

GUIDEBOK I TERMOGRAFI FÖR BYGG- OCH ENERGIBRANSCHEN

En utförlig guide om att använda värmekamera för inspektion av byggnader, solpaneler och vindkraftverk.



Innehåll

	1. Värmekameran och hur den fungerar	8
	2. Varför använda värmekamera?	10
	3. Termografi för byggapplikationer	14
	4. Termisk fysik för byggapplikationer	26
	5. Värmekameror för inspektion av solpaneler	32
	6. Inspektion av vindkraftverk med värmekamera	44
	7. Att välja värmekameraleverantör	48
	8. Hitta den bästa lösningen	50
	9. Att utföra en termografi-inspektion	62

Den här boken har tagits fram i nära samarbete med Infrared Training Center (ITC). Alla bilder som används är enbart för illustration.

SPECIFIKATIONER KAN KOMMA ATT ÄNDRAS UTAN FÖREGÅENDE AVISIERING. Copyright 2012, FLIR Systems AB.

Alla andra varumärken och produktnamn tillhör respektive ägare.

Introduktion:

Den första kommersiella värmekameran såldes 1965 för inspektion av kraftledningar av en division inom AGA. Idag heter företaget FLIR Systems.

Sedan dess har värmekameratekniken utvecklats. En värmekamera är i dag ett kompakt system som ser ut som en digitalkamera. Den är enkel att använda och ger en skarp och detaljrik bild.

Byggindustrin upptäckte snart att en värmekamerainspektion kan ge värdefull information som är i stort sett omöjlig att få med något annat verktyg. Från att ha setts som en exotisk teknik har värmekameran utvecklats till ett känt instrument som används av flertalet byggingpektörer världen över.

En värmekamera är ett unikt instrument som kan kartlägga energiförlusten från en byggnad. Metoden är snabb och värmebilderna som kameran tar är tydliga och övertygande argument för eventuella åtgärder.

Att använda värmekamera, antingen som enda verktyg, eller i kombination med andra metoder som till exempel "BlowerDoor", gör att arbetet går märkbart snabbare. Med termografi kan man markera exakt var energiförlusten sker utan att använda så kallad förstörande provning.



Under de senaste 50 åren har värmekamerorna utvecklats mycket. FLIR har alltid varit en pionjär som presenterat den senaste tekniken och de mest avancerade värmekamerorna för marknaden.

En värmekamera är ett pålitligt instrument som beröringsfritt skannar av och visualiserar temperaturfördelningen av hela ytan både snabbt och noggrant. Termografikontroller har bidragit till att sänka kostnader hos många företag världen över.

Termografi för byggindustrin

Sedan 70-talet har vi blivit allt mer medvetna om att våra energiresurser är begränsade.

Att minska energiförbrukningen är ett av EUs huvudmål och byggsektorn har den enskilt största potentialen för att förbättra energieffektiviteten. EU har därför, de senaste åren, utformat olika direktiv som syftar till att minska energiförbrukningen inom byggsektorn. Tusentals europeiska företag har redan påverkats då många länder inom EU i dag ställer krav på energideklarationer för nya byggnader och renovering.

Tillsammans med ekonomiska stimulanspaket som många länder erbjuder är det troligt att kravet på lufttätetskontroller och andra metoder för att undersöka energieffektiviteten kommer att öka.

I ett längre perspektiv är det också troligt att vi kommer att få se tuffare EU-direktiv för energibesparing i byggnader. Detta kan betyda stora förändringar för de som arbetar inom byggsektorn.



Dagens värmekameror är små, har låg vikt och är användarvänliga.

Förnyelsebar energi

Det faktum att våra traditionella energikällor som kol, gas och olja inte är oändliga leder till stigande energipriser. Dessutom har medvetenheten ökat om att vi inte kan fortsätta smutsa ner miljön genom att använda fossila bränslen.

Solenergi

Solpaneler omvandlar solenergin till elektricitet. Och i förlängningen också till pengar. För att få maximal effekt under lång tid är kvalitet av högsta vikt. Solmodulen, den viktigaste delen av ett solenergisystem, måste vara pålitlig och kunna producera elektricitet under många år. För att säkerställa god kvalitet under solmodulens hela livstid kan användandet av en värmekamera spela en viktig roll.



Användandet av värmekameror för utvärdering av solpaneler erbjuder många fördelar. Dels går det lätt att se eventuella felaktigheter på en kontrastrik värmebild och dels, till skillnad från andra metoder, kan värmekameror användas för att kontrollera redan installerade solpaneler under drift.

I takt med att vår reserv av fossila bränslen minskar, stiger priset för kol och gas till nya höjder och många vänder sig till solenergin som en förnyelsebar energikälla. Men solpaneler kan fort bli slitna. Därför använder energiinspektörer runt om i världen värmekameror för att inspektera solpaneler monterade på tak eller i solenergiparker.

Vindkraft

Vindkraft är en annan förnyelsebar energikälla. Runt om i världen har vindkraftverk blivit allt vanligare för att generera elektricitet. Hela vindkraftparker har byggts upp både på land och utanför kusterna.

Ett vindkraftverk innehåller många mekaniska och elektriska komponenter som lätt kan kontrolleras med en värmekamera. Korrekt underhållsinspektion av alla delar av vindkraftverket säkerställer att de kan generera elektricitet under många år framåt.



En värmebild över ett vindkraftverk, taget från marken.

Den här boken är en ingående guide för bygg-, solcells- och vindkraftsinspektion med hjälp av värmekamera. Det finns många detaljer som man måste ta hänsyn till när man utför en termografiinspektion. Samtidigt som det är viktigt att förstå hur kameran fungerar och hur man sparar bilder är det viktigt med grundläggande kunskap om fysiken bakom temperaturmönster från en byggnad, en solpanel eller ett vindkraftverk, och hur de fungerar. Allt detta måste vägas in för att kunna förstå, tolka och bedöma värmebilder korrekt.

Det är trots det omöjligt att täcka in alla regler, principer och koncept i denna guidebok. Därför erbjuder FLIR Systems utbildningar i samarbete med Infrared Training Center (ITC) speciellt framtagna för byggapplikationer.

Den här guideboken behandlar

- Termografi-applikationer
- Hur en värmekamera fungerar och vad man bör ta hänsyn till när man köper en kamera
- Utförliga råd om hur man bäst utför en termografiundersökning

1

Värmekameran och hur den fungerar

En värmekamera spelar in intensiteten av strålningen i den infraröda delen av det elektromagnetiska spektrat och omvandlar den till en visuell/synlig bild.

Vad är infrarött?



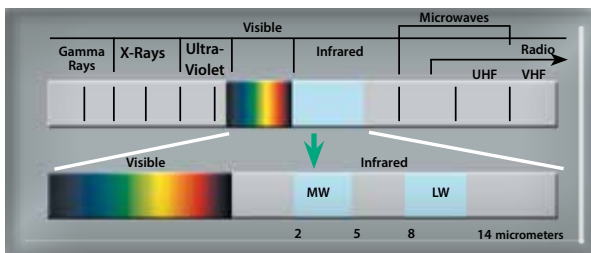
Sir William Herschel upptäckte IR-strålningen år 1800.

Våra ögon är detektorer anpassade för att upptäcka elektromagnetisk strålning i våglängdsområdet för synligt ljus. Alla andra former av elektromagnetisk strålning, som till exempel infraröd, är osynliga för det mänskliga ögat.

Att infraröd strålning existerar upptäckte astronomen Sir Frederick William Herschel år 1800. Herschel var nyfiken på om det fanns en temperaturskillnad mellan olika färger av ljusstrålar och ledde därför solljus genom glasprisma för att skapa ett spektrum och mätte därefter temperaturen hos varje färg. Han upptäckte att temperaturen steg från den violetta till den röda delen av färgspektrat.

Sedan han upptäckte detta mönster bestämde sig Herschel för att mäta temperaturen strax bortom den röda delen av spektrat i ett område där inget solljus var synligt. Till sin förvåning upptäckte han att det området hade den högsta temperaturen av alla.

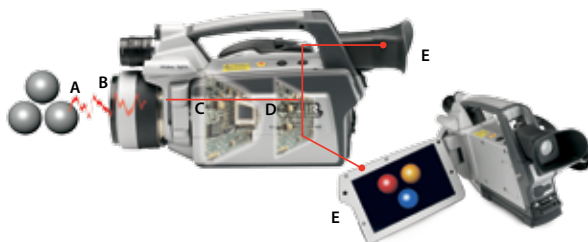
IR-strålning ligger mitt emellan våglängdsområdet för det synliga ljuset och mikrovågornas delar av det elektromagnetiska spektrat. Allt som har en temperatur över den absoluta nollpunkten (-273.15 grader Celsius eller 0 Kelvin) skickar ut IR-strålning. Även objekt som vi tänker på som väldigt kalla, till exempel iskuber, skickar ut IR-strålning.



Vi upplever IR-strålning varje dag. Värmen vi känner från solljus, en brasa eller ett element är infraröd strålning. Trots att våra ögon inte kan se den, känner nerverna i vår hud den infraröda strålningen som värme. Ju varmare ett objekt är desto mer IR-strålning skickar den ut.

Värmekameran

Infraröd energi (A) som kommer från ett objekt fokuseras genom optiken (B) på en IR-detektor. Detektorn skickar sedan informationen till sensorelektroniken (D) för bildbehandling. Elektroniken översätter den data som detektorn skickar iväg till en bild (E) som går att se både genom en kamerasökare eller på LCD-skärmen.



Termografi är konsten att omvandla en värmebild till en bild med radiometriska uppgifter, vilket gör det möjligt att avläsa temperaturuppgifter från bilden. Så varje pixel i en radiometrisk bild är i själva verket en temperaturmätning. För att det ska fungera krävs komplicerade algoritmer som värmekameratekniken bygger på.

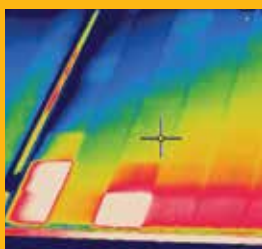
2

Varför använda termografi?

Värmekameror för byggapplikationer är kraftfulla, beröringsfria instrument för övervakning och tillståndskontroll av byggnader, solpaneler eller vindkraftverk. Med en värmekamera är det enkelt att identifiera problemet tidigt vilket gör det möjligt att dokumentera felet och korrigera det innan det blivit för allvarligt eller dyrt att reparera.

FLIR värmekameror:

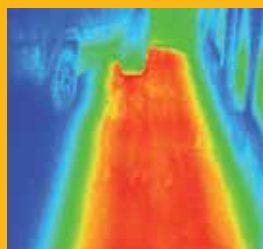
- Lika enkla att använda som en digitalkamera
- Ger en komplett bild av situationen
- Identifierar och lokaliserar problemet
- Mäter temperatur
- Lagrar information
- Kan exakt visa vad som behöver åtgärdas
- Hjälper dig hitta fel innan de orsakat stora problem
- Sparar värdefull tid och pengar



Defekta solceller.



Termografi-inspektion av en fönsterinstallation.



Upphettad asfalt där endast en del fungerar.

FLIR Systems har ett stort utbud av värmekameror. Oavsett om du använder termografi för inspektion av stora byggnader eller för kontroll av det egna hemmet har FLIR rätt värmekamera för ditt behov.



Varför använda värmekamera?

Varför ska du välja en värmekamera från FLIR när det finns andra tekniker för att mäta temperatur beröringsfritt? IR-termometrar till exempel.

IR-termometrar jämfört med värmekameror

En IR-termometer är pålitlig och användbar för temperaturmätning av en punkt. Men vid inspektion av stora ytor är det lätt att missa avgörande problem som t.ex. luftläckage, bristfällig isolering eller vattenskada. Med en värmekamera kan man snabbt skanna hela byggnader, eller värme- och HVAC-installationer. Man minimerar dessutom risken för att missa ett potentiellt problem oavsett hur litet det är.



IR-termometer, temperaturmätning på en punkt.



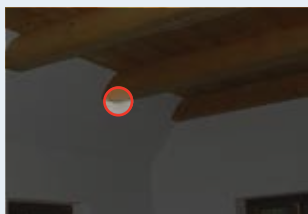
FLIR i3, temperaturmätning på 3,600 punkter.

Hitta problem snabbare och lättare med extrem noggrannhet

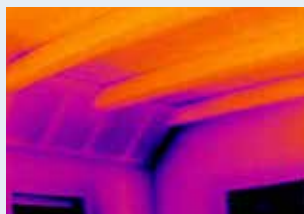
Det är lätt att missa kritiska byggproblem om du endast använder dig av en IR-termometer. En värmekamera ger dig en helhetsbild av situationen och snabb kunskap om förhållandena. En värmekamera kan inte bara lokalisera konstruktionsproblem i en byggnad utan visar också hur utbrett problemet är.

Använd tusentals IR-termometrar på samma gång

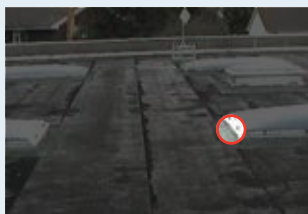
Med en IR-termometer kan du mäta temperaturen på en punkt. FLIRs värmekameror mäter temperaturen över hela bilden. FLIR i3 har en upplösning på 60 x 60 pixlar. Det är detsamma som att använda 3 600 IR-termometrar på samma gång. Jämför man med FLIR T640 som har en upplösning på 640 x 480 pixlar betyder det 307 200 pixlar eller detsamma som att mäta med 307 200 IR-termometrar på samma gång.



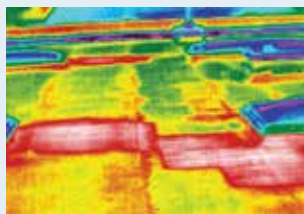
Vad en IR-termometer visar.



Vad en värmekamera visar.



Vad en IR-termometer visar.



Vad en värmekamera visar.



Vad en IR-termometer visar.



Vad en värmekamera visar.



3

Att använda värmekamera för byggapplikationer

Bygginspektion med hjälp av värmekamera är en kraftfull och icke-förstörande metod för övervakning och tillståndskontroll av byggnader. Termografi har utvecklats till ett värdefullt diagnosverktyg för bygginspektioner. En värmekamera kan identifiera problem i ett tidigt skede, vilket gör det möjligt att korrigera fel innan de blivit allvarliga och kostsamma att reparera.

En bygginspektion med värmekamera kan:

- Visualisera energiförluster
- Upptäcka bristfällig isolering
- Lokalisera luftläckage
- Hitta fukt i isolering, i tak och väggar, både i den inre och yttre strukturen
- Upptäcka risk för mögelangrepp och dåligt isolerade ytor
- Lokalisera köldbryggor
- Lokalisera vatteninfiltration i platta tak
- Upptäcka sprickor i varmvattenledningar
- Upptäcka konstruktionsmissar
- Övervaka torkning av byggnader
- Hitta fel i framledningar och fjärrvärme
- Upptäcka elektriska fel

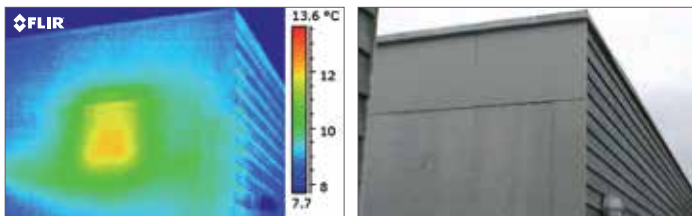
Värmekameror är det perfekta verktyget för att lokalisera och identifiera byggfel eftersom de gör det osynliga synligt. På en värmebild sticker felet verkligen ut. En värmekamera är det enda verktyget som ger dig en helhetsbild.

En värmebild som inkluderar noggrann temperaturdata ger byggexperter viktig information om tillståndet hos isoleringen, fuktangrepp, mögel, elektriska fel, förekomsten av köldbryggor och tillståndet hos HVAC-systemet.

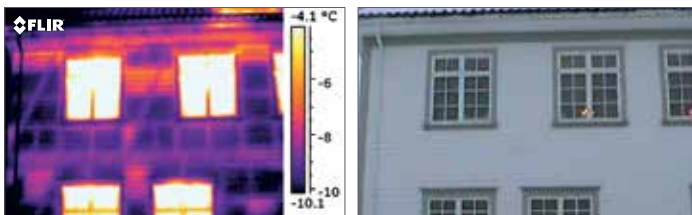
En värmekamera är så mångsidig och användbar att det är omöjligt att räkna upp alla användningsområden. Nya och innovativa sätt att använda tekniken utvecklas varje dag. Några av de sätt som en värmekamera kan användas på för byggrelaterade applikationer beskriver vi i den här delen av guideboken.

Bristfällig isolering och luftläckage

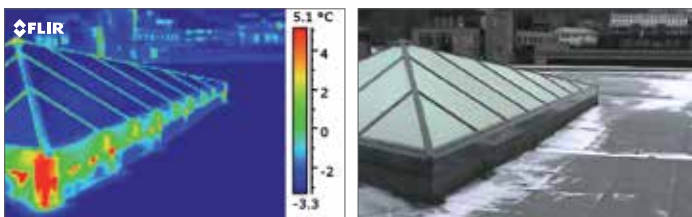
En värmekamera är ett fantastiskt hjälpmedel för att lokalisera byggdefekter som bristfällig isolering, puts som släpper eller kondenseringsproblem.



Den här byggnaden är varmare på insidan. Det är en sandwichkonstruktion, betong – isolering – betong. En sektion av isolering saknas vilket inte går att se med blotta ögat vare sig från in- eller utsidan. På värmebilden syns det dock tydligt.

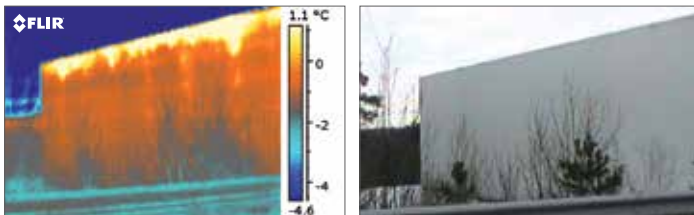


Fackverkskonstruktion. Flera av sektionerna saknar isolering vilket indikeras av de ljusare färgerna i värmebilden.



Glastak ovanför atrium. Det är vattentätt, men inte lufttätt. Varm luft försvinner ut på grund av övertryck. Lösningen är att göra taket lufttätt.

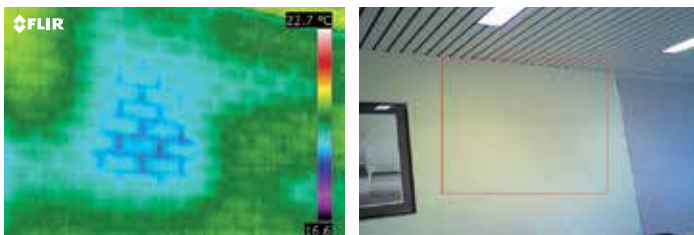
Lagerbyggnader med välsolerade prefabricerade väggar och tak kan råka ut för energiförluster i fogen mellan dessa delar.



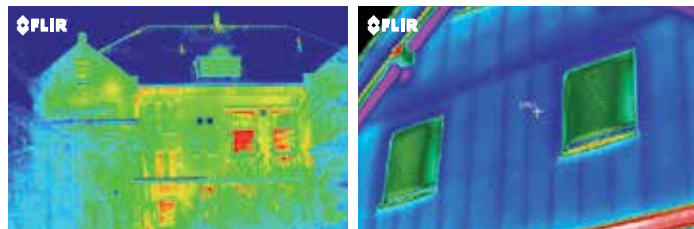
En lagerbyggnad där mängder av varm luft försvinner mellan vägg och tak. Fogen behöver tätas för att stoppa energiförlusten.

När man använder en värmekamera för att hitta bristfällig isolering eller energiförluster bör temperaturskillnaden mellan inne- och utetemperatur vara minst 10 °C. Använder man en värmekamera med hög IR-upplösning och hög termisk känslighet kan temperaturskillnaden vara något mindre.

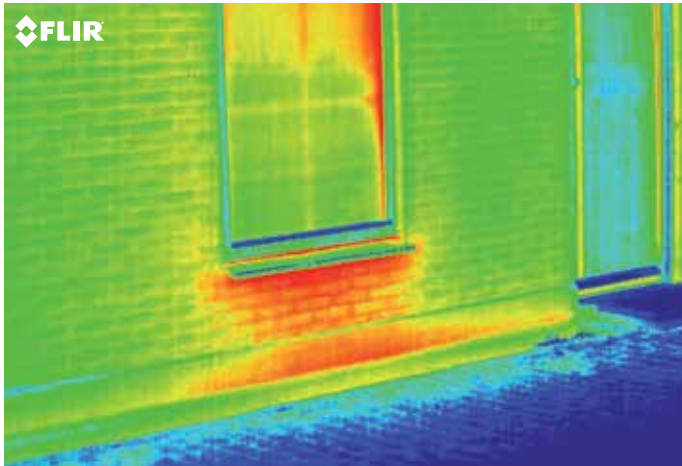
I kyliga klimat inspekteras byggnader oftast under vintern. I varma klimat, där det är viktigt att se om byggnader är välsolerade för att behålla den kalla luft som luftkonditioneringen skapar, är sommaren idealisk för att utföra en termografiinspektion med värmekamera.



Bristfällig isolering i delar av väggen.



Termografiinspektion från utsidan, värmebilden visar tydligt saknad eller bristfällig isolering.



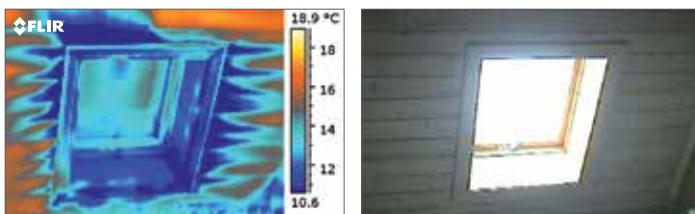
Värmebilden visar tydligt otillräcklig isolering i väggen under fönstret.

Upptäcka luftläckage

Luftläckage leder till högre energiförbrukning och kan ofta skapa problem för ventilationssystemet. Luftläckage kan också leda till kondens i konstruktionen vilket i sin tur kan orsaka ett dåligt inomhusklimat.

För att upptäcka luftläckage med hjälp av en värmekamera krävs en temperaturskillnad och en skillnad i lufttrycket.

Med en värmekamera upptäcker du det karaktäristiska mönster som uppstår när kall luft kommer in genom en spricka i konstruktionen, följer ytan och kyler ned den. Termografiinspektionen ska alltid utföras på den sidan konstruktionen där undertryck råder. Luftläckage upptäcks ofta med hjälp av en tryckmetod som vanligen kallas "BlowerDoor"-test. Mer information om "BlowerDoor" finns längre fram i guideboken.

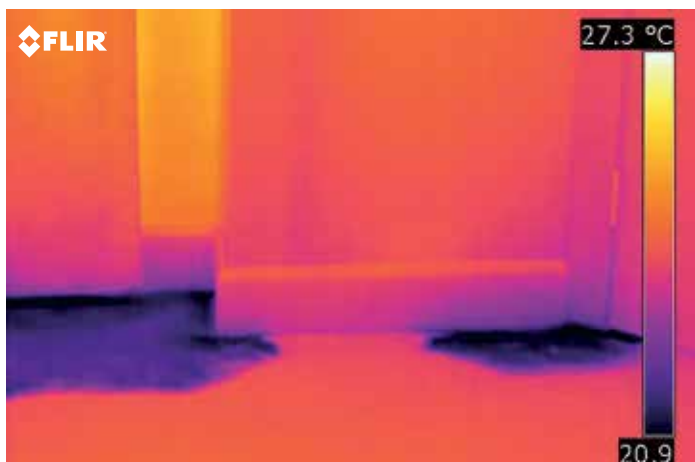


Bilden visar luftläckage mellan innertak och fönster.

Fuktdetektering

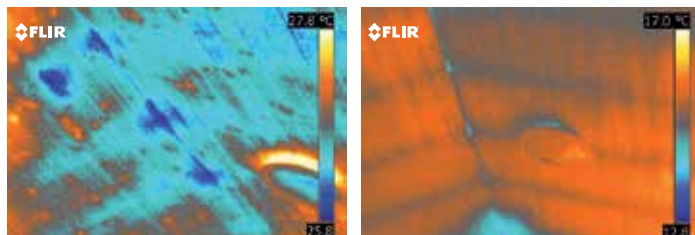
Fuktskador kan riskera att förstöra en byggnad. Luftläckage kan få kondens att bildas i väggar, golv eller innertak. Blöt isolering tar lång tid att torka och blir en riskhärd för mögel och svampangrepp.

En värmekamerainspektion kan lokalisera fukt som skapar en miljö där mögel kan uppstå. I vissa fall går det att känna fukten med lukten utan att kunna avgöra var den kommer ifrån. En termografiinspektion kan avgöra var de fuktiga ytorna som kan leda till allvarliga mögelangrepp och därigenom hälsoproblem är lokaliserade.



Inträngande fukt i golv, omöjlig att se med blotta ögat, men tydlig på värmebilden.

Fukt kan vara svår att upptäcka och tricket är att förändra temperaturen i konstruktionen. Fuktiga material kommer då att bli tydliga eftersom de ändrar temperatur mycket långsammare än torra material. När andra metoder enbart mäter temperaturen på en punkt, kan en värmekamera snabbt skanna av hela området.



Värmebilder tagna av samma innertak. I den vänstra bilden har rumstemperaturen ändrats snabbt genom att värma upp rummet vilket gör att fukten syns tydligt i värmebilden.

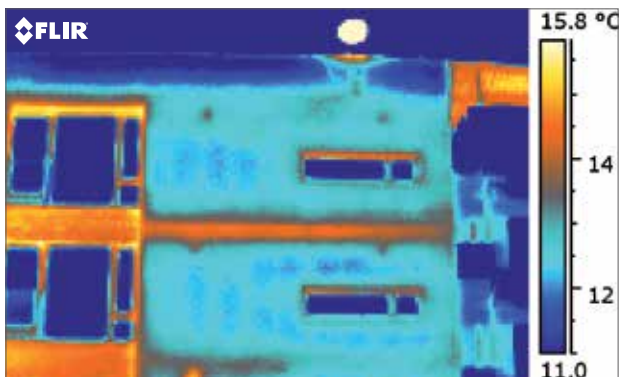
Köldbryggor

Andra applikationer inkluderar lokalisering av köldbryggor, vilket påvisar ytor i en byggnad där energi går till spillo.

En köldbrygga är en yta där klimatskalet har en lägre termisk resistens. Den orsakas genom konstruktionsbegränsningar. Värme följer den enklaste vägen från den uppvärmda ytan till utsidan – vägen med minsta motstånd.

Typiska effekter av köldbryggor är:

- Minskad ytemperatur inomhus; i värsta fall kan det resultera i problem med kondens, särskilt i hörnen.
- Märkbart ökad energiförlust.
- Kalla platser i byggnaden.



Bilden visar en köldbrygga på en av våningarna.



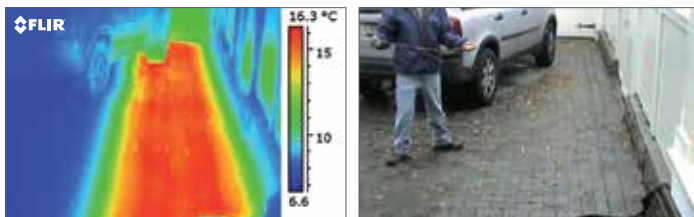
Värmebilden visar en köldbrygga mellan takbjälkarna och anslutningen i väggen.

Framledning och fjärrvärme

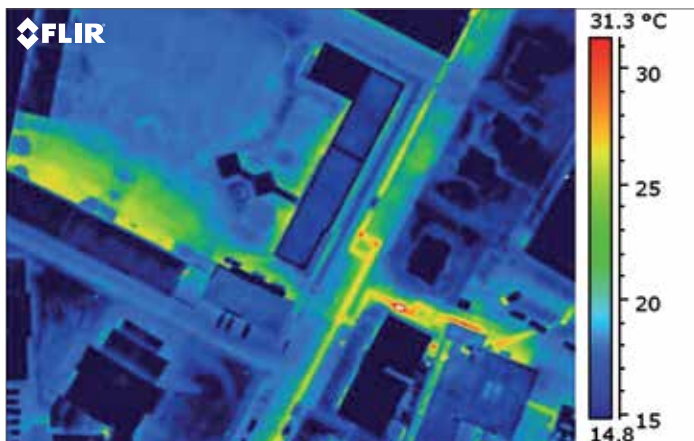
I kalla klimat är trottoarer och parkeringsplatser ibland uppvärmda.

Fjärrvärmesystem distribuerar värme, ofta ånga, som produceras på en central plats för att tillgodose uppvärmningsbehovet hos bostäder och kommersiella fastigheter i området.

En termografiundersökning kan enkelt upptäcka fel i rör eller ledningar i uppvärmningssystemet under mark. Värmekameran kan hjälpa dig att identifiera exakt plats för felet så att reparationsarbetet kan minimieras.



Fel i fjärrvärmesystemet kan enkelt lokaliseras med en värmekamera.



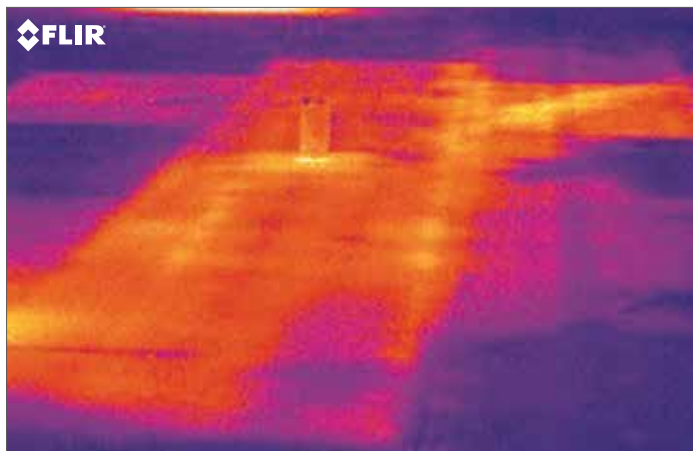
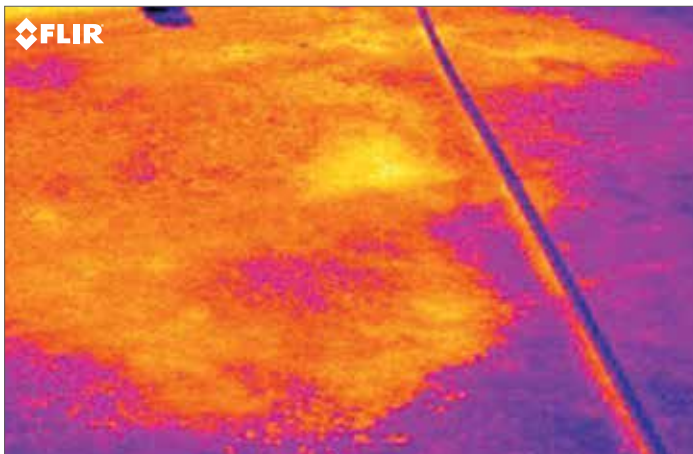
En värmebild, tagen från luften, identifierar läckor eller bristfällig isolering i fjärrvärmesystemet.

Hitta vatteninfiltration i platta tak

Termografi används också för att upptäcka vatteninfiltration i platta tak.

Vatten behåller värme längre än det torra takmaterialet och kan alltså upptäckas med en värmekamera sent på kvällen eller natten då resten av taket har kylts ned.

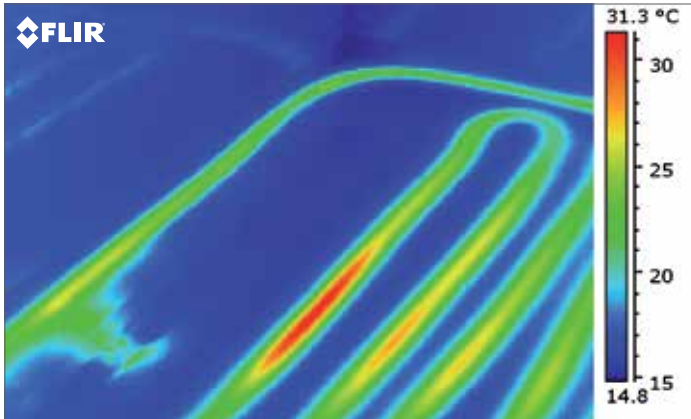
Stora kostnadsbesparingar går att göra genom att bara reparera de fuktskadade delarna istället för hela taket.



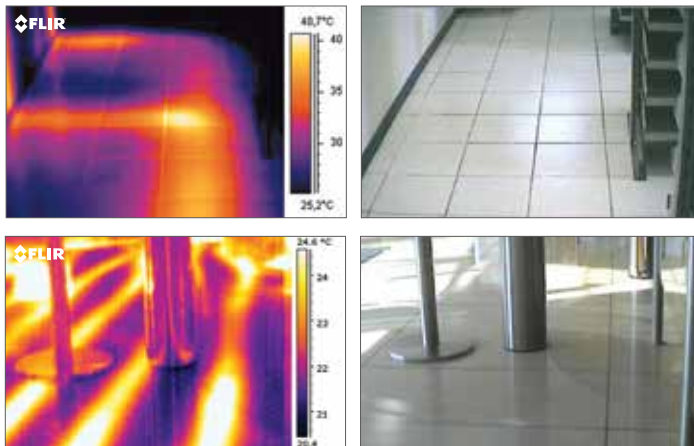
Vatteninfiltration i platta tak.

Lokalisera läckor i vattenburen golvvärme

Termografi är en användarvänlig metod för att hitta och kontrollera rör och ledningar efter läckor, även när vattenledningarna ligger i golvet eller under murbruk. Värmen från rören strålar ut till ytan och mönstret kan enkelt upptäckas med en värmekamera.



Värmebilden visar en läcka i golvvärmesystemet.



Problem med golvvärmen kan enkelt upptäckas med en värmekamera.

Kvalitetskontroll

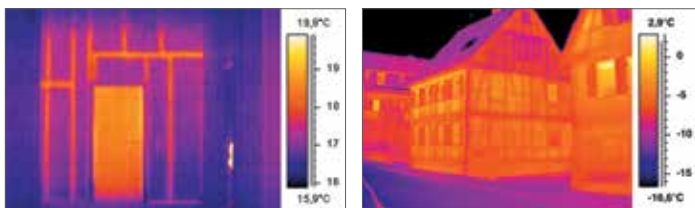
Termografi används också för kvalitetskontroll och inspektion av nya byggnader.

Under byggavfuktning är en värmebild en bra hjälp för att avgöra hur avfuktningen fortskrider så att nödvändiga åtgärder kan tas för att snabba upp torkningsprocessen.

Om processen kan påskyndas, och det går att påvisa med hjälp av en värmekamera att konstruktionen är helt och hållet torr, kan byggnaden fortare tas i bruk av kunden.

Byggrenovering

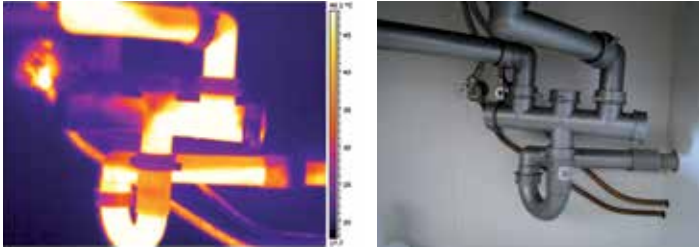
Termografi ger värdefull information vid renovering av gamla byggnader och monument. Fackverkskonstruktioner gömda bakom murbruk och puts kan bli tydliga på en värmebild. Det kan då avgöras om det är en god idé att ta fram dessa strukturer. Puts som börjar släppa från väggar kan också lokaliseras i ett tidigt stadium så det går att sätta in rätt åtgärder snabbt.



Termografi gör underliggande strukturer synliga.

Rörmokeri

Termografi är ett perfekt redskap för att upptäcka igensatta eller läckande rörledningar eller andra problem som har med rörmokeri att göra. Även om rören ligger under golvet eller i en vägg är det möjligt att exakt lokalisera problemet genom att låta varmt vatten rinna genom rören. Värmestrålningen blir då tydlig på ytan och problemområdet går att se på värmebilden.



Upptäck VVS-problem med termografi.

HVAC-installationer

Värme-, ventilation- och luftkonditioneringssystem, (HVAC) kräver mycket underhåll. De måste leverera luft med rätt luftfuktighet och temperatur och filtrera skadliga ämnen. Termografi kan vara en god hjälp för att avgöra om HVAC-systemet fungerar som det ska. Ett dåligt fungerande system ger dålig kvalitet på inomhusluften.

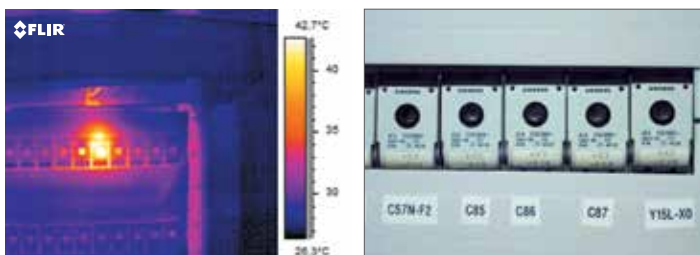
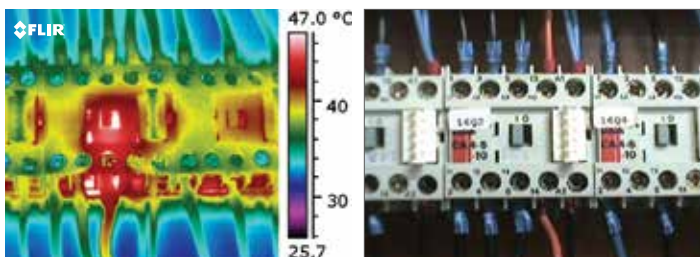
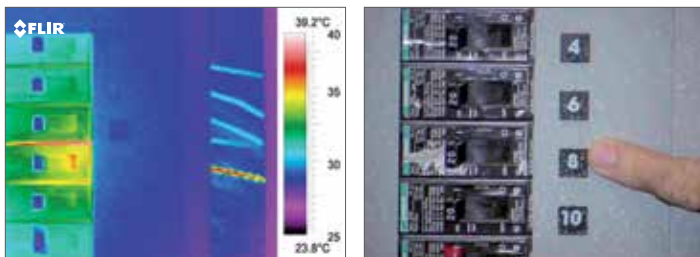


Elfel

I en byggnad finns också mängder av elinstallationer och en värmekamera är ett utmärkt verktyg för att skanna av elskåp, proppar eller kontakter.

Genom att upptäcka problem som i vanliga fall är omöjliga att se, går problemet också att åtgärda. Om ett elektriskt fel inte upptäcks riskerar det att orsaka stora temperaturstegringar. Dessutom kan det uppstå gnistbildningar som i sin tur kan orsaka brand.

För ytterligare information om kontroll av elsystem med hjälp av värmekamera, läs boken "Thermal imaging guidebook for industrial applications".



En av propparna är överhettad, en potentiell brandrisk.

4

Termisk fysik för byggapplikationer

För att kunna tolka en värmebild rätt måste användaren känna till hur olika material och förhållanden påverkar den temperaturmätning som värmekameran gör. Några av de viktigaste faktorerna är:

1. Termisk konduktivitet

Olika material har olika termiska egenskaper. Isolering värms till exempel upp långsamt medan metall i regel värms upp snabbt. Detta kallas termisk konduktivitet. Skillnader i olika materials värmeegenskaper kan leda till stora temperaturskillnader under vissa förhållanden.

2. Emissivitet

För att rätt kunna utläsa temperatur är ett föremåls emissivitet en av de viktigaste faktorerna att ta hänsyn till. Emissivitet är ett mått på den effektivitet med vilken ett objekt skickar ut infraröd strålning. Emissiviteten varierar mycket mellan olika material.



Om du tittar på värmebilden är det lätt att tro att guldfärgen är kallare än ytan på muggen. I verkligheten är det exakt samma temperatur, skillnaden i IR-strålningens intensitet orsakas av den så kallade emissiviteten.

Det är mycket viktigt att ställa in rätt emissivitet i kameran för att få korrekta temperaturangivelser. FLIRs värmekameror har fördefinierade emissivitetsinställningar för många olika material, och ytterligare andra går att hitta i en emissivitetstabell.



Värmebilden till vänster har rätt emissivitetsinställning för mänsklig hud (0.97) och temperaturavläsningen visar korrekt temperatur (36.7 °C). För värmebilden till höger är fel emissivitet inställd (0.15), vilket leder till en felaktig temperaturavläsning (98.3 °C).

3.Reflektion

En del material, som till exempel de flesta metaller, reflekterar värmestrålning på samma sätt som en spegel reflekterar synligt ljus. Reflektionerna kan leda till misstolkningar av värmebilden; reflektionen av användarens egen kropp eller från en glödlampa kan leda till felaktiga temperaturavläsningar. Användaren bör därför välja kameravinkel med omsorg för att undvika sådana reflektioner.



Fönstret reflekterar värmestrålning så för en värmekamera fungerar ett fönster på samma sätt som en spegel.

Om objektets ytmaterial har en låg emissivitet och det finns en stor temperaturskillnad mellan objekt och omgivningstemperatur, kan reflexer från infallande strålning påverka värmekamerans temperaturavläsning. För att lösa detta problem har Flir inkluderat en funktion i kamerorna som gör det möjligt att ställa in skenbar reflekterad temperatur.

4. Inomhus- och utomhustemperaturer

För att upptäcka bristfällig isolering med en värmekamera måste det finnas en temperaturskillnad mellan inne- och utetemperaturer. Det kan ofta räcka med små temperaturskillnader men en skillnad på minst 10 °C mellan in- och utsidan av väggen brukar rekommenderas.

Sådana inspektioner görs vanligen både från insidan och utsidan av huset. Saknad, skadad eller på annat sätt bristfällig isolering syns tydligt på värmebilden om temperaturskillnaden är tillräckligt stor.

Inspektören bör känna till inomhus- och utomhustemperaturen och även ta hänsyn till stora temperaturförändringar som skett inom det senaste dygnet.

5. Yttre påverkan på byggnadens utsida

Att direkt solljus kan påverka temperaturmätningen är väl tämligen självklart men solljus har dessutom en effekt som stannar kvar länge. Direkt solljus och skuggor kan till och med påverka temperaturmönstret på ytan många timmar efter det att solexponeringen slutat.

Skillnader i värmeledningsförmåga kan också orsaka skillnader i det termiska mönstret. Tegel ändrar temperatur mycket långsammare än t.ex. trä. Vind kan också påverka temperaturuppgifterna. Luftströmmar kyler ner ytmaterialen, vilket minskar temperaturskillnaderna mellan varma och kalla områden..

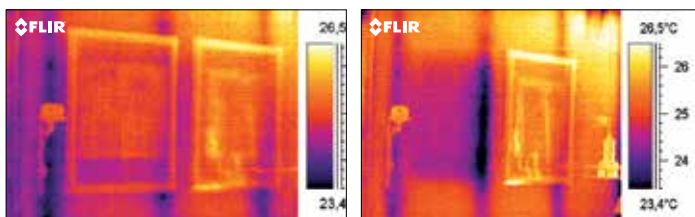
En annan självklar faktor som kan förstöra en IR-inspektion är regn, eftersom regnet kyler ner yttemperaturen. Även sedan regnet slutat kan avdunstningen kyla ned materialets yta. Detta kan självklart leda till missvisande temperaturmönster.

6. Uppvärmnings- och ventilationssystem

Yttre påverkan på yttemperaturer går också att hitta inomhus. Omgivningstemperaturen kan påverka objektets yttemperatur men det finns också en annan faktor, nämligen klimatkontroll. Uppvärmningssystem skapar temperaturskillnader som kan orsaka missvisande temperaturmönster. Även kall luft som blåser ut från luftkonditioneringssystem påverkar temperaturmönstret genom att de kyler ned yttemperaturen.

7. Påverkan inomhus

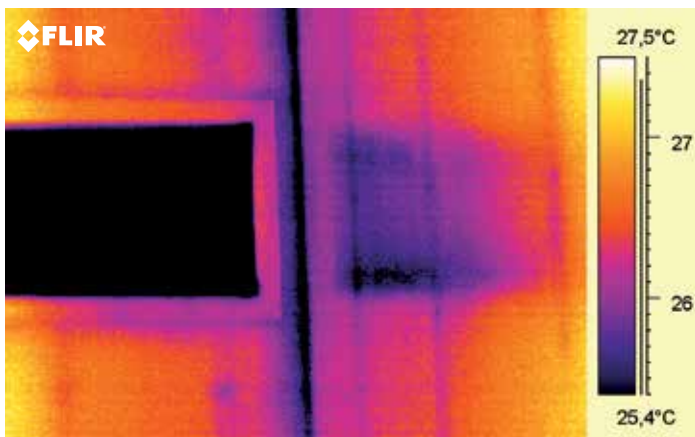
Bokhyllor, skåp eller tavlor på väggen kan också påverka temperaturmönstret. Möblerna har nämligen en isolerande effekt. Tas de bort från en vägg, kommer ytan de tidigare täckte att se kallare ut på värmebilden. Det är lätt att missta den effekten för bristfällig isolering i området. Därför är det att rekommendera att flytta alla möbler och tavlor från väggen åtminstone 6 timmar innan termografiinspektionen.



Dessa två värmebilder är tagna på samma vägg. Utomhus-temperaturen är kallare än inomhustemperaturen. Bilden till höger visar vad som händer när du tar bort en tavla från väggen. Det är lätt att missta för bristfällig isolering.

8. Reflektioner från omgivningen

Vid inspektion av reflekterande objekt är det viktigt att själv stå i en vinkel som reflekterar dig själv så lite som möjligt. Reflektionen kan komma från din kroppstemperatur eller från någon annan värmekälla i rummet som t.ex. en maskin, lampa eller transformator. Reflektioner ger inkorrekt data i en värmebild och om man inte tyder den rätt blir uppgiften felaktig.



Bilden visar reflektioner i en innervägg (till höger) orsakade av fönstret till vänster.

9. Olika typer av konstruktionsmaterial

En del material, som till exempel betong, har en långsam termisk tröghet vilket betyder att de ändrar temperatur sakta. Andra material, som de flesta metaller, ändrar temperatur snabbt. För att tolka resultatet korrekt behöver termografören veta om det skett några stora temperaturförändringar inomhus innan inspektionen utförs eftersom det kan påverka temperaturavläsningen.

10. Hur konstruktionen är byggd

En yttervägg kan byggas med en luftspalt mellan fasadbeklädnaden och resten av konstruktionen. En sådan konstruktion är inte lämplig att kontrollera från utsidan. Alla fackverk i en väggkonstruktion blir kallare om man inspekterar inifrån (förutsatt att det är varmare inomhus). Från den kalla sidan gäller motsatsen. Detta är förväntade karakteristiska temperaturmönster och inte något fel.



Värmebild tagen från insidan. Fackverket är synligt liksom skruvarna som fäster skivan på fackverket. Hörnet är tydligt kallare, en vanlig effekt, men inte något fel.



5

Termografi för inspektion av solpaneler

Förnyelsebar energi

Våra traditionella energikällor som kol, gas och olja är inte oändliga vilket har lett till höga priser. Dessutom ökar medvetenheten om att vi inte kan fortsätta förorena miljön genom att använda fossila bränslen.

Solpaneler omvandlar solenergin till elektricitet. Och i förlängningen också till pengar. För att få maximal effekt under lång tid är kvalitet av högsta vikt. Solcellsmodulen, den viktigaste delen av ett solenergisystem, måste vara pålitlig och kunna producera elektricitet under många år. För att säkerställa god kvalitet under solcellsmodulens hela livstid kan användandet av en värmekamera spela en viktig roll.

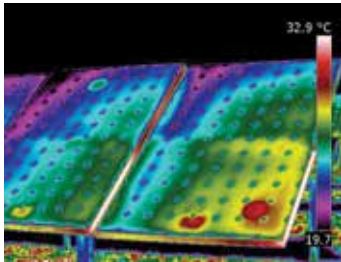
I takt med att vår reserv av fossila bränslen minskar, stiger priset för kol och gas till nya höjder och många vänder sig till solenergin som en förnyelsebar energikälla. Men solpaneler kan fort bli slitna. Därför använder energiinspektörer runt om i världen värmekameror för att inspektera solpaneler monterade på tak eller i solenergiparker.

Inspektion av solcellspaneler

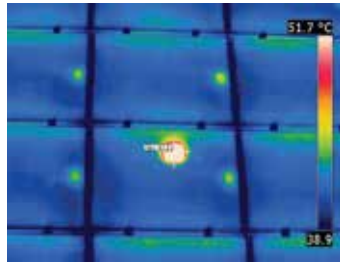
Användandet av värmekameror för utvärdering av solpaneler erbjuder många fördelar. Dels går det lätt att se eventuella felaktigheter på en kontrastrik värmebild och dels, till skillnad från andra metoder, kan värmekameror användas för att kontrollera redan installerade solpaneler under drift. Slutligen kan man med en värmekamera skanna av stora ytor på kort tid.



Med en värmekamera kan potentiella problemområden upptäckas och åtgärdas redan innan det utvecklats till ett allvarligt fel. Men alla värmekameror är inte lämpliga för inspektion av solceller och det finns några regler som behöver följas för att kunna utföra effektiva inspektioner och för att säkerställa att man drar rätt slutsats från underlaget.



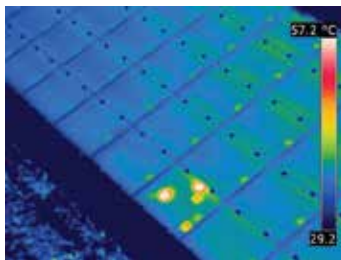
De röda fläckarna visar moduler som är konstant varmare än de andra vilket är en indikation på en bristfällig kontakt.



Den varma punkten på solcellen indikerar en fysisk skada på cellen.

Metod för inspektion av solpaneler med värmekamera

För att få tillräcklig termisk kontrast när man inspekterar solceller på fältet krävs en irradians av solljus (instrålningstäthet) på 500 W/m² eller högre. För maximalt resultat är en irradians på 700 W/m² att rekommendera. Instrålningstätheten beskriver energin av elektromagnetisk strålning per område mätt i enheten kW/m², vilken kan mätas antingen med en pyranometer (som mäter både direkt och diffus/global instrålning) eller en pyrliometer (som mäter den direkta instrålningen). Det geografiska läget och det lokala vädret är avgörande. Låga utomhustemperaturer kan också öka temperaturkontrasten.



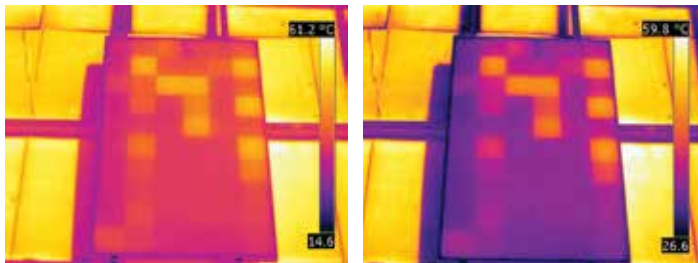
Värmebilden visar ett exempel på ett så kallat "lapptäcksmönster" vilket indikerar att en panel kan ha en defekt bypass-diod.



Värmebilden visar en varmgång som beror på en brusten cell i en 60-cells standardmodul.

Vilken typ av kamera behöver du?

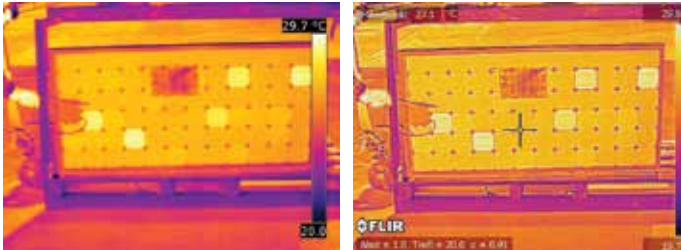
Handhållna värmekameror för bygginspektion har vanligen en ökyld mikrobolometerdetektor känslig i våglängdsområdet 8 – 14 μm . Dock är inte glas transparent i det området. När solceller inspekteras framifrån ser värmekameran värmefördelningen på glasets yta men bara indirekt temperaturfördelningen i de underliggande cellerna. Därför är de temperaturskillnader som kan mätas och ses på solcellpanelens glasyta små. För att göra dessa skillnader synliga behöver värmekameran som används för den här typen av inspektion en termisk känslighet på 0.08 $^{\circ}\text{C}$. För att tydligt kunna synliggöra temperaturskillnaderna på värmebilden behöver kameran också ha möjlighet att manuellt justera nivå och spann.



Värmebild med nivå och spann i automatiskt läge (vänster) och manuellt läge (höger).

Solcellsmoduler (fotovoltaiska moduler) monteras vanligtvis på ett kraftigt reflekterande aluminiumramverk, som syns som ett kallt område på värmebilden eftersom det reflekterar värmestrålningen från himlen. I praktiken betyder det att värmekameran kommer att visa temperaturen på ramverket som en bra bit under 0 $^{\circ}\text{C}$. Eftersom värmekamerans bildvisningsalgoritm automatiskt anpassar sig efter den högsta och lägsta uppmätta temperaturen, riskerar många små temperaturskillnader att inte synas på en gång. För att få en bild med högsta möjliga temperaturkontrast skulle nivå och spann kontinuerligt behöva justeras manuellt.

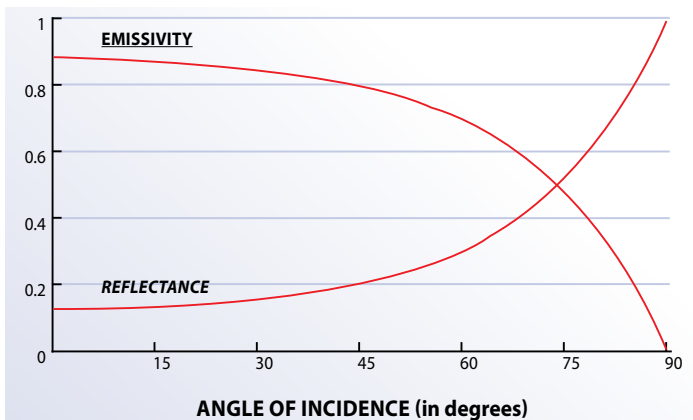
Den så kallade DDE-funktionaliteten (Digital Detail Enhancement) erbjuder en lösning för det problemet. DDE optimerar automatiskt bildkontrasten i förhållanden med högt dynamiskt område vilket gör att bilden inte längre behöver justeras manuellt. En värmekamera med DDE-funktion är alltså mycket lämplig för snabba och pålitliga solpanelsinspektioner.



Värmebild utan DDE (vänster) och med DDE (höger).

Placering av kameran: ta hänsyn till reflektioner och emissivitet

Även om glas har en emissivitet på 0.85 – 0.90 i våglängdsområdet 8 – 14 μm behöver man tänka på några saker vid temperaturmätning på en glasyta med värmekamera. Glasreflektioner är spekulära (riktade), vilket betyder att objekt i omgivningen med en annan temperatur syns tydligt i värmebilden. I värsta fall kan det leda till misstolkningar (falska varmgångar) och mätfel.



Vinkelns påverkan på emissiviteten av glas.

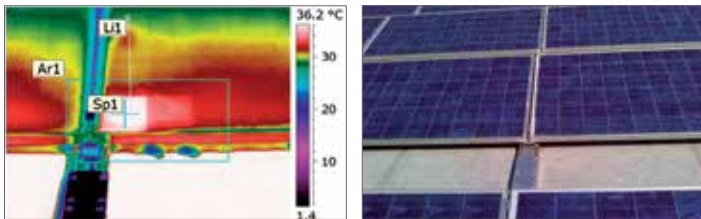


Rekommenderad vinkel (grön) och vinkel att undvika (röd) under en termografiinspektion.

För att undvika reflektioner från värmekameran eller användaren i glaset ska man undvika att placera sig vinkelrätt mot den modul som inspekteras. Emissiviteten är som högst när kameran är vinkelrät och minskar med en minskande vinkel. En inspektionsvinkel på 5 – 60° är en bra kompromiss (där 0° är vinkelrätt).

Inspektion på långt avstånd

Det är inte alltid möjligt att uppnå en passande inspektionsvinkel under mätinstallationen. Att använda en tripod kan i många fall vara lösningen. I vissa situationer kan det vara nödvändigt att använda mobila arbetsplattformar eller till och med nödvändigt att flyga över solpanelerna med helikopter. I dessa fall, kan det långa avståndet från objektet vara en fördel eftersom man då kan inspektera ett större område i ett arbetspass. För att säkerställa bildkvaliteten på dessa långa avstånd krävs en värmekamera med en upplösning på minst 320 × 240 pixlar och helst 640 × 480 pixlar.

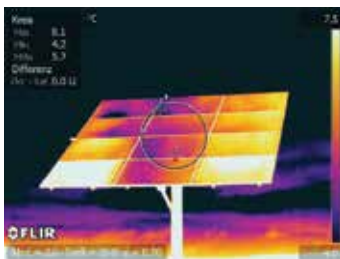


Felaktiga solceller producerar ett värmeöverskott vilket gör dem enkla att upptäcka med termografi.

Kameran ska också ha ett utbytbart objektiv så att användaren kan byta till ett teleobjektiv för inspektion på långt håll som t.ex. från en helikopter. Vi rekommenderar bara att använda ett teleobjektiv till värmekameror med hög bildupplösning. En värmekamera med låg upplösning kommer inte att kunna registrera små temperaturskillnader som indikerar felaktiga solpaneler på långt håll med hjälp av ett teleobjektiv.

Att se det från ett annat håll

I de flesta fall kan installerade solcellsmoduler också inspekteras med en värmekamera från baksidan av modulen. Den här metoden minimerar störande reflektioner från solen eller molnen. Dessutom kan temperaturen som avges på baksidan vara högre eftersom mätningen sker direkt på solcellen och inte genom en glasyta.



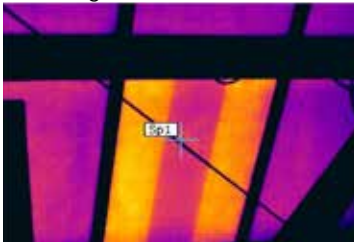
Varmgångarna på den här värmebilden, tagen från solpanelens framsida, verkar indikera att ett flertal celler arbetar ineffektivt.



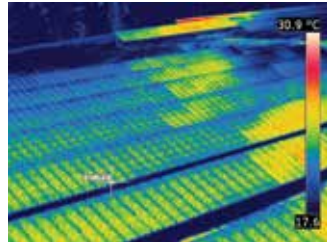
Inspektionen från baksidan visar inga varmgångar. Det som såg ut som varmgångar i den förra bilden berodde på en reflektion av molnen.

Omgivnings- och mätförhållanden

När man utför en termografiinspektion ska himlen vara molnfri eftersom moln minskar solljusets instrålning och även producerar störningar genom reflektion. Men det går att få informativa bilder även när det är mulet, under förutsättning att värmekameran har tillräckligt hög känslighet. Det är en fördel om det inte blåser eftersom luftströmmar på solcellsmodulens yta kan skapa konvektiv nedkylning och därmed minska temperaturgradienten. Ju kallare lufttemperatur, ju högre blir den potentiella termiska kontrasten. Att utföra termografiinspektionen på morgonen kan vara en god idé.



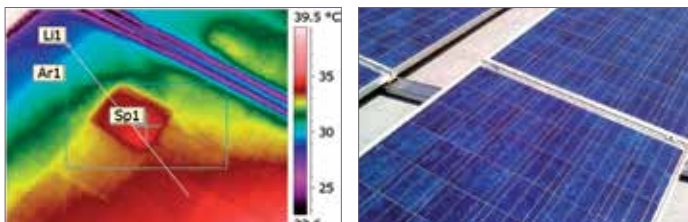
Två solcellsradser ser varma ut på värmebilden vilket indikerar en skadad bypass-diod..



Värmebilden visar ett stort område med förhöjda temperaturer. Utan mer information är det inte självklart huruvida dessa förhöjda temperaturer beror på felaktigheter eller är effekter av skuggor eller reflexer.

Ett annat sätt att förstärka den termiska kontrasten är att koppla bort cellerna från elektrisk last för att förebygga strömflödet, vilket gör det möjligt att få värmen som uppstår att komma enbart från solstrålningen. När lasten sedan kopplas på kan cellerna observeras i upphettningsfasen.

Dock ska, under normala förhållanden, systemet inspekteras då det är i funktion, dvs. under last. Beroende av solcell och typ av fel kan mätningar utan last eller i kortslutningsläge ge ytterligare information.



Med en värmekamera kan du enkelt lokalisera problem som till exempel en skadad cell så att problemet kan lösas snabbt.

Mätfel

Mätfel uppkommer i första hand på grund av en felaktig kameraposition och suboptimala omgivnings- och mätförhållanden. Typiska mätfel orsakas av:

- för grund betraktningvinkel
- förändring i solinstrålningen över tid (beroende på förändringar i graden av molnighet till exempel)
- reflektioner (till exempel från solen, moln, höga byggnader i omgivningen, mätinstallationer)
- partiell skuggning (till exempel på grund av omgivande byggnader eller andra objekt)

Vad du kan se i en värmebild

Om delar av solpanelen är varmare än andra kommer de varma områdena att synas tydligt i värmebilden. Beroende på form och placering, kan dessa varmgångar och områden indikera ett flertal olika fel. Om en hel modul är varmare än vanligt kan det indikera ett sammankopplingsproblem. Om individuella celler eller solcellssträngar visar sig som en varmgång eller ett varmare "lapptäcksmönster", kan orsaken oftast bero på en defekt bypassdiod, intern kortslutning eller en dåligt injusterad cell.



Ett test med en solcellspanel visar att varmgångarna enkelt går att se i värmebilden till och med från framsidan.

Skuggning och sprickor i cellerna syns som varmgångar eller polygona mönster i värmebilden. Temperaturstegring hos en cell eller del av en cell indikerar att cellen är defekt eller att det finns skuggning. Värmebilder som tagits under last, utan last eller vid kortslutning ska jämföras. En jämförelse av värmebilderna på framsidan och baksidan av modulen kan också ge värdefull information. För en korrekt identifiering av felet måste solcellen som visar felaktiga värden också el-testas och bedömas visuellt.

Slutsatser

Termografiinspektion av solcellsmoduler möjliggör snabb lokalisering av potentiella defekter hos cellen eller modulen liksom detektering av möjliga elektriska interna kontaktproblem. Inspektionerna utförs under normala driftförhållanden och kräver inte att systemet stängs av.

För korrekta och informativa värmebilder bör man ta hänsyn till några förhållanden och mätprocedurer:

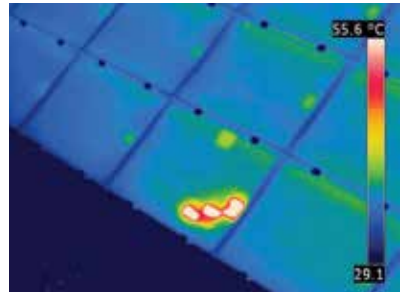
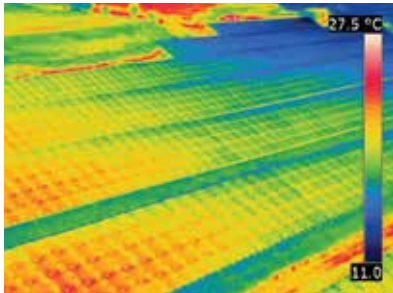
- en passande värmekamera med rätt tillbehör bör användas;
- tillräcklig solinstrålning krävs (åtminstone 500 W/m^2 – över 700 W/m^2 är att föredra)
- inspektionsvinkeln måste vara inom säkra marginaler (mellan 5° och 60°);
- skuggning och reflektioner måste undvikas.

Värmekameror används i första hand för att lokalisera fel. Klassificering och bedömning av de upptäckta felen kräver en djup förståelse för solcellsteknologi, kunskap om det system man inspekterar och kompletterande elmätningar. Fullständig dokumentation är, förstås, ett krav, och bör innefatta alla inspektionsförhållanden, kompletterande mätningar och annan relevant information.

Inspektion med en värmekamera – med start med en kvalitetskontroll i installationsfasen, följd av regelbundna uppföljningskontroller – underlättar för komplett och enkelt förebyggande underhåll av systemet. Detta är en god hjälp för att behålla solcellspanelens funktionalitet och förlänga dess livstid. Att använda värmekameror för inspektion av solcellspaneler kommer därför att drastiskt förbättra företagets ROI.



Bilder tagna från baksidan av en solcellspanel visar mycket mindre reflektion än framsidan, vilket gör temperaturmätningen betydligt mer noggrann.



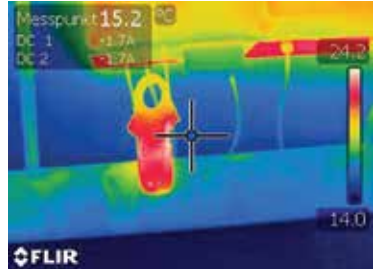
För att inte riskera att dra felaktiga slutsatser behöver du hålla värmekameran i en korrekt vinkel vid inspektion av solpaneler.

Värmebild tagen med en FLIR P660-kamera vid en flygning över en solenergianläggning. (Reproducerad med benäget tillstånd från Evi Müllers, IMM)

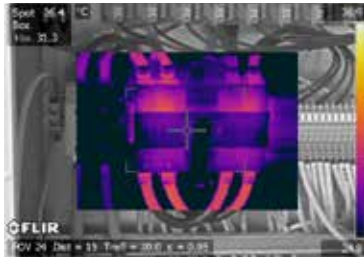
Feltyp	Exempel	Syns i värmebilden som
Tillverkningsfel	Orenheter och gasfickor	En varmgång eller kallgång
	Sprickor i cellen	Upphettning av cellen, i huvudsak utsträckt form
Skada	Sprickor	Upphettning av cellen, i huvudsak utsträckt form
	Sprickor i celler	En del av cellen ser ut att vara varmare
Tillfällig skuggning	Förorening	Varmgångar
	Fågelspillning	
	Fukt	
Bristfällig bypassdiod (förorsakar kortslutningar och minskar kretsskyddet)	N.a.	Ett "lapptäcksmönster"
Felaktiga internkopplingar	Modul eller en sträng av solcellsmoduler som inte kopplats samman	En modul eller modulsträng är konstant varmare

Tabell 1: Lista över typiska modulfel (Källa: ZAE Bayern e.V., "Überprüfung der Qualität von Photovoltaik-Modulen mittels Infrarot-Aufnahmen" ["Quality testing in photovoltaic modules using infrared imaging"], 2007)

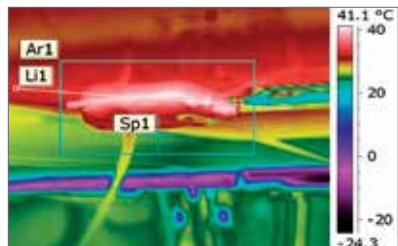
Men värmekameror kan göra mycket mer än enbart inspektera solcellspanelerna. De kan också vara värdefulla för förebyggande underhåll av hela den elektriska kretsen inklusive kontakter, kablar, växelriktare, etc.



Den här växelriktaren konverterar likström från solpanelen till växelström. En värmekamera kan användas för att inspektera utrustningen. En extern strömtång från Extech ger kompletterande information.



FLIRs värmekameror kan användas för att inspektera hela solpanelsinstallationen, inklusive kablar, kontakter, säkringar och omkopplare, med andra ord: hela systemet.



FLIRs värmekameror kan också användas för att skanna av andra komponenter av solpanelsinstallationen som t.ex. den här en dåliga kontakten.



6

Inspektera vindturbiner med värmekamera

Energi som genereras av vind genom användande av vindturbiner är en av de vanligaste formerna av förnyelsebar energi. Mot bakgrund av det installeras varje år nya vindturbiner runt om i Europa och över hela världen. Alla dessa vindturbiner måste övervakas och underhållas. FLIRs värmekameror kan spela en viktig roll i underhållsprogrammen för vindturbiner.



Värmekameror från FLIR Systems används för inspektion av elektriska och mekaniska installationer över hela världen. Den termiska data som samlas in hjälper till att förebygga farliga olyckor och kostsamma driftstopp. Alla kritiska komponenter hos en vindturbin kan övervakas med hjälp av en värmekamera från FLIR Systems.

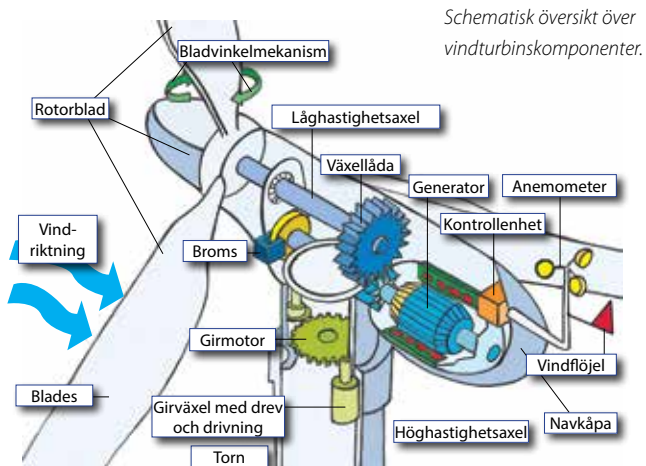


En värmebild av en vindturbin tagen från marknivå

Olyckor

Vindturbiner innefattar många olika elektriska och mekaniska komponenter. Som all annan utrustning slits dessa komponenter och kan gå sönder. Detta kan inte bara förorsaka kostsamma driftstopp utan också leda till farliga olyckor.

En vanlig orsak till dessa olyckor är ett fel som uppstått antingen i bromsmekanismen eller i växellådan. Växellådan och bromsarna förhindrar rotorbladen att vrida sig för snabbt. Om endera av dessa komponenter brister blir det möjligt för turbinen att rotera flera gånger snabbare än normalt vilket lägger långt mer kraft på rotorbladet jämfört med vad de designats för.



Livshotande

I ett sådant fall då rotorbladets ände kan snurra i en hastighet av 100 km/h, och ett blad eller en del av ett blad plötsligt lossnar från rotorn kan det ha en enorm mängd kinetisk energi och momentum när den slungas iväg.

Detta kan leda till livshotande olyckor. Det finns många fall då stora delar av trasiga rotorblad har hittats hundra meter eller mer från den turbin de lossnat från.

Inspektion med värmekamera kan hjälpa till att förebygga sådana olyckor. Både för elektriska och mekaniska komponenter är den generella regeln att en komponent blir varm innan den går sönder. Värmekameror kan användas för att upptäcka sådana temperaturförhöjningar innan ett fel uppkommit. Dessa varmgångar syns tydligt i värmebilden.

Termografi hjälper dig att "se" problemet.

Där andra teknologier låter dig veta att det finns ett problem med maskinen, visar en värmekamera precis vilken komponent som skapar problemet. Pålitlig, snabb och effektiv: en värmekamera kan användas för att upptäcka slitna lager, axlar, växlar och bromsar, vilket gör det möjligt att byta ut komponenter innan ett fel uppstått.

Kontrollera hela systemet

Värmekameror kan användas för att inspektera elektriska komponenter som transformatorer, kontakter, kontrollenheters girmotorer och liknande. Termografi är den enda teknik som gör det möjligt att inspektera alla elektriska och mekaniska komponenter hos en vindturbin och av det omgivande elektriska systemet.

Värmekamera från FLIR: det perfekta verktyget

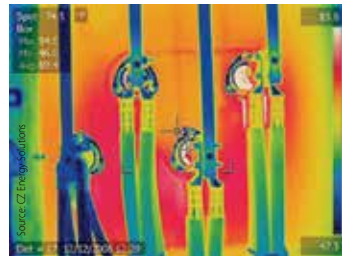
Underhållsansvariga för vindturbiner över hela världen förlitar sig på värmekameror. En viktig faktor för kamerans användarvänlighet i fält är dess design, vilket är väldigt viktigt om du måste klättra ett tiotal meter för att komma till den vindturbin du ska inspektera.



Denna enorma 12 tons växellåda och skivbromsenhet lyfts med hjälp av en kran till en höjd på 60 meter för att monteras i vindturbinens navkåpa.



En termografiinspektion av en vindturbin. Inspektionen gjordes på cirka 50 meters höjd.



Värmekameror kan också användas för en översyn av hela systemet runt omkring vindturbinen. En av dessa trefaskontakter, den längst till höger, är mycket varmare än de andra. Denna defekt upptäcktes och reparerades innan ett fel uppstått.

En viktig faktor är objektivitet. FLIR Systems erbjuder vidvinkelsobjektiv på 45° och 90° som tillbehör. Det faktum att du inte kan ta ett steg tillbaka när du är högt uppe och inspekterar en vindturbin gör det till en väldigt viktig fördel.

FLIR Systems erbjuder ett komplett utbud av värmekameror för bygginspektion. Från den kompakta instegsmodellen i3 och den praktiska Ebx- och B-serien till avancerade B660, har FLIR Systems exakt rätt kamera för varje applikation.

Välja rätt värmekameraleverantör

Att köpa en värmekamera är en långsiktig investering. Därför bör du inte bara välja den kamera som bäst fyller dina behov utan också en tillverkare som kan ge god service en lång tid framåt.

Ett väletablerat varumärke ska kunna erbjuda dig:

- **Hårdvara**
Olika användare har olika behov. Därför är det mycket viktigt att tillverkaren kan erbjuda ett brett urval av värmekameror, från enklare instegsmodeller till avancerade kamerasystem, så att du kan välja den kamera som bäst fyller dina behov.
- **Programvara**
Oavsett applikation, kommer du att behöva en programvara för att kunna analysera värmebilder och rapportera dina upptäckter till kunder eller ledningen.
- **Tillverkare**
När du börjar använda en värmekamera och ser alla möjligheter som termografi erbjuder kanske dina krav på kamerans prestanda ökar. Välj en kamera som kan växa med dina behov. Tillverkaren ska kunna erbjuda tillbehör i form av olika objektiv, displayer etc.
- **Service**
De flesta värmekameror som används för bygginspektion är så gott som underhållsfria. Trots det är det skönt att ha ett servicecenter i närheten om något skulle inträffa. En värmekamera behöver också kalibreras med jämna mellanrum. I båda fallen är det en fördel att ha ett lokalt servicecenter att vända sig till för att slippa skicka kameran till andra sidan jordklotet.
- **Utbildning**
Det finns mer att känna till om termografi än hur man hanterar kameran. Välj en tillverkare som kan erbjuda bra utbildning och applikationsstöd när det behövs.



8

Hitta den bästa lösningen

Det finns sex grundläggande krav när man utvärderar en lämplig kombination av värmekamera, programvara och utbildning:

1. Bildkvalitet
2. Termisk känslighet
3. Noggrannhet
4. Kamerafunktioner
5. Programvara
6. Utbildningsbehov

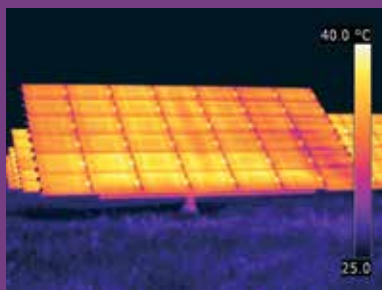
1. Bildkvalitet

Bildkvalitet eller kameraupplösning är en viktig faktor. Insteigsmodellerna har en upplösning på 60 x 60 pixlar, medan en avancerad modell har en upplösning på 640 x 480 pixlar.

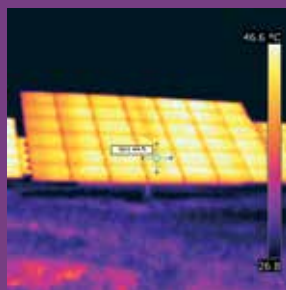
Värmekamerorna med 320 x 240 eller 640 x 480 pixlars upplösning erbjuder en överlägsen bildkvalitet. För mer avancerade inspektioner håller upplösningen på 640 x 480 på att bli standard för professionella termograförer.

En kamera med 640 x 480 pixlar har 307,200 mätpunkter i en enda bild vilket är fyra gånger mer än en kamera med 320 x 240 pixlar och 76,800 mätpunkter. Det är inte bara mätnoggrannheten som förbättras utan det ökade antalet pixlar innebär också en stor skillnad i bildkvalitet.

Hög upplösning hjälper dig att se, mäta och förstå problemet bättre.



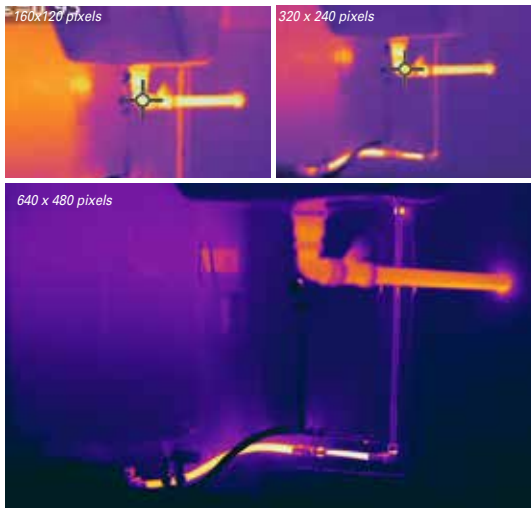
Värmebild: 640 x 480 pixlar.



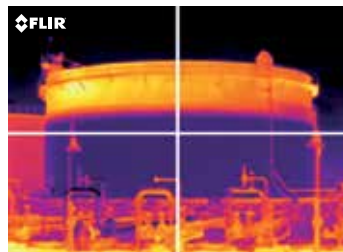
Värmebild: 180 x 180 pixlar.

Värmekameror med hög upplösning kan också upptäcka små detaljer även på långt avstånd. Jämfört med en kamera med lägre bildkvalitet kan du se ett större område på en gång utan att tappa termisk information.

Med en 640 x 480 pixel-kamera utrustad med ett 45 graders objektiv, kan en yta på 4 m x 3 m inspekteras på 5 meters håll med endast en bild. För att inspektera samma installation med en 320 x 240 pixel-kamera, också med ett 45 graders objektiv krävs fyra bilder från halva avståndet för att inspektera samma yta. Det inte bara minskar effektiviteten i fält utan sparar också tid i dokumentationsfasen då en mindre mängd bilder behöver analyseras och läggs till rapporten.



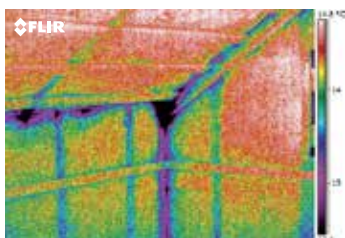
640 x 480 pixlar.
En värmebild behövs.



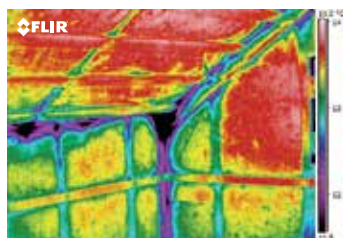
320 x 240 pixlar.
Fyra värmebilder behövs från halva
avståndet.

2.Termisk känslighet

Termisk känslighet beskriver hur små temperaturskillnader värmekameran kan upptäcka. Ju bättre termisk känslighet, ju mindre temperaturskillnad kan värmekameran registrera och visualisera. Vanligtvis beskrivs den termiska känsligheten i °C eller mK. De mest avancerade värmekamerorna avsedda för byggapplikationer har en termisk känslighet på 0.03 °C (30 mK).



65 mK känslighet.



45 mK känslighet.

Att kunna upptäcka dessa små temperaturskillnader är väldigt viktigt i de flesta termografiapplikationer. Hög känslighet är särskilt viktig för byggapplikationer där temperaturskillnaden vanligtvis är lägre. En hög känslighet behövs för att registrera detaljrika bilder och därigenom kunna dra slutsatser om förbättringar och reparationer som måste göras.

3.Noggrannhet

All mätning kan innehålla fel, och termografiutrustning är tyvärr inget undantag. Det är här noggrannheten är av betydelse.

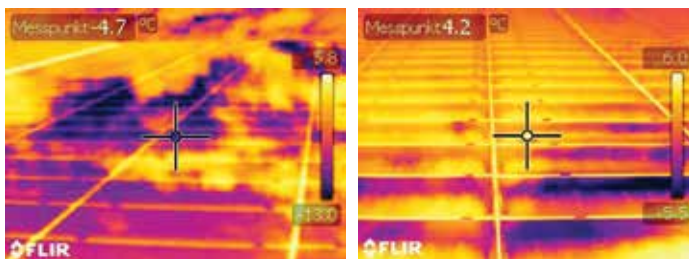
I en värmekameras tekniska specifikation beskrivs noggrannheten både i procent och i grader Celcius. Det är den felmarginal inom vilken kameran arbetar. Den uppmätta temperaturen kan variera från den faktiska temperaturen med antingen den angivna procentsatsen eller den absoluta temperaturen, beroende på vilken som är störst.

Den rådande industristandaren för noggrannhet är $\pm 2\%$ / $\pm 2\text{ }^\circ\text{C}$. De mest avancerade värmekamerorna från FLIR Systems har en bättre specifikation än så: $\pm 1\%$ / $\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$.

4. Kamerafunktioner

Emissivitet och reflekterad skenbar temperatur

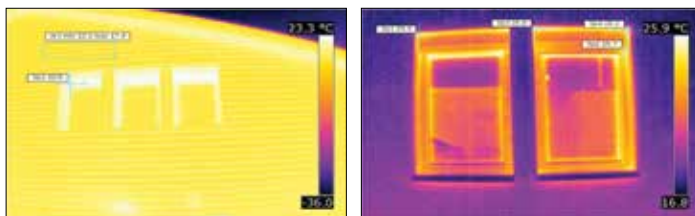
Objektets emissivitet är en väldigt viktig parameter som måste tas med i beräkningen. Alla FLIRs värmekameror för byggapplikationer gör det möjligt för användaren att ställa in emissiviteten och den skenbara reflekterade temperaturen. Att kunna ställa in parametrarna emissivitet och skenbar reflekterad temperatur gör stor skillnad. När du köper en värmekamera är det klokt att kontrollera att dessa funktioner finns.



Denna värmebild visar tydligt hur reflektion kan skapa problem. Värmekameran visar en värmebild som innehåller reflektioner från ett moln. När man mäter temperaturen på reflektionen kommer mätningen att visa en blandning av panelens temperatur och den skenbara reflekterade temperaturen av molnet.

Manuell nivå- och spannkorrigering

En annan viktig kamerafunktion är möjligheten att manuellt ställa in nivå och spann hos de visade värmebilderna. Utan denna funktion kommer kameran att automatiskt visa alla temperaturer från mini-temperatur till maxi-temperatur i bilden. Men ibland är användaren mer intresserad av en liten del av temperaturskalan.



Spannet på den automatjusterade värmebilden till vänster är för brett. Den manuellt justerade bilden till höger visar tydligt värmeläckage som nästan var osynligt i den autojusterade bilden.

Daggpunkt, relativ fuktighet och isoleringsalarm

- Daggpunktsalarm:

Daggpunkten kan beskrivas som den temperatur där vattenångan i luften kondenserar till vatten. Det innebär att vattnet i luften övergår från gasform till flytande form. Genom att ställa in ett antal parametrar i kameran kan daggpunktsalarmet automatiskt upptäcka ytor där detta kan ske på grund av brister i byggstrukturen.

Relativt fuktalarm:

I några situationer kommer mögel att växa i de områden där den relativa fuktigheten är mindre än 100%. För att upptäcka dessa områden kan inte daggpunktsalarmet användas eftersom det endast upptäcker var den relativa fuktigheten är 100%.

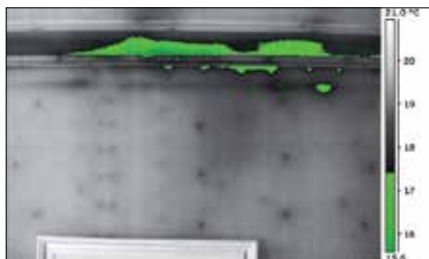
För att upptäcka ytor där den relativa fuktigheten är mindre än 100% kan det relativa fuktalarmet användas. Du kan ställa in värdet för den relativa fuktigheten över vilket alarmet går i gång.

- Isoleringsalarm:

Isoleringsalarmet upptäcker ytor där det kan vara bristfällig isolering i byggnaden. Alarmet går igång då isoleringsnivån sjunker under ett förinställt värde av energiläckage genom väggen.



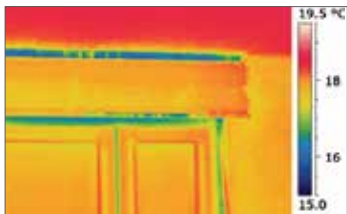
Det relativa fuktalarmet varnar vid områden där det finns en kondenseringsrisk. I den här bilden är riskområdet indikerat med blå färg.



Isoleringsalarmet visar var ytorna med en temperatur under eller över en inställd temperatur är genom att ge dem en särskild färg.

Digitalkamera

Ibland kan det vara svårt att se vilka komponenter som visas i värmebilden. I sådant fall kan det vara till stor hjälp att också ta en vanlig digital bild av motivet. De flesta av FLIRs värmekameror har en inbyggd digitalkamera. Flertalet bygginspektörer som använder värmekamera hävdar att de alltid tar en vanlig digitalbild samtidigt som de tar en värmebild för enklare identifiering.



Värmebild.



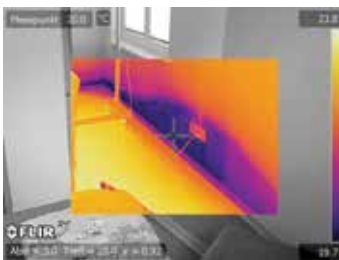
Vanligt digitalfoto.

LED-lampor

Att ha en lampa i kameran gör att den inbyggda visuella digitalkameran kan ta de skarpa bilder du behöver för att få ut det mesta av funktionerna Bild-i-Bild (PiP) och Thermal Fusion oavsett ljusförhållanden.

Bild-i-Bild

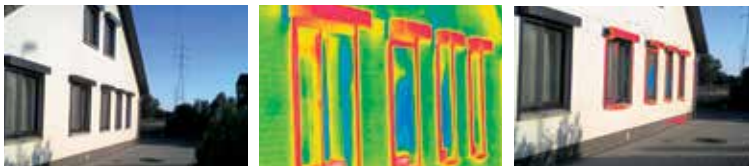
Med funktionen Bild-i-Bild kan användaren kombinera de vanliga digitalbilderna med värmebilderna. Den kombinerade bilden kommer att visa en ram överst på digitalfotot med en del av värmebilden i som kan flyttas runt och skalas om. Detta hjälper användaren att bättre lokalisera problemen.



Den här vattenskadan visar tydligt fördelarna med Bild-i-Bild-funktionen eftersom användaren enkelt kan se var värmebilden är tagen. Det hade varit svårare att avgöra enbart med värmebilden.

Thermal Fusion-bild

Thermal Fusion gör det möjligt för användaren att smidigt kombinera de två bilderna genom att ställa temperaturparametrar inom vilka temperaturdata visas och utanför vilket ett digitalfoto visas. Detta hjälper till att isolera problemen och möjliggör mer effektiv reparation.



Digitalfoto.

Värmebild.

Thermal Fusion-bild.

Laserpekare

En del värmekameror har inbyggd laserpekare. Det finns många anledningar till varför en laserpekare är användbar.

Laserpekaren gör det möjligt att se precis var värmekamerans objektiv är fokuserat. Med en enkel knapptryckning kan du se exakt var kameran pekar så att du kan identifiera mätobjektet utan att behöva gissa.

Säkerheten är en annan anledning. Laserpekaren minskar risken för att peka med fingrarna på objektet vilket kan vara farligt i vissa fall.

Utbytbara objektiv

När du börjat använda en värmekamera och upptäckt alla dess möjligheter kan det visa sig att dina behov förändras. Utbytbara objektiv kan anpassa värmekameran till varje situation. För många situationer kan standardobjektivet vara en bra lösning men i vissa fall behöver du helt enkelt ett annat synfält.

I vissa fall finns inte tillräckligt med utrymme för att ta ett steg tillbaka och se hela bilden. Ett vidvinkelobjektiv kan vara en perfekt lösning. Med ett vidvinkelobjektiv kan användaren inspektera ett helt hus bara på ett par meters avstånd.

Dessa objektiv gör det möjligt för byggspektören att undersöka ett helt hus bara på några meters avstånd. När objektet i fråga är en bit längre bort är ett teleobjektiv användbart. De är idealiska för små eller avlägsna objekt.

Ergonomisk design och användarvänlighet

Lätt, kompakt och användarvänligt är generella krav för verktyg. Eftersom de flesta bygginnspektörer använder värmekameror ofta och under långa tidsperioder är en ergonomisk design viktig. Menydesignen och de fysiska knapparna bör också vara intuitiva och användarvänliga för att effektivisera användandet.

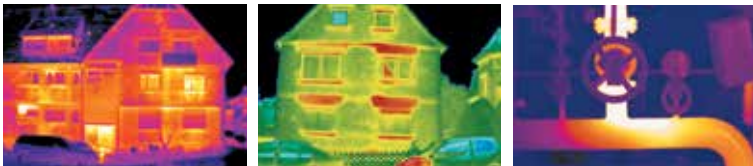


FLIR Systems försöker balansera vikten, funktionaliteten och användarvänligheten för varje värmekamera som tas fram. Denna policy har lett till flera vunna designpriser.

Bildformat

En viktig faktor för snabb rapportering är det format i vilket värmebilden sparas i kameran. Några värmekameror sparar temperaturdata och bilder i ett patentskyddat format vilket betyder att en särskild programvara behövs för att konvertera bilderna till en standard JPEG-bild.

En FLIR-kamera levererar en fullt radiometrisk JPEG-bild. Detta betyder att all temperaturdata är inkluderad i bilden och du kan enkelt integrera den till din vanliga programvara.



Alla FLIRs värmekameror sparar bilder i JPEG-format.

Galleri med tumnagelbilder

När du tar värmebilder på en plats kan det vara intressant att jämföra värmebilder som tagits tidigare på samma plats. Alla FLIRs värmekameror har därför en genväg till ett tumnagelgalleri där du snabbt kan se dina sparade värmebilder för att hitta den du söker. En väldigt praktisk och tidssparande funktion!



Röst- och textkommentarer

För att ytterligare snabba upp inspektions- och dokumentationsfasen är det i vissa värmekameror möjligt att skriva textkommentarer med hjälp av ett inbyggd pekskärmstangentbord vilket i sin tur underlättar vid rapportskrivningen. Vissa värmekameror gör det också möjligt att spela in röstkommentarer medan du arbetar vilket kan reducera den tid du lägger på att göra anteckningar vid inspektionen till noll.



GPS-lokalisering

Har du någonsin glömt var en särskild värmebild togs? Och inte hittat anteckningarna du skrev för att påminna dig om platsen? Vissa av FLIRs avancerade modeller har en GPS-funktion för att tagga värmebilden med dess geografiska läge. Denna GPS-teknologi hjälper dig att spela in positionsangivelser om var varje värmebild har tagits.



Kompatibilitet med externa test- och mätinstrument

Ibland ger inte temperaturuppgiften tillräckligt med information om mätobjektet. För att få en komplett bild, använder många bygginspektörer externa givare som t.ex. fuktmätare. Värdena från fuktmätarna skrivs ner och kopieras sedan in i rapporten av inspektören. Den här metoden är ineffektiv och fel kan lätt uppkomma på grund av den mänskliga faktorn.

För att möjliggöra pålitliga och effektiva inspektioner erbjuder FLIR Systems värmekameror som kan spara värden från en fuktmätare direkt i värmebilden med hjälp av Bluetooth MeterLink. Att skriva ner anteckningar kan komma att höras till det förflutna när Extechs flerfunktions-fuktmätare automatiskt och trådlöst överförs till kameran och lagras i den tillhörande värmebilden.



MeterLink gör det möjligt att trådlöst ansluta en FLIR värmekamera med ett Extech mätinstrument genom Bluetooth MeterLink.

Trådlös anslutning

Med WiFi-teknologi kan du kommunicera trådlöst med kameran genom att, till exempel, skicka bilder direkt från kameran till en smart mobil eller surfplatta.



5. Programvara

Efter utförd inspektion behöver du troligen visa resultaten av inspektionen för kollegor eller kunder. Att analysera värmebilder eller skapa utförliga inspektionsrapporter är viktiga uppgifter. Du bör vara säker på att den värmekamera du väljer har ett baspaket som möjliggör rapportering.



De flesta programvaror som följer med en värmekamera möjliggör enkel rapportering och analys. Temperaturmätning på en punkt, liksom andra basmätverktyg inkluderas.

Om du behöver mer analys- och rapporteringsmöjligheter bör värmekameratillverkaren kunna erbjuda också ett stort utbud av programvaror. Här är några funktioner som bör ingå:

- Flexibel rapportsiddesign och layout för anpassade, skräddarsydda rapporter
- Kraftfullt temperaturanalysverktyg: flera mätspottar, areor, temperaturdifferensmätning
- Triple Fusion Bild-i-Bild (flyttbar, möjlig att storleksförändra, skalbar)
- Trend-funktion
- Möjlighet att skapa formler genom att använda termografimätvärden
- Spela radiometrisk sekvenser direkt i rapporten
- Sökfunktion för att snabbt hitta bilder för din rapport
- Panorama-verktyg för att kombinera flera värmebilder till en stor bild



Utrustad med god analysinformation och en bra termografirapport, är det enklare att tydligt visa ledningen eller dina kunder var potentiella problem är placerade och övertyga dem om de förebyggande åtgärder som behöver göras.

6. Utbildningsbehov

FLIR samarbetar med Infrared Training Center (ITC), en global utbildningsorganisation, som arbetar efter många standarder runt om i världen. ITC erbjuder allt från korta introduktioner till certifieringskurser. För mer information, besök www.infraredtraining.com eller www.irtraining.eu.



9

Att utföra en termografiinspektion

Din värmekamera har levererats och inspektionen kan börja. Men var börjar man? I den här sektionen av guideboken kommer några termografimetoder att presenteras för att hjälpa dig att komma igång.

1. Definiera uppgiften

Börja uppdraget genom att intervjua kunden om statusen på byggnaden. Till exempel: har det nyligen skett en ökning i energianvändandet? Är det kallt inomhus? Finns det märkbart drag? Därefter kan man fastställa både inomhus- och utomhustemperatur och var då uppmärksam på att temperaturskillnaden är tillräcklig för bygginspektioner (en skillnad på åtminstone 10 °C är att rekommendera).

2. Börja från utsidan

Börja termografiinspektionen från utsidan. Bristfällig isolering eller köldbryggor kan snabbt lokaliseras utifrån. Det är viktigt att också ta värmebilder från ytor där förhållandena ser riktiga ut. Det ger en möjlighet att jämföra resultatet med bilder som visar fel för att utvärdera utsträckningen på de olika problem som du hittar.

3. Fortsätt inifrån

Nästa steg är att utföra undersökningen från inifrån. Detta kräver grundliga förberedelser. För att förbereda en termografiinspektion från insidan börja inspektören ta dessa steg för att säkerställa ett tillförlitligt resultat. Detta kan innefatta att flytta möbler ut från ytterväggar eller plocka ner gardiner. En rekommendation är att detta görs minst sex timmar innan inspektionen så att möblernas isolerande funktion inte längre påverkar temperaturmätningen med värmekamera. Som tidigare påpekats, är en stor temperaturskillnad (åtminstone över 10 °C) mellan inne- och utomhuslufttemperatur en förutsättning.

När dessa förutsättningar är mötta kan inspektören börja skanna varje rum i byggnaden med värmekameran. När han gör detta bör han också se till att ta korrekta anteckningar om var värmebilden togs, kanske genom att markera med pilar på golvet för att exakt visa från vilken vinkel värmebilden har tagits.

4. Sätta upp ett lufttättest

Små sprickor och skrevor kan orsaka drag. Det är inte bara irriterande, det kan också betyda stora energiförluster.

Luftläckage kan stå för upp till hälften av den energi som konsumeras för uppvärmning. Ett lufttättest, oftast kallat ett "BlowerDoor-test" kan göra den allra minsta spricka synlig.

BlowerDoor hjälper dig förstärka luftläckaget som sker genom brister i klimatskalet.

Ett "BlowerDoor-system" innehåller tre komponenter: en kalibrerad fläkt, ett dörrpanelsystem och en utrustning för att mäta fläktens luftflöde och tryck. "BlowerDoor"-fläkten är tillfälligt placerad i en ytterdörrsöppning med hjälp av dörrpanelsystemet. Fläkten används för att blåsa luft ut ur byggnaden eller in i byggnaden, vilket skapar en liten tryckskillnad mellan insidan och utsidan.



BlowerDoor-utrustning är vanligtvis installerad i ytterdörren.

Ett "BlowerDoor"-system använder en fläkt som antingen suger ut luft ur ett rum eller blåser in luft i det, vilket skapar en skillnad i lufttryck. I situationer där luften på utsidan är kallare, är den vanligaste metoden att suga ut luft från ett rum, att använda "BlowerDoor". Som ett resultat är lufttrycket i rummet lägre än lufttrycket på utsidan, oftast runt 50 Pascal.

På grund av den här tryckskillnaden kan uteluften strömma in i rummet genom existerande sprickor. Uteluften kan kyla ner området där en spricka finns. Temperaturskillnaden kommer tydligt att synas i värmebilden som en kallgång eller ett kallt område vilket gör det möjligt för användaren att korrekt lokalisera och kartlägga luftinfiltrationens väg in.

5. Analys och rapport

När alla rum har inspekterats är det dags att åka till kontoret för att analysera bilderna och sammanställa upptäckterna i en rapport.

FLIR:s egna programvaror som Flir Tools och Microsoft Word-kompatibla Reporter gör det möjligt för inspektören att snabbt och effektivt ta fram en utförlig bygginpektionsrapport att visa för kollegor eller kunder.



FLIR Reporter

Att Flir Reporter baseras på Microsoft Office Word ordbehandlingsprogram gör det både intuitivt och enkelt att använda. Eftersom de flesta redan är bekanta med Microsoft Word behövs mycket lite träning för att sätta igång att göra professionella rapporter genom att använda vanliga Word-funktioner som t.ex. automatisk stavnings- och grammatikkontroll.

FLIR Reporter inkluderar också ett flertal avancerade funktioner som: Picture-in-Picture, Thermal Fusion, inbäddad GPS-positioneringsdata, digitalzoom, färgpalettsförändringar, playback av röstkommentarer inspelade i fält, och automatisk konvertering av rapporter till Adobe .pdf-format.

The screenshot shows a digital form titled "Inspection Report" with the FLIR logo in the top left. The form is organized into several sections:

- Project Data:** 2021-01-28
- Company:** ABC Building AB
- Address:** Box 1
- Phone/Fax:** 0800 123456
- Customer:** John Doe
- Site Address:** Stockholm, SE, Sweden
- Order Ref:** 123456

Below the contact information are two images: a thermal image on the left and a standard photograph on the right.

The form contains two main tables:

Image and Object Parameters	Test Comments
Camera Model: FLIR T535	
Image Size: 1920 x 1080 (16:9)	
Image Name: 2021-01-28-10-00	
Resolution: 1080	
Background Temperature: 20.0 °C	
Object Distance: 2.0 m	

At the bottom, there is a section for "Description" with a large text area and a footer containing the text: "© 2021 FLIR Systems, Inc. All rights reserved. FLIR, the FLIR logo, and FLIR are trademarks of FLIR Systems, Inc. in the USA and other countries." The page number "65" is located at the bottom right of the entire document.

ANTECKNINGAR

A series of horizontal dotted lines for taking notes.



FLIR i3 / i5 / i7



FLIR Ebx-serien



FLIR T400-serien



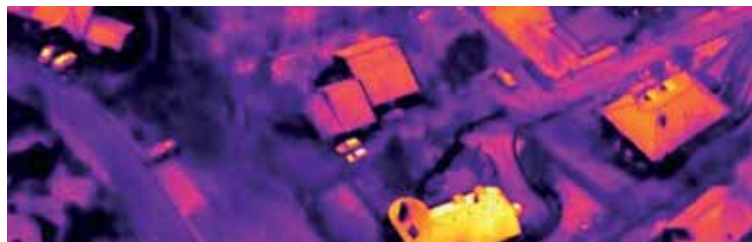
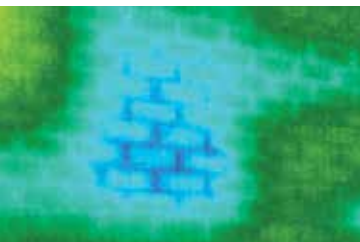
FLIR T600-serien



FLIR B660



* Gäller vid produktregistrering på www.flir.se



För att tala med en expert på värmekameror, kontakta:

FLIR Commercial Systems

Luxemburgstraat 2
2321 Meer
Belgium
Tel.: +32 (0) 3665 5100
Fax: +32 (0) 3303 5624
e-mail: flir@flir.com

FLIR Systems Sweden

Antennvägen 6
187 66 Täby
Sweden
Tel.: +46 (0)8 753 25 00
Fax: +46 (0)8 753 23 64
e-mail: flir@flir.com

FLIR Systems UK

2 Kings Hill Avenue - Kings Hill
West Malling
Kent
ME19 4AQ
United Kingdom
Tel.: +44 (0)1732 220 011
Fax: +44 (0)1732 843 707
e-mail: flir@flir.com

FLIR Systems Germany

Berner Strasse 81
D-60437 Frankfurt am Main
Germany
Tel.: +49 (0)69 95 00 900
Fax: +49 (0)69 95 00 9040
e-mail: flir@flir.com

FLIR Systems France

20, bd de Beaubourg
77183 Croissy-Beaubourg
France
Tel.: +33 (0)1 60 37 01 00
Fax: +33 (0)1 64 11 37 55
e-mail: flir@flir.com

FLIR Systems Italy

Via Luciano Manara, 2
I-20812 Limbiate (MB)
Italy
Tel.: +39 (0)2 99 45 10 01
Fax: +39 (0)2 99 69 24 08
e-mail: flir@flir.com

FLIR Systems Spain

Avenida de Bruselas, 15- 3º
28108 Alcobendas (Madrid)
Spain
Tel.: +34 91 573 48 27
Fax.: +34 91 662 97 48
e-mail: flir@flir.com

FLIR Systems, Middle East FZE

Dubai Airport Free Zone
P.O. Box 54262
Office B-22, Street WB-21
Dubai - United Arab Emirates
Tel.: +971 4 299 6898
Fax: +971 4 299 6895
e-mail: flir@flir.com

FLIR Systems Russia

6 bld.1, 1st Kozjevnickesky lane
115114 Moscow
Russia
Tel.: + 7 495 669 70 72
Fax: + 7 495 669 70 72
e-mail: flir@flir.com