	2
vápno			T	0,3-0,4	1
wolfram		1500-2200	T	0,24-0,31	1
wolfram		200	T	0,05	1
wolfram		600-1000	T	0,1-0,16	1
wolfram	vlákno	3300	T	0,39	1
zinek	leštěný	200-300	T	0,04-0,05	1
zinek	oxidovaný povrch	1000-1200	T	0,50-0,60	1
zinek	oxidovaný při teplotě 400 $^{\circ}\text{C}$	400	T	0,11	1
zinek	plát	50	T	0,20	1
zlato	leštěné, pečlivě	200-600	T	0,02-0,03	1
zlato	leštěný	130	T	0,018	1

Tabulka 21.1 T: celé spektrum; SW: 2–5 μm ; LW: 8–14 μm ; LLW: 6,5–20 μm ; 1: materiál; 2: specifikace; 3: teplota v $^{\circ}\text{C}$; 4: spektrum; 5: emisivita; 6: literatura (pokračování)

1	2	3	4	5	6
zlato	leštěný do vysokého lesku	100	T	0,02	2
červené olovo		100	T	0,93	4
červené olovo, prášek		100	T	0,93	1
štuk	drsňý, vápenný	10-90	T	0,91	1
železo a ocel	broušený plát	950-1100	T	0,55-0,61	1
železo a ocel	elektrolytická, pečlivě leštěná	175-225	T	0,05-0,06	1
železo a ocel	elektrolytické	100	T	0,05	4
železo a ocel	elektrolytické	22	T	0,05	4
železo a ocel	elektrolytické	260	T	0,07	4
železo a ocel	lesklá oxidovaná vrstva, plát,	20	T	0,82	1
železo a ocel	lesklé, leptané	150	T	0,16	1
železo a ocel	leštěný	100	T	0,07	2
železo a ocel	leštěný	400-1000	T	0,14-0,38	1
železo a ocel	leštěný plát	750-1050	T	0,52-0,56	1
železo a ocel	neopracované, rovný povrch	50	T	0,95-0,98	1
železo a ocel	oxidovaný	100	T	0,74	4
železo a ocel	oxidovaný	100	T	0,74	1
železo a ocel	oxidovaný	1227	T	0,89	4
železo a ocel	oxidovaný	125-525	T	0,78-0,82	1
železo a ocel	oxidovaný	200	T	0,79	2
železo a ocel	oxidovaný	200-600	T	0,80	1
železo a ocel	plát s červenou rží	22	T	0,69	4
železo a ocel	pokryté červenou rží	20	T	0,61-0,85	1
železo a ocel	silně oxidované	50	T	0,88	1
železo a ocel	silně oxidované	500	T	0,98	1
železo a ocel	silně rezavý plát	20	T	0,69	2
železo a ocel	silně zrezivělý	17	SW	0,96	5
železo a ocel	tvářené, jemně leštěné	40-250	T	0,28	1
železo a ocel	válcované za studena	70	SW	0,20	9
železo a ocel	válcované za studena	70	LW	0,09	9
železo a ocel	válcované za tepla	130	T	0,60	1
železo a ocel	válcované za tepla	20	T	0,77	1
železo a ocel	válcovaný plát	50	T	0,56	1

Tabulka 21.1 T: celé spektrum; SW: 2–5 μm ; LW: 8–14 μm , LLW: 6,5–20 μm ; 1: materiál; 2: specifikace; 3: teplota v $^{\circ}\text{C}$; 4: spektrum; 5: emisivita; 6: literatura (pokračování)

1	2	3	4	5	6
železo a ocel	čerstvě opra- vané smirkovým plátnem	20	T	0,24	1
železo a ocel	čerstvě válcované	20	T	0,24	1
železo a ocel	červená rez	20	T	0,69	1
Železo, odlitek	ingoty	1000	T	0,95	1
Železo, odlitek	leštěný	200	T	0,21	1
Železo, odlitek	leštěný	38	T	0,21	4
Železo, odlitek	leštěný	40	T	0,21	2
Železo, odlitek	neopracované	900-1100	T	0,87-0,95	1
Železo, odlitek	odlévané	50	T	0,81	1
Železo, odlitek	oxidovaný	100	T	0,64	2
Železo, odlitek	oxidovaný	260	T	0,66	4
Železo, odlitek	oxidovaný	38	T	0,63	4
Železo, odlitek	oxidovaný	538	T	0,76	4
Železo, odlitek	oxidovaný při te- plotě 600 $^{\circ}\text{C}$	200-600	T	0,64-0,78	1
Železo, odlitek	strojně opracované	800-1000	T	0,60-0,70	1
Železo, odlitek	tekutina	1300	T	0,28	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)

T501250.xml; cs-CZ; AD; 43676; 2017-07-06
T505552.xml; cs-CZ; 9599; 2013-11-05
T505469.xml; cs-CZ; 39689; 2017-01-25
T505013.xml; cs-CZ; 39689; 2017-01-25
T506128.xml; cs-CZ; AC; 43003; 2017-06-02
T505470.xml; cs-CZ; 39513; 2017-01-18
T505007.xml; cs-CZ; 42810; 2017-05-23
T506125.xml; cs-CZ; 40753; 2017-03-02
T505000.xml; cs-CZ; 39687; 2017-01-25
T506155.xml; cs-CZ; 42220; 2017-04-26
T506051.xml; cs-CZ; 40460; 2017-02-20
T505005.xml; cs-CZ; 42810; 2017-05-23
T505001.xml; cs-CZ; 41563; 2017-03-23
T505006.xml; cs-CZ; 41563; 2017-03-23
T505002.xml; cs-CZ; 39512; 2017-01-18



Website

<http://www.flir.com>

Customer support

<http://support.flir.com>

Copyright

© 2017, 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 with any questions.

Publ. No.: T810252
Release: AD
Commit: 43676
Head: 43696
Language: cs-CZ
Modified: 2017-07-06
Formatted: 2017-07-06