

# TERMOVÍZIÓ

## **Alapfogalmak:**

Az infra-termogrammetria ill. infratelevíziós vizsgálatok fogalmköre felöleli azoknak a vizsgálatoknak egy részét, amelyek lehetővé teszik távolból és érintkezés nélkül a vizsgált test felületén a hőmérséklet-eloszlás meghatározását. Az eljárás alapja, hogy megfigyeljük és regisztráljuk, ill. látható fénnnyé alakítjuk át az infravörös hőmérsékleti sugárzás eloszlását, amelyet minden abszolút zérusnál nagyobb hőmérsékletű test kibocsát. Ennek eredményeként megkapjuk az emberi szem számára láthatatlan infravörös sugárzás fekete-fehér vagy színes képét.

A szokásos hőmérsékletmérő berendezések (hőmérők, termoelemek, termisztorok stb.) esetében közvetlen érintkezésre szükséges a vizsgált tárgy felületével. Ez megváltoztathatja a felület hőcsere körülményeit, tehát megváltozhatnak a vizsgált objektum termikus viszonyai, s így a mérési eredmény is helytelen lehet.

A harmincas évekre tehető az infrakép alkotó rendszerek őséneke, az evapovográfok a megalkotása. Ezt követték az alakfelismerést célzó infra-termográfok különböző változatai, de ezek nem voltak alkalmasak kielégítő termikus képek létrehozására. Az infra-termogrammetria és az infratelevízió gyors fejlődése tulajdonképpen a hatvanas évek közepén kezdődött, amikortól ezeket a berendezéseket - a katonai célok kivételével - orvosi és ipari területen alkalmazták.

Az első, infrasugárzást érzékelő eszközök, az ún. hőpelengátorok csak a környezetüknél nagyobb hőmérsékletű objektumok irányának meghatározására szolgáltak. Ezt követték az alakfelismerés céljait szolgáló infrakép alkotók, amelyek egyrészt letapogatás nélküli rendszerek (evaporográfok, infravörös fényképezőgépek), másrészt letapogató rendszerűek voltak, amelyeket infra-termográfoknak neveztek.

A termográfia fogalmán napjainkban is azt a vizsgálati módszert értjük, amely az infravörös tartományban sugárzó testek látható képének előállítására szorítkozik. Ez esetben tehát nem a hőmérséklet-eloszlás meghatározására fektetik a hangsúlyt, hanem a tárgyak egyes részleteinek megkülönböztetésére. A képkalkoló termográfok tipikus feladatára utalnak az olyan elnevezések, mint "termikus szem" vagy "sötétben látó készülék", amelyek azonban elsősorban katonai célokat szolgálnak. Infra-termográfia helyett szokásos a termikus képkalkolás (thermal imaging) elnevezés is, amely mindig a hőmérséklet-meghatározás lehetősége nélküli vizsgálatokra utal.

A ma forgalomban levő infratelevíziók (termovíziós berendezések) többsége infra-termogramméter, azaz a hőmérsékleti sugárzás eloszlásának kvantitatív mérésére szolgáló berendezés.

### **6.8.1.1 Az infravörös sugárzás**

Az infravörös sugárzás az atomok és molekulák rezgő és forgó mozgása következtében jön létre. Ebből következik, hogy minden test infravörös sugárzást bocsát ki magából, ha hőmérséklete nagyobb az abszolút nulla foknál.

Az infravörös sugárzás olyan elektromágneses sugárzás, amely felöleli a látható fény hullámhosszánál nagyobb, de az 1000  $\mu\text{m}$ -t nem meghaladó hullámhossztartományt. Ezen intervallum felosztása a következő:

1. Közei infravörös ( $\lambda=0.78-1.4 \mu\text{m}$ )
2. Közepes infravörös ( $\lambda=1.4-3 \mu\text{m}$ )
3. Távoli infravörös ( $\lambda=3-1000 \mu\text{m}$ )

Ez a felosztás közvetlen összefüggésben áll a sugárzás észleléséhez alkalmazott módszerekkel. A közei infravörös tartományban ugyanolyan módszereket alkalmaznak, mint a látható fény esetében. A közepes infravörös tartományban a látható tartományban alkalmazott módszerek csak részben alkalmasak a sugárzás észlelésére. A távoli infravörös tartományban a sugárzás kimutatásához teljesen más módszerek és eltérő berendezések alkalmazása szükséges.

Az infratermogrammetria valamint az infratelevízió területén a távoli infravörös tartományban dolgoznak. Leggyakrabban a 3  $\mu\text{m}$ -tól 5  $\mu\text{m}$ -ig vagy a 8  $\mu\text{m}$ -tól 13  $\mu\text{m}$ -ig terjedő hullámhossz-intervallumot használják. E két intervallum összefügg a vizsgált tárgyak emissziós tulajdonságaival, továbbá azzal, hogy a levegő jól átterjeszti az infravörös sugárzást ezekben az intervallumokban.

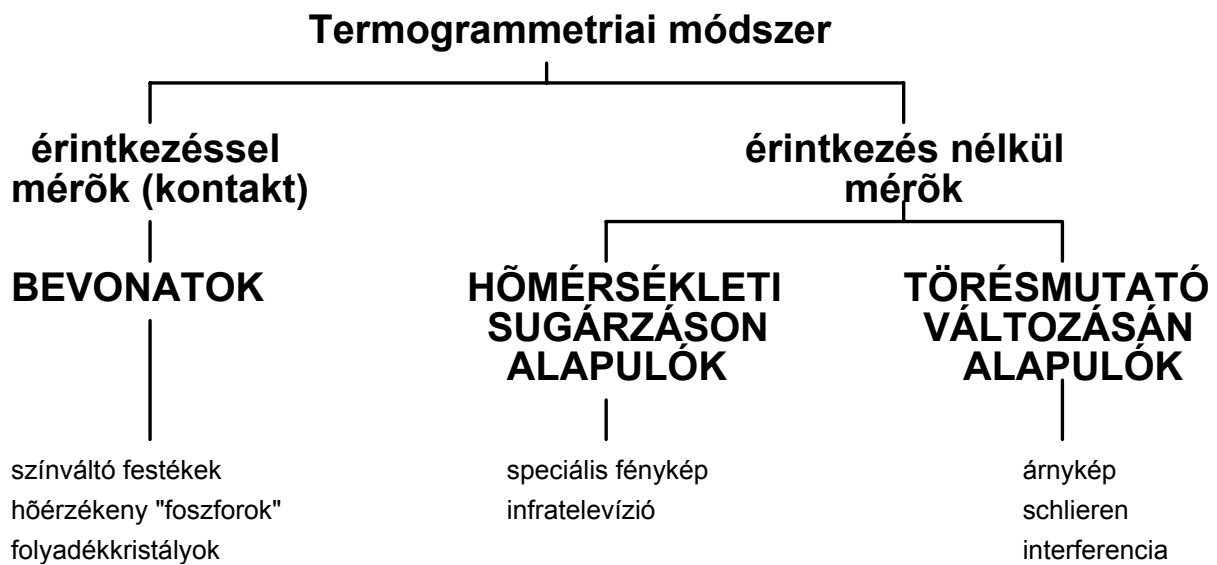
#### **6.8.1.2. Termogrammetriai módszerek és csoportosításuk:**

A termogrammetria a kísérleti hőmérsékletmérés új tudományága, amely a hőmérsékletmezőről közvetlenül nyert kétdimenziós képek, termogrammok elméleti és gyakorlati kérdéseivel foglalkozik. Megkülönböztetünk érintkezéssel és érintkezés nélkül mérő termogrammetriai módszereket.

A szilárd testek felületi hőmérséklet-eloszlásának meghatározására a legrégebbi - de ma is sikerrel alkalmazott - érintkezéssel mérő módszer az ún. kontakt-termogrammetria. A kontakt-termogrammetria olyan vékony réteg alkalmazásán alapszik, amelyet a felületre felhordva a hőmérséklete hővezetés útján a vizsgált objektuméval azonos lesz és a hőmérséklet-különbséget szín ill. fényességváltozással jelzi. Ide tartoznak a színváltó festékek, kréták, a hőmérséklet-érzékeny lumineszkált bevonatok, ún. foszforok, ill. legújabban a folyadék-kristályok.

#### ***Infra termogrammok:***

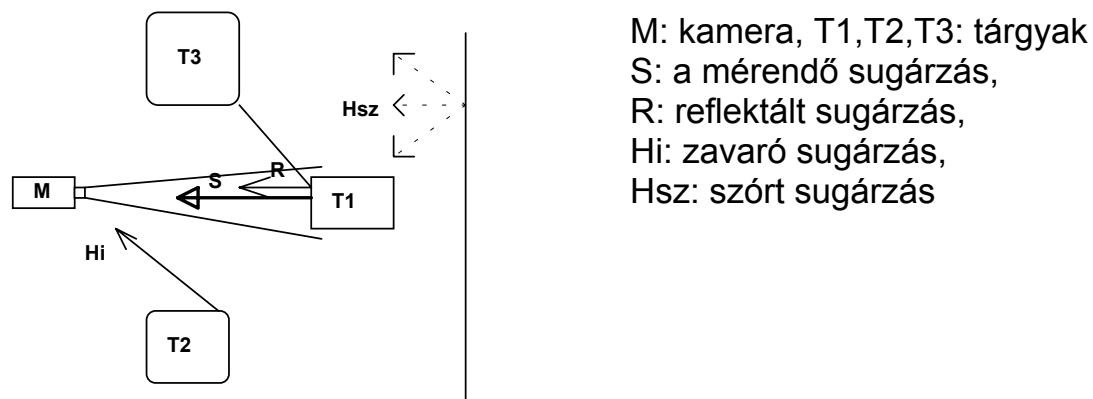
Minden test a hőmérsékletére jellemző elektromágneses sugárzást, ún. hőmérsékleti sugárzást emittál. A hőterjedés sugárzásos formájának mérésénél közvetlenül a hőáramot érzékeljük és a hőmérsékleti sugárzás ismert összefüggéseinek segítségével következtethetünk az infrasugárzást kibocsátó test hőmérsékletére.



52. ábra A termogrammetria módszereinek csoportosítása

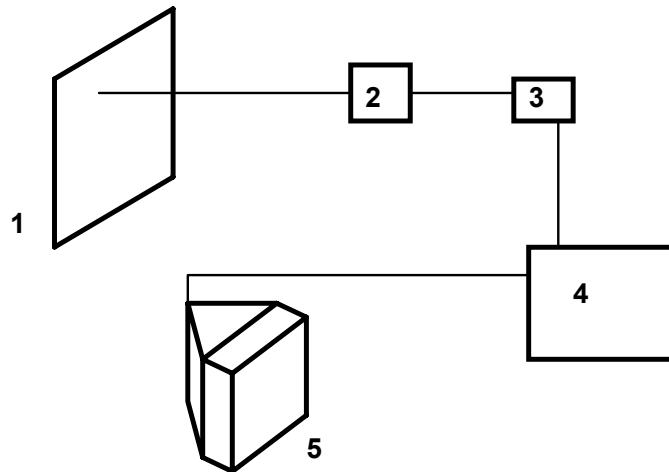
A testek a rájuk eső infravörös sugarakat részben visszaverik. Ezek a sugárzások már nem jellemzőek a test hőmérsékletére. A saját és a visszavert sugárzások összegét effektív sugárzásnak nevezik. A hőmérsékleti sugárzás mérésénél csak a saját sugárzás esetén tudunk a test hőmérsékletére következtetni, míg az effektív sugárzásnál csak a test jelenlétére, alakfelismerésére.

A hőmérsékletmérést célzó infrásugárzás mérésénél ezen kívül figyelemmel kell lenni az ún. háttérsugárzások jelenlétére és kiküszöbölésére is.



53. ábra A sugárzások fajtái

### A termovíziós berendezések működésének áttekintése:



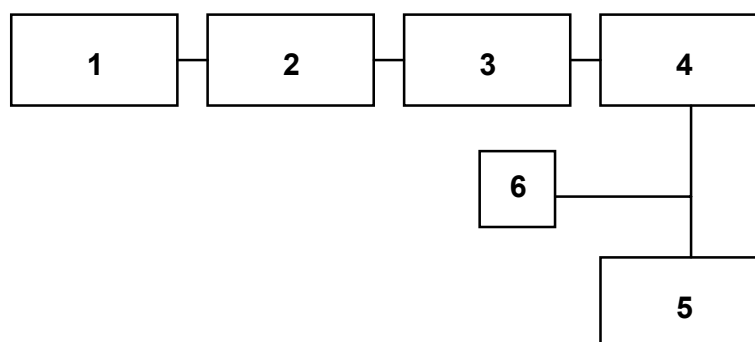
54. ábra Az infratelevíziós berendezések működésének elvi vázlata  
1: a megfigyelt tárgy 2: az optikai rendszer 3: a sugárzásdetektor  
4: a jelátalakító elektronikus rendszer 5: a leképező rendszer

A vizsgált tárgy által kibocsátott infrásugárzás az objektívra esik, és az infratelevíziós kamera érzékelő elemének síkjában megkapjuk a tárgy képét, a televíziós kamera működésével azonos módon. Az érzékelő elem a beeső infravörös sugárzást a spektrális térbeli fényességgel arányos elektromos jellé alakítja át. Ezután az elektromos jel a detektorról a megfelelő elektronikus jelfeldolgozó-, majd a reprodukáló rendszerbe jut.

### A termovíziós berendezések részei:

Az infratelevíziós berendezések részei hat fő egységre bonthatóak:

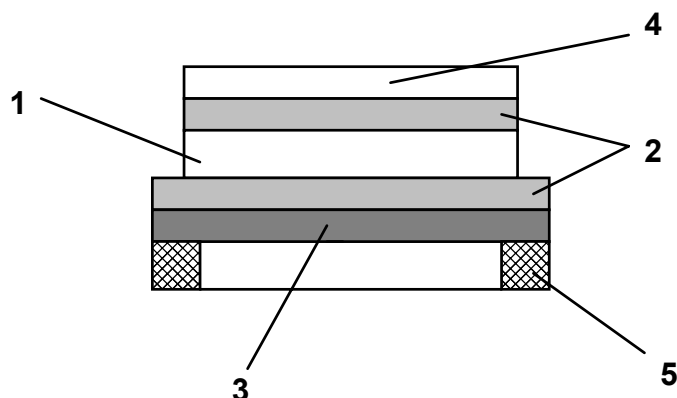
- optikai rendszer (1)
- letapogató rendszer (2)
- sugárzásdetektor (3)
- elektronikus jelátalakító rendszer (4)
- leképező rendszer (5)
- összehasonlító rendszer. (6)



55. ábra

A detektorok a termovíziós berendezések legfontosabb elemei, mert tulajdonságaik erősen befolyásolják a konstrukció típusának megválasztását, valamint meghatározzák az egész berendezés kimenő paramétereit. A detektorokat kialakítás és működési elv szerint csoportosítjuk, jellemző tulajdonságaik a következők:

- érzékenység,
- detektáló képesség,
- az érzékenység spektrális tartománya,
- zajok,
- időálló,
- működési hőmérséklet,
- a detektor látótere.



56. ábra A piroelektromos detektor konstrukciója

1: piroelektromos anyag, 2: elektródok, 3: hordozóréteg, 4: a hőmérsékleti sugárzást abszorbeáló réteg, 5: a tokozás konstrukciós elemei

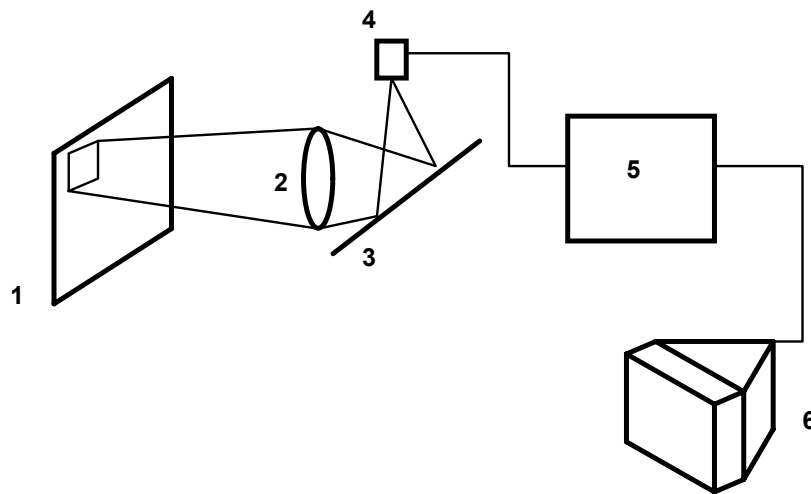
Az optikai rendszerek három fő csoportja az infratelevíziózásban:

- tükrös-,
- lencsés-,
- kombinált (tükrös-lencsés) rendszerek.

Mindhárom csoport feladata ugyanaz. Elsődlegesen az, hogy minél jobb képet alkosson a vizsgált tárgyról a róla kiinduló infravörös sugárzás segítségével. Másodsor a maximális sugárzási teljesítmény összegyűjtése a vizsgált tárgyról, és a detektor felszínére való irányítása. Harmadszor a jel-zaj viszony javítása a háttérsugárzás lehetőség szerinti kiküszöbölésével. Az optikai elemek anyagai speciálisak, pl. a visszaverő tükrök anyaga arany, a lencsék anyaga egykomponensű félvezető anyag.

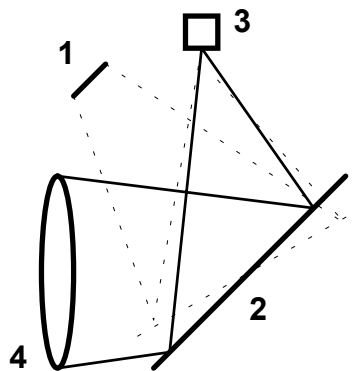
A termovíziós vizsgálatoknál a képet először fel kell bontani különálló részletekre, ezután el kell végezni a kép szintézisét a detektorról érkező jel átalakításával. Ezt végzik el a letapogató rendszerek, amelyeknek három fő csoportja van:

- mechanikai-optikai letapogató,
- elektronikus letapogató,
- mechanikai-elektronikus letapogató.



57. ábra Mechanikai-optikai letapogató rendszer  
 1: a tárgy, 2: az objektív, 3: a letapogató rendszer, 4: a sugárzásdetektor  
 5: elektronikus jelátalakító 6: képernyő

Az összehasonlító rendszerek azért szükségesek, mert a termovíziós berendezéssel hőmérsékletet, ill. hőmérséklet-különbségek abszolút értékét akarjuk meghatározni. A legjobban akkor küszöbölhető ki a környezet mérésére káros hőmérsékleti sugárzás, ha a vizsgált tárgyat egyidejűleg egy hitelesítő sugárzásforrással figyeljük meg. Ez a műszer távoli tárgyak megfigyelésénél nem alkalmazható. Ezért a termovíziós berendezésekben egy belső forrást használnak összehasonlításra.



58. ábra Abszolút fekete testes összehasonlítás  
 1: sugárzásetalon, 2: letapogató tükör, 3: detektor, 4: objektív.

### ***Az infratelevízió alkalmazásai:***

Az infratelevíziós módszert mindenütt alkalmazzák, ahol a hőmérséklet-eloszlások vagy az időben változó hőmérséklet mérése alapján következtetéseket lehet levonni a végbemenő folyamatokról. Fontosabb alkalmazási területei a következők:

#### *Orvostudomány:*

- mellrák kimutatása,
- gyulladássos területek feltérképezése,
- a keringési rendszer vizsgálata.

#### *Építészet:*

- a hőveszteség helyeinek lokalizálása,
- a meleg- és hidegvízcsövek vizsgálata,
- az építészetben használt anyagok minőségének vizsgálata.

#### *Elektronika:*

- integrált áramkörök vizsgálata,
- meghibásodott elemek keresése elektronikus berendezésekben,
- nagyfeszültségű berendezések vizsgálata.

#### *Kohászat:*

- öntvények minőségének vizsgálata,
- a kohók és kádák hőszigetelésének vizsgálata,
- a hőeloszlás meghatározása a kohók belsejében és felületükön,
- hőmérséklet-eloszlás vizsgálata hengerlés közben.

#### *Mezőgazdaság:*

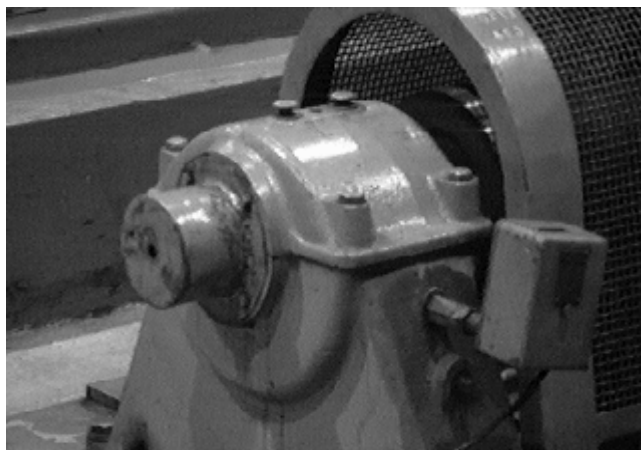
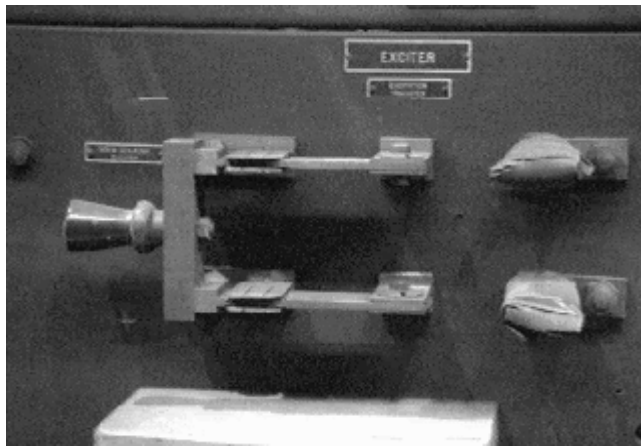
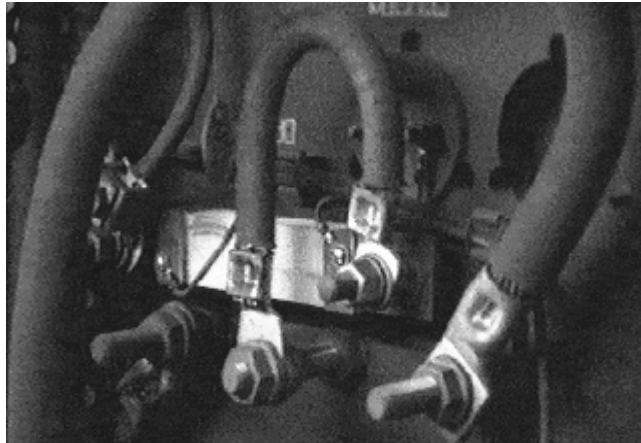
- a talaj nedvességének és a növényzet állapotának vizsgálata,
- földalatti vízgyűjtők felkutatása,
- erdőtüzek tűzfészkekének felkutatása,

#### *Kémia:*

- a kémiai reakciók pontos helyeinek meghatározása,
- porlerakódási helyek kimutatása.

#### *Környezetvédelem:*

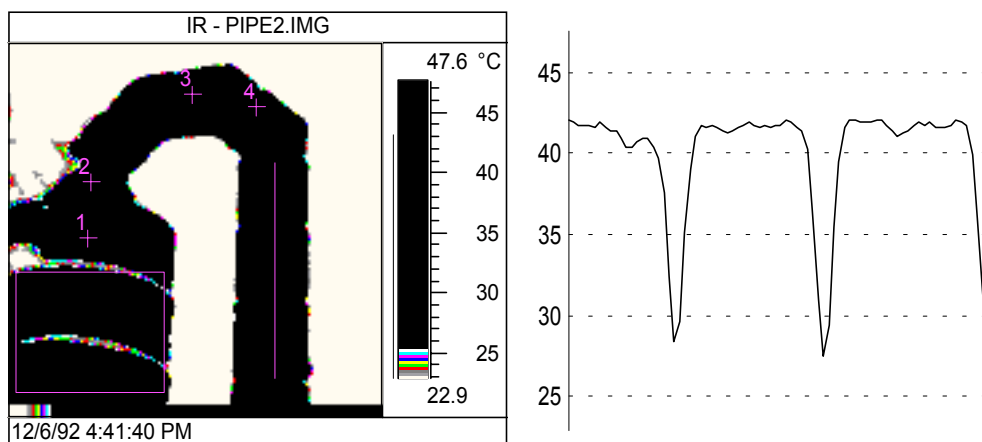
- vízszennyeződések területeinek meghatározása,
- légkör portartalmának meghatározása.



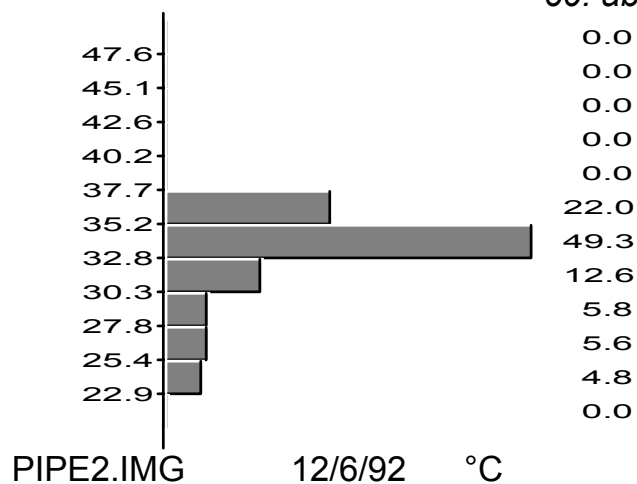
59. ábra Példák villamos berendezések diagnosztikájára:



Termoképfeldolgozási lehetőségek:



60. ábra



SP01 34.1 ( 30:73 )  
 SP02 34.5 ( 31:52 )  
 SP03 40.1 ( 69:19 )  
 SP04 41.4 ( 93:24 )  
 LI01 (100:45) 81/81  
 EXTR Min= 26.5 Max= 42.1 D = 15.6  
 STAT Avg= 39.8 Med= 41.6 sd= 4.0  
 AR01 ( 3:86 ) 2520/2520  
 EXTR Min= 23.2 Max= 37.0 D = 13.8  
 STAT Avg= 33.0 Med= 34.1 sd= 3.1