

**Makkay Imre**

## **A „THERMO PRO TP8S” HŐKAMERA ÉS ALKALMAZÁSA REPÜLŐGÉPEK DIAGNOSZTIKAI VIZSGÁLATA SORÁN**

A termo-diagnosztika a repüléstechnikai vizsgálatok sorában még fiatal eljárásnak tekinthető, melynek oka első sorban az eszközök elérhetőségében és a lehetséges eljárások ismeretének hiányában kereshető. A „THERMO PRO TP8S” hőkamera műszaki paraméterei, eddigi ipari alkalmazási tapasztalatai ígéretes lehetőségeket takarnak, melyek hasznosítására a repüléstechnikai eszközök üzemeltetése, karbantartása, javítása során nagy igény mutatkozik.

Kulcsszavak: termo-diagnosztika, hőtérkép, hőkamera,

### **BEVEZETÉS**

A „THERMO PRO TP8S” jelenleg az élvonalat képviseli tudás és integrált szolgáltatások terén a kézi hőkamerák palettáján. Több technológia összevonásával és az IR területen új szolgáltatások kifejlesztésével épült meg. Az erős és ellenálló alumínium-ötvözet burkolatban az ipari mérések, ellenőrzések nélkülözhetetlen eszközévé válhat növelve ezek hatékonyságát és termelékenységét.

Két változat érhető el, a Thermo Pro™ TP8 és a standard változata a TP8S – ami az előzőtől csupán abban különbözik, hogy nem tartalmazza a Bluetooth adatátviteli technológiát és a hangvezérlési funkciót, valamint a mérési tartománya -20-tól 600 C°-ig terjed.

A repülő eszközök üzemelése során számos – eddig mérőeszköz hiányában felderítetlen – szélsőséges hőterhelésű berendezése hibásodott meg, amelyek az időben végrehajtott ellenőrzésen kiszűrve a cserét/javítást végrehajtva nem vezettek volna eseményhez.

Az üzemi hőmérséklet ellenőrzésen túl a roncsolás mentes diagnosztikai eljárásokban is alkalmaznak hőkamerákat a külső gerjesztés hatására végbement elváltozások indikálására.

A cikkben – a kutatások, fejlesztések és az eljárások kidolgozása, széles körű szakmai közösség tájékoztatása céljából – a THERMO PRO TP8S lehetőségeit és korlátait mutatjuk be – utalva néhány megvalósult illetve tervezett alkalmazásra.

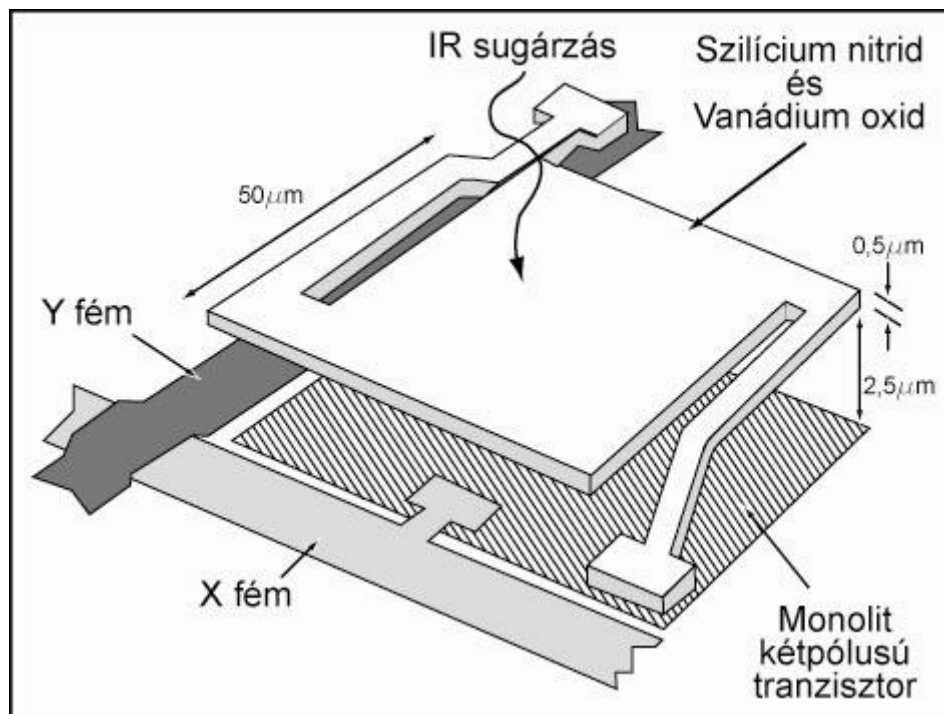
### **A TERMOGRÁFIÁRÓL – RÖVIDEN**

A környezetünk tárgyait jellemző hőenergia tartalom és annak változása mérhető, számértékkel is megadható mennyiség. A hő átadása hővezetés, hőáramlás, vagy hősugárzás formájában történhet. A hővezetés első sorban szilárd testekben jön létre, a hőáramláshoz mozgó közeg szükséges, a hősugárzás viszont vákuumban is terjedő, elektromágneses sugárzásnál és abszorpciónál is

bekövetkező, fényhez hasonló viselkedésű jelenség. A sugárzott hő sem egyértelműen származtatható, mert a reflektált, emittált és transzmittált sugárzások összegét látjuk a hőkameránkkal – ami a gyakorlati méréseknél okozhat meglepetést..

A hőkamerák „filmje” a mikrobolométer. Története nem túl messzire nyúlik – a 80-as években a Texas Instruments kapta az állami megbízást hűtés nélküli infravörös érzékelők kifejlesztésére. Az amerikai kormány azóta is ellenőrzése alatt tartja ezt a technológiát – megtartva befolyását a gyártók szűk körére.

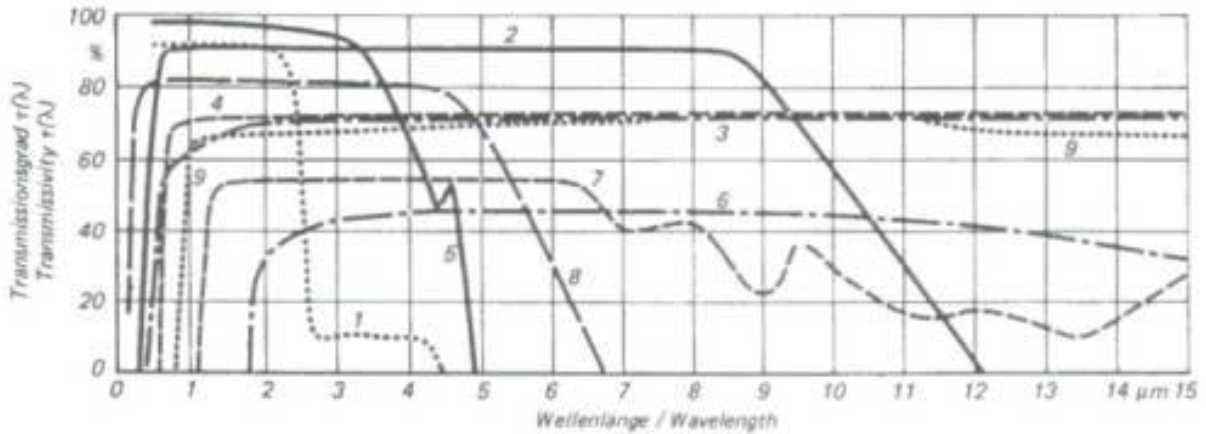
A mikrobolométerek a hőmérséklet változását a vanádium oxid rétegük elektromos ellenállásának változásával érzékelik. A 7-14  $\mu\text{m}$ -es hullámtartományban működnek, egy-egy elem mérete 0,025 x 0,025 mm. Az érzékelő elemek mögött aktív erősítő áramkörök biztosítják a megfelelő kimenő jelszintet.



1. ábra. A mikrobolométer konstrukciója<sup>1</sup>

A mikrobolométerekből felépített érzékelő – esetünkben 384 x 288 méretű panelt képvisel – minden pontja külön „kikérdezhető”, azaz a képernyőn szemmel alig megkülönböztethető pont hőmérséklet változását a mérőrendszer már ki tudja mutatni. Ez teszi lehetővé, hogy „távhőmérőként” használjuk a hőkamerát – azaz a kép bármely pontjának hőmérsékletét numerikusan is meg tudjuk jeleníteni.

A hőkamerák másik kritikus eleme a lencse, amely a környezet hőképét az érzékelő panelre vetíti. Mivel a hő a lencsén át jut be a kamera belsejébe, ezért azt ideálisan a teljes hullámtartományban jól kellene vezetnie. Bár tudjuk, hogy a sugárzott hő a fényhez hasonlóan terjed, az üveg lencse ebben az esetben teljesen használhatatlan. Az ábrán néhány anyag hővezetését hasonlították össze.



2. ábra. Az anyagok hővezetésének összehasonlítása a hullámhossz függvényében<sup>2</sup>

1-optikai üveg; 2-kalcium-fluorid (CaF), 3-cink-szelenid (ZnSe), 4-KRS-5, 5-kvarc üveg, 6-germánium, 7-szilícium, 8-lítium-fluorid, 9-chalgogenid üveg IG-2

A germánium és a szilikon terjedt el legjobban, az áruk, a megmunkálás nehézsége miatt is igen magas, eléri a hőkamera árának 50%-át. Általában több, különböző látószögű lencsével árulják a hőkamerákat. Ez még mindig olcsóbb és méreteket tekintve is kezelhetőbb, mint ugyanezt zoom-os kivitelben elkészíteni.



1. kép. A hőkamerához általában több, fix fókuszú lencse csatlakoztatható<sup>3</sup>

A termográfia egyre szélesedő területeken bizonyítja hasznosságát. Az orvostudomány, a humán és állatgyógyászat, a mezőgazdaság, természetvédelem, ipari folyamatok, közlekedés, katasztrófhelyzet és a védelmi célú alkalmazások – nem zárva a folyamatosan bővülő sort – már állandó alkalmazói a termográfának és megrendelői a különböző hőkameráknak.

Mindezeket szem előtt tartva tekintsük át a TERMO PRO TP8 és TP8S által kínált lehetőségeket!

## TERMO PRO TP8, -TP8S

A Thermo-Delta Kft. <http://www.thermodelta.hu/thermooro-tp8.html> ismertetője alapján

### **THERMOPRO™ TP8 és TP8S a csúcskategóriás IR hőkamerák**

A professzionális hőkamerák új irányadója, az első hang-vezérelt IR kamera. Több technológia összevonásával és az IR területen új szolgáltatások kifejlesztésével, a Guide megalkotta a ThermoPro TP8 hőkamerát. Az erős és ellenálló alumínium-ötvözet burkolatba öltöztetett ThermoPro TP8, és TP8S kínálja új tulajdonságait és széles felhasználási lehetőségeit, melyek példátlan hatékonyságot és termelékenységet tesznek lehetővé.



2. kép. A Thermo Pro™ TP8 és Thermo Pro™ TP8S kamerák <sup>4</sup>

Elérhető a Thermo Pro™ TP8 kamera standard változata is, a TP8S. A TP8S tulajdonságaiban és paramétereiben megegyezik a TP8 készülékkel, azzal a különbséggel, hogy nem tartalmazza a Bluetooth adatátviteli technológiát és a hangvezérlési funkciót, valamint a mérési tartománya -20-tól 600 C°-ig terjed.

### **Új generációs nagy teljesítményű IR érzékelő**

Az utolsó generációs nagy teljesítményű infravörös 384×288 képpontos érzékelő (35µm× 35µm). a kamera rendkívül nagy felbontást, nagy érzékenységet, és pontosságot nyújt. Mindezt valós idejű, zajmentes 16-bites hőképen jeleníti meg.

Hődetektor és 1280×1024 képpontos vizuális kamera egyesül egy berendezésben. Adatmentéskor egyszerre kerül tárolásra a nagy felbontású hőkép, és a digitális kép; egy név alatt. A beépített lézer célzó megkönnyíti a készülék használójának beazonosítani a hőképen kimutatható melegek valódi helyét a vizsgált objektumon.

## Összetett mérési módok

Egy célkereszt automatikusan meghatározza a legmelegebb pont helyét és hőmérsékletét a vizsgálati képen. A másik célkereszt mindig a kép középpontját mutatja, és az ott látható referenciapont hőmérsékletéről ad információkat a további vizsgálathoz.

Hang- és szín-riasztás: hangriasztás hallatszik, amikor a képen bármely pont hőmérséklete meghaladja a kezelő által beállított határhőmérsékletet. Alacsony akkufeszültségnél a hang- és vizuális-riasztás szintén bekapcsol.



3. kép. A hőkamera és a külső vezérlő egységre csatlakoztatható képernyő<sup>5</sup>

Nyolc pont és nyolc terület analízise egy időben, vonal profil, izotermaelemzés, és a 1-10x digitális zoom funkció segíti a teljes körű és alapos vizsgálatot a lehetséges hibák pontos beazonosítása érdekében.

## Valós-idejű radiometrikus felvétel és JPEG képtárolás

A nagy kapacitású SD kártya szolgál a valós idejű felvétel alapjául. Folyamatos felvétel lehetséges a mozgó objektumokról különböző frekvenciatartományban.

A 2GB SD memória elegendő helyet biztosít mind a teljesen radiometrikus felvételnek, és JPEG képeknek, összekapcsolva a hőmérsékletméréssel és a hang jegyzettel. Ezek mindegyike egyszerűen és gyorsan letölthető a kameráról a számítógépre.

## Bluetooth hangfelvételi technológia

30 másodpercnyi, vagy akár több digitális hangjegyzet kapcsolható minden képhez. Vezeték nélküli adatátvitel, és kapcsolat növeli a vizsgáló személy biztonságát.

## Intelligens automatikus beszéd felismerő rendszer

Kamera irányítása csak hanggal. Szabad felhasználói kezeket, és páratlanul hatékony munkát tesz lehetővé

## Utólagos adatfeldolgozó szoftver

Lehetőség van kiterjedt hőmérséklet tartományban való mérésre, képfeldolgozásra és jegyzőkönyv készítő funkció alkalmazására, az egyszerű felhasználású, Windows alapú szoftver automatikusan készíti el a jelentést, és archiválja a hő- és digitális képet, a videót és hangot, növeli a termográfiai szakemberek hatékonyságát és termelékenységét.

USB OTG interfész (Ethernet, printer, egér stb. csatlakoztatására). A fejlett USB OTG technológiát még soha nem használták IR kameráknál, a kamera képes úgy dolgozni, hogy közvetlen kapcsolatba lép olyan változatos USB egységekkel, mint az Ethernet modul, külön számítógép alkalmazása nélkül.

## Műszaki tulajdonságok

<b>Képfeldolgozás</b>	
Hullámhossz tartomány:	8-14µm
Hőérzékenység::	0,08 °C 30 °C-on (Kép frissítési átlag algoritmus)
Látószög/Fókusz:	22 x 16 / 35mm
Fókusz:	Automatikus vagy motorizált
Elektronikus zoom:	x1 --> x10 folyamatos zoomolás
<b>Digitális kép</b>	
Beépített digitális videó:	CMOS érzékelő, 1280x1024 pixel, 32768 szín
<b>Képmegjelenítés</b>	
Kiterjesztett kijelző:	3.5" magas szín felbontású VGA LCD, 640x480 pixel
Kereső:	0.6" beépített nagy felbontású OLED, 640x480 pixel
Videó kimenet:	VGA / PAL / NTSC
Kép megjelenítés:	Hőkép / Digitális kép / Kép a képben
<b>Ember-készülék kommunikáció</b>	
Érintő képernyő:	Mutatja és fogadja a kezelő parancsait egy érintésre
Automatikus hangfelismerő rendszer:	Automatikusan beazonosítja és intézkedik a kezelő hang parancsaira

Kézi távirányítás:	Kezelő szerinti utasítások alapján működik
Joystick és gombok:	Kezelő szerinti utasítások alapján működik
Menü:	Microsoft Windows stílus, <b>Magyar nyelvű</b>
<b>Mérési jellemzők</b>	
Hőmérséklet tartomány:	TP8 -20°C - +800°C (opcionálisan -40 °C - +2000°C ) TP8S -20°C - +600°C (opcionálisan -40 °C - +2000°C )
Pontosság:	±1°C vagy ± 1% mérésnél
Mérési módok:	Automatikus hideg/meleg pont keresés, riasztás beállított hőmérséklet alatt/fölött, 10 mozgatható pont és terület, vonal profil, hisztogram, izoterma
Emisszivitás:	Változtatható 0,01 és 1,00 között (0,01-os léptékkal)
Mérési tulajdonságok:	Automatikus korrekció távolság, páratartalom, környezeti levegő és külső lencse alapján
Optika áteresztés korrekciója:	Automatikus, az érzékelt jel alapján
<b>Képtárolás</b>	
Típus:	Cserélhető 2GB SD kártya, vagy belső flash memória
Fájl Formátum:	JPEG (tartalmazza a hőképet, vizuális képet, hangjegyzetet és minden szöveges megjegyzést)
Hangjegyzet:	60 sec/kép, Bluetooth headset
Szöveges megjegyzés:	Beállított szöveg kiválasztásával
<b>Videó rögzítése, mérés, tárolás</b>	
Felvétel:	Hővideó felvétel számítógépre USB2.0 keresztül
Mérés:	Hasonlóan a képekhez
Tárolás:	A PC merevlemezén
<b>Opcionális lencsék</b>	
Látómező/Fókusz	7,7° x 5,8° /100mm
	45,6° x 35° /16mm
<b>Lézer kereső</b>	
Osztályozása:	II. oszt. Félvezetős lézer
<b>Áramellátás</b>	

Akkumulátor típusa:	Tölthető Li-ion kamera akkumulátor
Töltési rendszer:	Kamerán keresztül, vagy kamerán kívül töltőben
Akkumulátor működése:	Kb. 2,5 óra folyamatos működés
Külső áramforrás:	AC adapter 110/220 VAC, 50/60 Hz
<b>Csatlakoztatás</b>	
USB2.0	Valós idejű adatátvitel PC-re, és kamera vezérlés
RS 232	Kamera vezérlése PC-ről

## ZÁRÓ GONDOLATOK

A bemutatott hőkamera kiváló paraméterekkel rendelkezik a repüléstechnikai diagnosztikai vizsgálatok – eddig nem kellően művelt – hő-tartományú méréseinek végrehajtásához. A sokoldalú felvételi lehetőség és a hozzá társuló naplózó és kiértékelő funkció messzemenően kiszolgálja a méréseket végző szakemberek és szervezetek igényeit és elvárásait.

A Fedélzeti Rendszerek Tanszék oktatói, kutatói évek óta folytatnak kutatásokat a termodiagnosztikai mérések eszközei és eljárásai terén – erről több publikációban beszámoltak. A jelenleg bemutatott új eszköz ezt a tevékenységet tovább segíti és rövidesen az eredményekről is megosztjuk a – megfelelő kör számára publikus – híreket.

Végül köszönet illeti a Thermo-Delta Kft.-t a többéves szakmai és a jelen ismertető megszületéséhez nyújtott támogatásáért.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

<sup>1</sup> <http://www.thermodelta.hu/images/mikrobolometer.jpg>

<sup>2</sup> [http://www.globalfocus.hu/pic\\_articles/Azinfraoros\\_files/image026.jpg](http://www.globalfocus.hu/pic_articles/Azinfraoros_files/image026.jpg)

<sup>3</sup> [http://www.axis.com/products/video/camera/about\\_cameras/img/ta-lenses\\_q1921.jpg](http://www.axis.com/products/video/camera/about_cameras/img/ta-lenses_q1921.jpg)

<sup>4</sup> [http://www.thermodelta.hu/images/tp8\\_tp8s.jpg](http://www.thermodelta.hu/images/tp8_tp8s.jpg)

<sup>5</sup> [http://www.thermodelta.hu/images/tp8\\_3.jpg](http://www.thermodelta.hu/images/tp8_3.jpg)