

# Technologiniai vyksmai ir matavimai

dr. Gytis Sliaušys

# Paskaitos turinys

---

- Temperatūros matavimo vienetai
- Tarptautinė temperatūros skalė ITS-90
- Temperatūros matavimo būdai:
  - Slėginiai termometrai
  - Plėtimosi termometrai
  - Bimetaliniai termometrai
  - Varžiniai termometrai
  - Termoelektriniai termometrai
- Pirometrai
  - Optiniai pirometrai
  - Radiaciniai pirometrai
  - Radiaciniai pirometrai šiluminiam laukams vizualizuoti

# Temperatūros matavimo vienetai

---

- **Termodinaminė temperatūra  $T$ , ( $\Theta$ )**
- Termodinaminė temperatūra yra vienas iš pagrindinių SI dydžių.
- Matavimo vienetas – kelvinas.
- Kelvinas, yra vandens trigubojo taško termodinaminės temperatūros  $1/273,16$  dalis



Williams Thomson, Baron (Lord) Kelvin 1824-1907

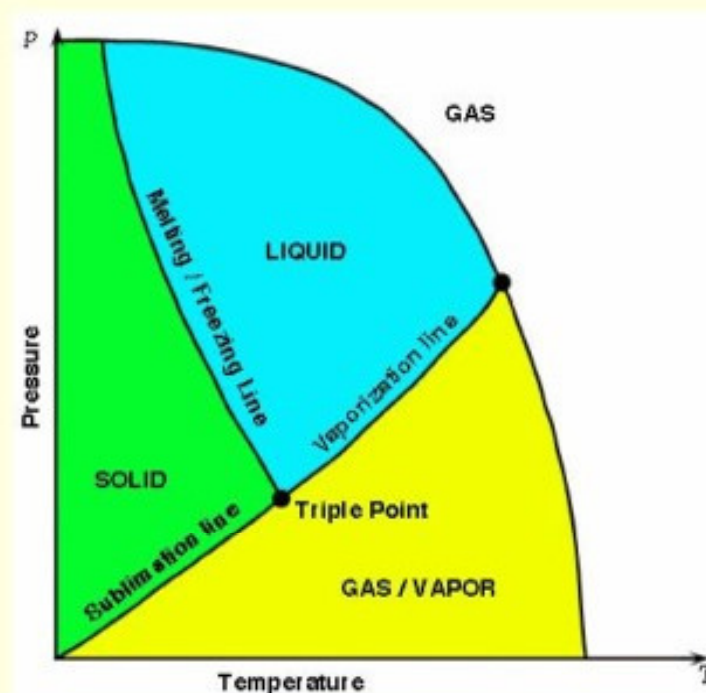
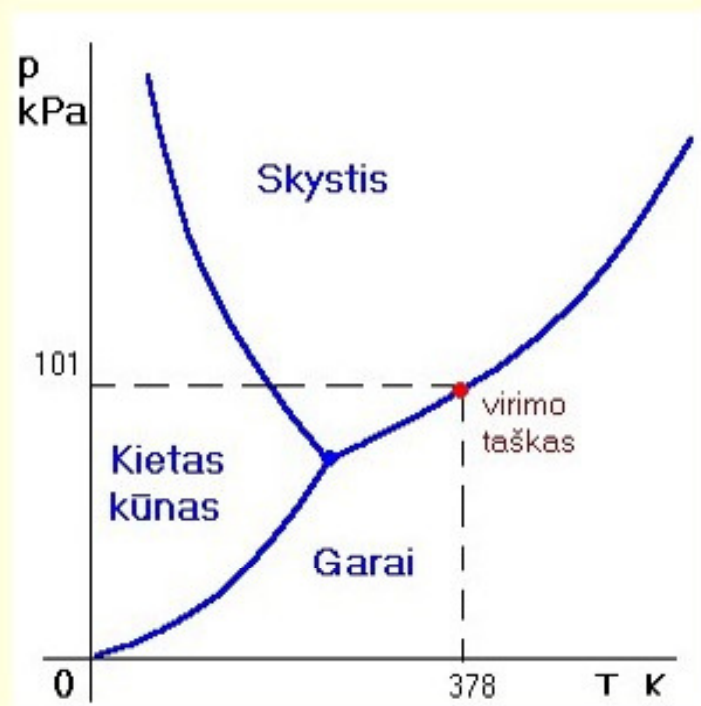
# Temperatūros matavimo vienetai

- **Celsijaus temperatūra  $t$**
- $t = T - T_0$ ; čia  $T_0$  lygi 273,15 K
- Matavimo vienetas – Celsijaus laipsnis.
- Celsijaus laipsnis yra specialus kelvino pavadinimas, vartojamas Celsijaus temperatūrai išreikšti
- Termodinaminė temperatūra  $T_0$  yra tiksliai 0,01 K žemesnė už vandens trigubojo taško
- termodinaminę temperatūrą.



Anders Celsius  
1701-1744

# Tarptautinė temperatūros skalė ITS-90 (1990 m.)



# Tarptautinė temperatūros skalė ITS-90 (1990 m.)

---



The triple point of water is the most important defining thermometric fixed point used in the calibration of thermometers to the International Temperature Scale of 1990. It is the sole realizable defining fixed point common to the Kelvin thermodynamic Temperature Scale (KTTS) and the ITS-90; the assigned value on these Scales is 273.16 K (0.01 °C)

# Tarptautinė temperatūros skalė ITS-90 (1990 m.)

---

- Matavimų tikslais 1989 metais CIMP, pasiremdama 1987 metų 18-osios CGPM 7-ąja rezoliucija, priėmė 1990 m. Tarptautinę temperatūrų skalę. Ji pagrįsta keliais fiksuotais taškais, interpoliacijos procedūromis, tam tikrais matavimo prietaisais ir apibrėžia temperatūrą iki 0,65 K.

# Tarptautinė temperatūros skalė ITS-90 (1990 m.)

---

- Dydžiai, atitinkantys termodinaminę ir Celsijaus temperatūras, žymimi atitinkamai  $T_{90}$  ir  $t_{90}$  (pakeičiantys  $T_{68}$  ir  $t_{68}$ , apibrėžtus IPTS-68);
- čia  $t_{90} = T_{90} - T_0$ .
- $T_{90}$  vadinama tarptautine Kelvino temperatūra, o  $t_{90}$  – tarptautine Celsijaus temperatūra.
- $T_{90}$  ir  $t_{90}$  vienetai yra atitinkamai kelvinas, K, ir Celsijaus laipsnis, °C, kaip ir  $T$  bei  $t$  atveju.
- Daugiau informacijos žr. Metrologia, 27 (1990), No. 1.



# Skirtumas tarp IPTS-68 ir ITS-90

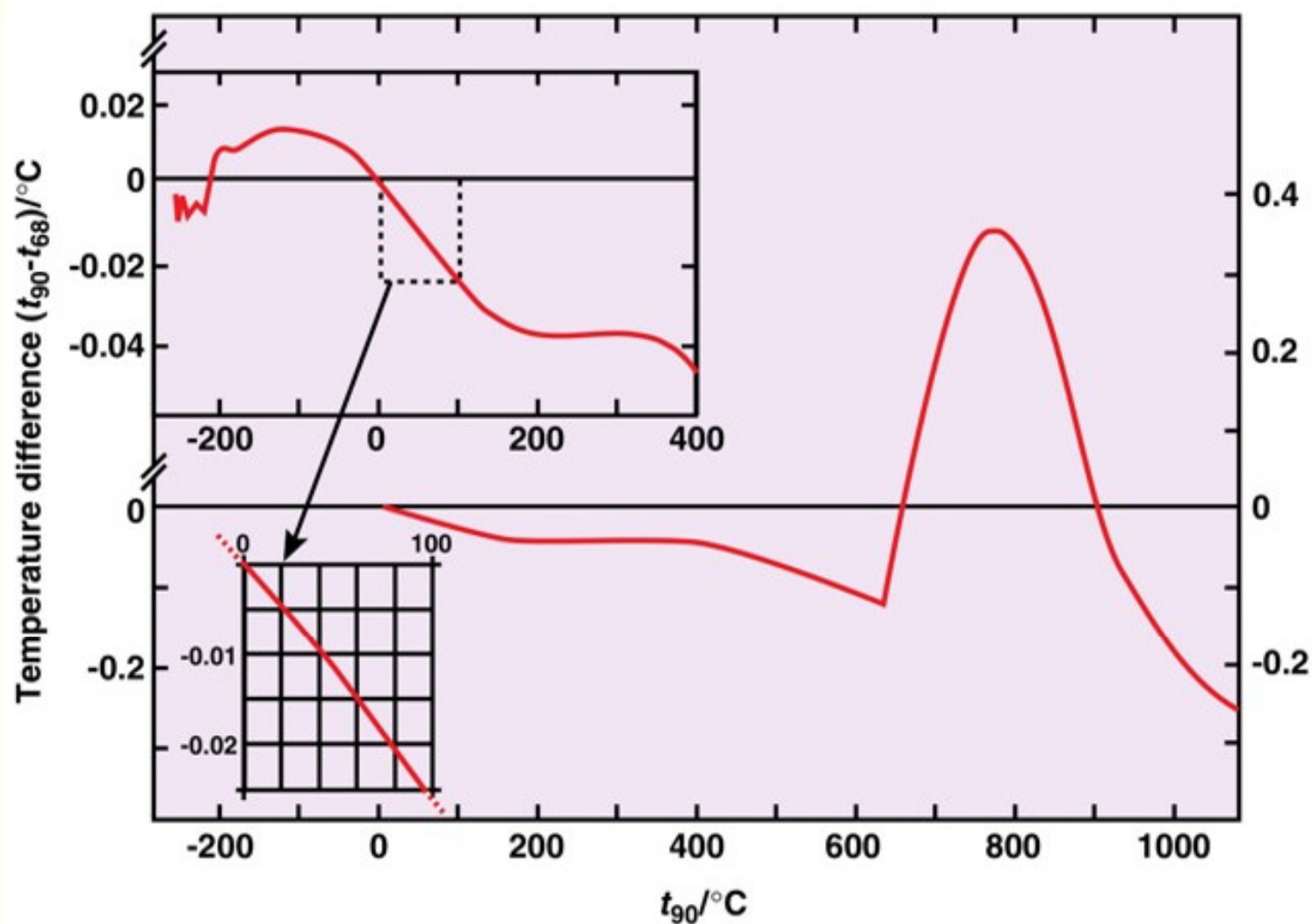


FIG. 1. The differences  $(t_{90} - t_{68})$  as a function of Celsius temperature  $t_{90}$

# Tarptautinė temperatūros skalė ITS-90 (1990 m.)

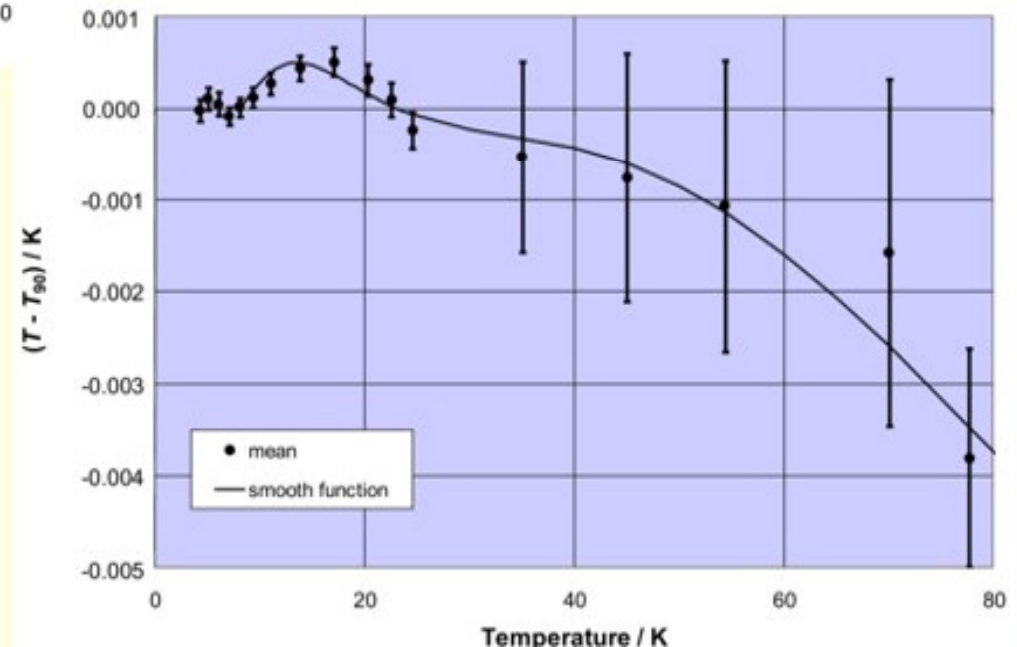
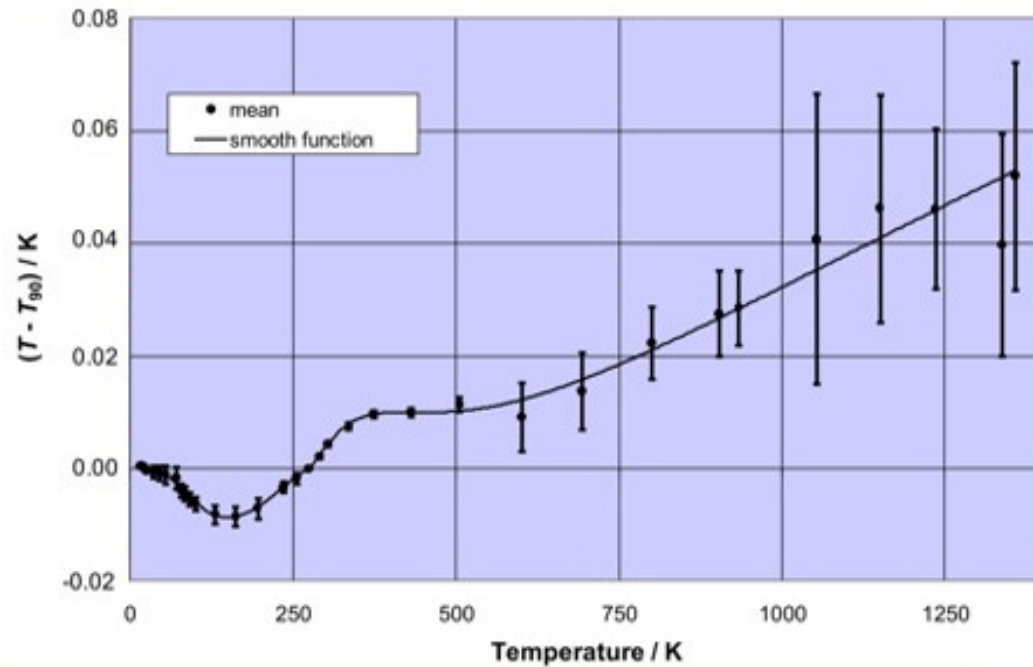
---

- Termodinaminės ir Celsijaus temperatūros intervalo ar skirtumo vienetai yra tapatūs.
- Generalinė svarsčių ir matų konferencija (CGPM) rekomendavo temperatūros intervalus ar skirtumus reikšti kelvinais (K) arba Celsijaus laipsniais ( $^{\circ}\text{C}$ ). Kiti pavadinimai ir simboliai, pvz., „degré“, „deg“, „degree centigrade“ arba „degree“, nevartotini.
- Pažymėtina, kad prieš Celsijaus laipsnio simbolį  $^{\circ}\text{C}$  turėtų būti paliktas tarpelis (žr. LST ISO 31-0: 1996, 3.4 poskyrį), pvz., 23  $^{\circ}\text{C}$ .

# Tarptautinės temperatūros skalės pamatiniai taškai

Pamatinis taškas	$T_{90}/\text{K}$	$t_{90}/^{\circ}\text{C}$
Helio (He) skystos ir dujinės fazės pusiausvyra	3 ... 5	-270,15 ... 268,15
Vandenilio ( $\text{H}_2$ ) trigubasis taškas	13,8033	-259,3467
Neono trigubasis taškas	24,5561	-248,5939
Deguonies ( $\text{O}_2$ ) trigubasis taškas	54,3584	-218,7916
Argono (Ar) trigubasis taškas	83,8058	-189,3442
Gyvsidabrio (Hg) trigubasis taškas	234,3156	-38,8344
Vandens ( $\text{H}_2\text{O}$ ) trigubasis taškas	273,16	0,01
Galio (Ga) trigubasis taškas	302,9146	29,7646
Indžio (In) trigubasis taškas	429,7485	156,5985
Alavo (Sn) trigubasis taškas	505,078	231,928
Cinko (Zn) trigubasis taškas	692,677	419,527
Aliuminio (Al) trigubasis taškas	933,473	660,323
Sidabro (Ag) trigubasis taškas	1234,93	961,78
Aukso (Au) trigubasis taškas	1337,33	1064,18
Vario (Cu) trigubasis taškas	1357,77	1084,62

# ITS-90 neatpibrēztumas



# Kitos temperatūros matavimo skalės

- **Farenheito** (Fahrenheit) temperatūra  $t_F$  apskaičiuojama taip:

$$\frac{t_F}{^\circ\text{F}} = \frac{9}{5} \frac{t}{^\circ\text{C}} + 32 = \frac{9}{5} \frac{T}{\text{K}} - 459,67 .$$

- Farenheito laipsnio vienetas yra tapatus Rankino laipsnio vienetai.
- Prieš simbolį  $^\circ\text{F}$ , reiškiantį Farenheito laipsnį, reikia palikti tarpelį.

# Kitos temperatūros matavimo skalės

---

- **Rankino** (Rankine) laipsnis °R, apskaičiuojamas taip:

$$1 \text{ } ^\circ\text{R} = \frac{5}{9} \text{ K.}$$

- Prieš simbolį °R, reiškiantį Rankino laipsnį, reikia palikti tarpelį.
- Farenheito ir Rankino ryšis su Celsijaus laipsniu yra toks:
- $1 \text{ } ^\circ\text{C} = 0,555 (\text{ } ^\circ\text{F} - 32) = 0,555 \text{ } ^\circ\text{R} - 273,15$

# Temperatūros matavimo būdai

---

- Temperatūrai matuoti taikoma daug fizikinių reiškinių, kurie pasireiškia pakitus kūnų vidiniai energijai, pvz., esant pastoviam tūriui pakitus temperatūrai pakinta slėgis; pašildžius skystį jo tūris didėja, pakitus temperatūrai pakinta kūno varža, pakitus temperatūrai generuojama elektrovara, įkaitusio kūno spalva priklauso nuo temperatūros, rezistoriuje generuojamo triukšmo amplitudė priklauso nuo temperatūros ir pan.

# Temperatūros matavimo būdai

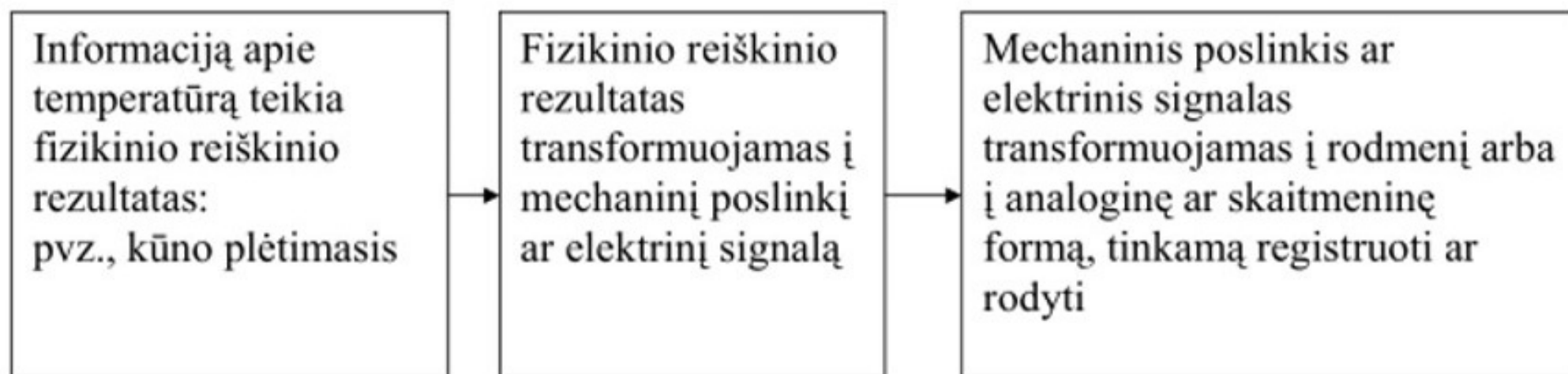
---

- Šiais principais remiantis ir yra padaromi temperatūros matuokliai, kurie paprastai vadinami termometrais. Šiuolaikiniam technologiniam vyksmams būtina, kad termometro teikiama informacija būtų transformuojama į mechaninį poslinkį (automatinio reguliavimo sistemose) ar elektrinį signalą.



# Temperatūros matavimo būdai

- Temperatūros matuoklio schema galėtų atrodyti taip:



# Termometrai yra skirstomi į:

---

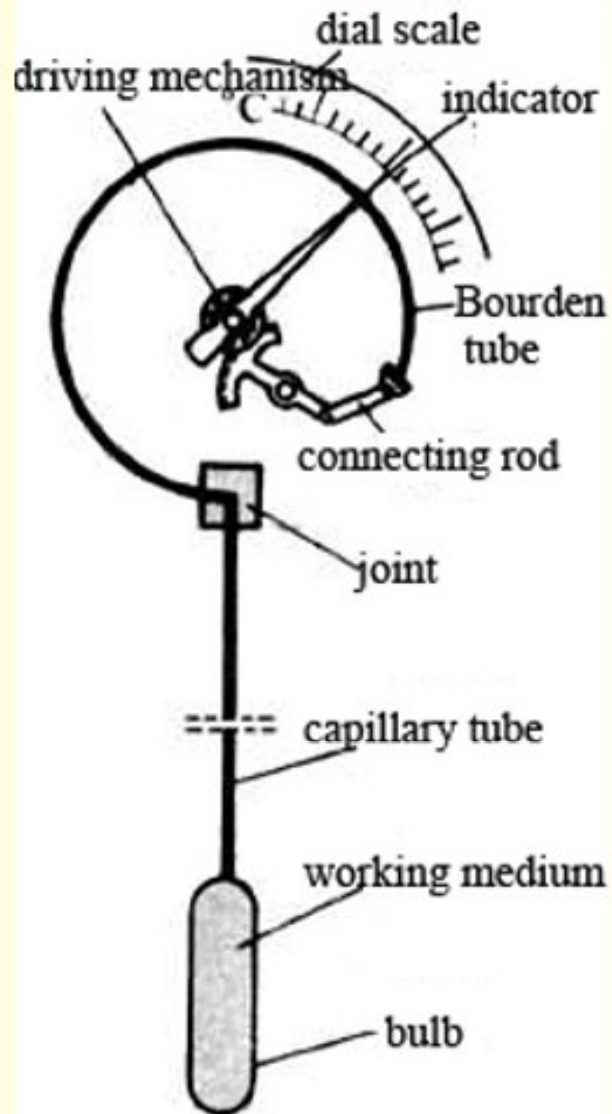
- Slėginis,
- Plėtimosi,
- Bimetalinis,
- Varžinis,
- Termoelektrinis,
- Pirometrinis ir kt.

# Slėginiai termometrai

---

- Slėginių termometrų veikimo principas pagrįstas skysčių, garų, dujų slėgio pokyčio matavimu uždaroje erdvėje kintant temperatūrai.
- Slėgis gali būti matuojamas manometrų arba slėgis per slėgio į elektrinį signalą keitiklį gali būti perduodamas indikatoriumi ar registratoriumi.

# Slėginiai termometrai



Pressure thermometer structure



# Plėtimosi termometrai

---

- Tai plačiausiai žinomi termometrai.
- Jų veikimas pagrįstas tuo, kad šildomi skysčiai paprastai plečiasi.
- Laboratoriniuose ir medicininiuose termometruose naudojamas gyvsidabris.
- Buityje ar maisto pramonėje – spiritas ar toluolas, nes jie ne tokie kenksmingi.

# Plėtimosi termometrai

- Skystiniai plėtimosi termometrai gali matuoti tik tada, kai temperatūra mažesnė už virimo temperatūrą ir didesnė už užšalimo temperatūrą.
- Gyvsidabriui šis temperatūrų intervalas yra nuo  $-38^{\circ}\text{C}$  iki  $+260^{\circ}\text{C}$ .
- Kadangi gyvsidabrio tūrio plėtimosi koeficientas yra tik  $0,018\ \%/^{\circ}\text{C}$ , tai nuo  $0^{\circ}\text{C}$  iki  $+100^{\circ}\text{C}$  gyvsidabrio tūris padidėja tik  $1,8\ \%$ . Todėl buvo sugalvotas „stiprinimo“ įrenginys, sudarytas iš didelio tūrio kolbutės ir mažo tūrio kapiliaro.



# Plētimosi termometrai

---

- Nedidelis 2 % plētimasis gali būti „sustiprintas“ kapiliare 10 ir daugiau kartų.
- Toks termometras gali būti apibūdinamas termometro jautriu  $K_p$  :

$$K_p = \frac{\alpha_p V}{\pi d_k^2},$$

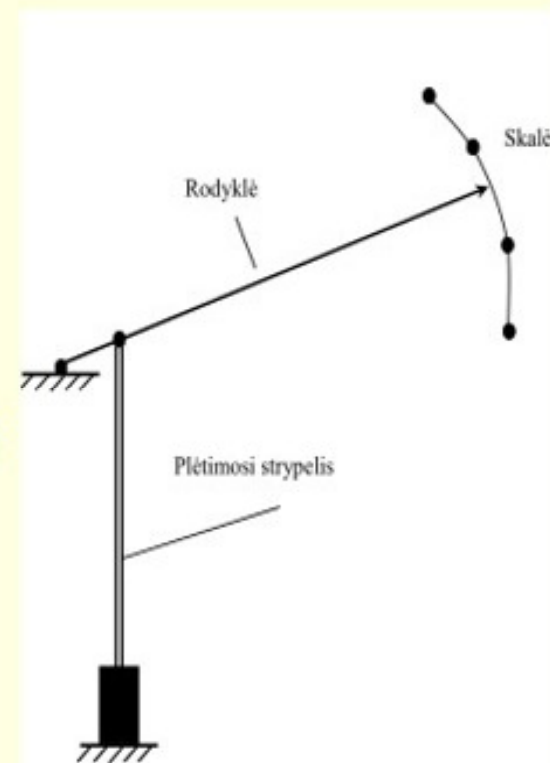
- čia  $\alpha_p$  – skysčio tūrio plētimosi koeficientas,  $V$  – skysčio tūris,  $d_k$  – kapiliaro skersmuo.

# Plėtimosi termometrai

- Vietoje skysčio gali būti naudojama metalinė juostelė.
- Metalo pailgėjimo koeficientas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\alpha_t = \frac{\Delta l}{\Delta t \cdot l_0},$$

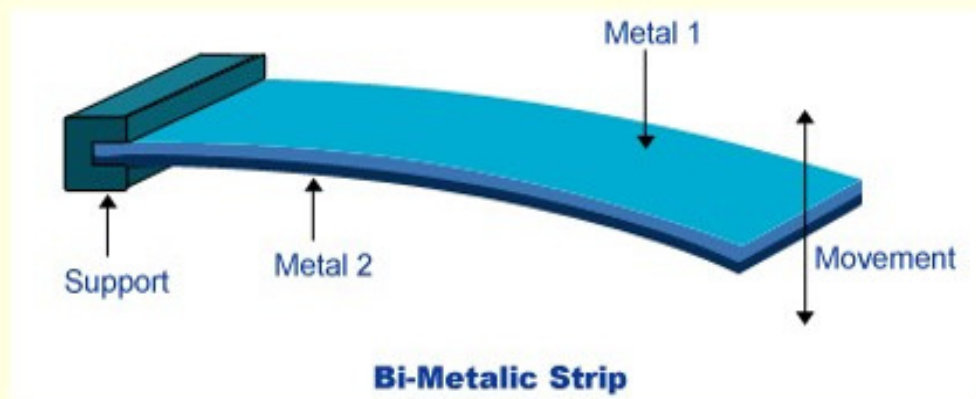
- čia  $\Delta l$  – pailgėjimas,  $\Delta t$  – temperatūros pokytis,  $l_0$  – kūno linijinis matmuo.
- Kuo ilgesnė juostelė, tuo daugiau ji pailgėja ir tuo didesnis tokio termometro jautris.
- Tokiuose metaliniuose termometruose „stiprinimo“ funkciją atlieka mechaninė pavara arba nesimetriškas petys.





# Bimetaliniai termometrai

- Bimetaliniai termometrai paprastai yra daromi iš dviejų vienas su kitu sulydytų skirtingų metalų.
- Metalai parenkami taip, kad šildant vienas labiau pailgėtų negu kitas. Tada tokia plokštelė ar juostelė išlinksta proporcingai temperatūrai.



# Bimetaliniai termometrai

- Tokių termometrų matavimo paklaida yra didelė, apie 0,5 % ... 1,0 %, todėl paprastai jie vartojami ten, kur nereikia labai tikslaus rezultato., pvz., buityje.



# Varžiniai termometrai

- Daugelio medžiagų elektrinė varža pakinta pakitus tos medžiagos temperatūrai. Laidininkų varža didėja didėjant temperatūrai, puslaidininkinių medžiagų – priešingai. Laidininko varža gali būti išreikšta tokia formule:

$$R = R_0(1 + \alpha_R t_i),$$

- čia:  $R_0$  – laidininko varža, esant  $0\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\alpha_R$  – temperatūrinis varžos koeficientas,  $t_i$  – temperatūra.
- Temperatūrinis varžos koeficientas yra randamas iš bandymų ir apskaičiuojamas pagal tokią formulę:

$$\alpha_R = \frac{\Delta R}{\Delta t \cdot R} \text{ [K}^{-1}\text{]},$$

- čia  $\Delta R$  – varžos pokytis,  $\Delta t$  – temperatūros pokytis,  $R$  – laidininko varža.

# Varžiniai termometrai

---

- Skirtingų medžiagų temperatūrinis varžos koeficientas yra skirtingas ir turi būti apskaičiuojamas tame temperatūrų intervale, kuriame bus naudojamas termometras.
- Temperatūrų intervale nuo 0 °C iki 100 °C temperatūrinis varžos koeficientas apskaičiuojamas taip:

$$\alpha_R = \frac{(R_{100} - R_0)}{R_0 \cdot 100} \text{ [K}^{-1}\text{]},$$

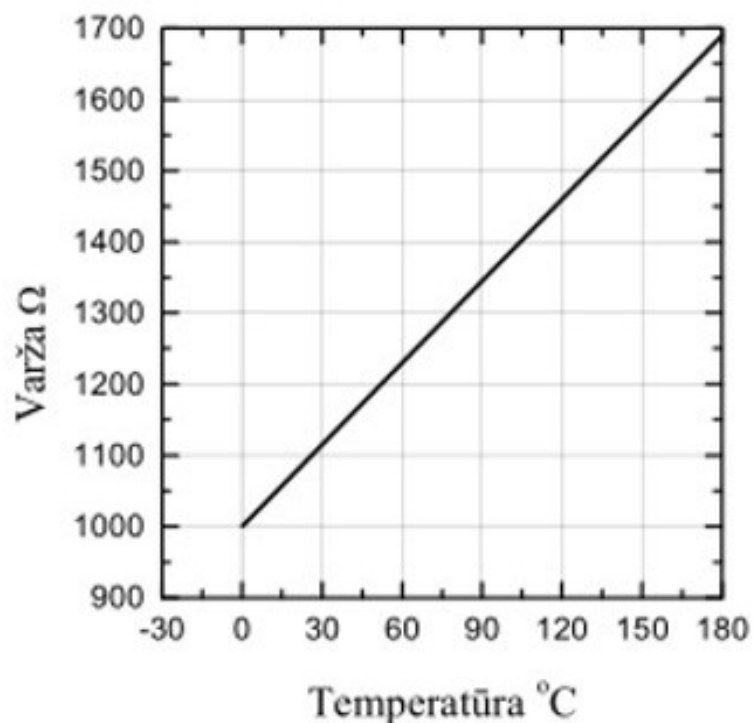
- čia  $R_{100}$  – laidininko varža, esant 100 °C,  $R_0$  – laidininko varža, esant 0 °C.

# Varžiniai termometrai

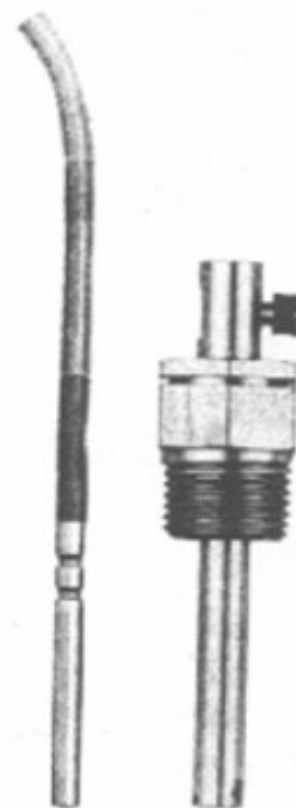
---

- Pastaruoju metu pramonėje labiausiai paplitę varžiniai termometrai, kurie turi platininę spiralę.
- Platinos termometro temperatūros koeficientas yra labai pastovus dydis.
- Pvz., platinos termometro spiralės varžų santykis  $R_{100}/R_0$  yra 1,3910.
- Platinos termometro dokumentuose visada nurodyta platinos termometro varža, esant 0 °C, pvz., 1000 Ω, santykis  $R_{100}/R_0$  ir temperatūros intervalas, pvz., 0 °C ... 100 °C bei kiti konstrukcinės paskirties parametrai.

# Platininis termometras



pav. Platinos termometro Pt 1000/°C (IEC 751)  
varžos priklausomybė nuo temperatūros



pav. Platinos termometras Pt 500 ir  
jo laikiklis (dešinėje)

# Platininis termometras



Pav. Metalinių termometrų konstrukcijos

# Puslaidininkiniai termometrai

---

- Puslaidininkinių termometrų (angl. termistor) varža mažėja, didėjant temperatūrai.
- Tokių termometrų jautrusis elementas yra vadinamas termistoriumi.
- Termistoriai daromi iš kristalinių medžiagų (pvz., germanio) ir oksidų (vario, kobalto, mangano oksido)
- Puslaidininkiniai termometrai paprastai daug jautresni už metalinius varžinius termometrus, tačiau jų parametrai ne tokie pastovūs laikui bėgant.
- Termistoriai naudojami medicininiuose termometruose.



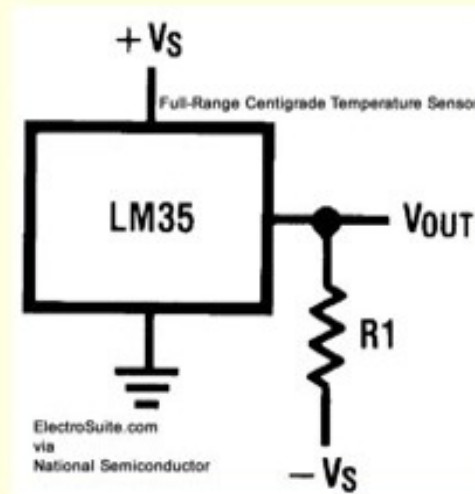
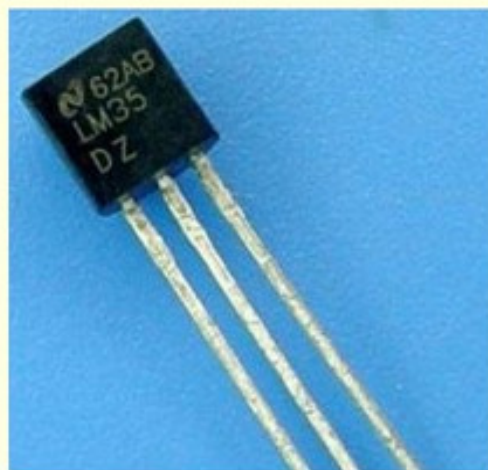
# Puslaidininkiniai termometrai

---

- Puslaidininkiniai termometrai gaminami įvairių konfigūracijų: strypelių, plokštelių, rutulių pavidalo ir gali būti mažų matmenų (0,2 mm ... 0,5 mm).
- Kad jų parametrai būtų pastovūs, ypač jei jie naudojami agresyvioje aplinkoje, termometrai turi būti gerai apsaugoti, pvz., įlydyti į stiklinį vamzdelį.
- Varžinių termometrų matavimo intervalas yra nuo –260 °C iki +900 °C, pvz., germanio termistorius gali matuoti temperatūras nuo –172 °C iki +30 °C.

# Puslaidininkiniai termometrai

- Varžiniai termometrai patogūs tuo, kad jų generuojamus signalus galima perduoti laidais į elektronines grandines ir ten juos tinkamai apdoroti.
- Jų varža transformuojama į įtampą naudojant subalansuotus ir nesubalansuotus tiltelius bei logometrus.

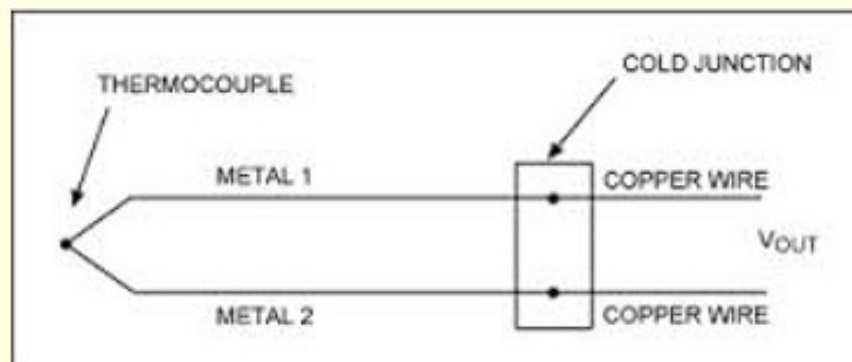


# Termoelektriniai termometrai (angl. thermocouple)

- Viename taške sulydžius du skirtingo metalo
- laidus, t.y. sudarius termopora, dėl skirtingų krūvininkų koncentracijos toks junginys generuoja vadinamąją šiluminę elektrovarą.
- Generuojamą elektrovarą  $E_t$  galima išreikšti taip:

$$E_t = k_t \Delta t ,$$

- čia  $\Delta t$  – temperatūros skirtumas ( $t-t_0$ ),  $k_t$  – šiluminės elektrovaros koeficientas, priklausantis nuo laidininkų medžiagos.



# Termoelektriniai termometrai

Termoporos		
Tipas	Sudėtis	Temperatūrų intervalas, °C
B	Pt-30 % Rh ir Pt-6 % Rh	Nuo 0 iki 1820
E	Ni-Cr lydinys ir Cu-Ni lydinys	Nuo -270 iki 1000
J	Fe ir Cu-Ni lydinys	Nuo -210 iki 1200
K	Ni-Cr lydinys ir Ni-Al lydinys	Nuo -270 iki 1372
N	Ni-Cr-Si lydinys ir Ni-Si-Mg lydinys	Nuo -270 iki 1300
R	Pt-13 % Rh ir Pt	Nuo -50 iki 1768
S	Pt-10 % Rh ir Pt	Nuo -50 iki 1768
T	Cu ir Cu-Ni lydinys	Nuo -270 iki 400

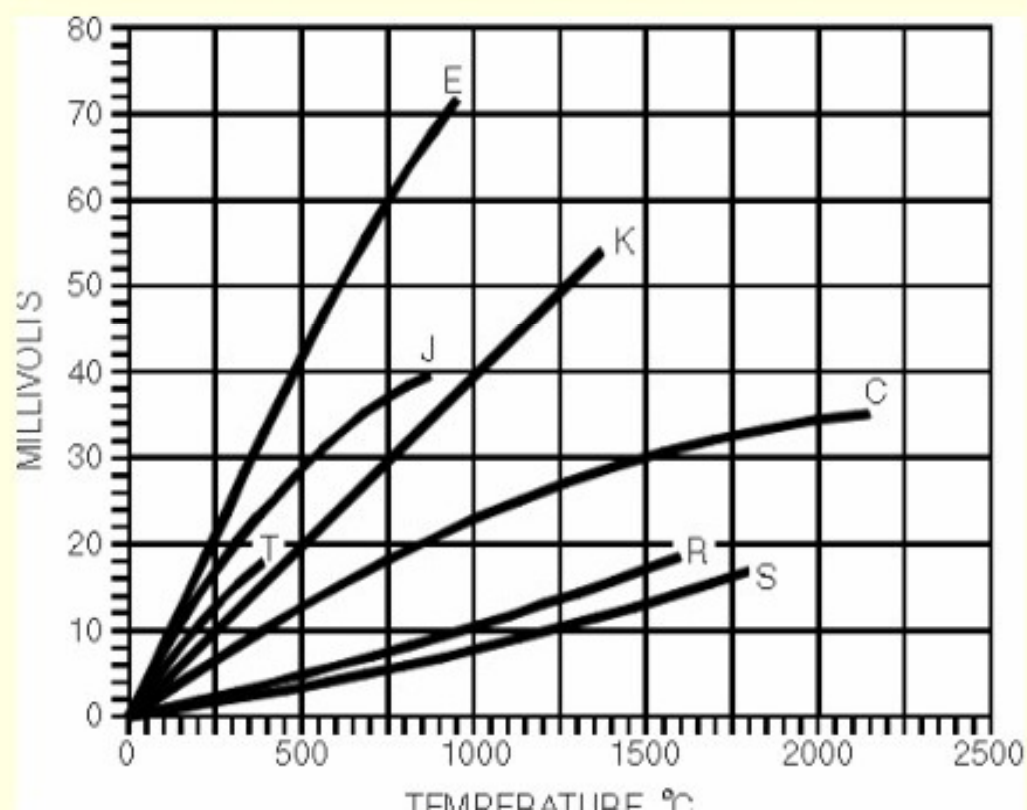
# Termoelektriniai termometrai

- Daugelyje leidinių yra pateikiamos termoporų lentelės, iš kurių pagal sugeneruotą elektrovarą galima apskaičiuoti matuojamą temperatūrą.
- Čia pateikta B tipo termoporos, kuri pagaminta iš Pt-30 % Rh ir Pt-6 % Rh, generuojamos elektrovaros lentelė

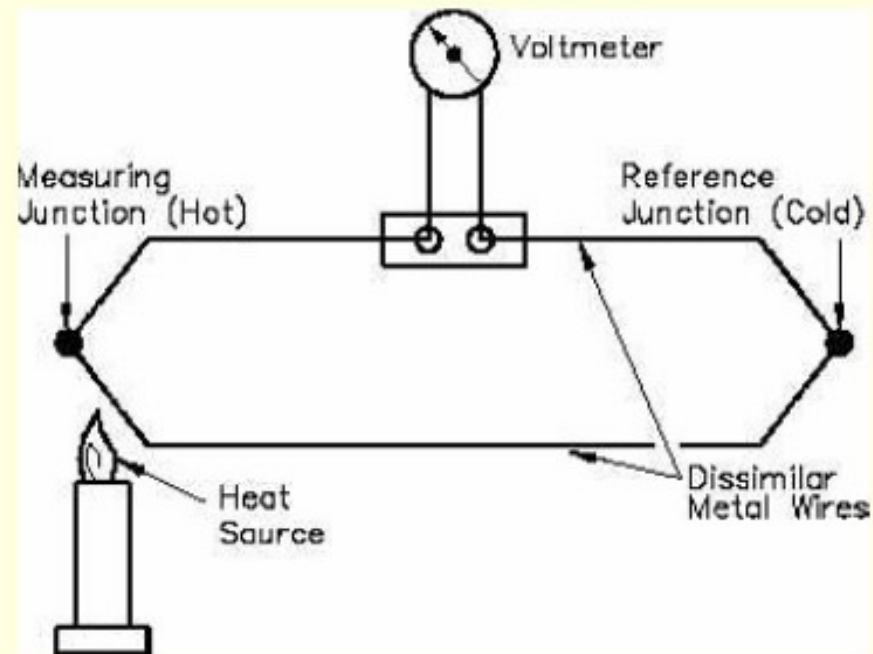
$t / ^\circ\text{C}$	Elektrovara, mV										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,000	0,000	0,000	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,002	-0,002	-0,002
10	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,003	-0,003	-0,003
20	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,003	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002
30	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,002	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	0,000
40	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002
50	0,002	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005	0,006	0,006
60	0,006	0,007	0,007	0,008	0,008	0,009	0,009	0,010	0,010	0,011	0,011
70	0,011	0,012	0,012	0,013	0,014	0,014	0,015	0,015	0,016	0,017	0,017
80	0,017	0,018	0,019	0,020	0,020	0,021	0,022	0,022	0,023	0,024	0,025
90	0,025	0,026	0,026	0,027	0,028	0,029	0,030	0,031	0,031	0,032	0,033
100	0,033	0,034	0,035	0,036	0,037	0,038	0,039	0,040	0,041	0,042	0,043
110	0,043	0,044	0,045	0,046	0,047	0,048	0,049	0,050	0,051	0,052	0,053
120	0,053	0,055	0,056	0,057	0,058	0,059	0,060	0,062	0,063	0,064	0,065
130	0,065	0,066	0,068	0,069	0,070	0,072	0,073	0,074	0,075	0,077	0,078
140	0,078	0,079	0,081	0,082	0,084	0,085	0,086	0,088	0,089	0,091	0,092
150	0,092	0,094	0,095	0,096	0,098	0,099	0,101	0,102	0,104	0,106	0,107
160	0,107	0,109	0,110	0,112	0,113	0,115	0,117	0,118	0,120	0,122	0,123
170	0,123	0,125	0,127	0,128	0,130	0,132	0,134	0,135	0,137	0,139	0,141
180	0,141	0,142	0,144	0,146	0,148	0,150	0,151	0,153	0,155	0,157	0,159
190	0,159	0,161	0,163	0,165	0,166	0,168	0,170	0,172	0,174	0,176	0,178
200	0,178	0,180	0,182	0,184	0,186	0,188	0,190	0,192	0,195	0,197	0,199
210	0,199	0,201	0,203	0,205	0,207	0,209	0,212	0,214	0,216	0,218	0,220
220	0,220	0,222	0,225	0,227	0,229	0,231	0,234	0,236	0,238	0,241	0,243
230	0,243	0,245	0,248	0,250	0,252	0,255	0,257	0,259	0,262	0,264	0,267
240	0,267	0,269	0,271	0,274	0,276	0,279	0,281	0,284	0,286	0,289	0,291
250	0,291	0,294	0,296	0,299	0,301	0,304	0,307	0,309	0,312	0,314	0,317
260	0,317	0,320	0,322	0,325	0,328	0,330	0,333	0,336	0,338	0,341	0,344
270	0,344	0,347	0,349	0,352	0,355	0,358	0,360	0,363	0,366	0,369	0,372
280	0,372	0,375	0,377	0,380	0,383	0,386	0,389	0,392	0,395	0,398	0,401
290	0,401	0,404	0,407	0,410	0,413	0,416	0,419	0,422	0,425	0,428	0,431
300	0,431	0,434	0,437	0,440	0,443	0,446	0,449	0,452	0,455	0,458	0,462

# Termoelektriniai termometrai

- Vienas iš tokių termometrų privalumų – maži matmenys. Kadangi šiluminę elektrovarą generuoja tik lydvietė, tai ją galima labai giliai įleisti į objekto vidų ir per atstumą matuoti temperatūrą.
- Panaudojus skirtingų metalų termoporas, temperatūras galima matuoti nuo  $-258\text{ }^{\circ}\text{C}$  ir beveik iki  $+2300\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



# Termoelektriniai termometrai



# Pirometrai

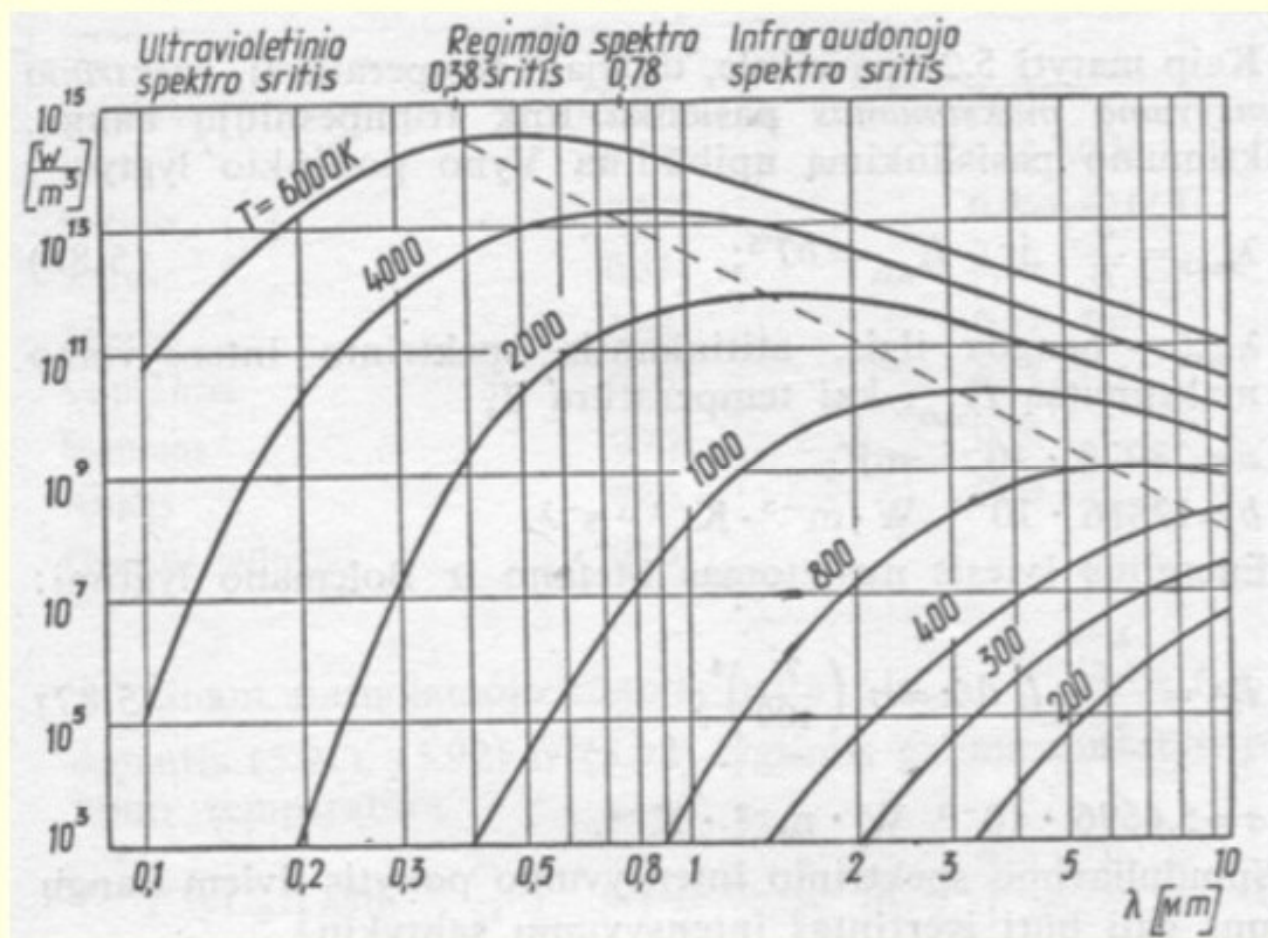
---

- Pirometrai – prietaisai, kurie iš įkaitusių kūnų šiluminio spinduliavimo apskaičiuoja temperatūrą nuotoliniu būdu.
- Žinoma, kad kūnas, kurio temperatūra aukštesnė už absoliučiojo nulio temperatūrą ( $0\text{ K}$  ar  $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), spinduliuoja elektromagnetinę energiją.
- Kuo didesnė kūno temperatūra, tuo didesnė kūno išspinduliuota energija.
- Taigi, paprastai tarus, išmatavus išspinduliuojamos energijos dydį, galima rasti kūno temperatūrą.



# Pirometrai

- Įkaitęs kūnas priklausomai nuo jo temperatūros ir nuo jo paviršiaus pobūdžio spinduliuoja tam tikro ilgio elektromagnetines bangas.



# Pirometrai

---

- Spinduliavimas, esant tam tikram bangos ilgiui, turi maksimalią vertę, nusakomą vadinamuoju Vino dėsnium:
- $\lambda = 2898/T$ ,
- čia  $\lambda$  – bangos ilgis mikrometrais,  $T$  – termodinaminė temperatūra.
- Visiškojo spindulio (juodojo kūno) energinį šviesį  $M$  ir termodinaminę temperatūrą  $T$  sieja tokia lygtis
- $M = \sigma \cdot T^4$ .
- čia  $\sigma$  Stefano ir Bolcmano (Stefan–Boltzmann) konstanta ( $\sigma = 5,670\,51 \pm 0,000\,19) \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$ ).

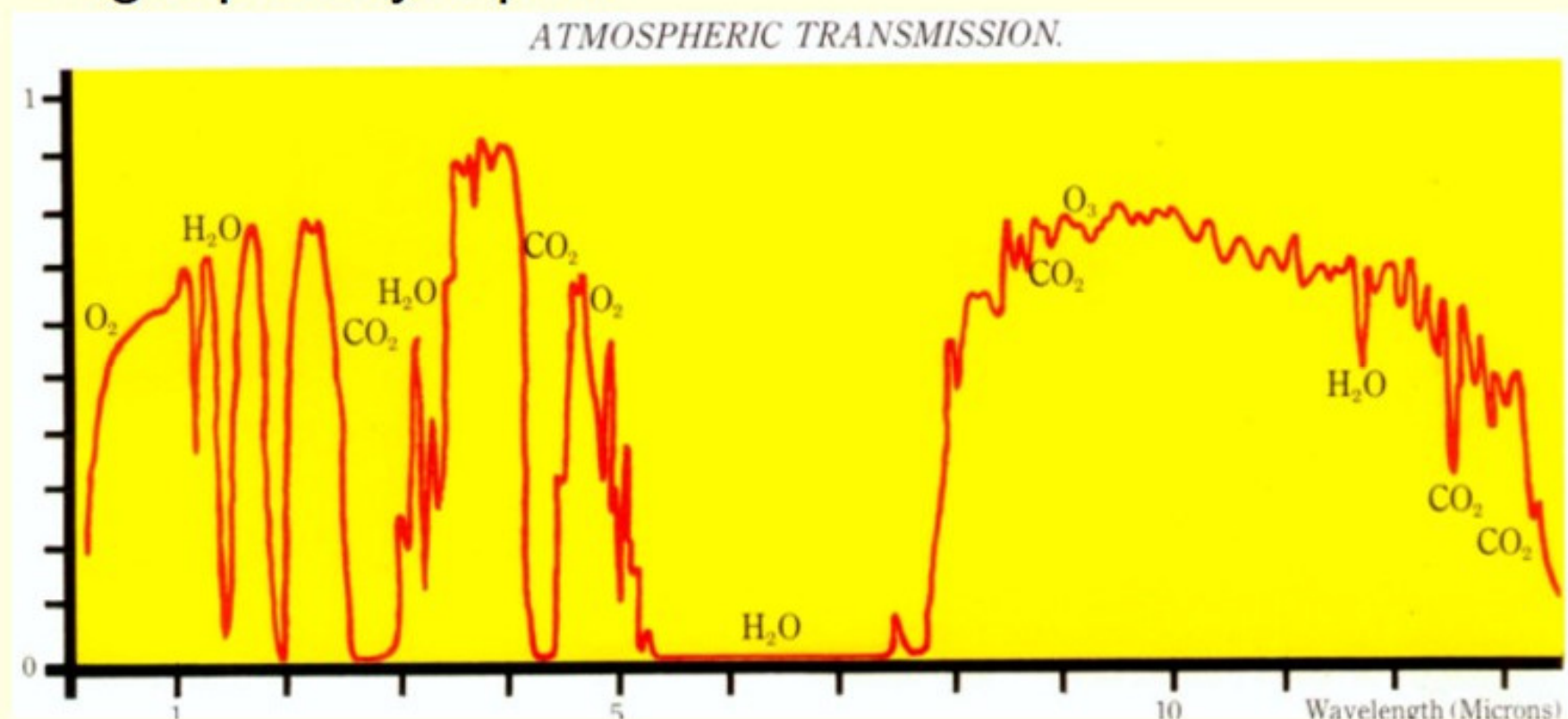
# Pirometrai

---

- Energinis šviesis – tai kuriame nors paviršiaus taške paviršiaus elemento skleidžiamas spinduliuotės (energijos) srautas, padalytas iš to elemento ploto. Matavimo vienetas –  $W/m^2$  .
- Taigi yra keli ryšiai, kurie gali būti pritaikyti temperatūrai matuoti.

# Pirometrai

- Matuojant temperatūras nuotoliniu būdu labai svarbus tarpės optinis pralaidumas.
- Oro optinio pralaidumo priklausomybė nuo bangos ilgio parodyta pav.

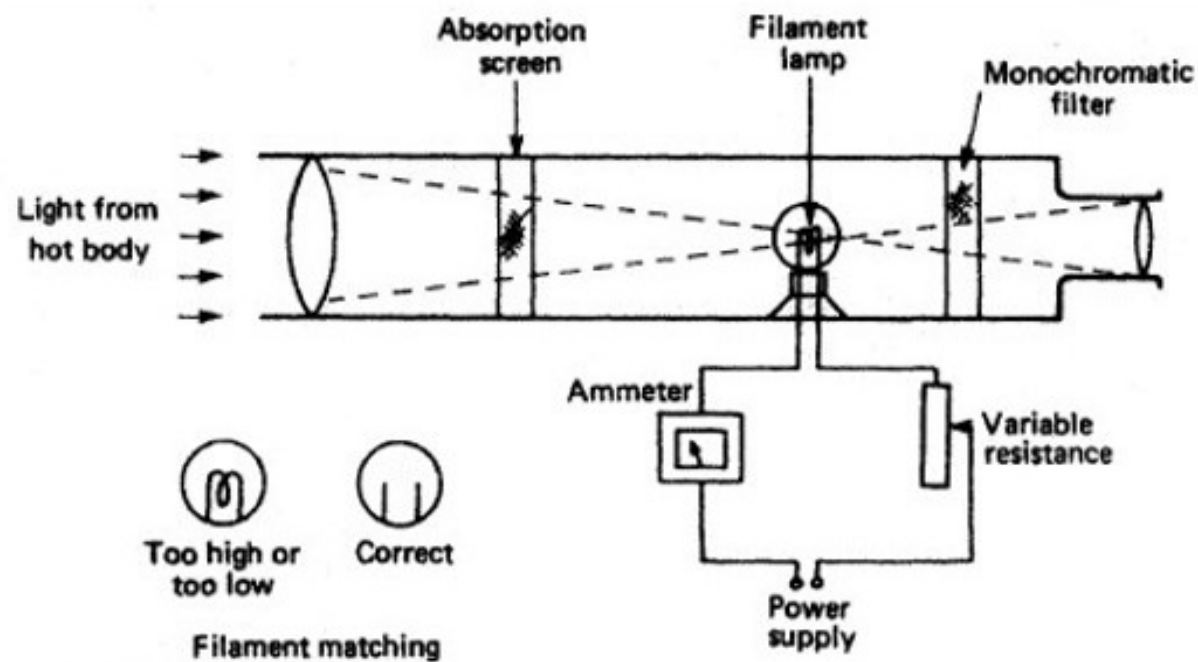


# Optiniai pirometrai

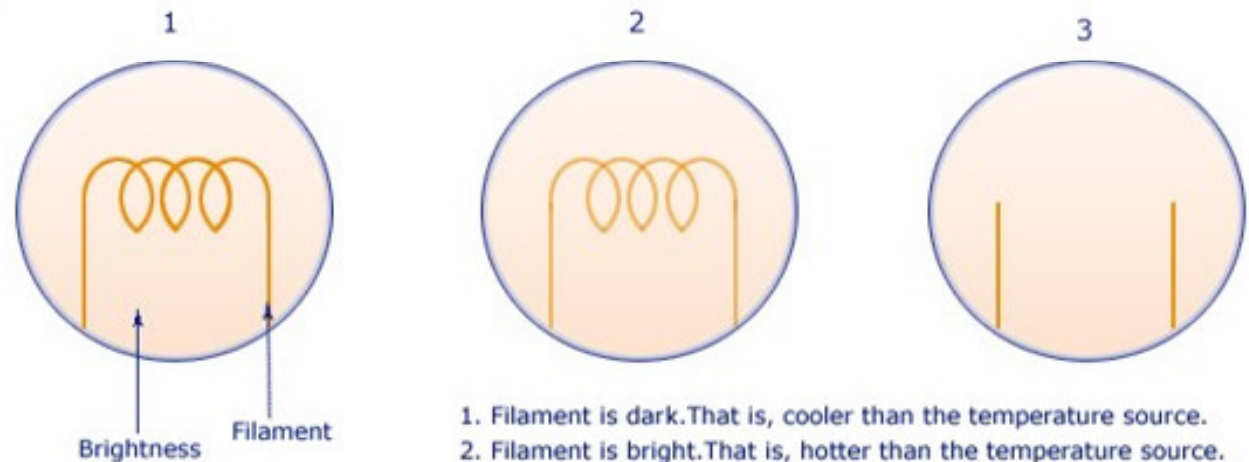
---

- Optinio pirometro veikimo principas paremtas įkaitusio kūno ir kaitinamo, pvz., elektros srove, siūlelio energinių šviesių palyginimu.
- Kaitinamo siūlelio išskiriamą galią galima apskaičiuoti iš elektros matavimo prietaisų rodmenų.

# Optiniai pirometrai



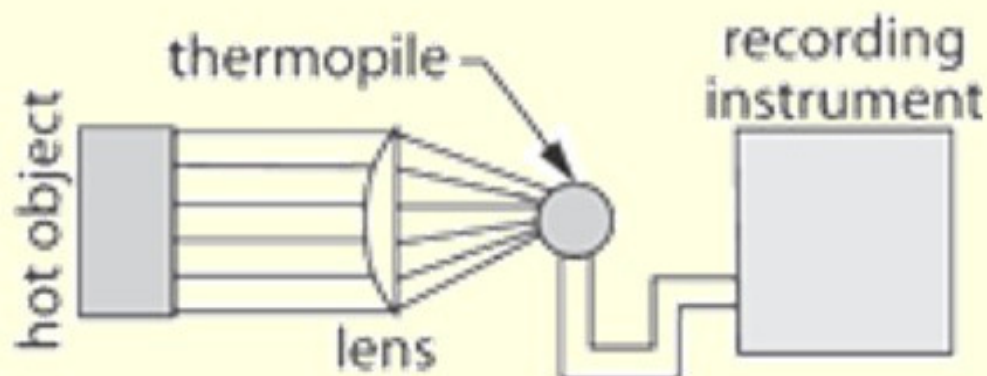
Temperature Measurement



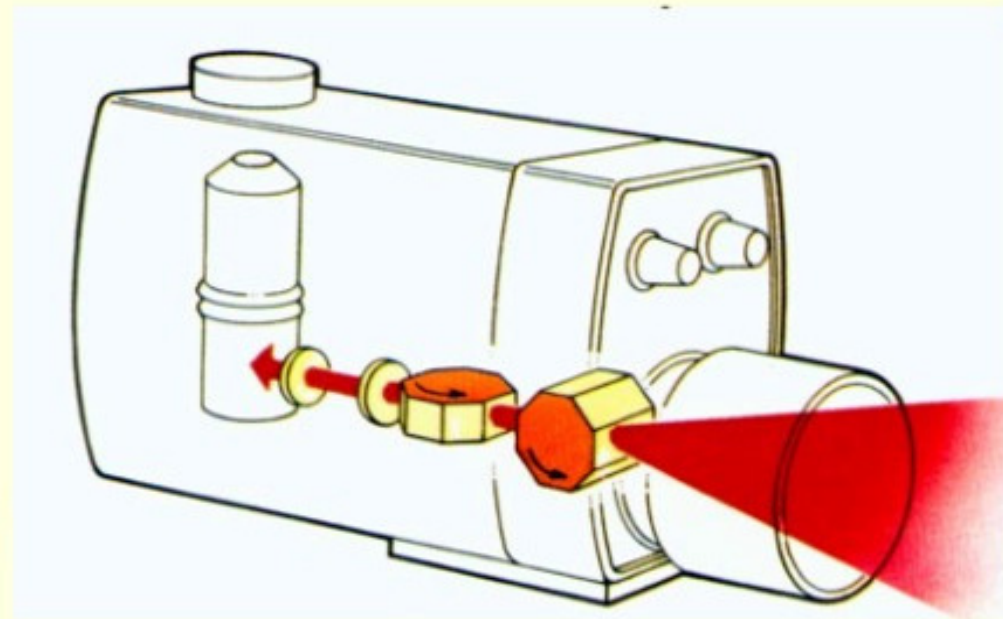
1. Filament is dark. That is, cooler than the temperature source.
2. Filament is bright. That is, hotter than the temperature source.
3. Filament disappears. Thus, equal brightness between filament and temperature source.

# Radiaciniai pirometrai

- Radiacinis pirometras matuoja įkaitinto kūno skleidžiamos šilumos poveikį šilumai jautriam elementui, pvz., termoporai.
- Per specialią optinę sistemą apšvietus jautrųjį elementą generuojama įtampa (ar srovė) proporcinga temperatūrai



# Radiaciniai pirometrai šiluminiam laukams vizualizuoti

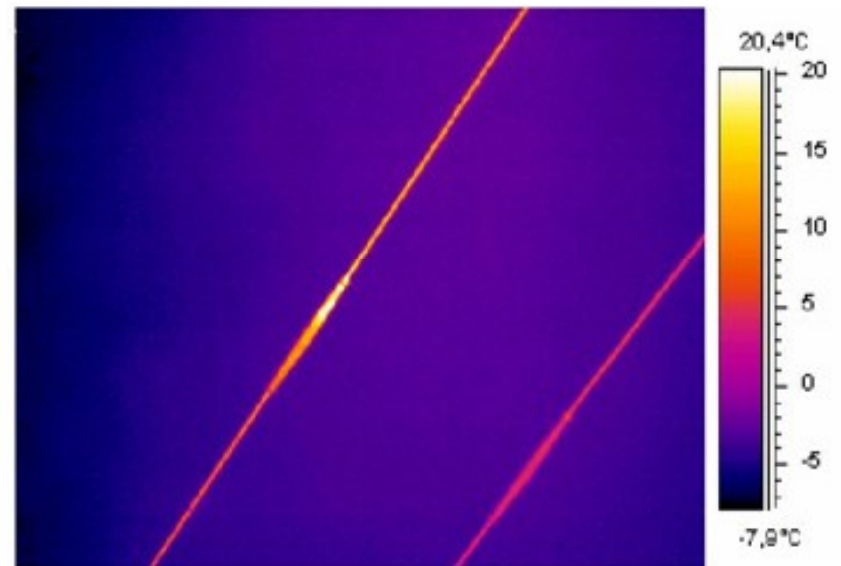
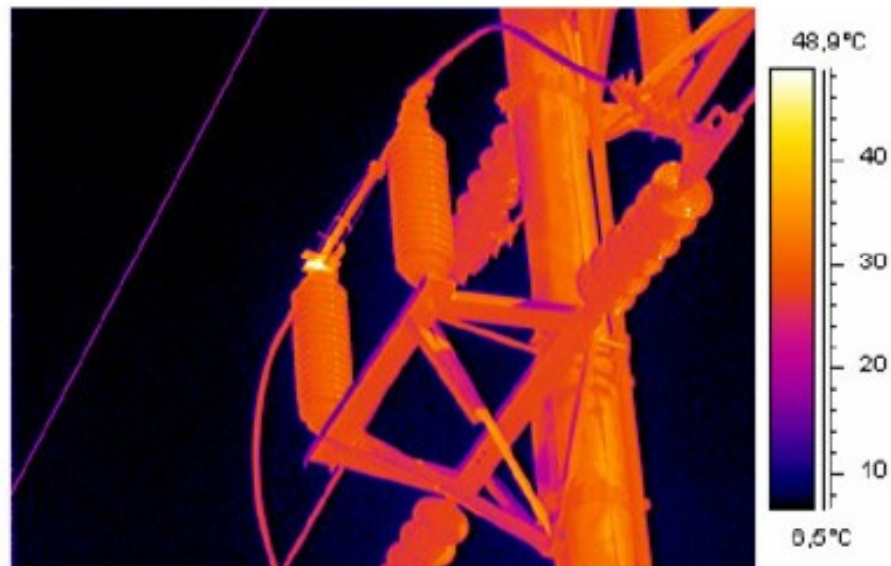
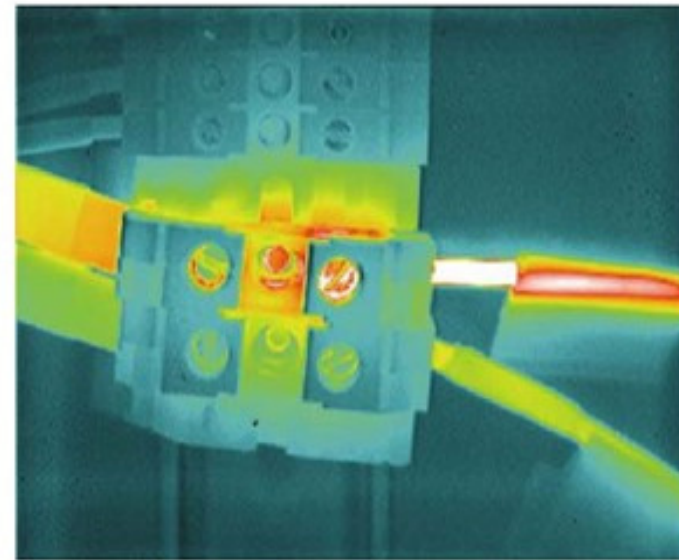
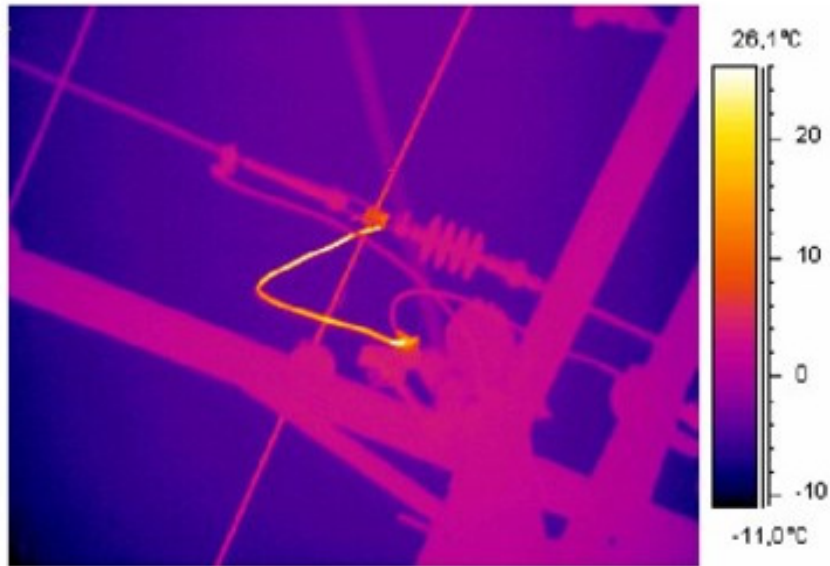
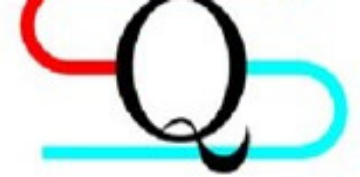




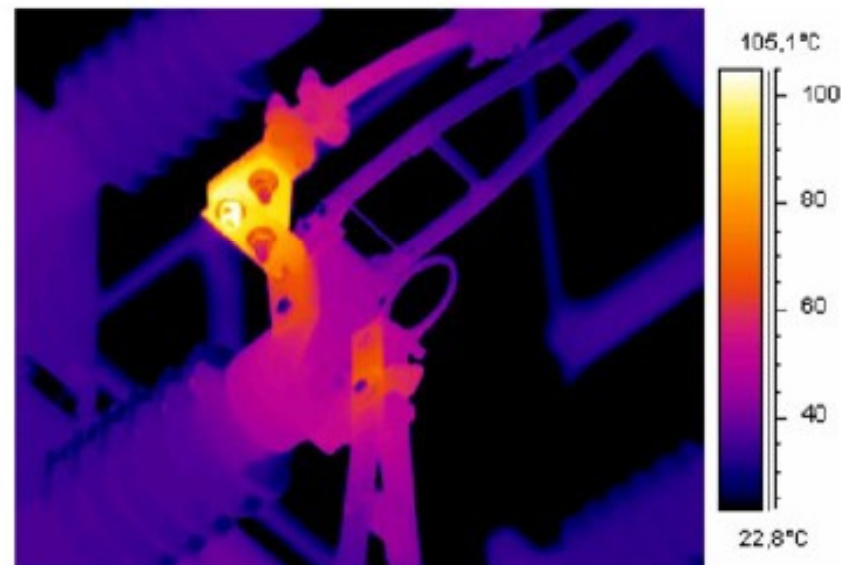
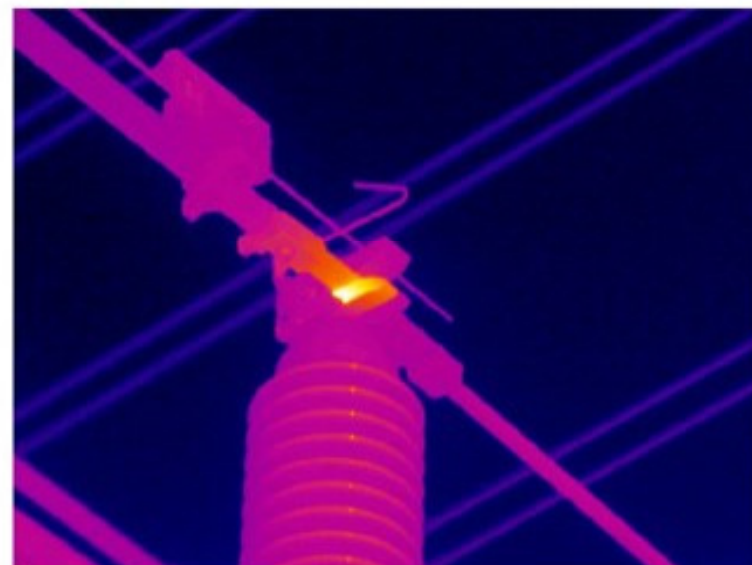
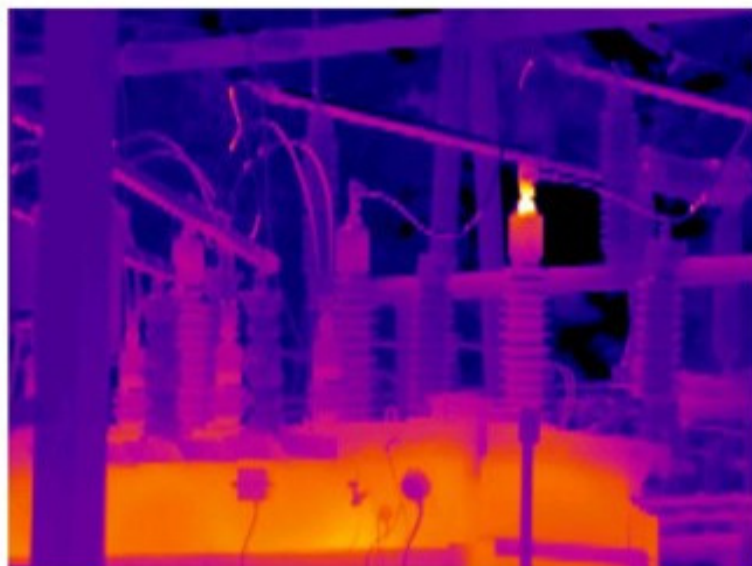
# Termovizijos taikymas

---

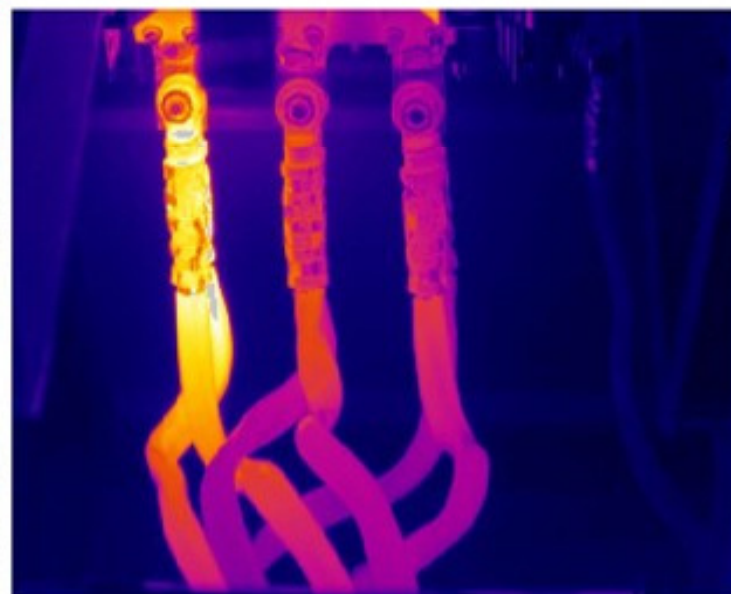
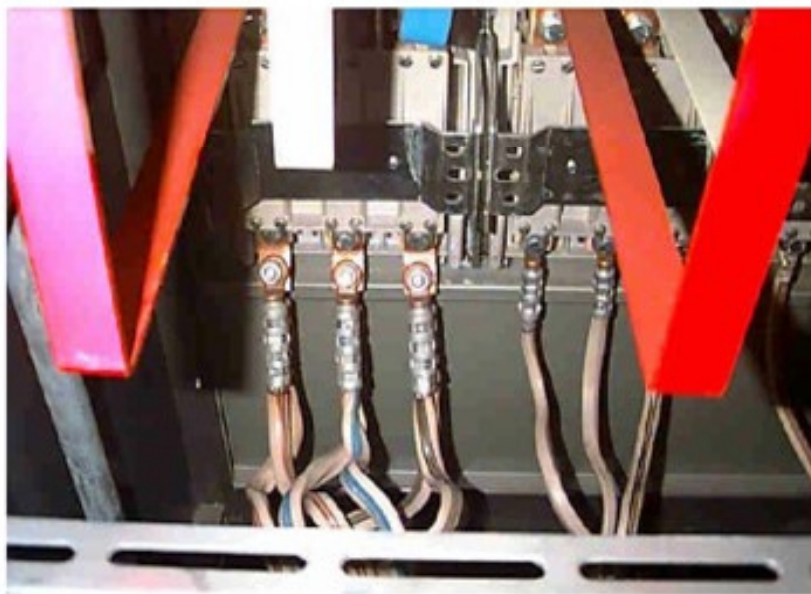
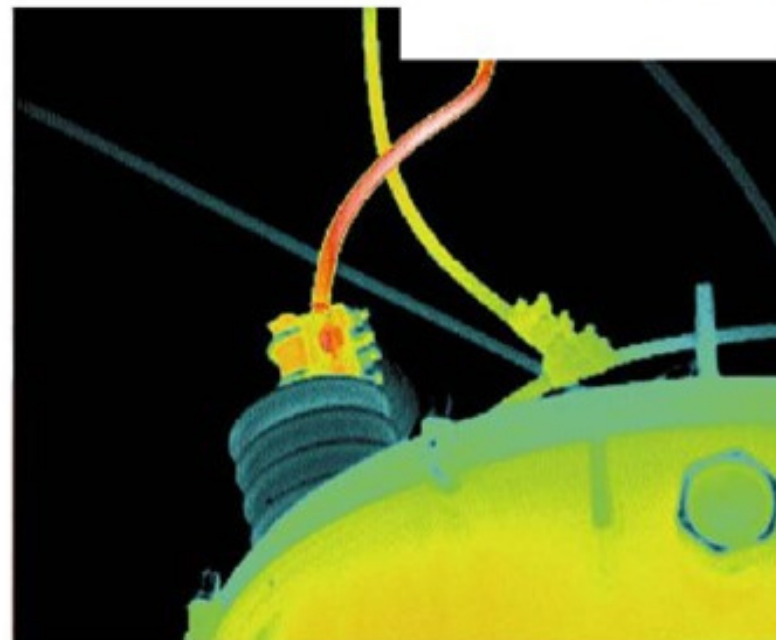
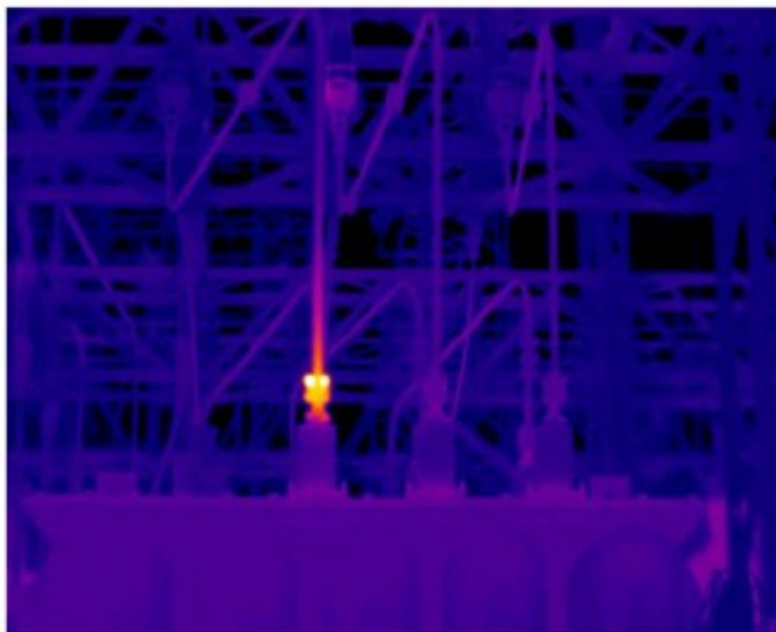
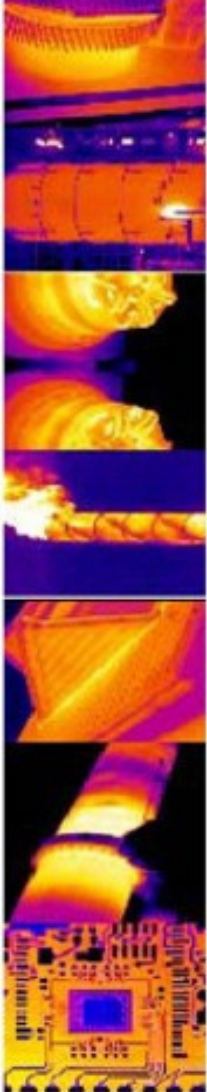
# ELEKTROS ŪKIS

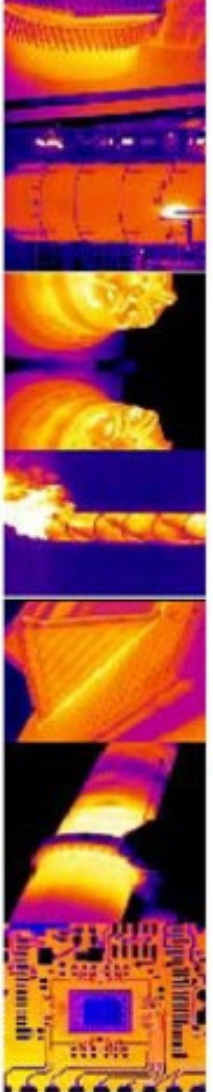
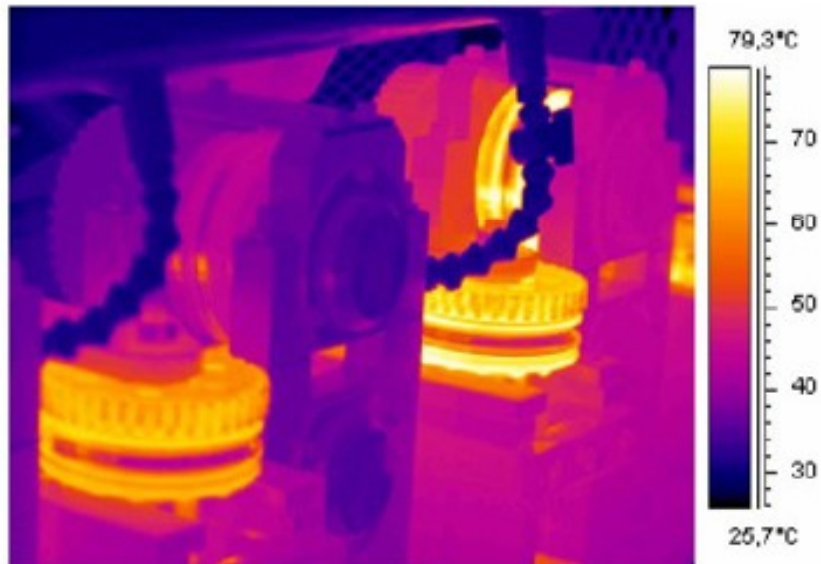
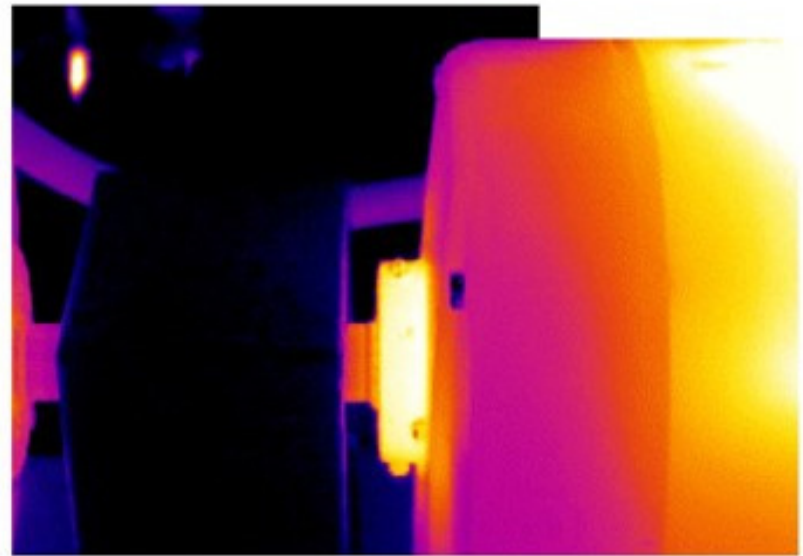
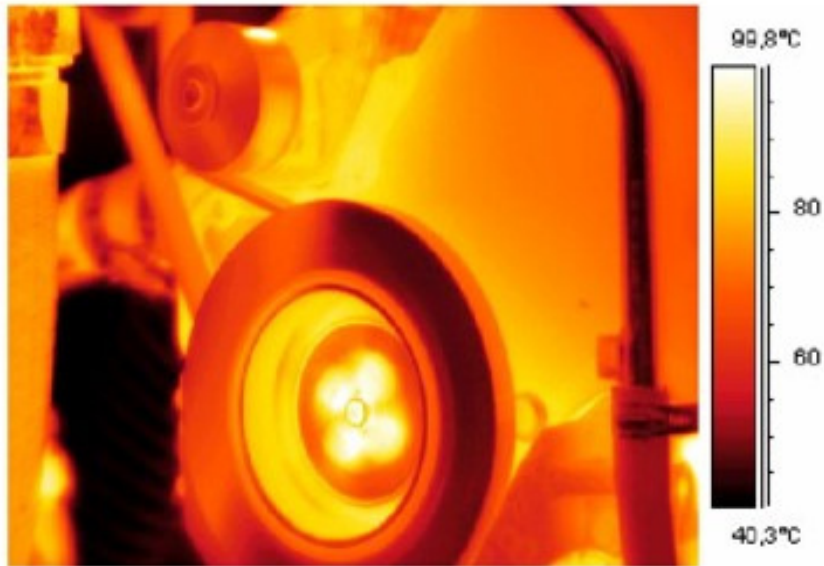
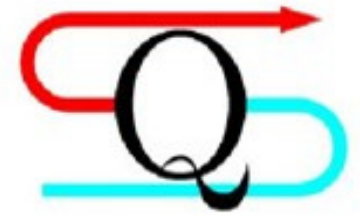


# ELEKTROS ŪKIS

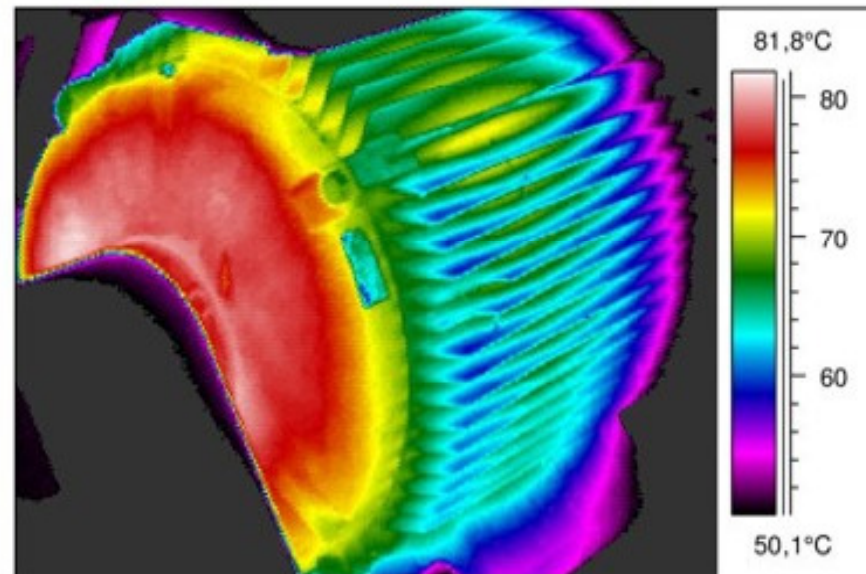
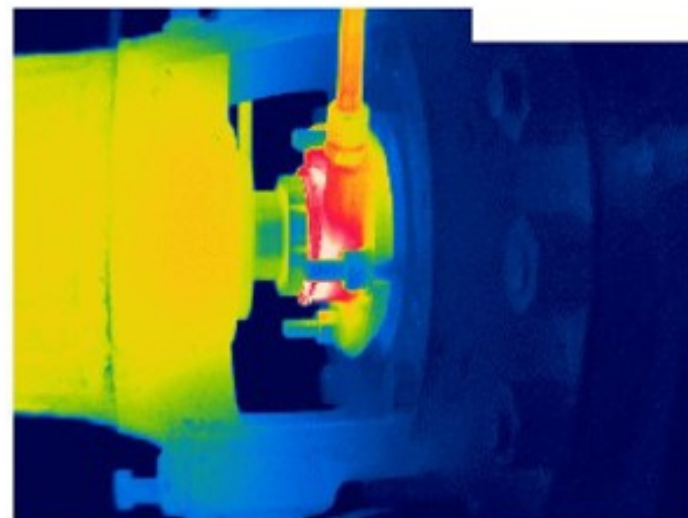


# ELEKTROS ŪKIS

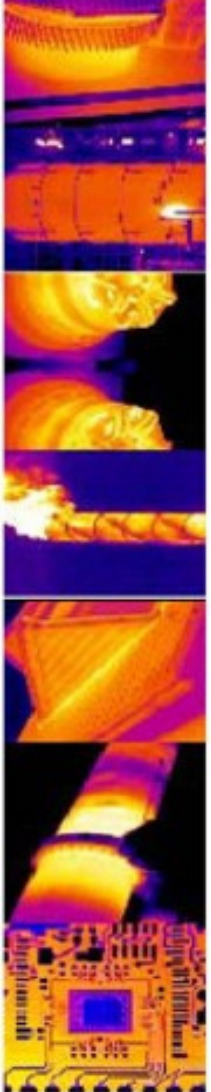
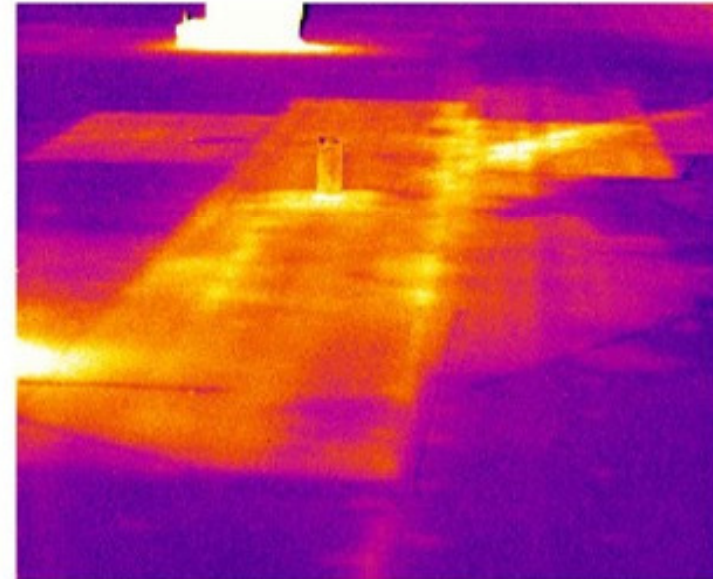
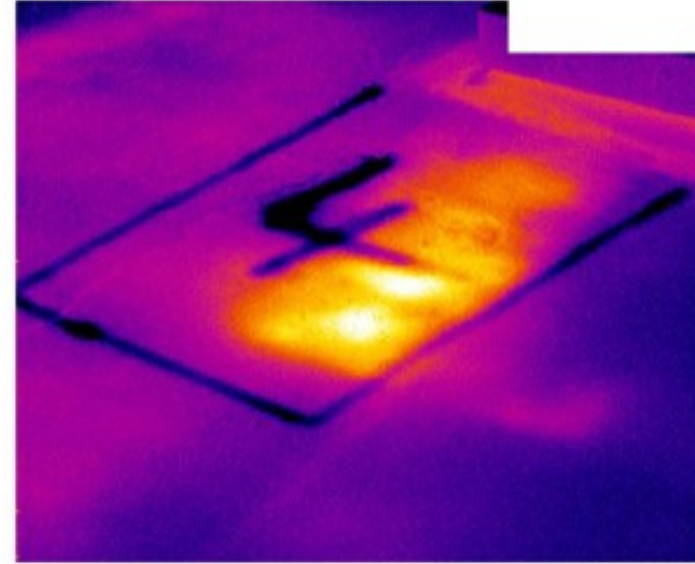
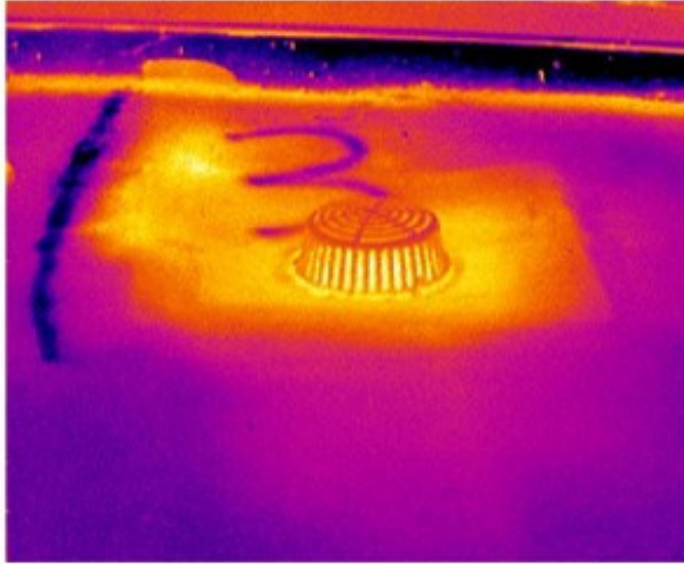




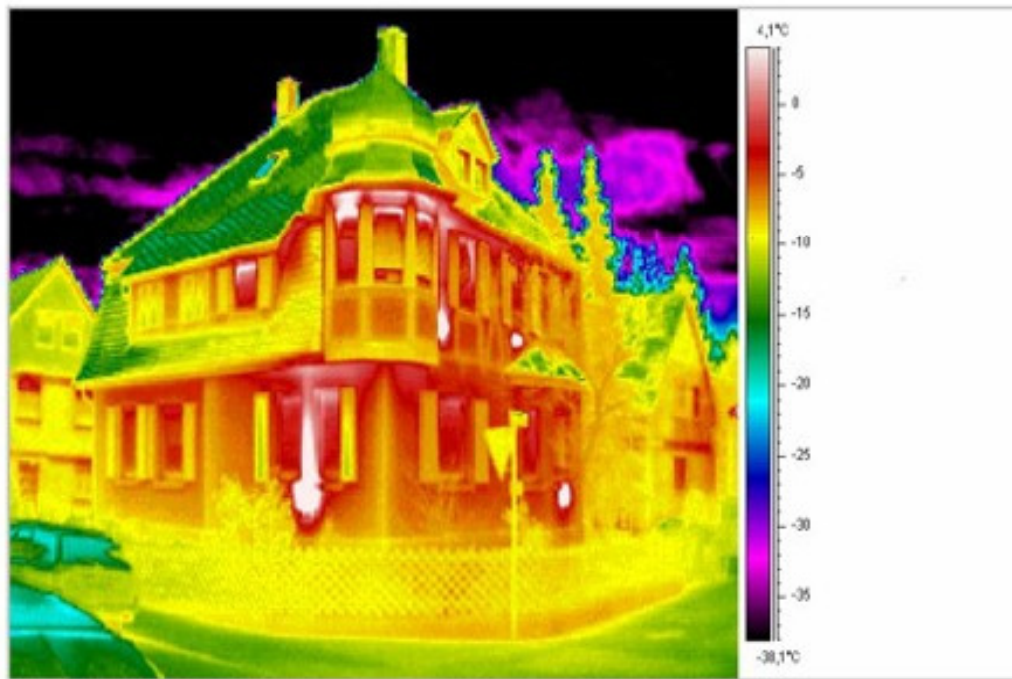
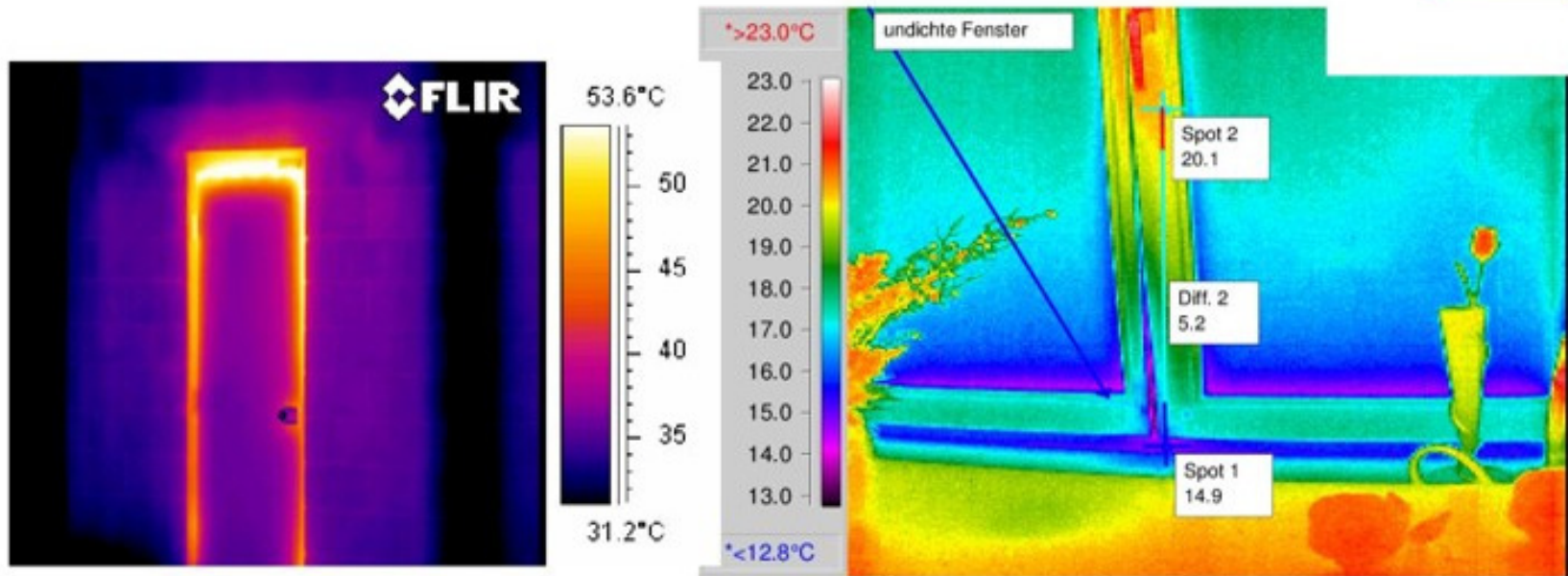
# MECHANIZMAI



# PASTATAI

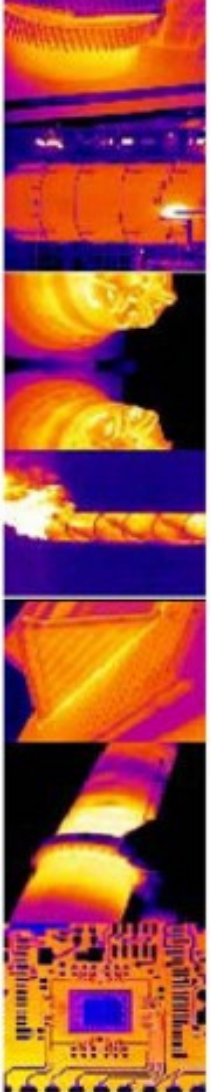
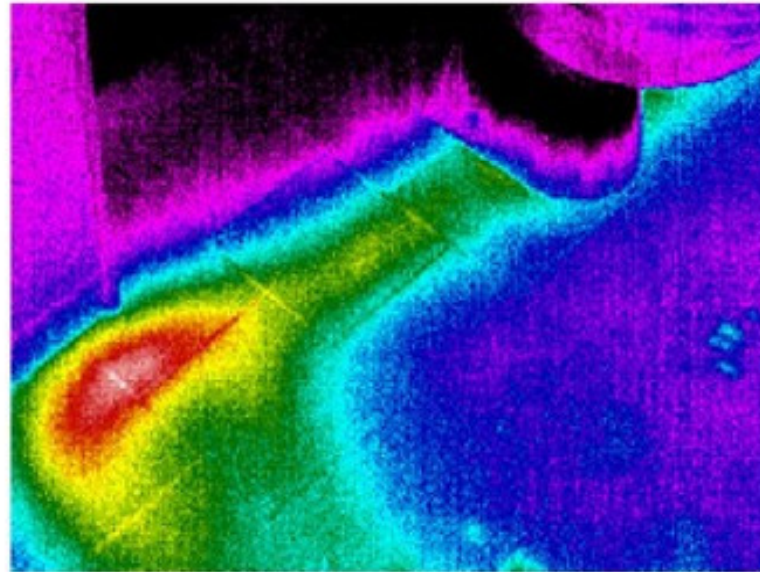
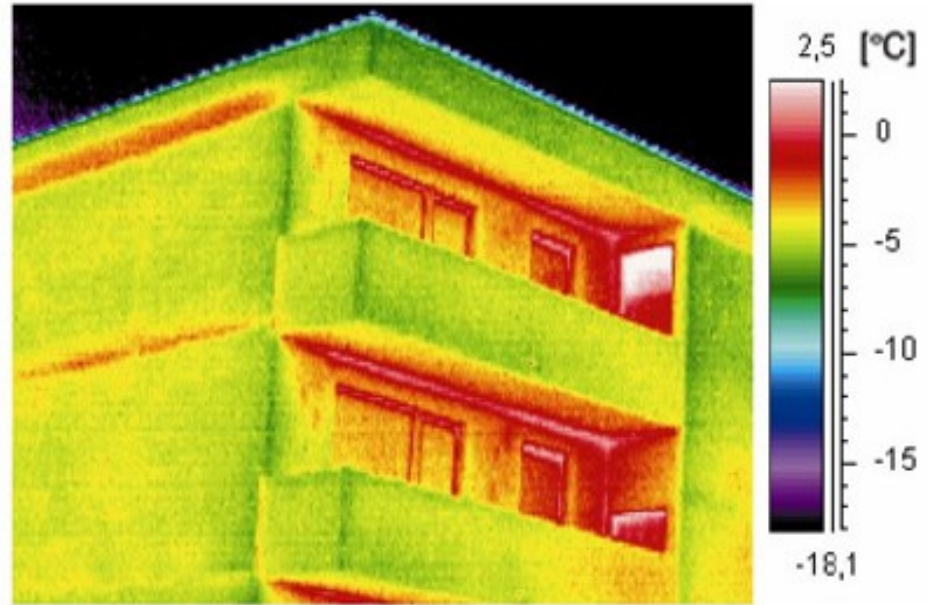
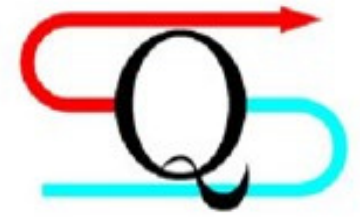


# PASTATAI

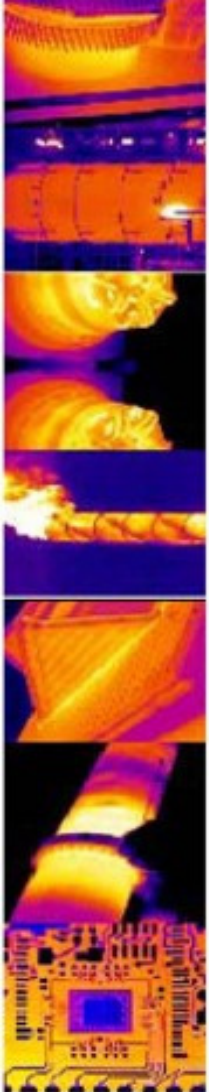
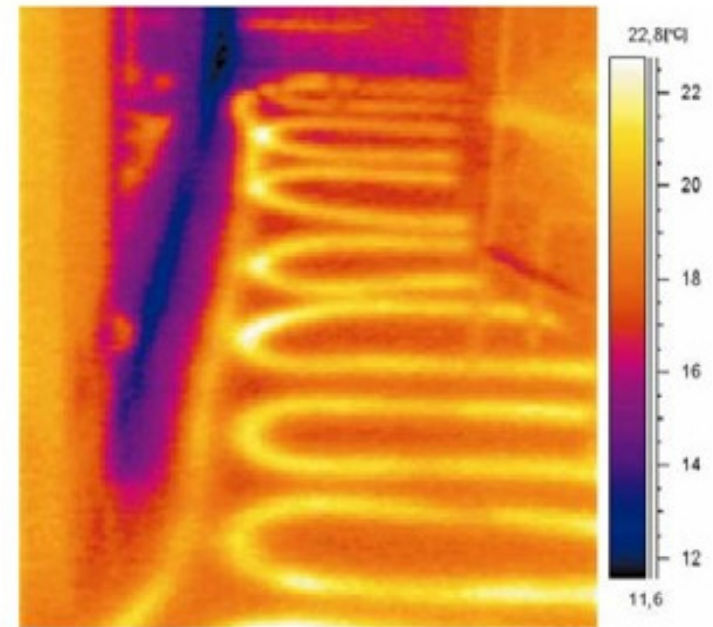
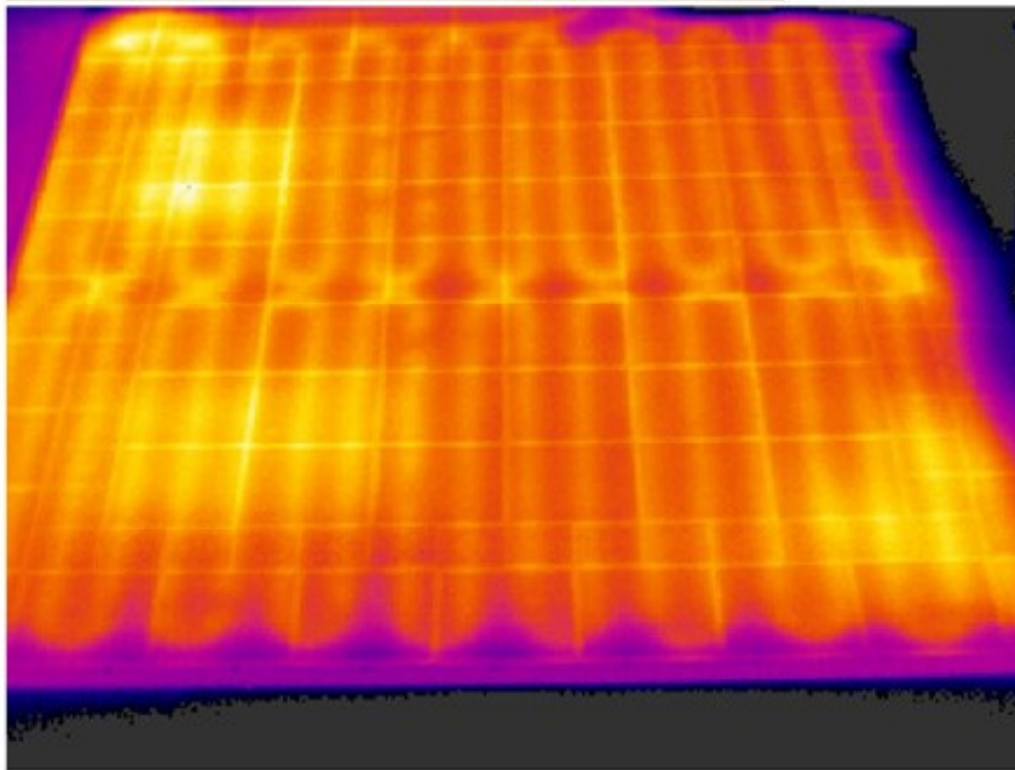




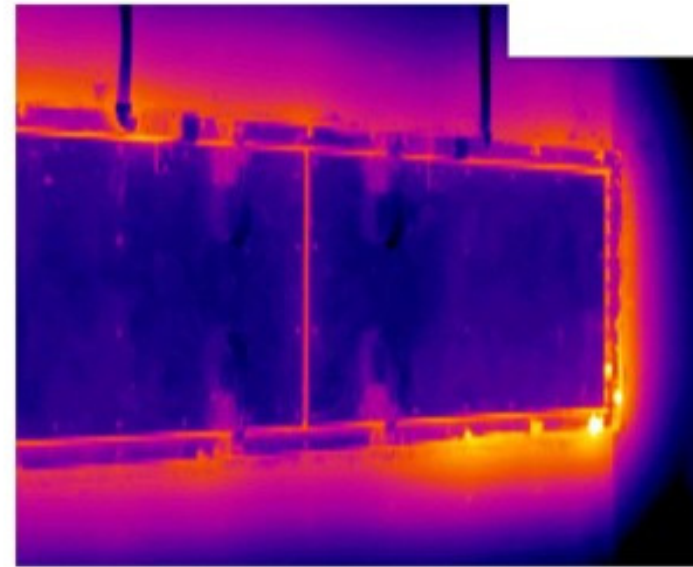
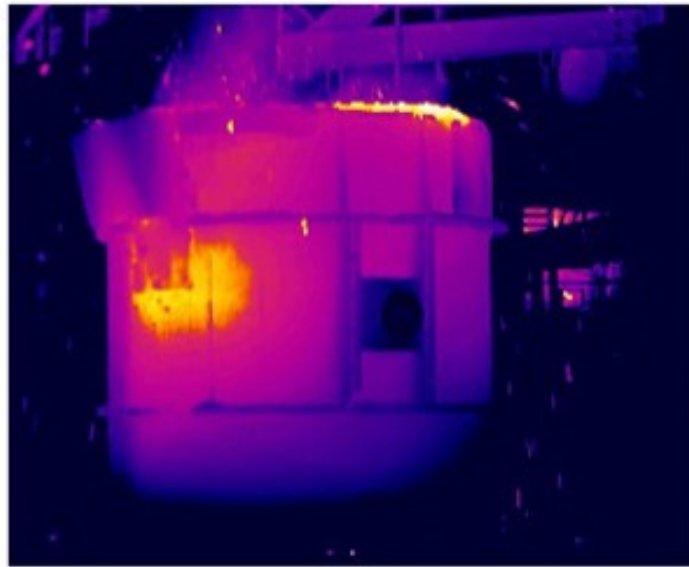
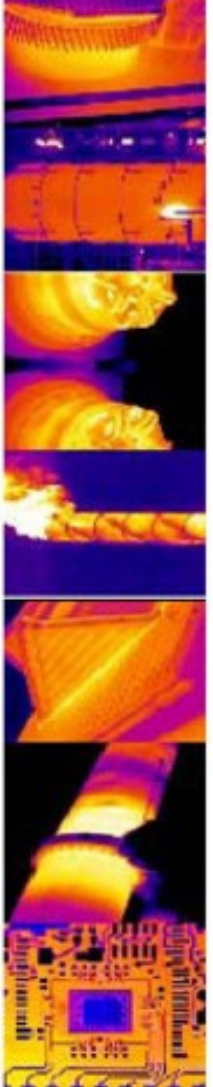
# PASTATAI



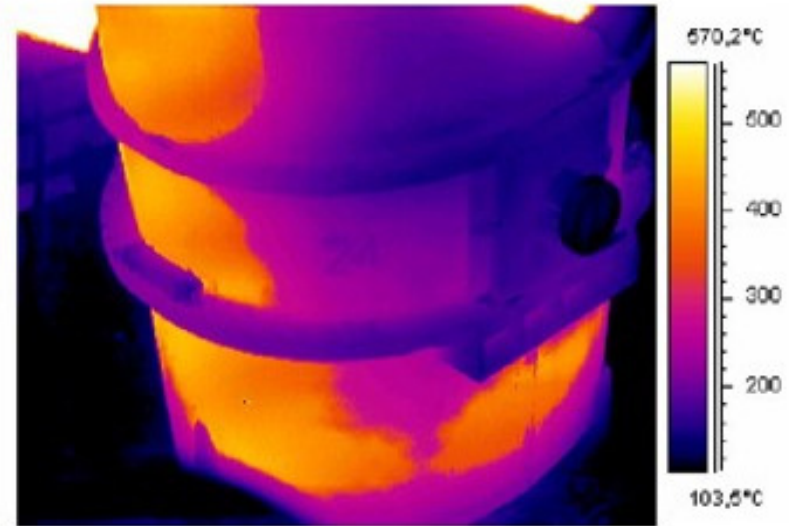
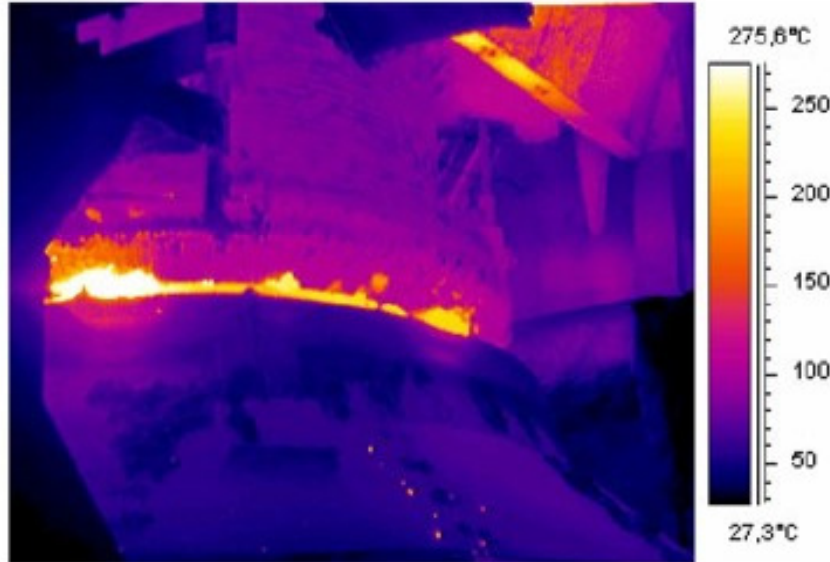
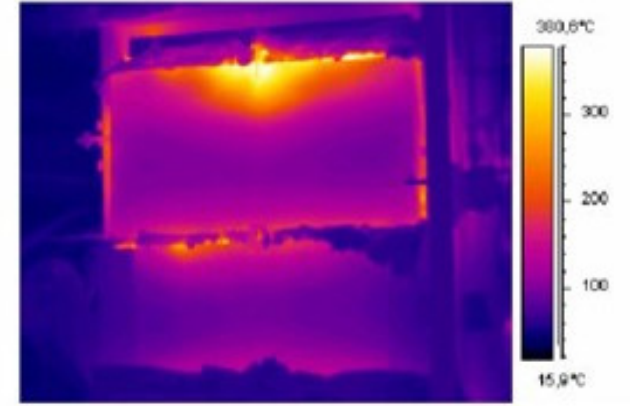
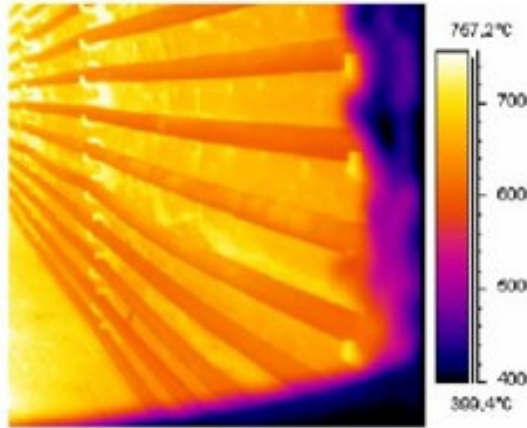
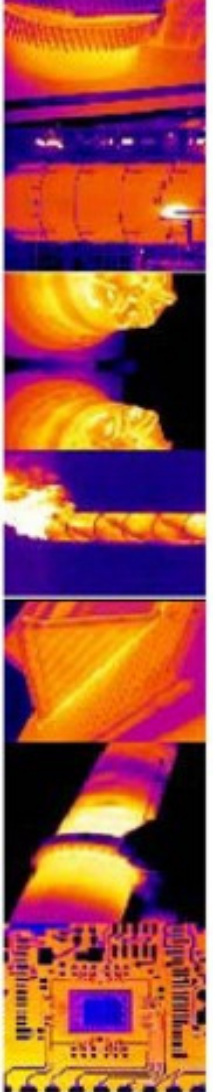
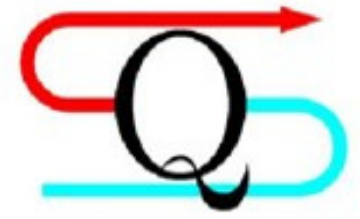
# GRINDINIS ŠILDYMAS



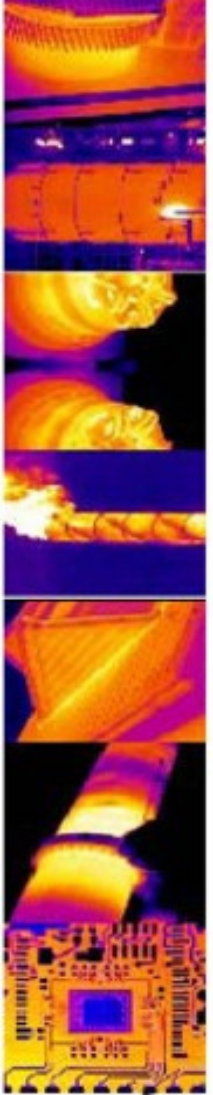
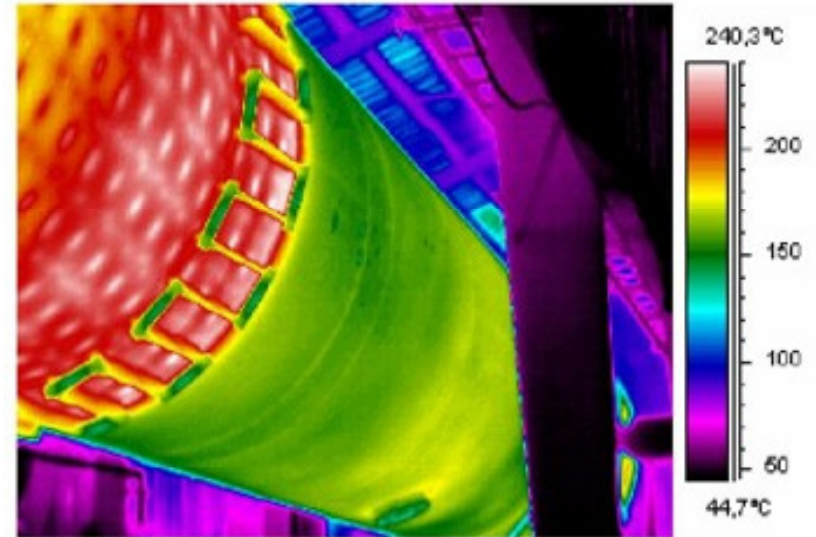
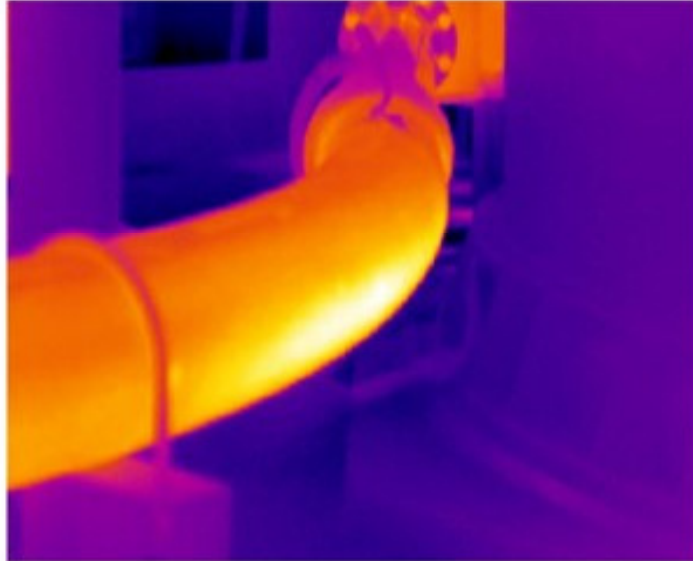
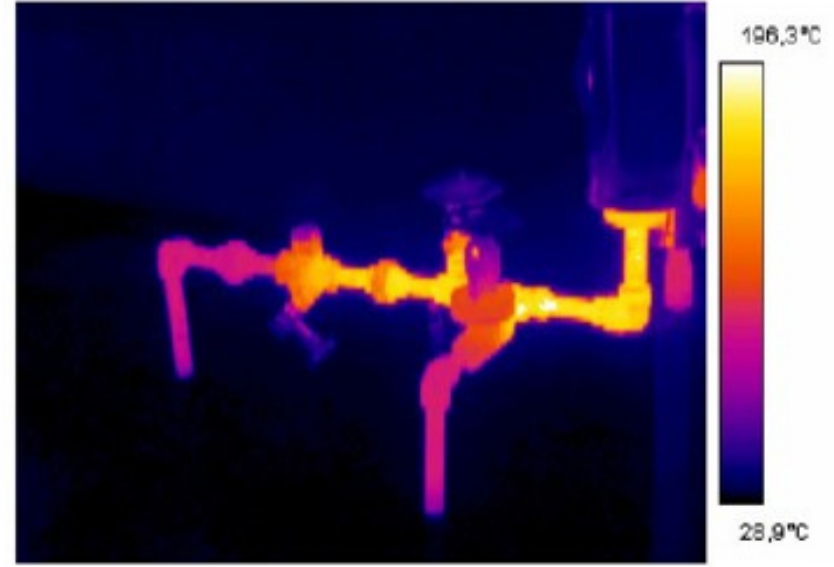
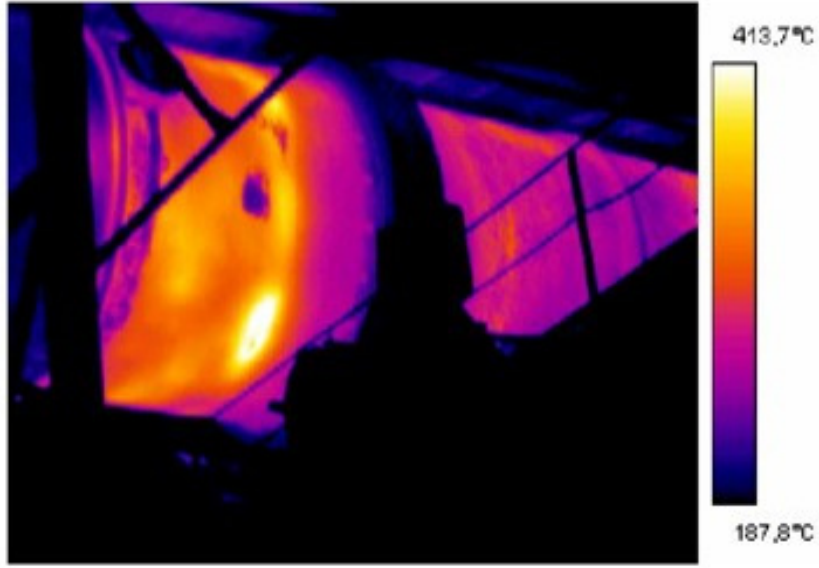
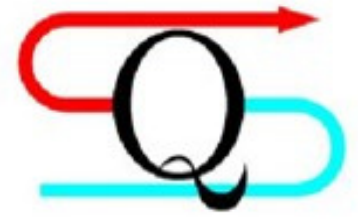
# KROSNYS



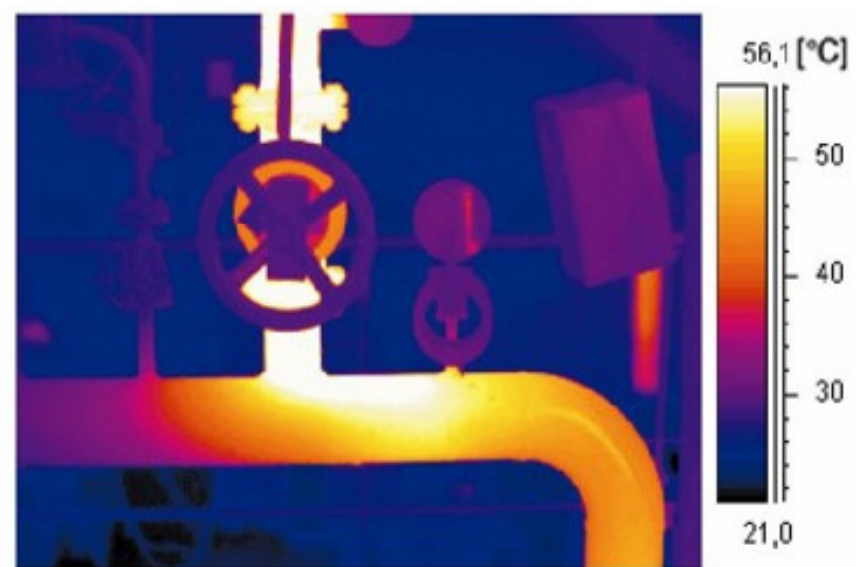
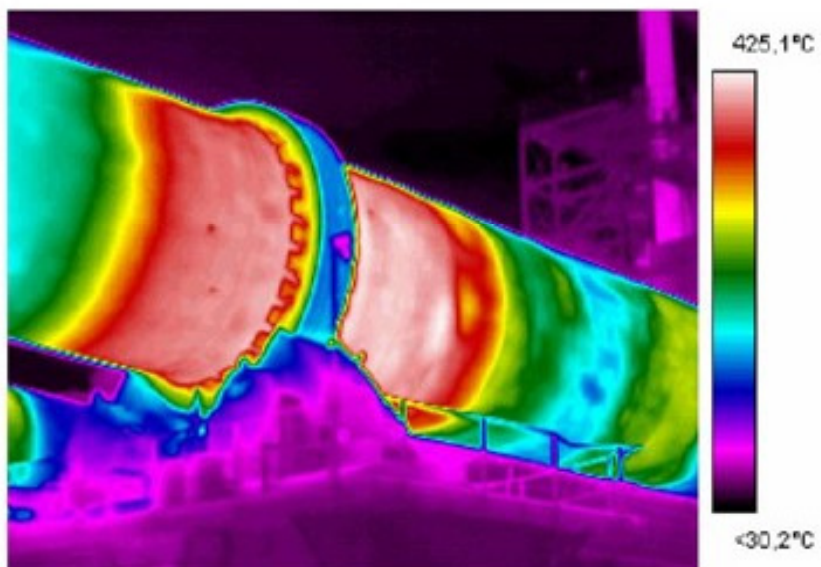
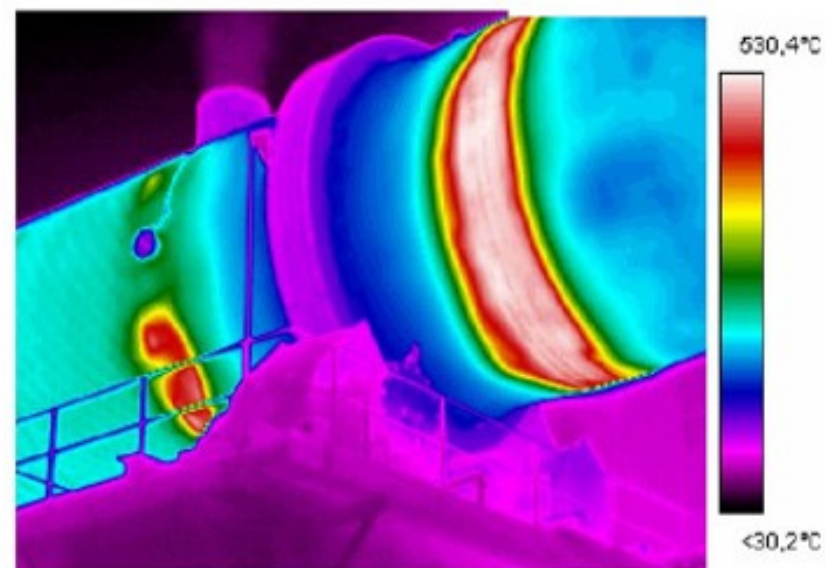
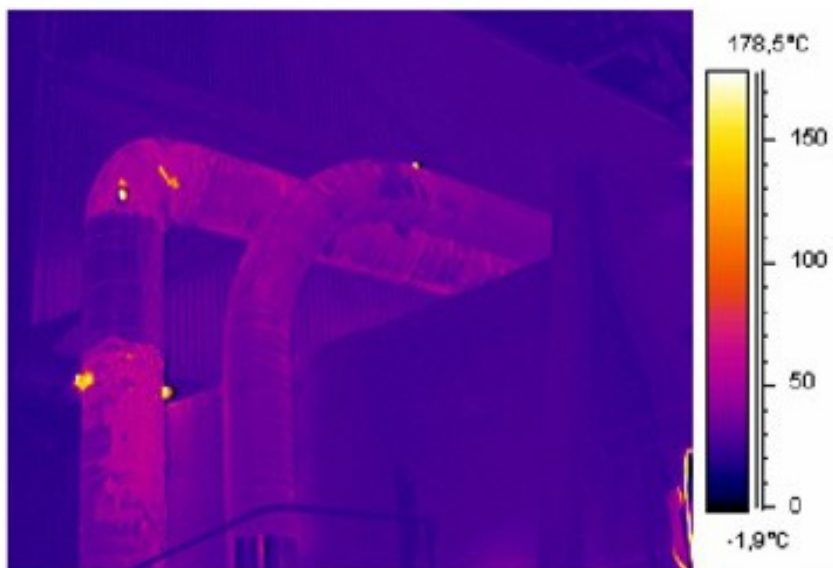
# KROSNYS



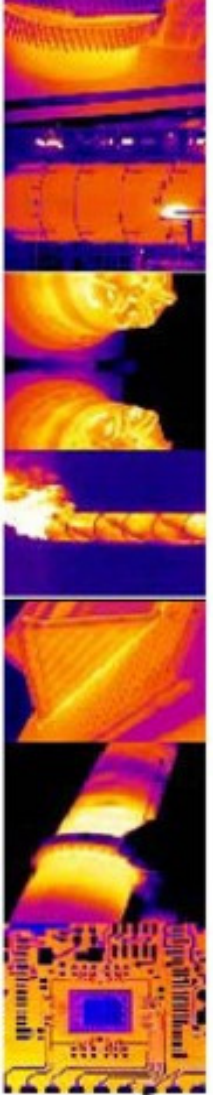
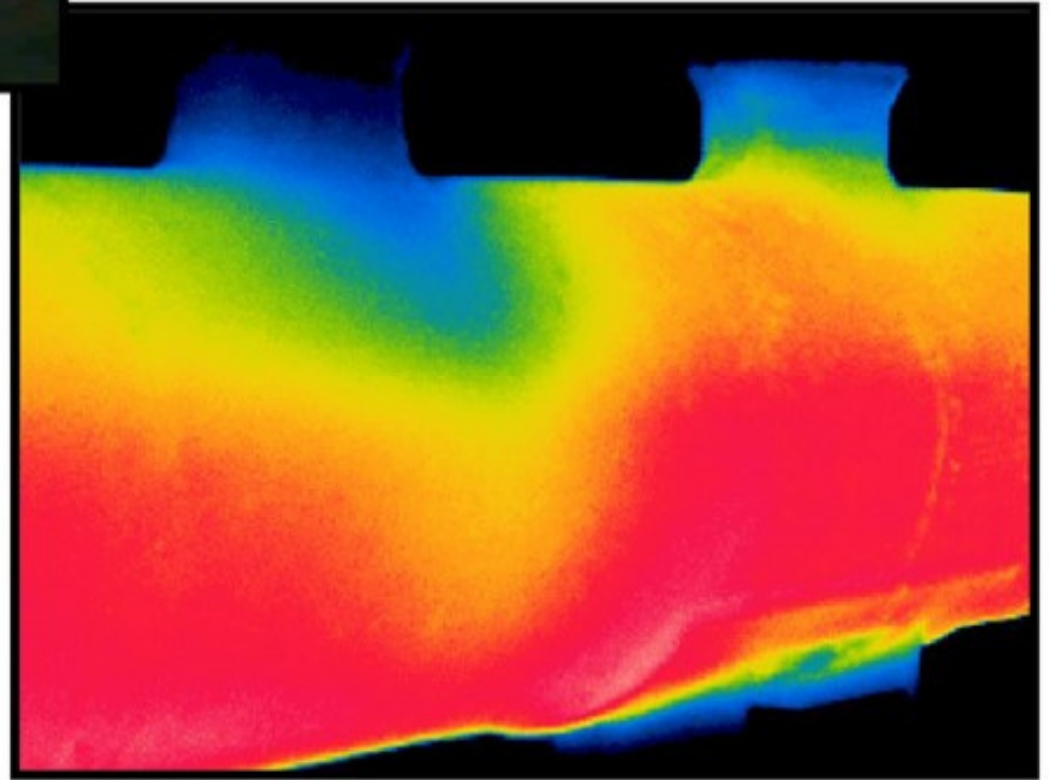
# VAMZDYNAI



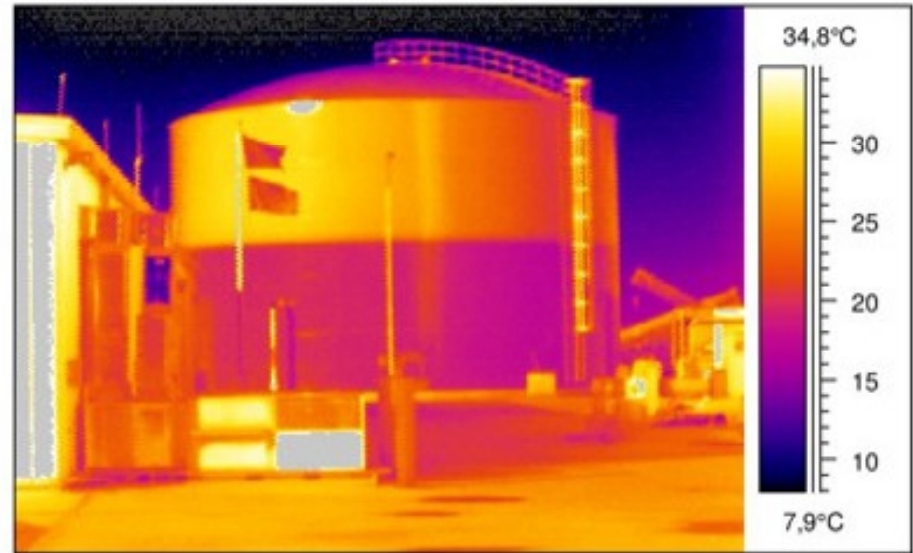
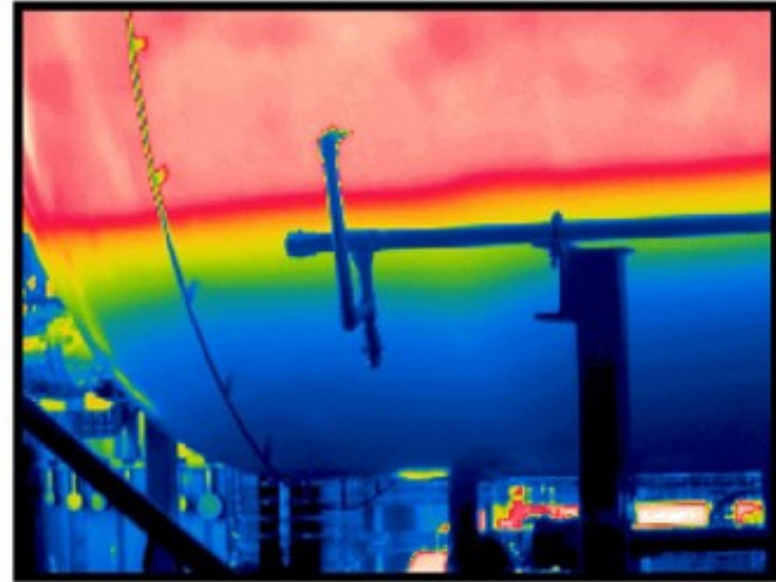
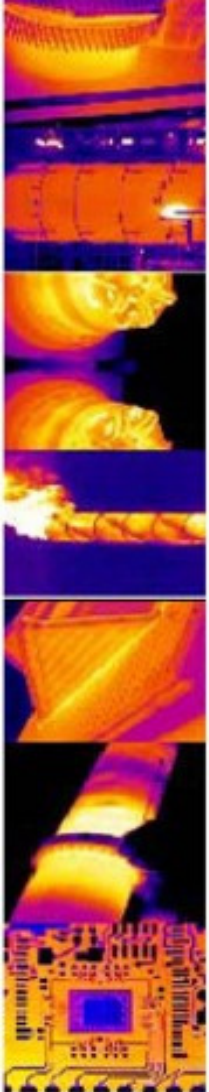
# VAMZDYNAI



# VAMZDYNAI

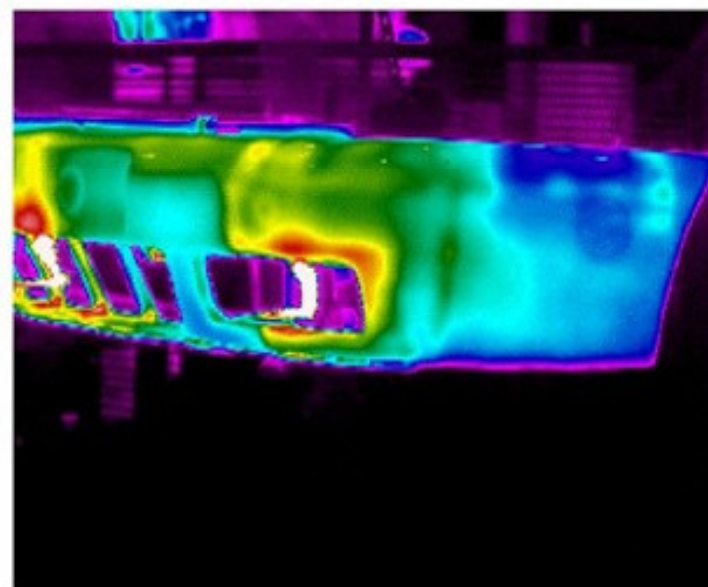
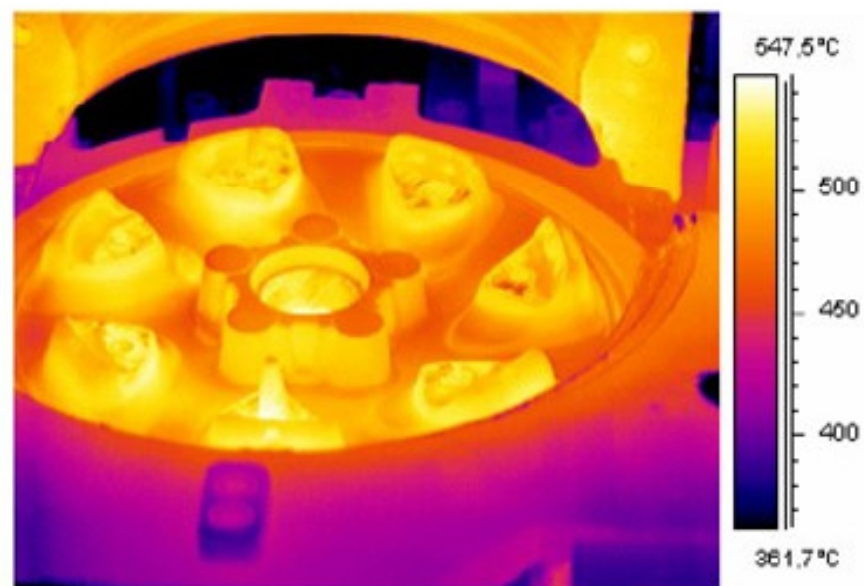
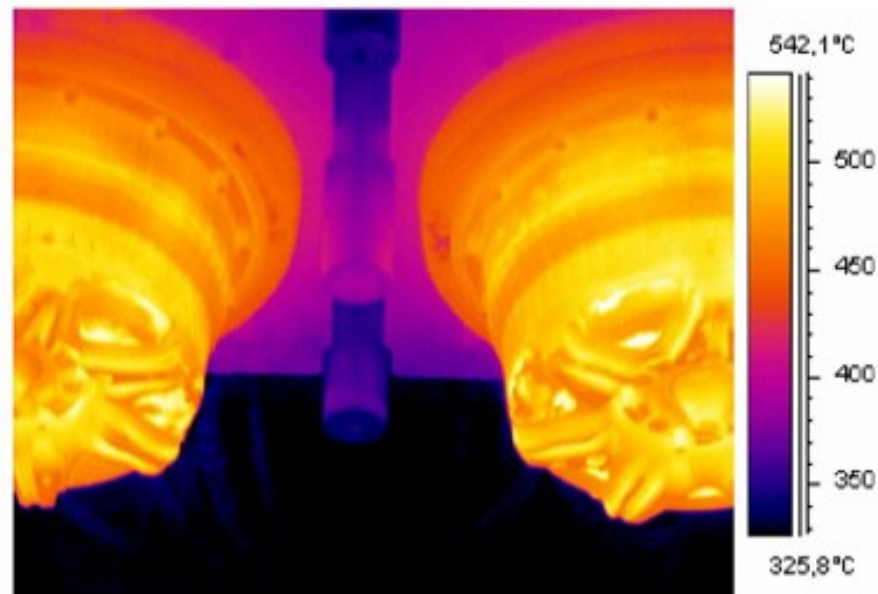
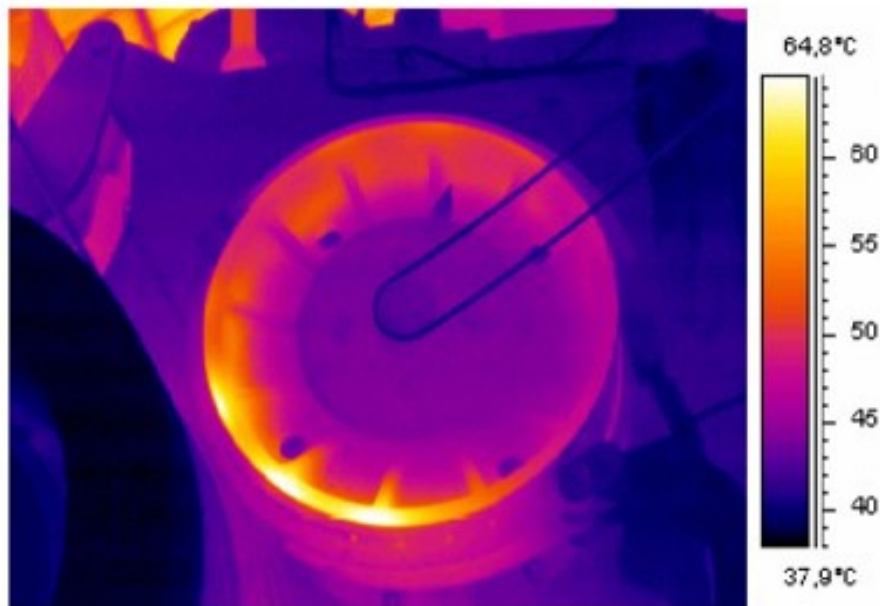
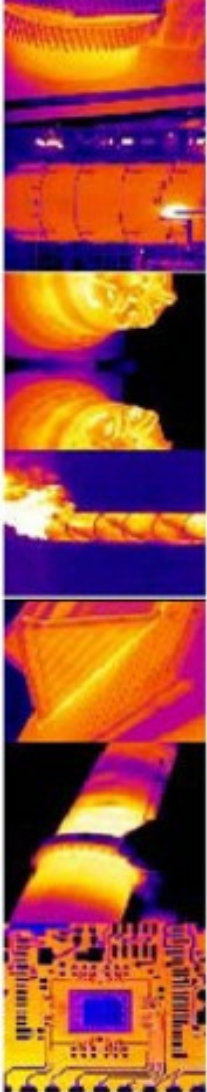


# SKYSCĪO LYGIO NUSTATYMAS

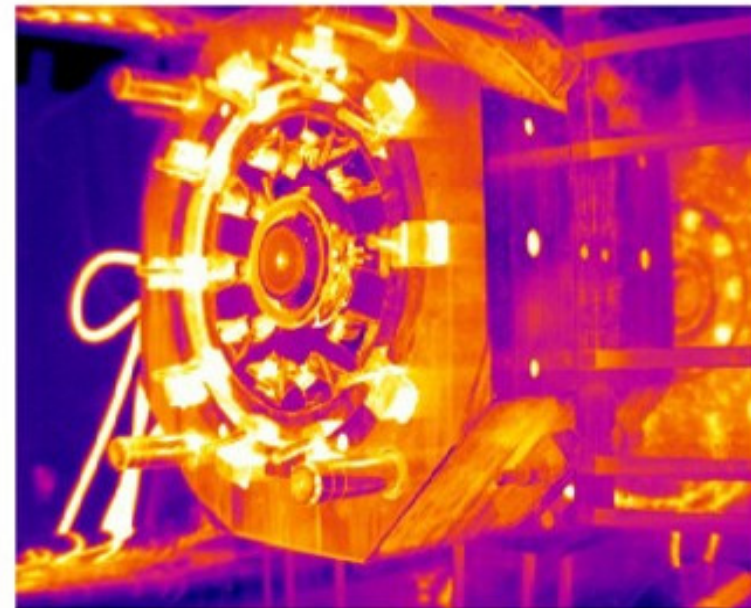
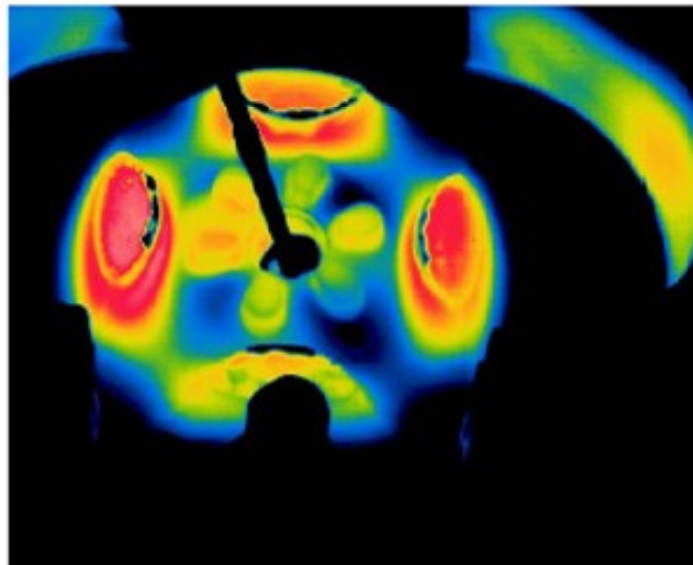
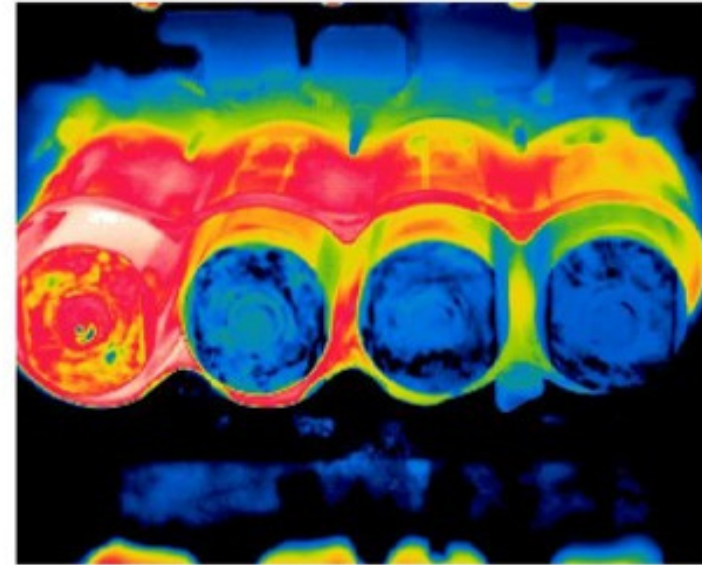
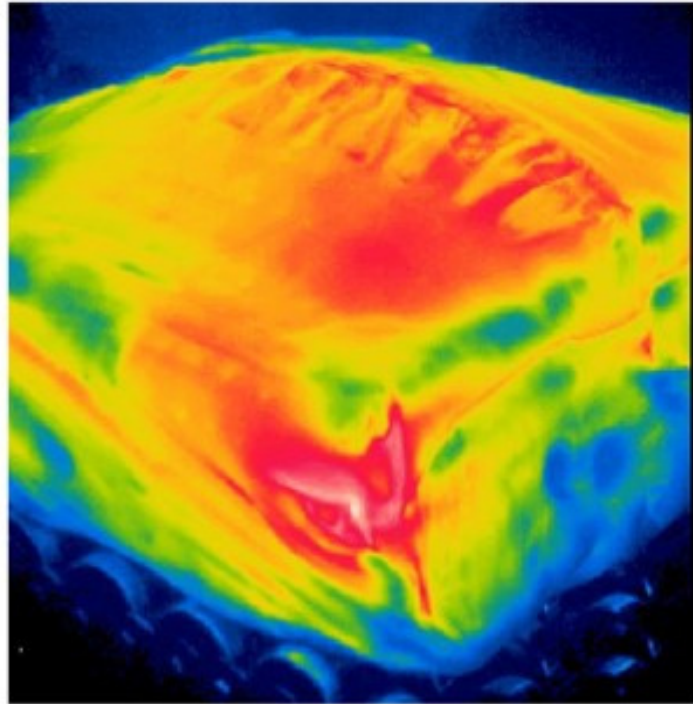
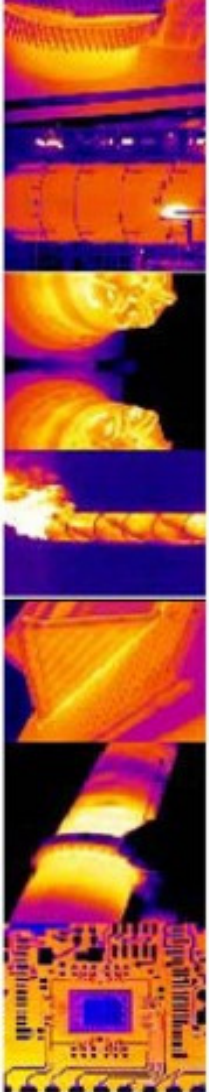




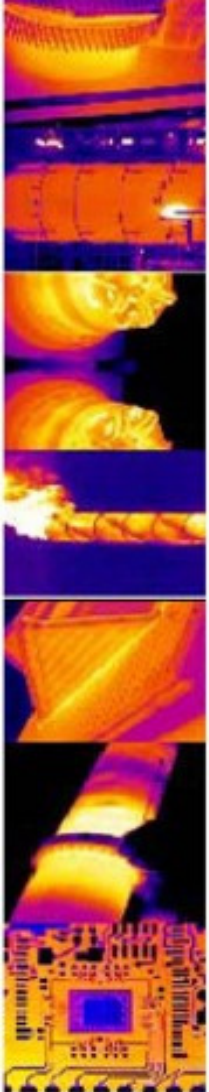
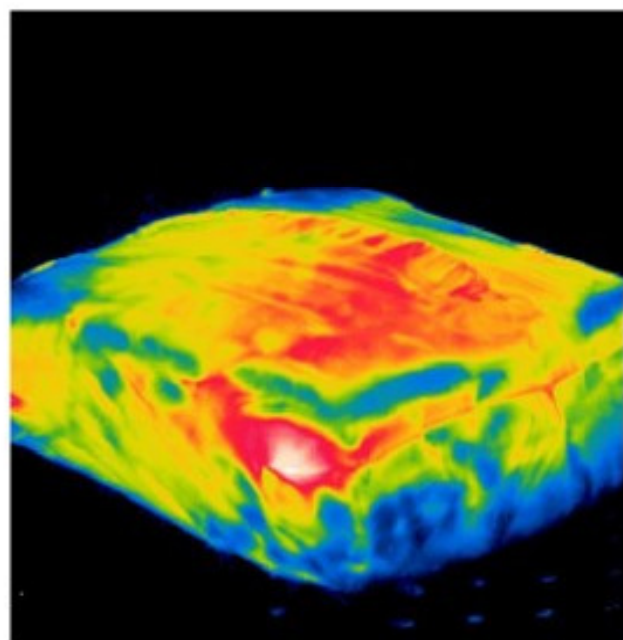
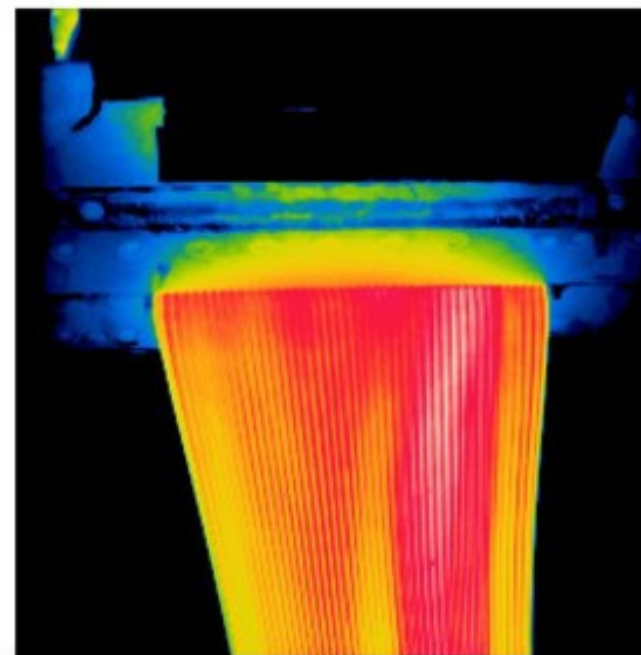
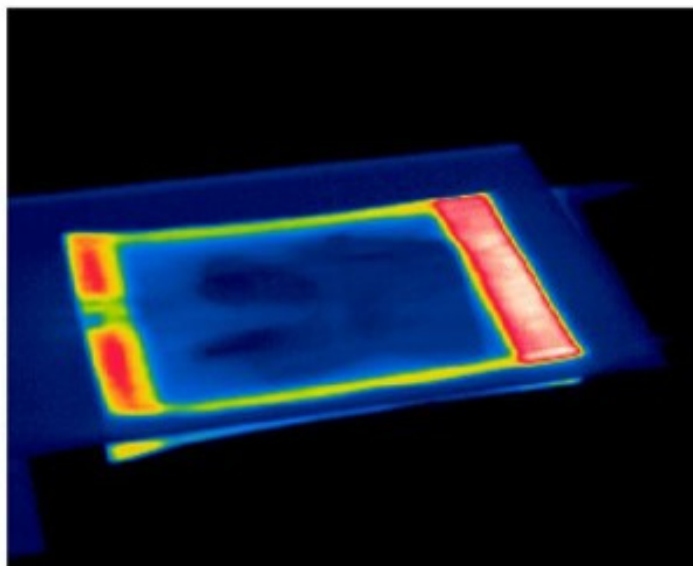
# LIEJIMO PRAMONĖ



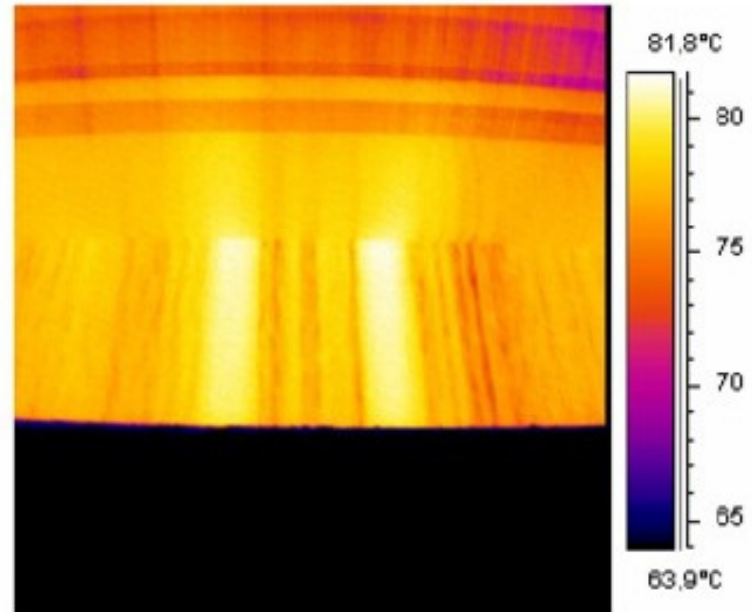
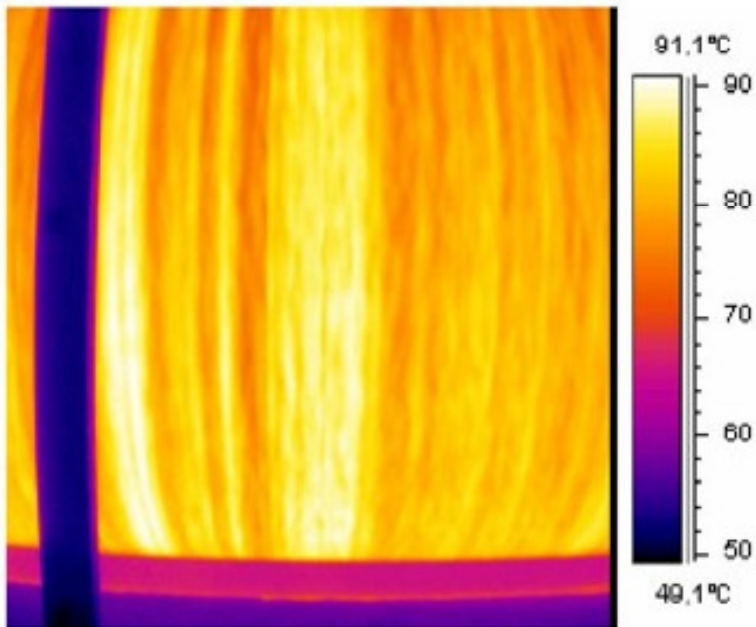
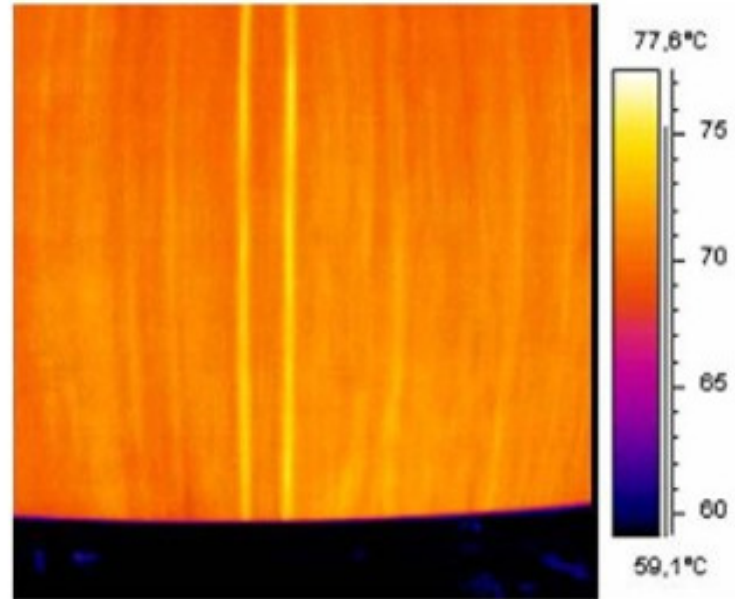
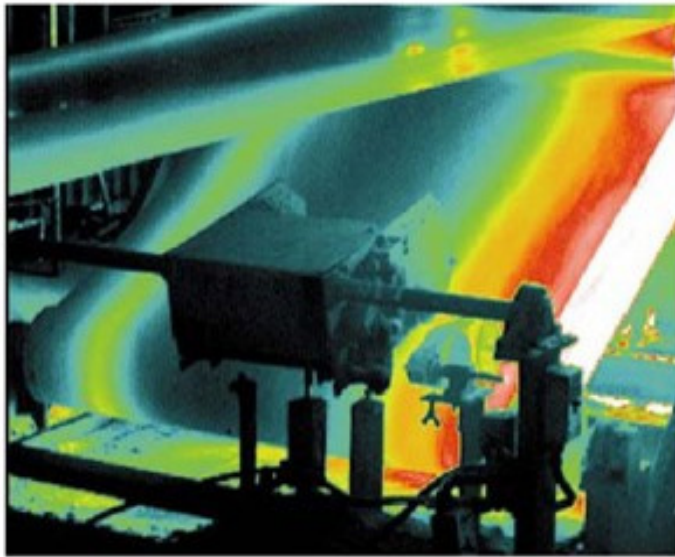
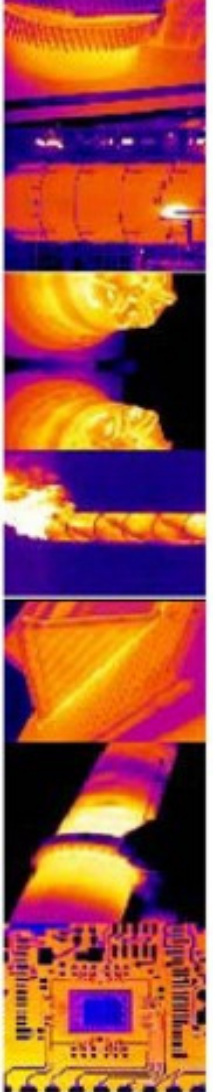
# LIEJIMO PRAMONĖ



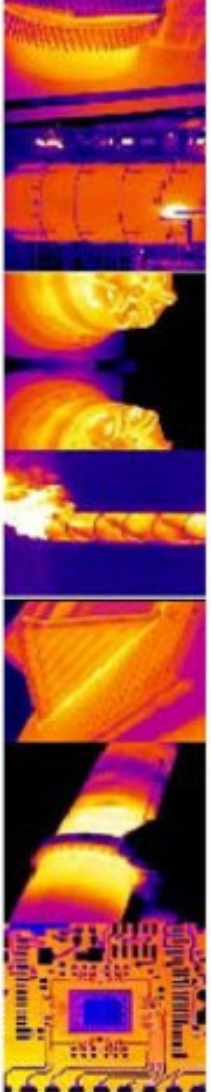
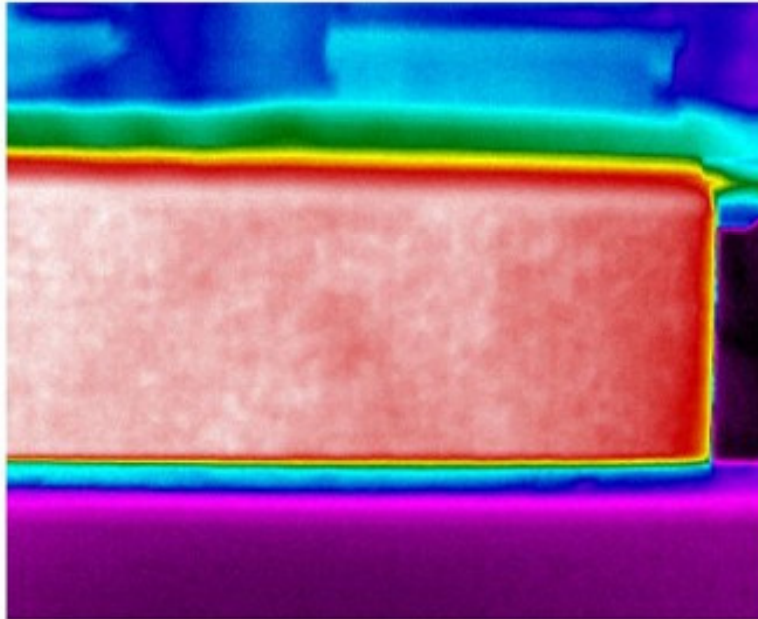
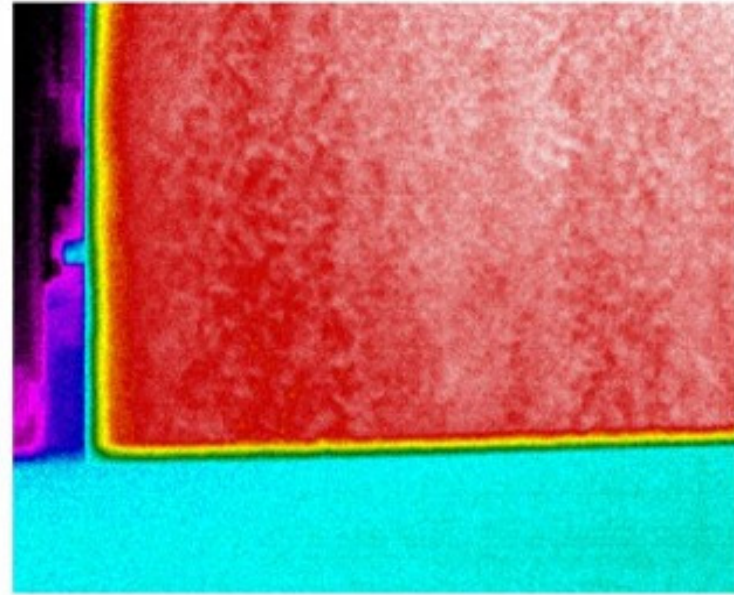
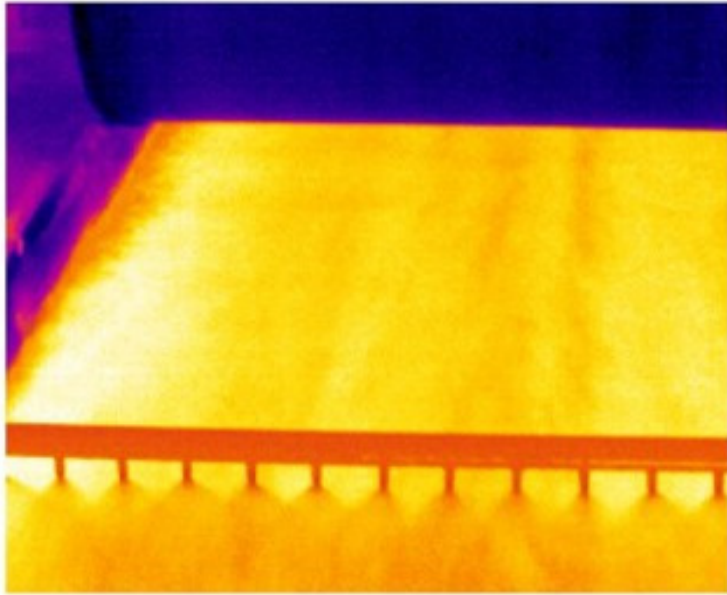
# PLASTMASÉ



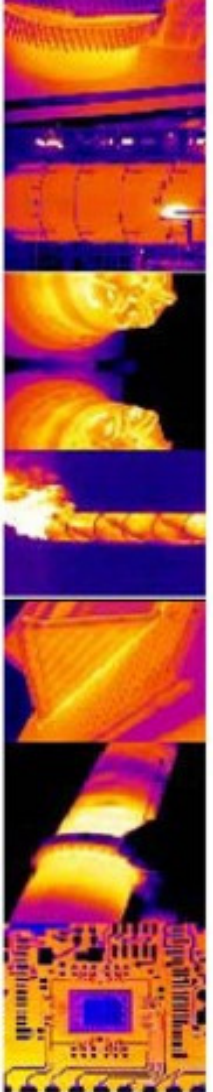
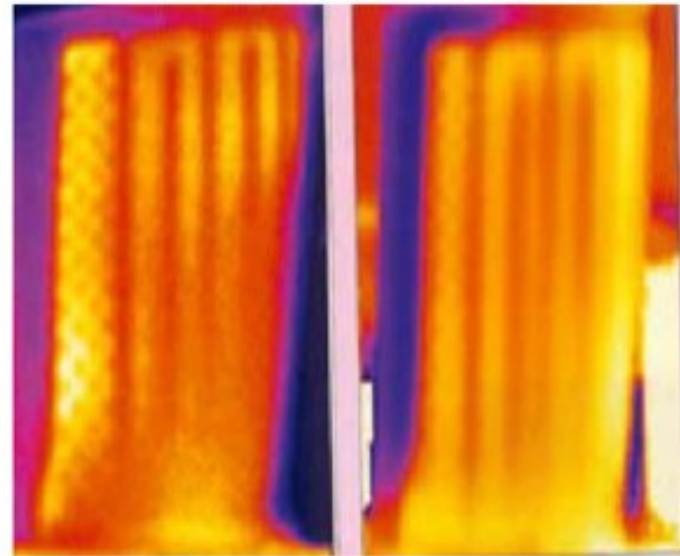
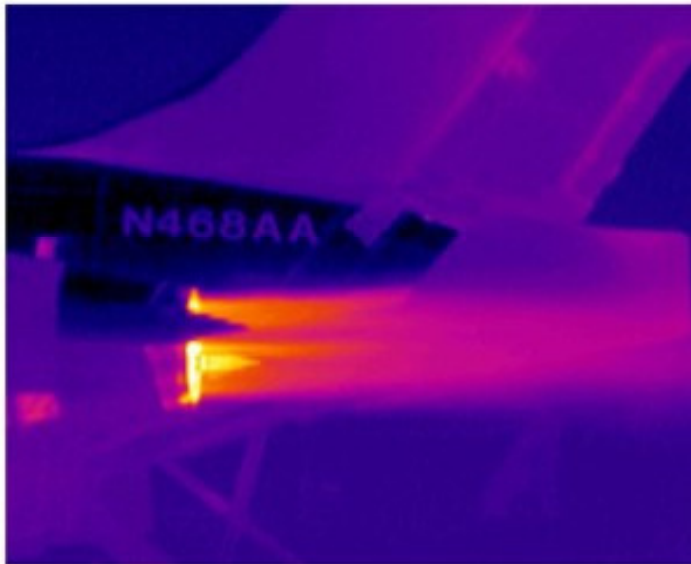
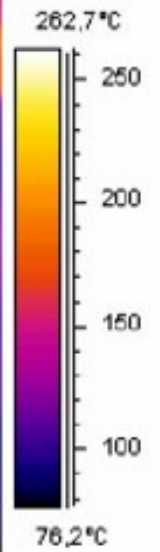
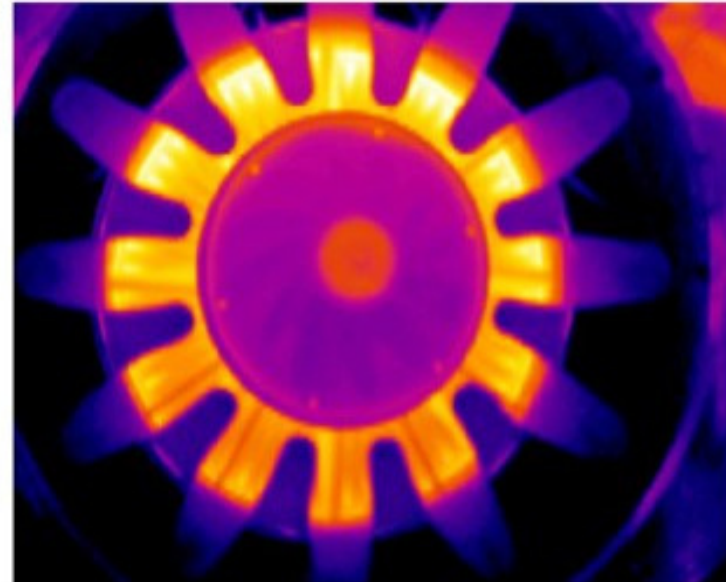
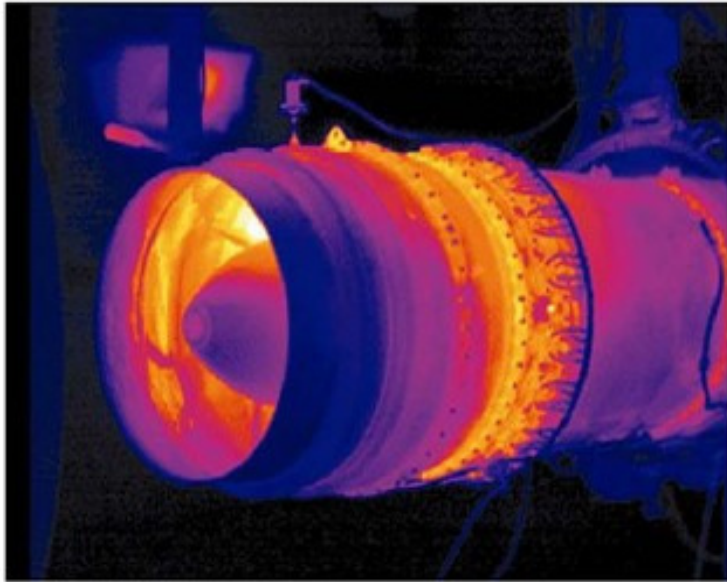
# POPIERIUS



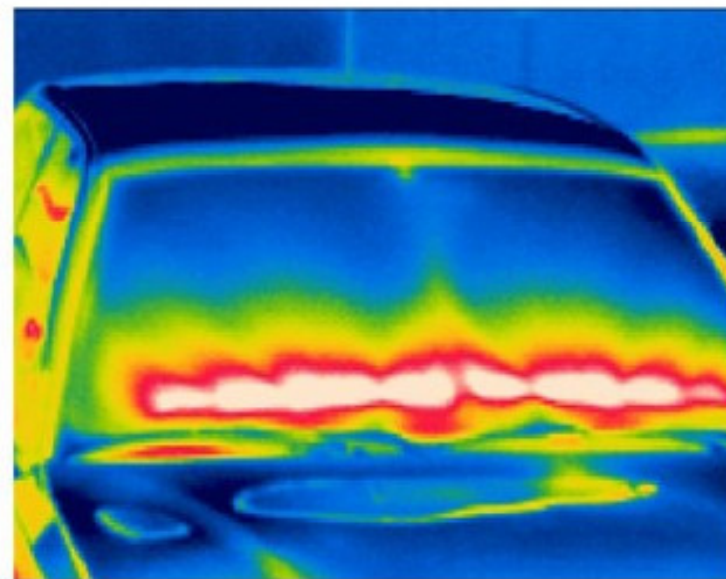
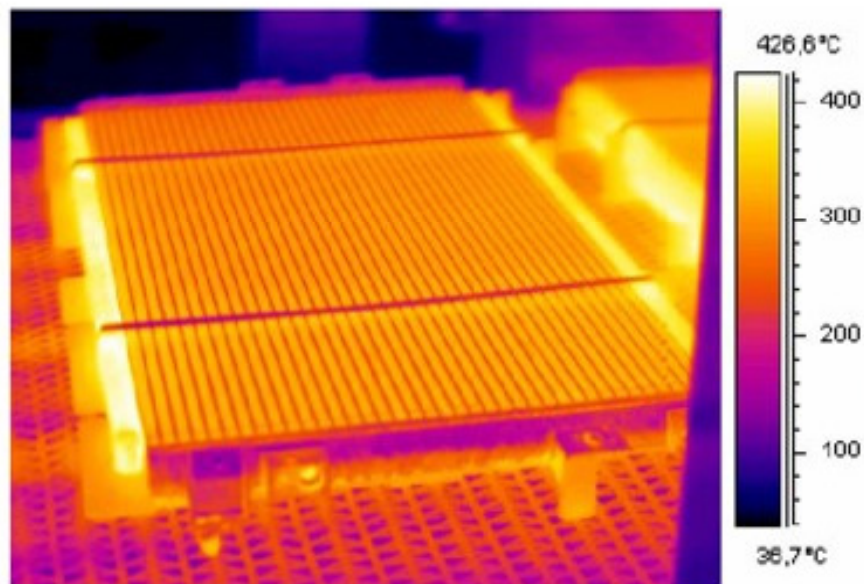
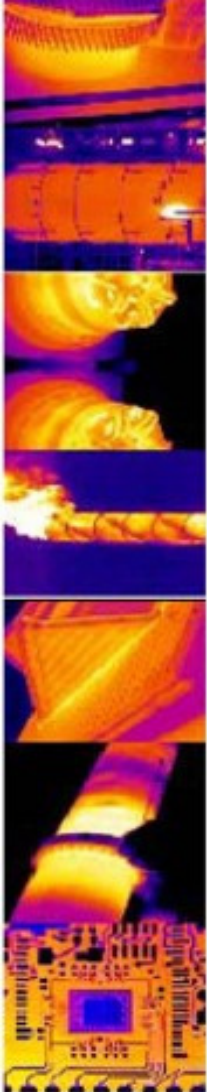
# *POPIERIUS*



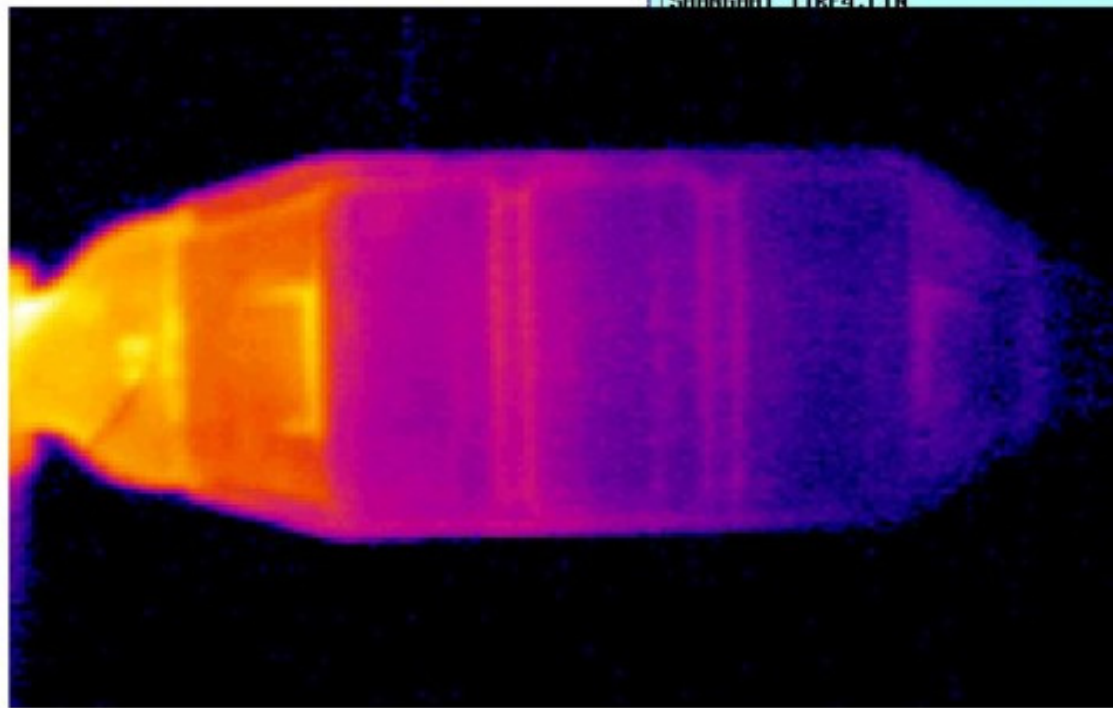
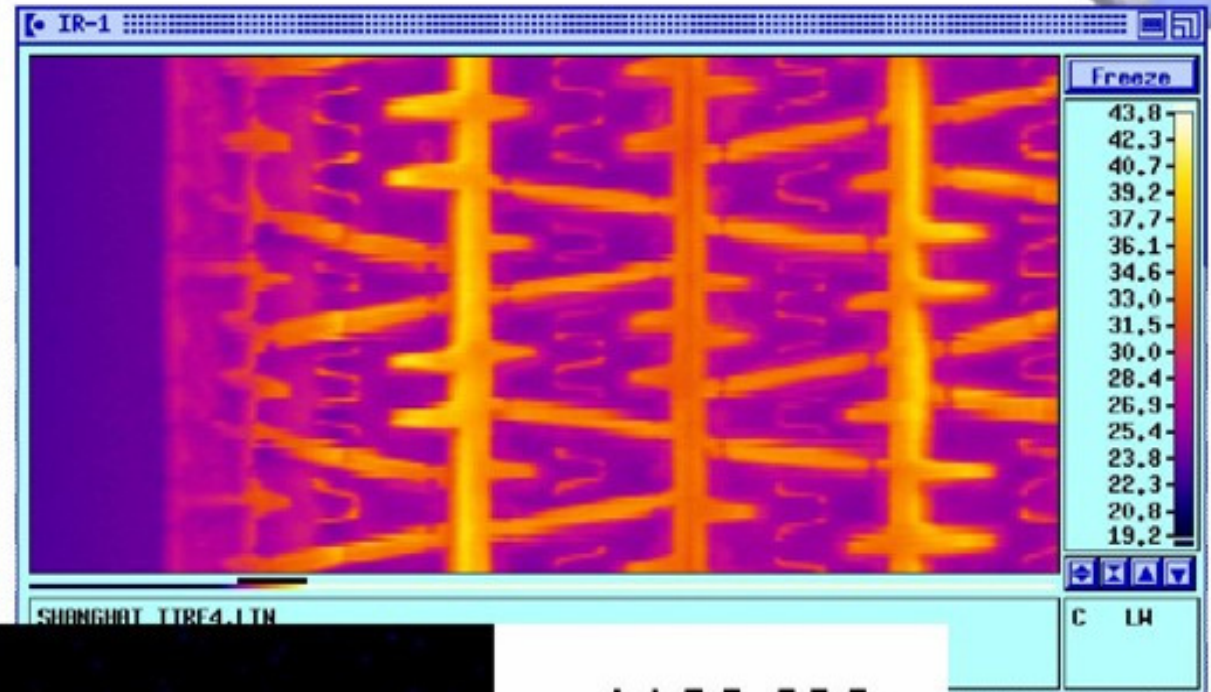
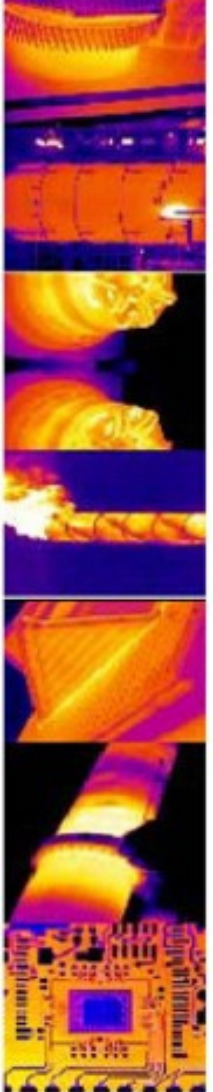
# AVIACIJA



# AUTOMATIZACIJA

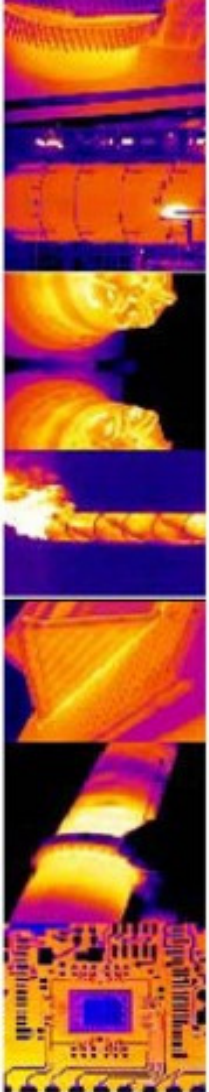
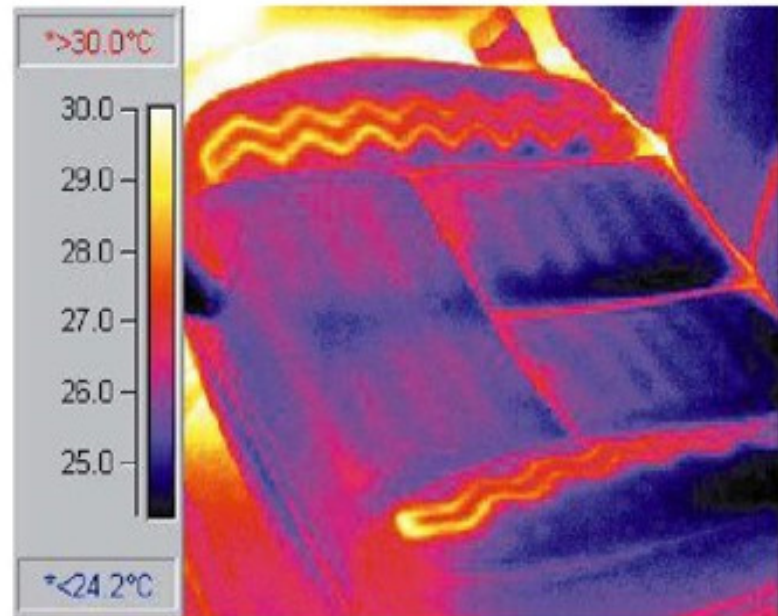
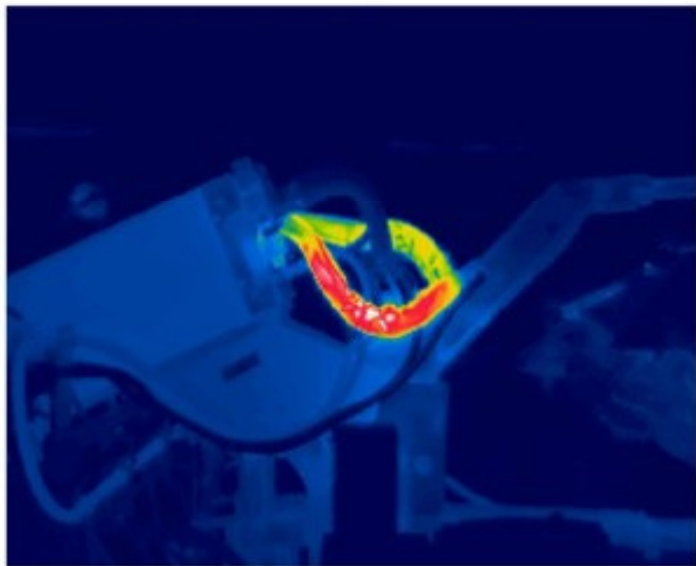
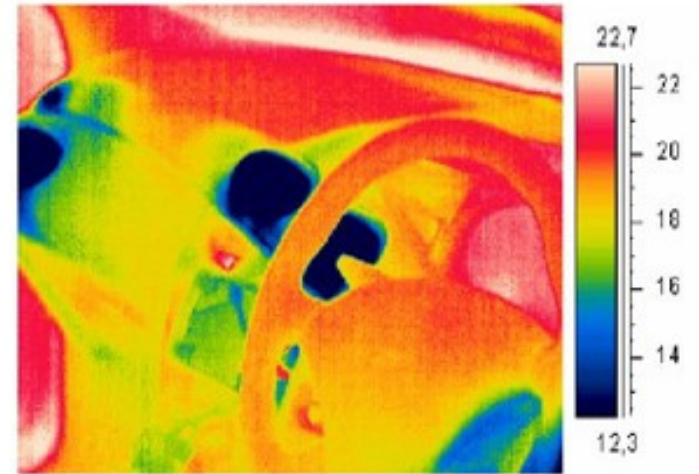
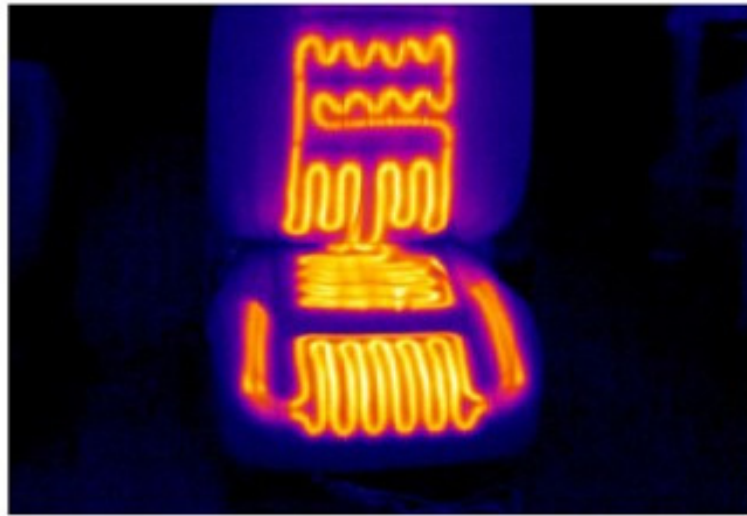


# AUTOMATIZACIJA

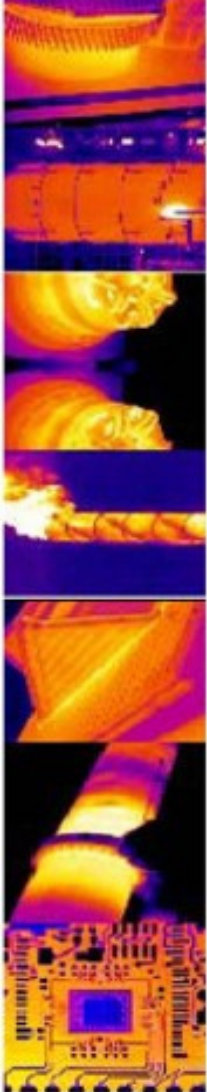
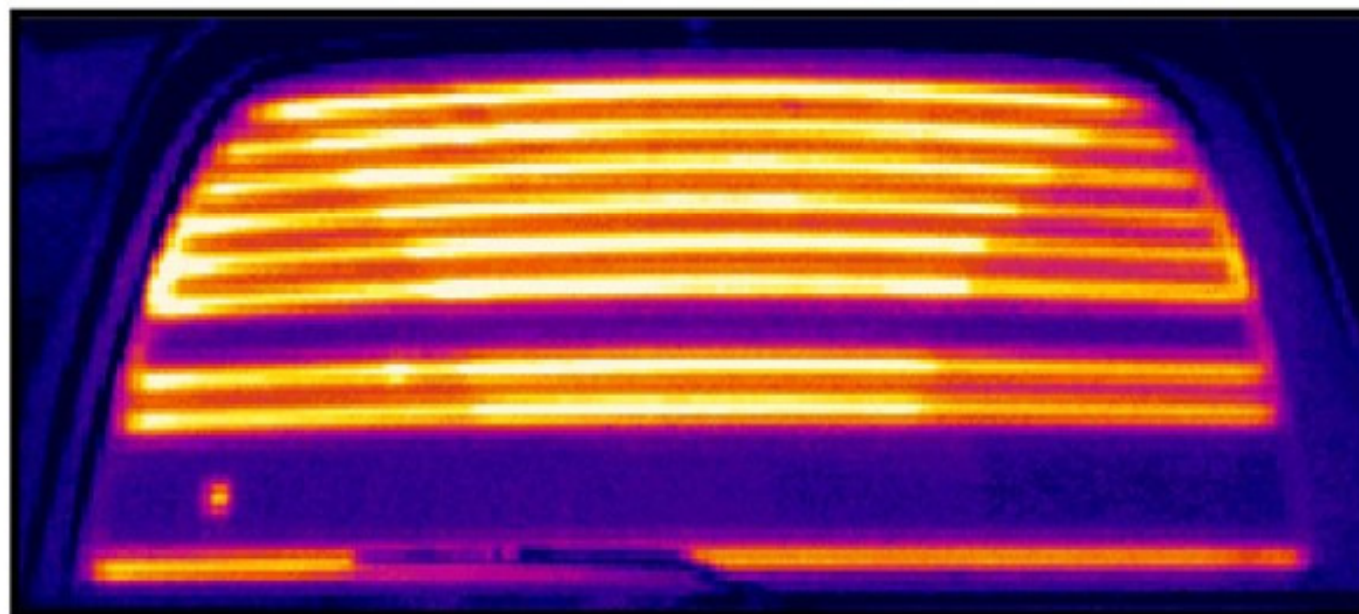
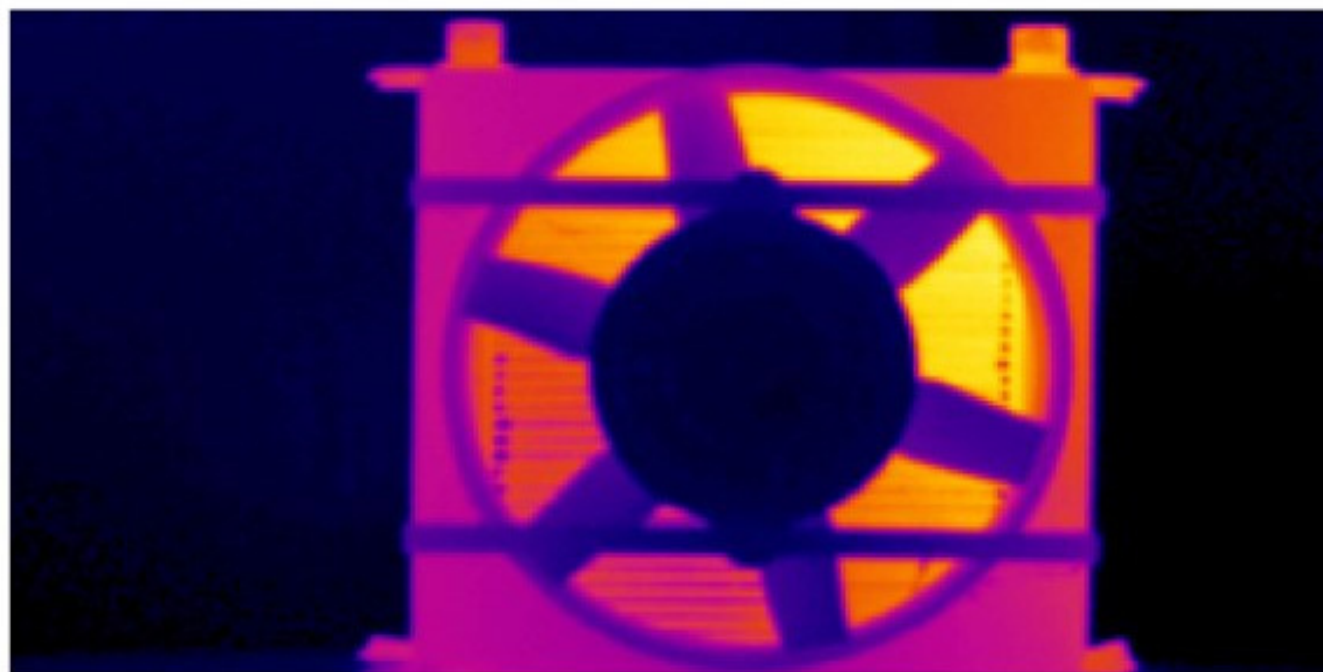




# AUTOMATIZACIJA

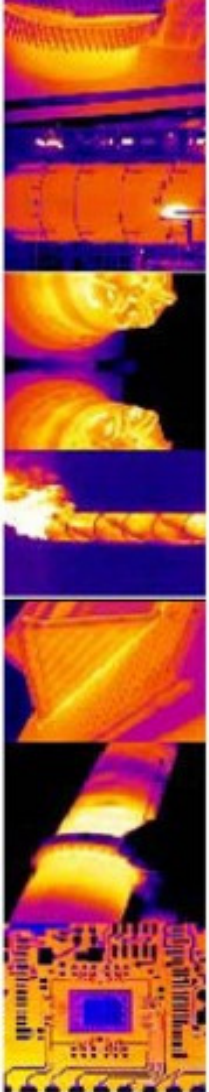
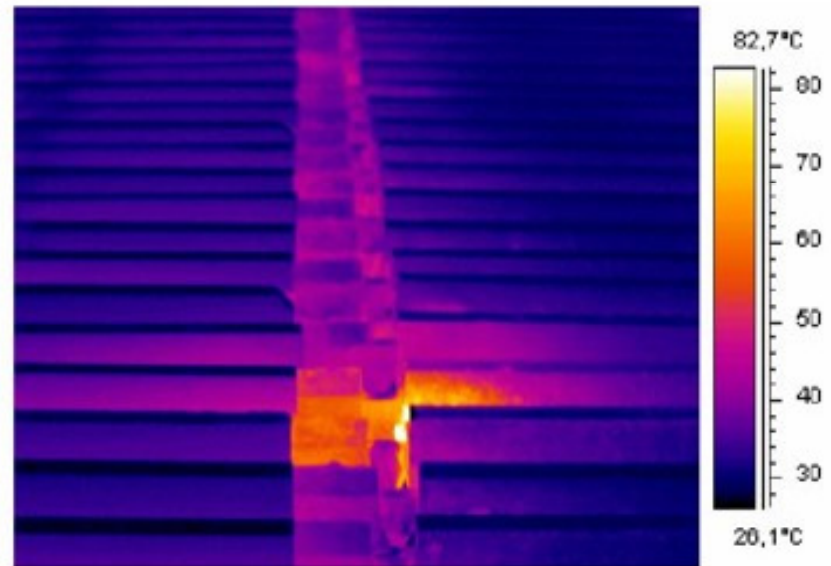
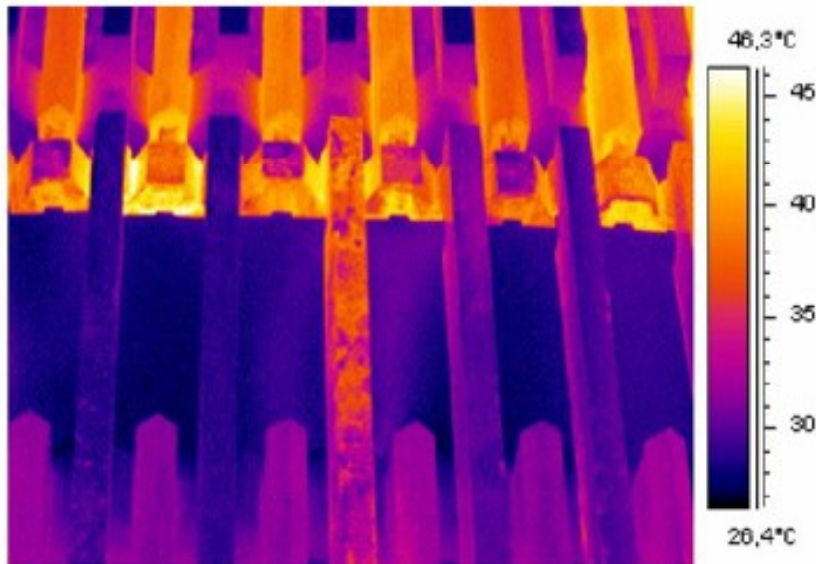
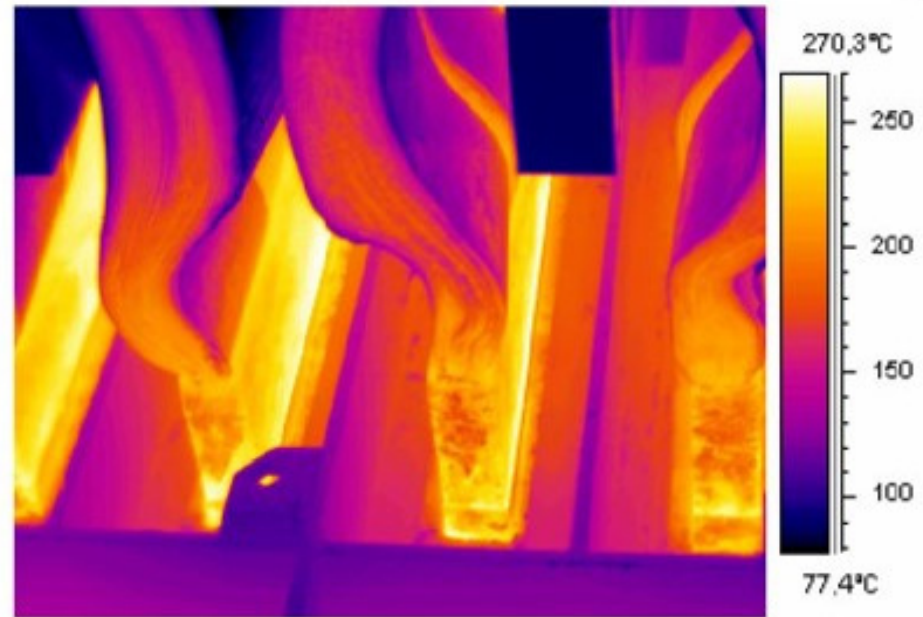
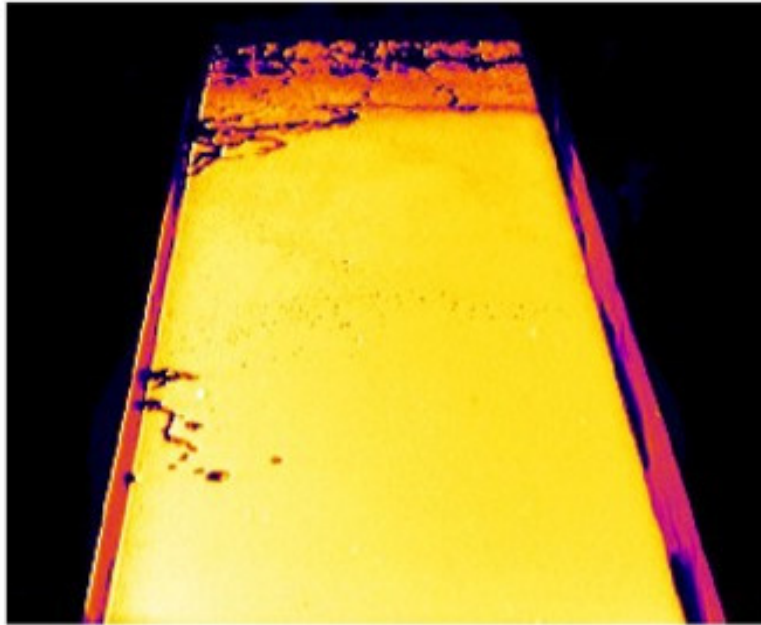


# *AUTOMATIZACIJA*

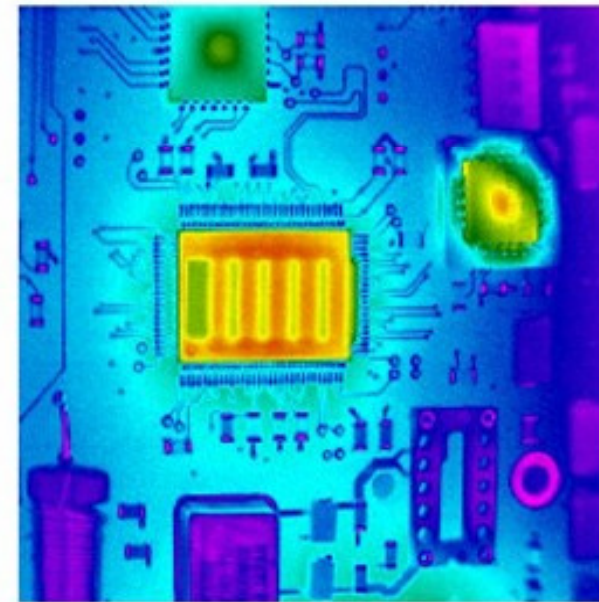
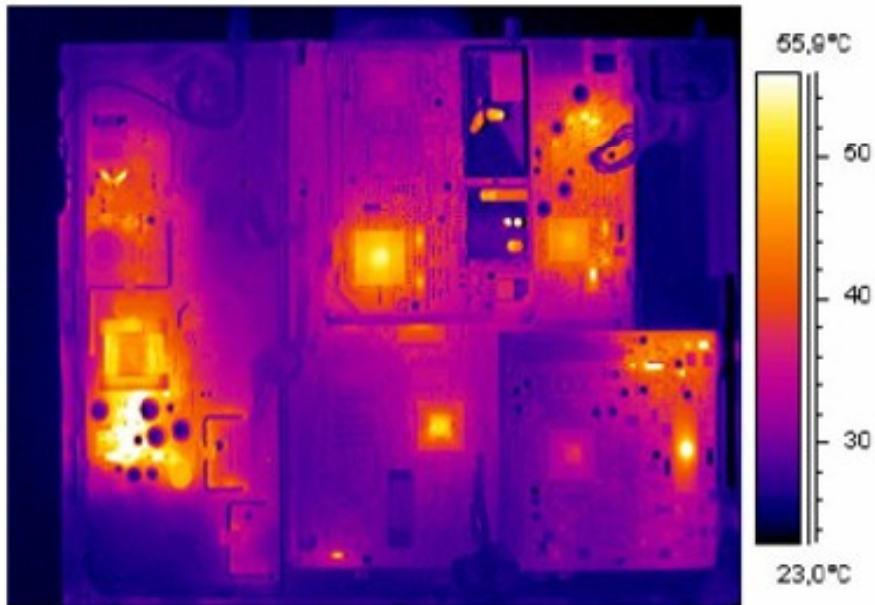
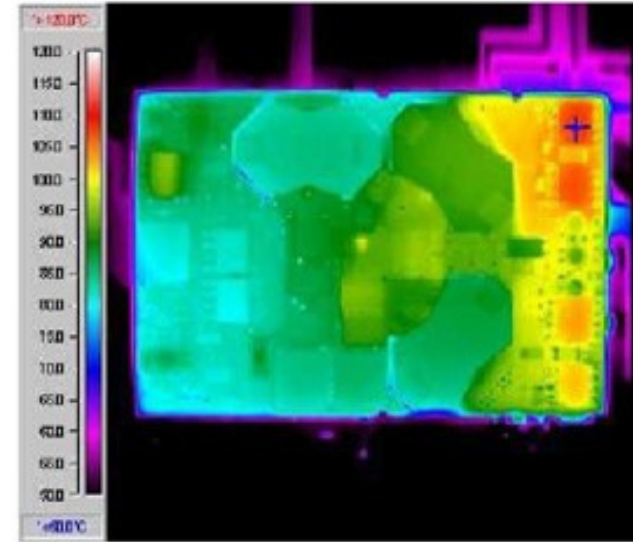
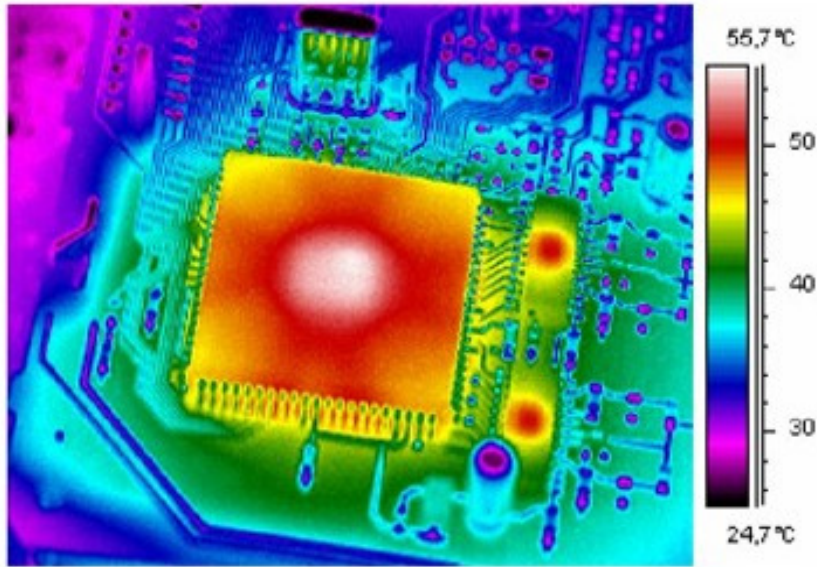
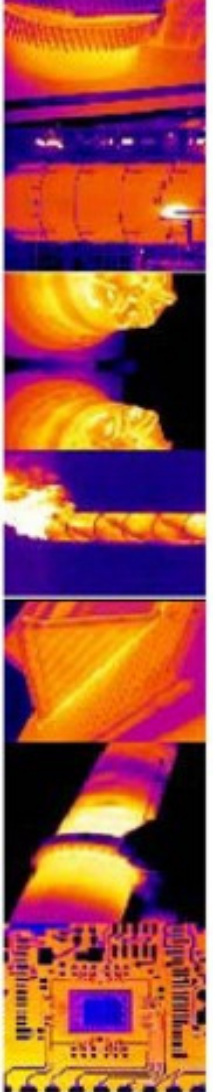


**FLIR**  
**SYSTEMS**

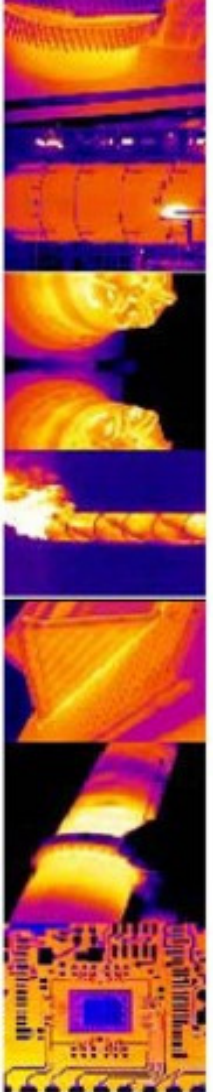
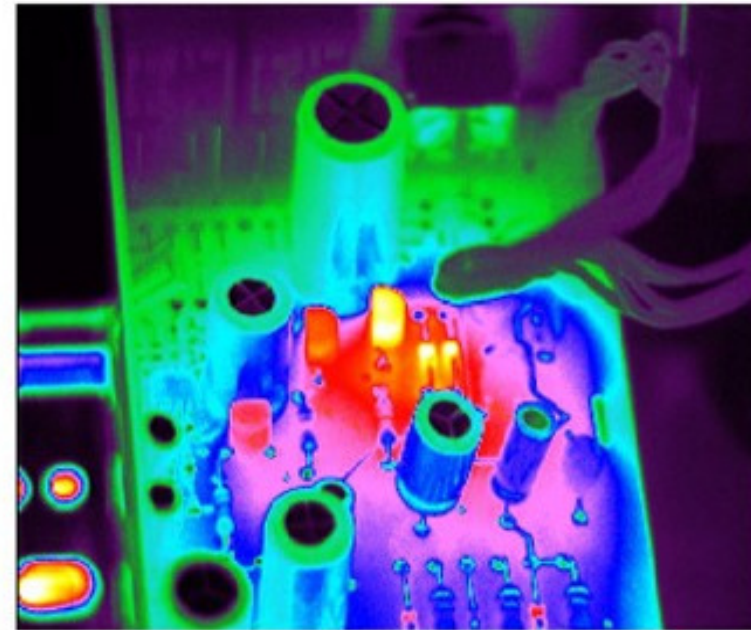
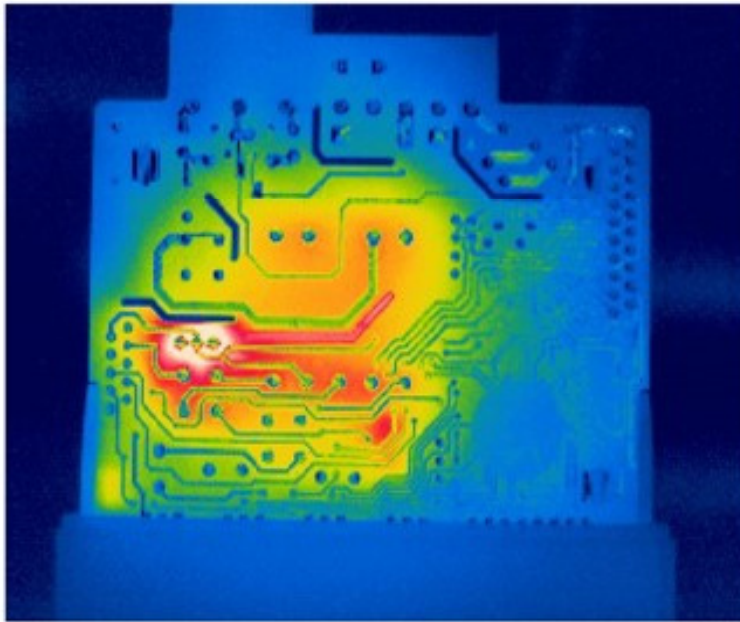
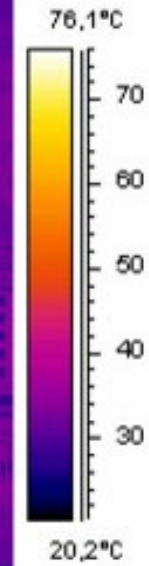
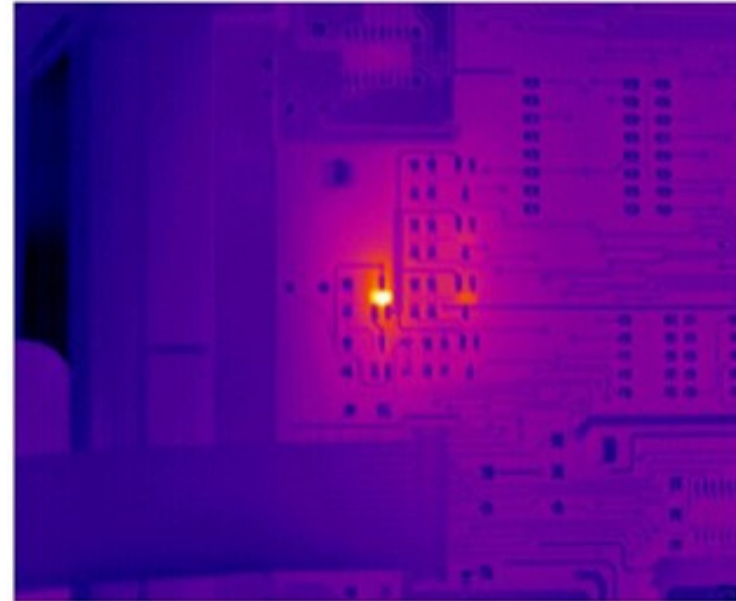
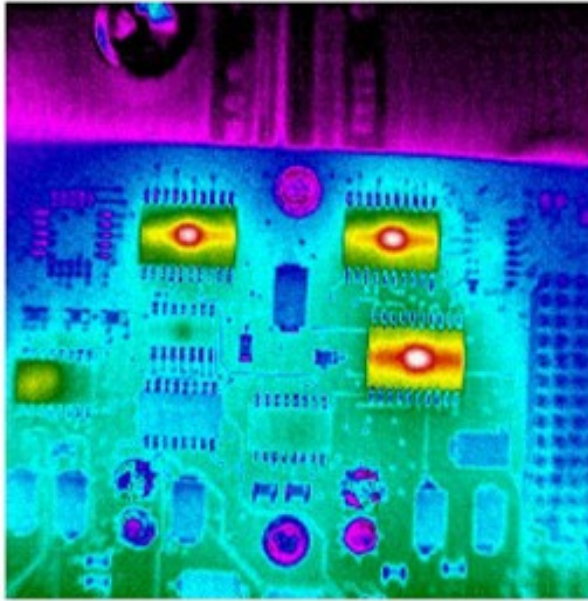
# METALAI



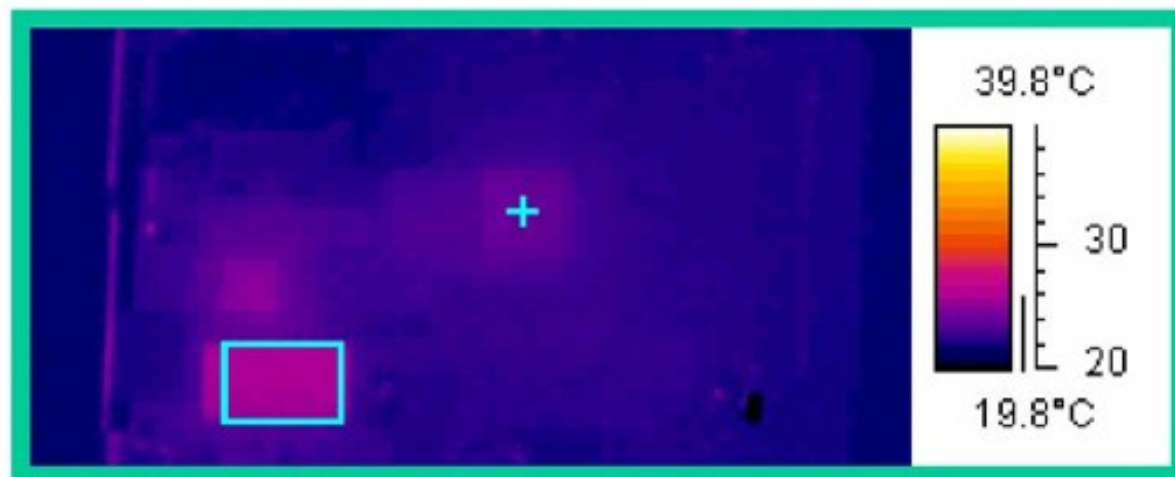
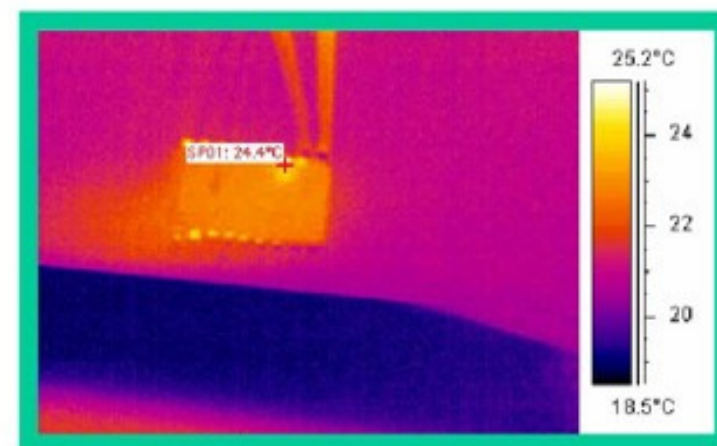
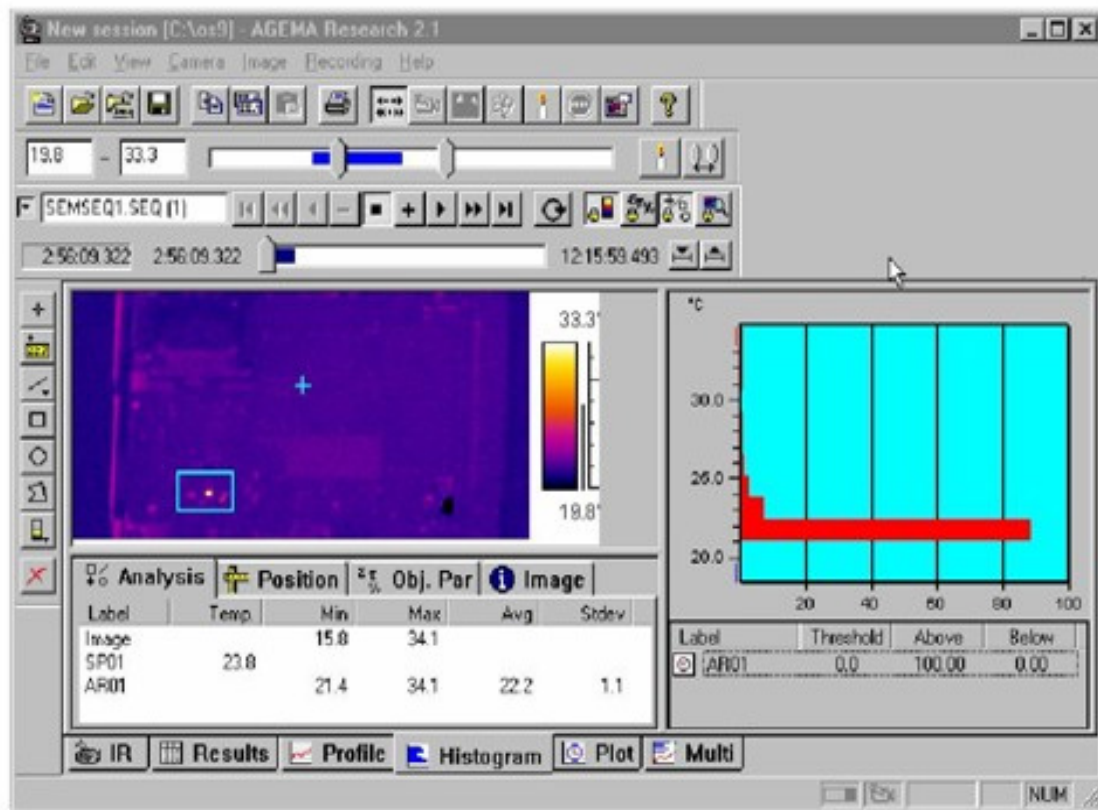
# ELEKTROTECHNIKA



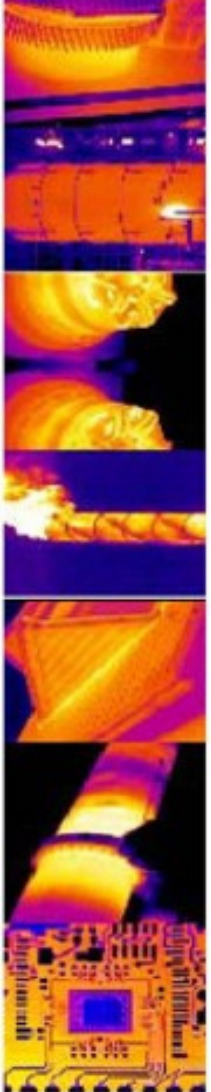
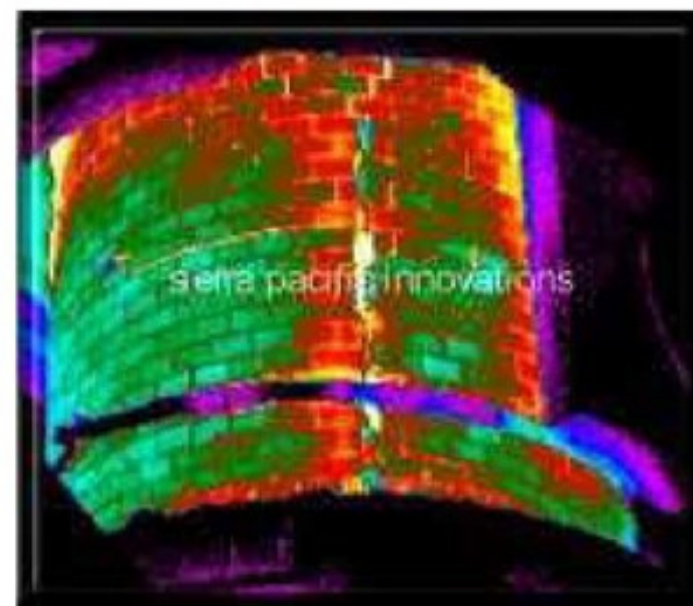
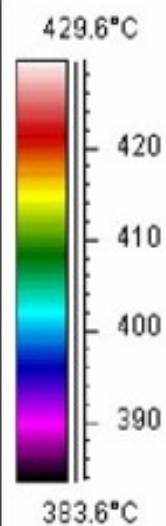
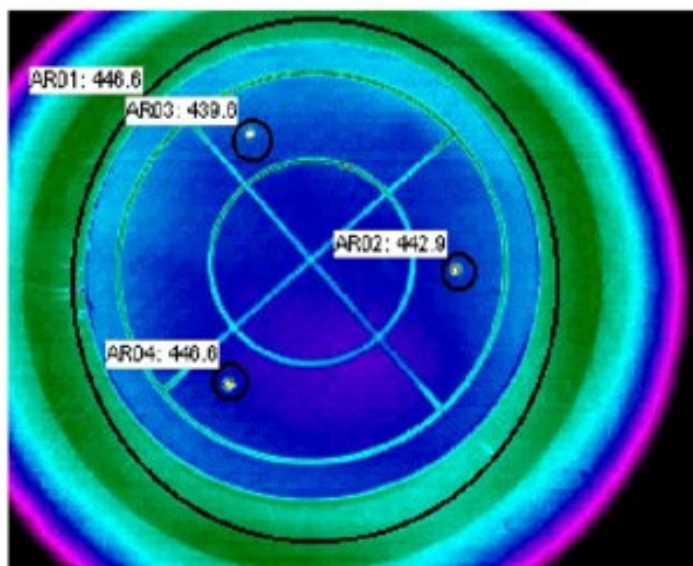
# ELEKTROTECHNIKA



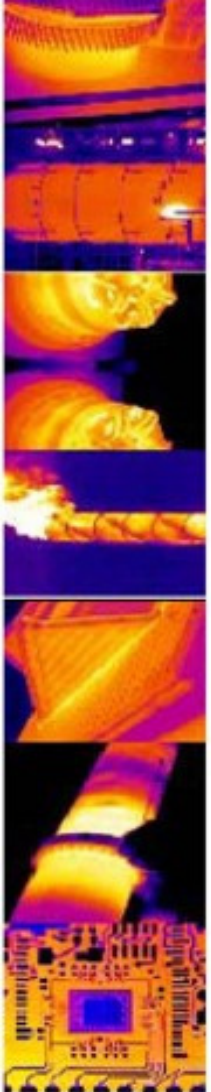
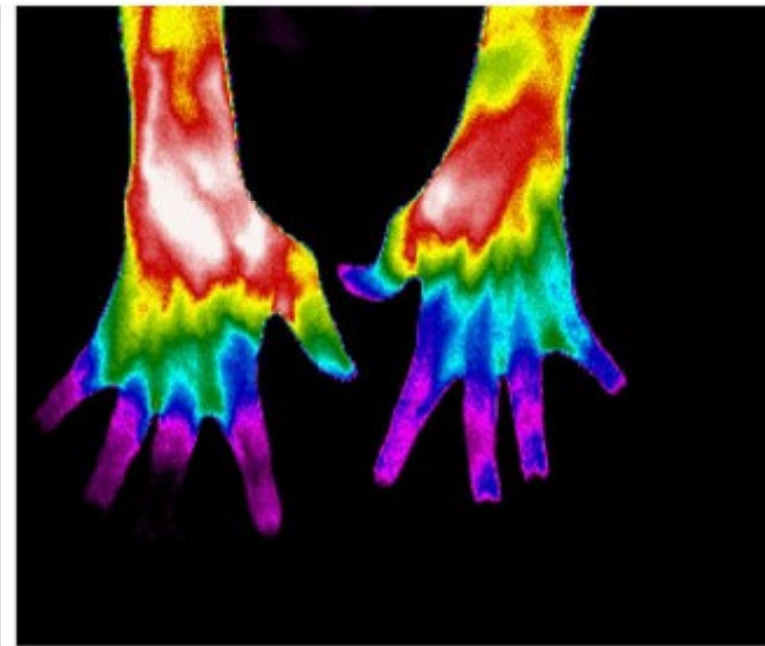
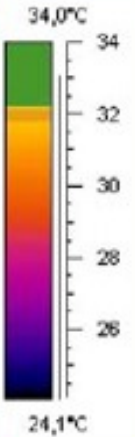
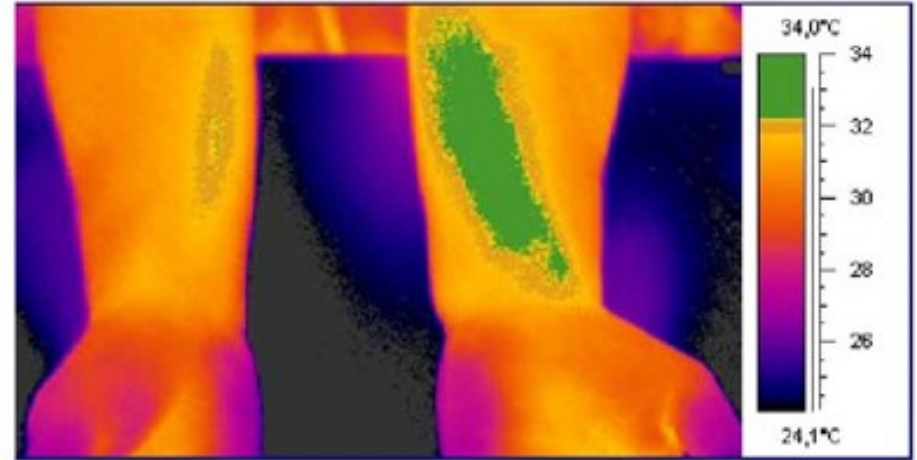
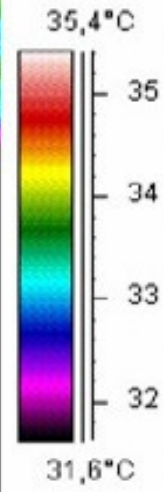
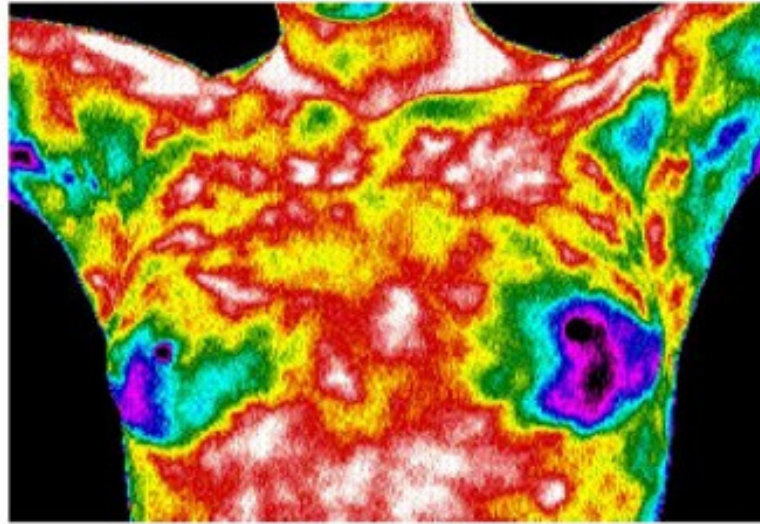
# ELEKTROTECHNIKA



# DEFEKTŲ PAIEŠKA

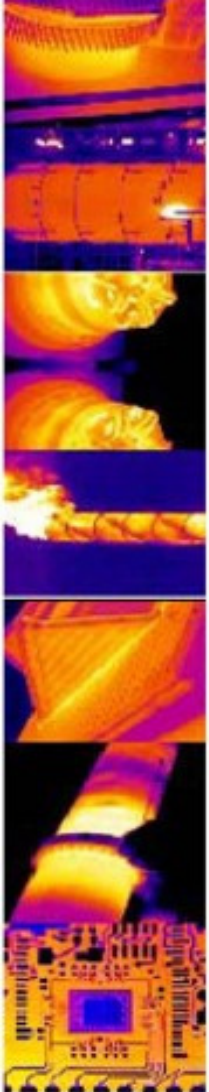
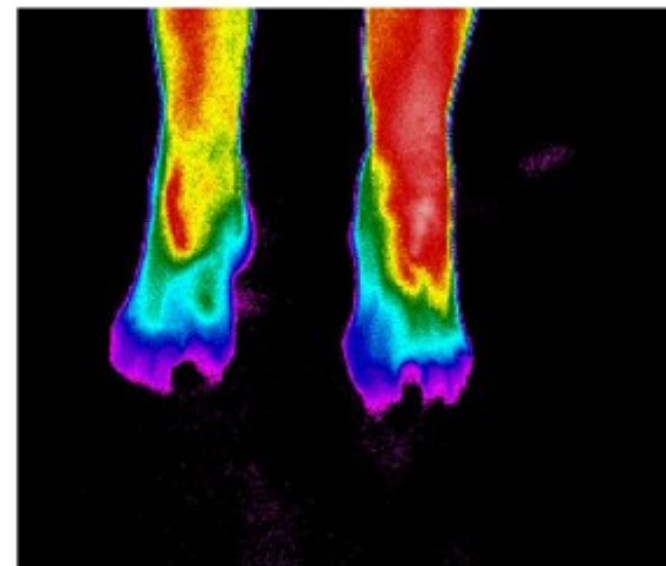
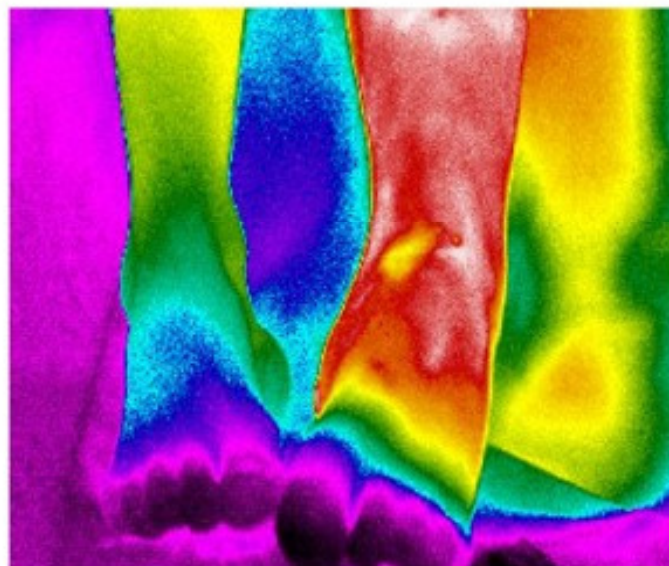
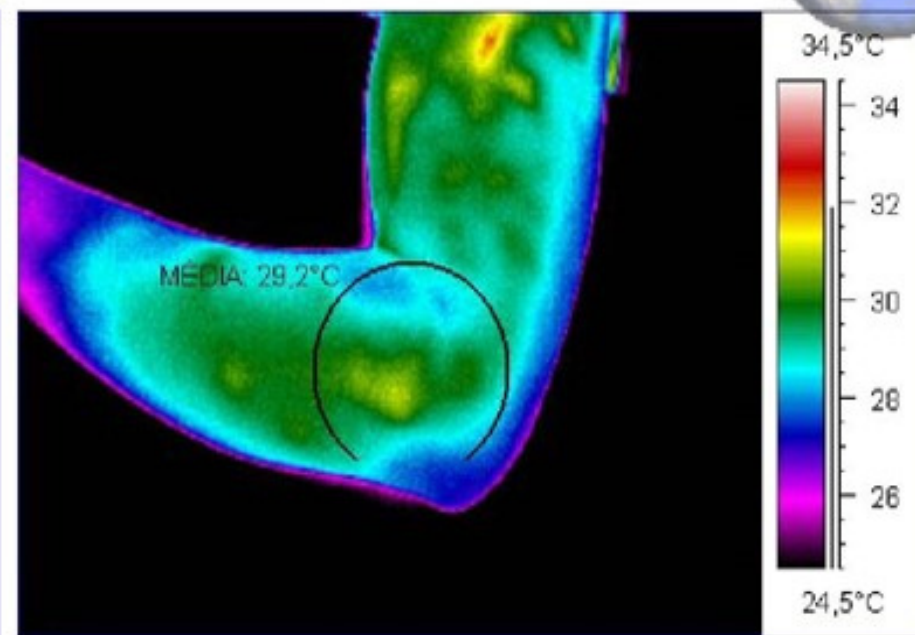
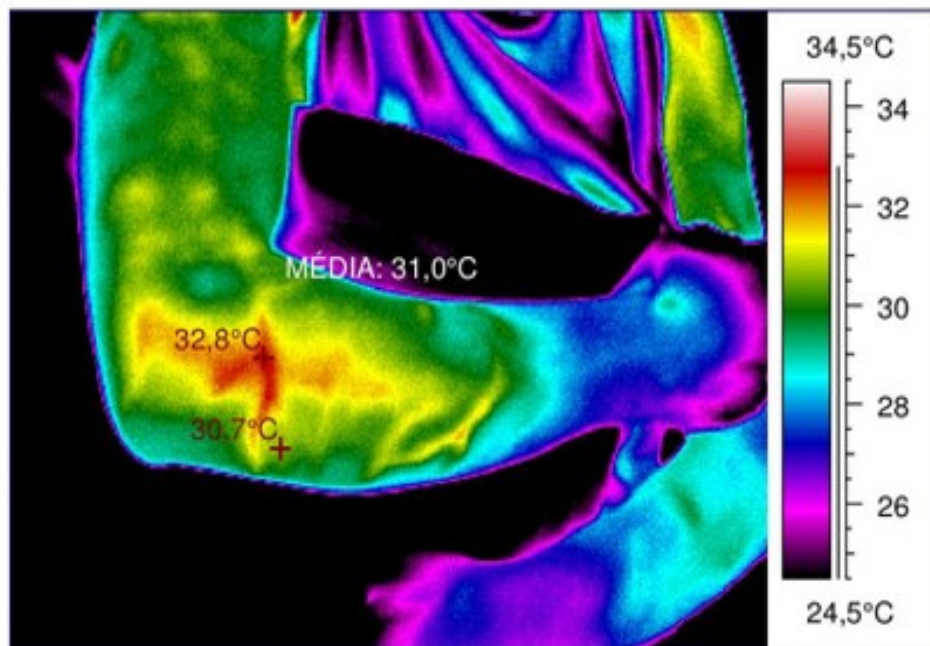


# MEDICINA

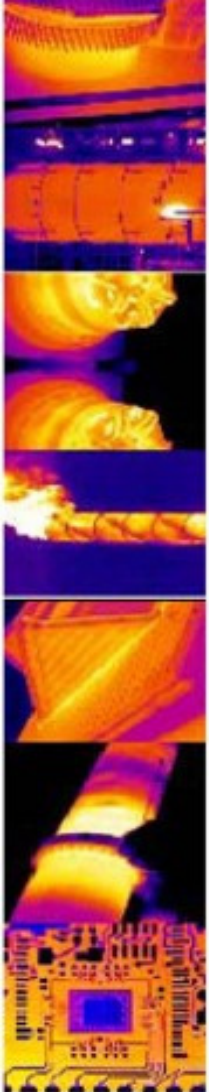
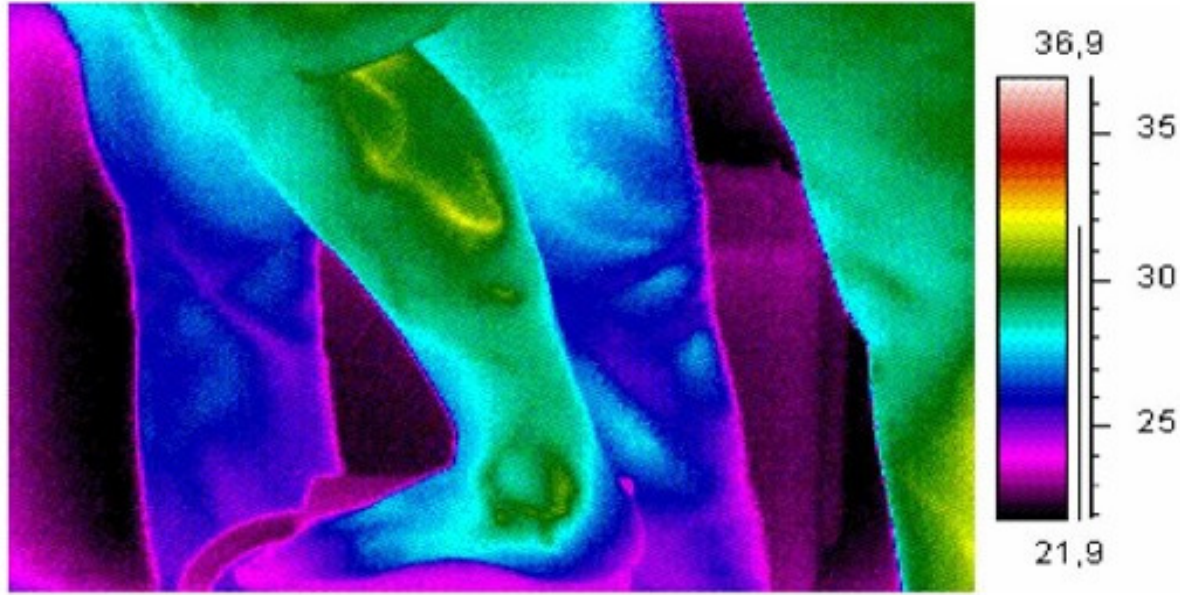




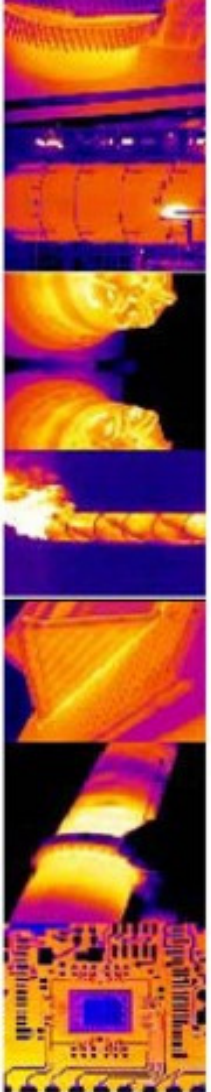
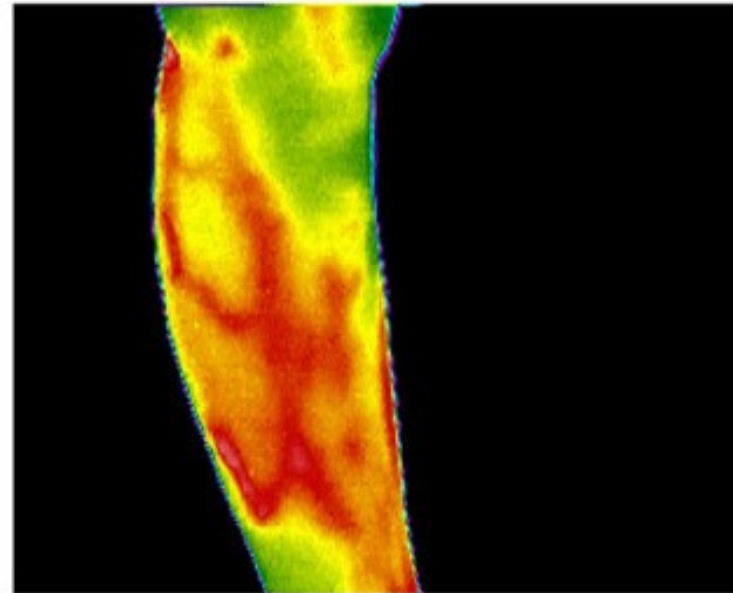
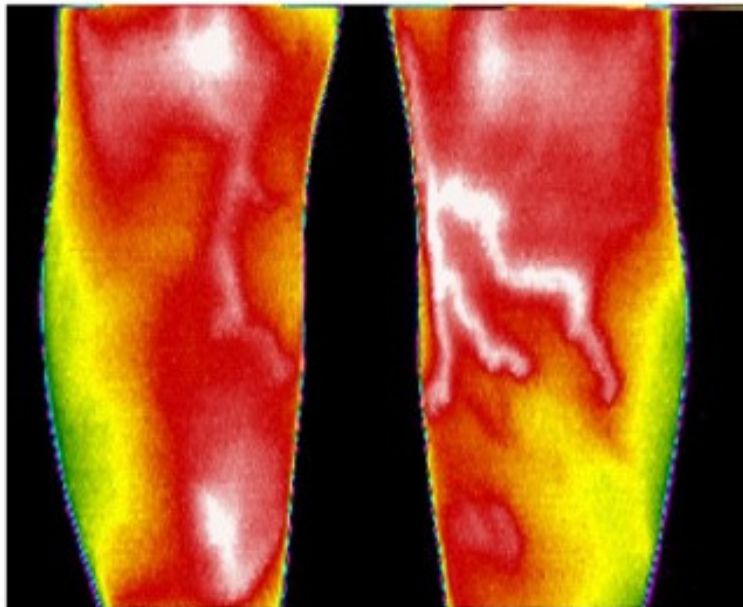
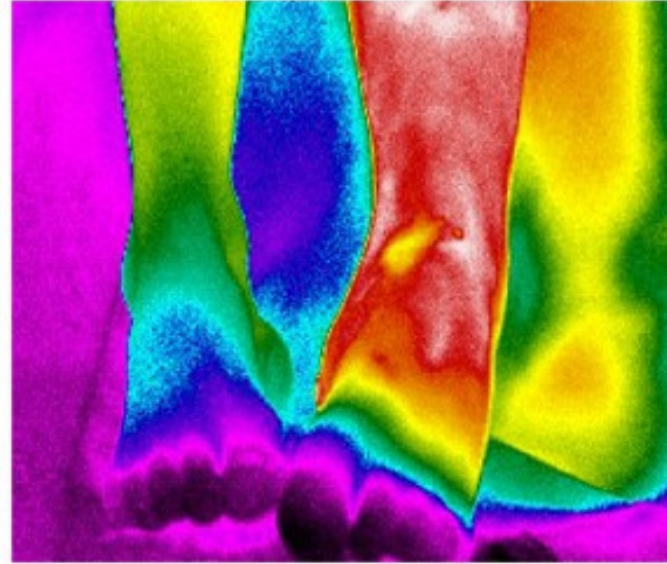
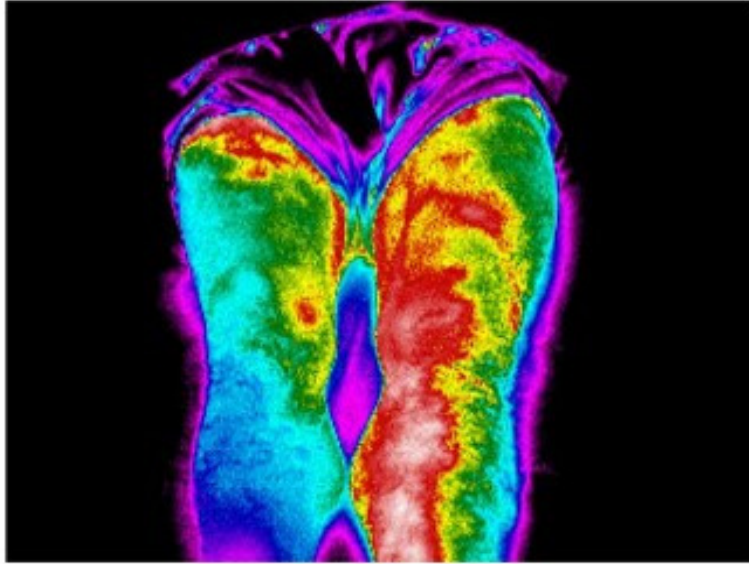
# MEDICINA



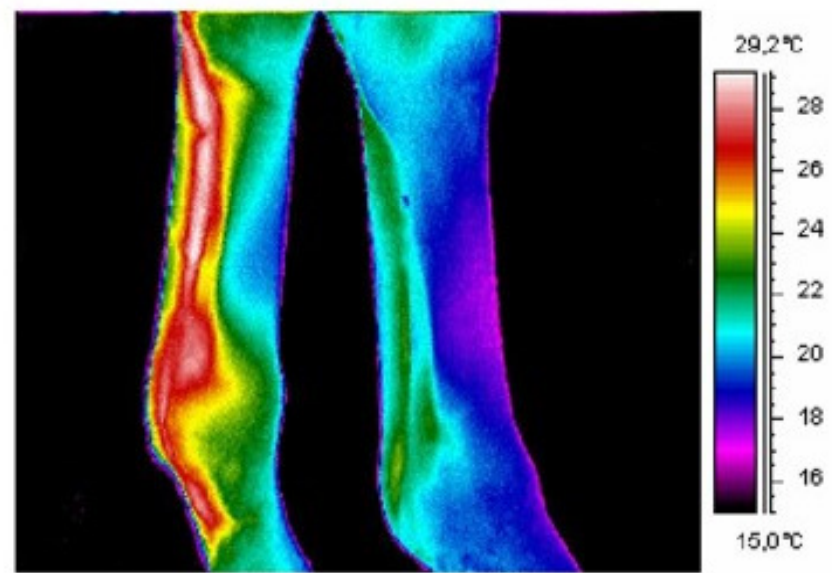
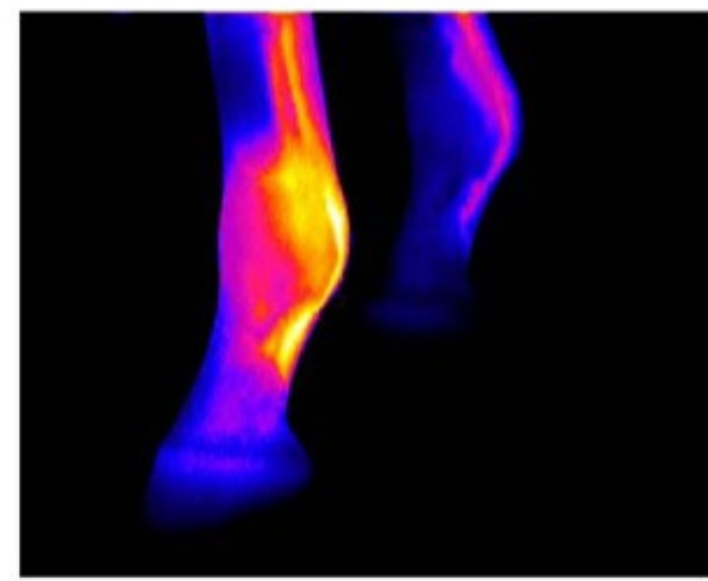
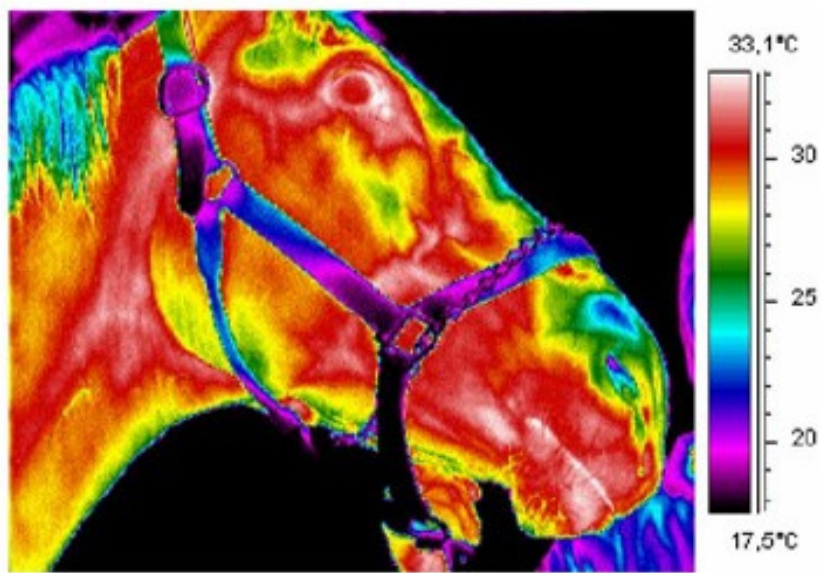
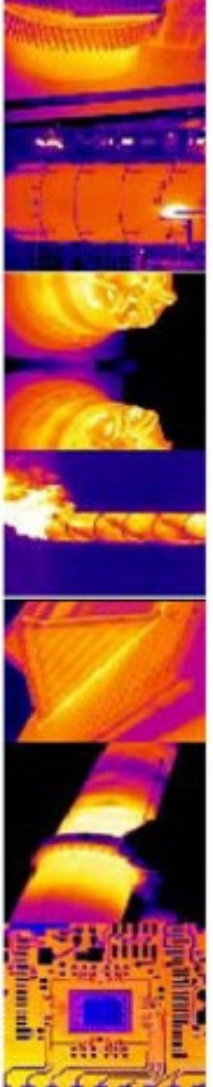
# MEDICINA



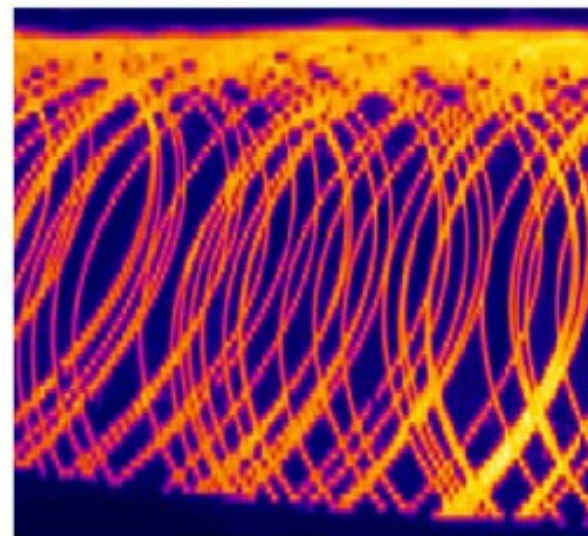
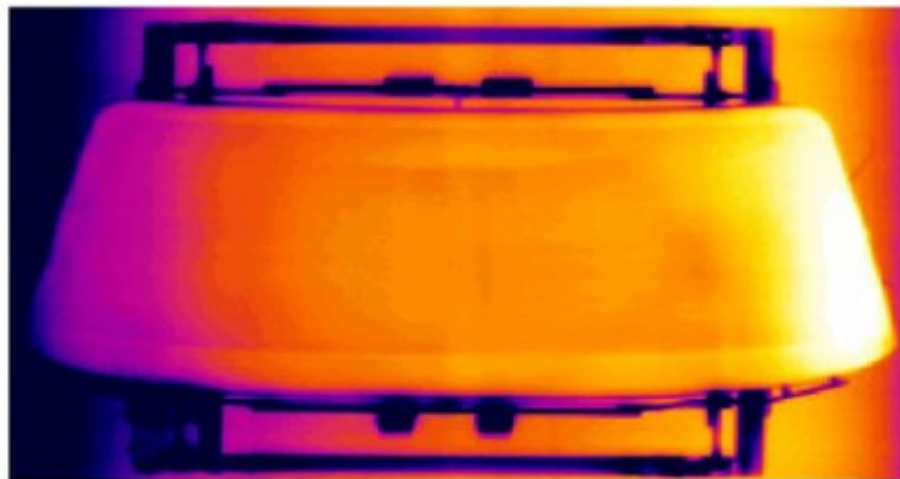
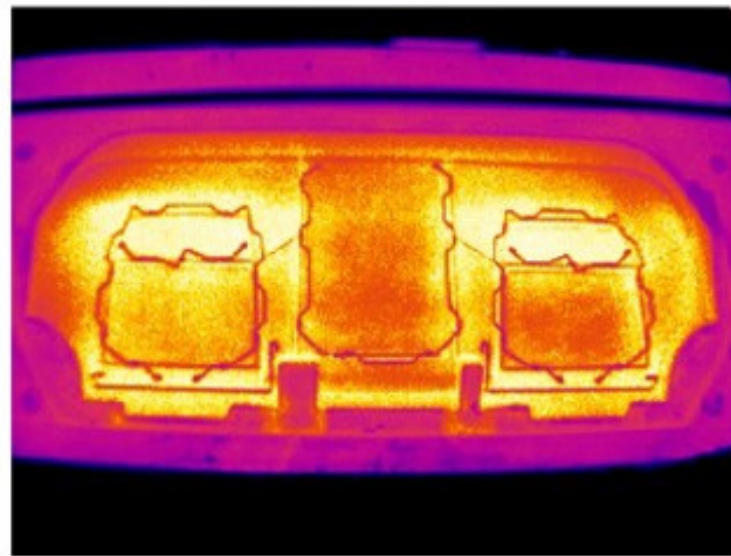
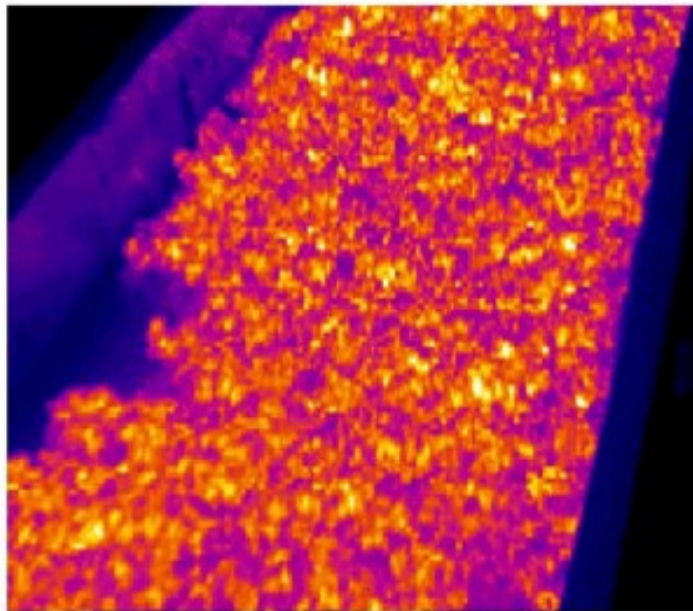
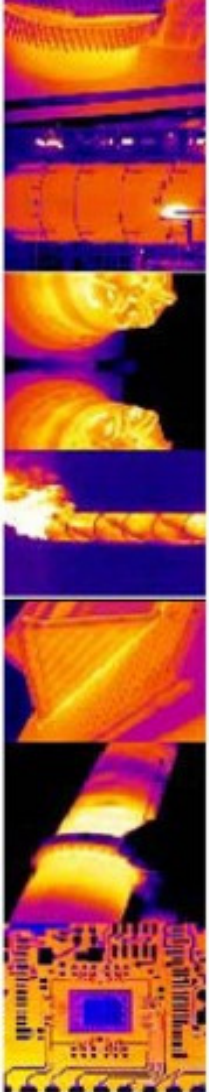
# MEDICINA



# VETERINARIJA

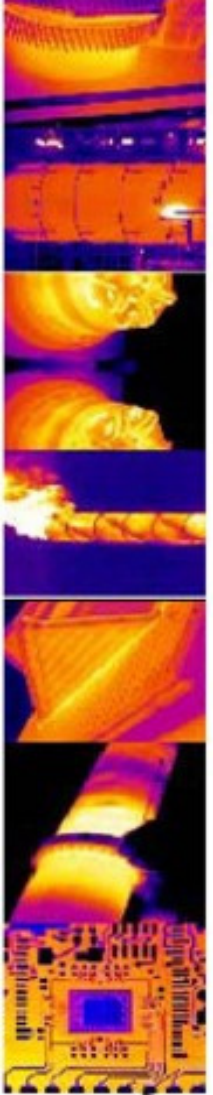
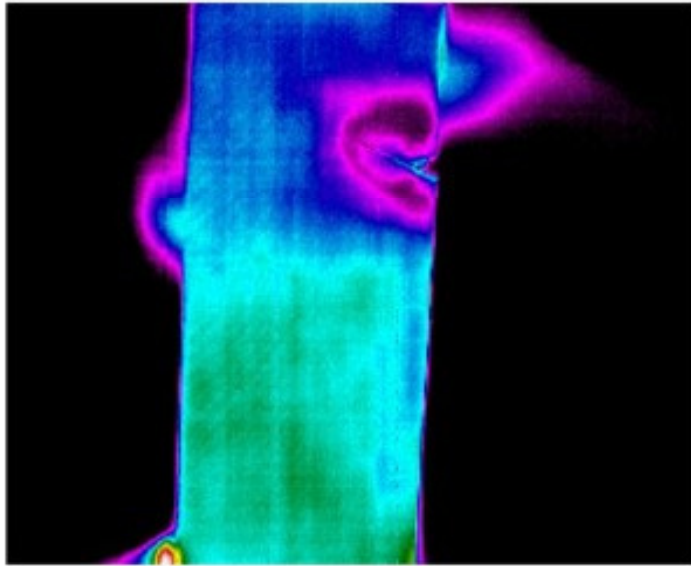
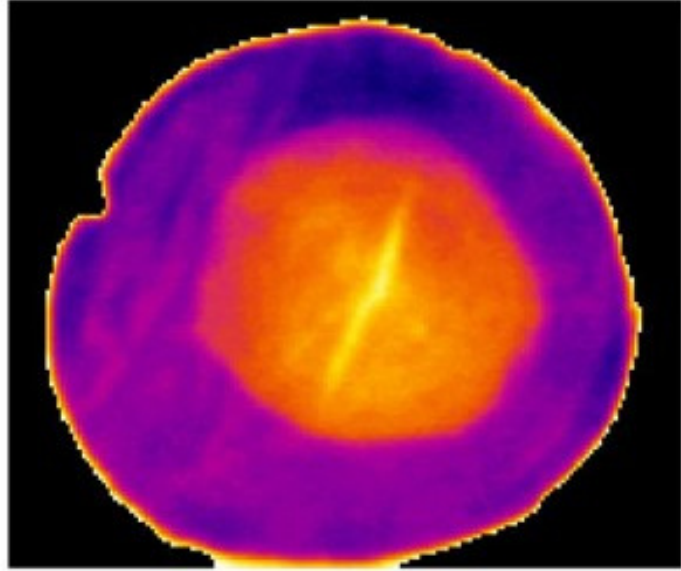


# KITI



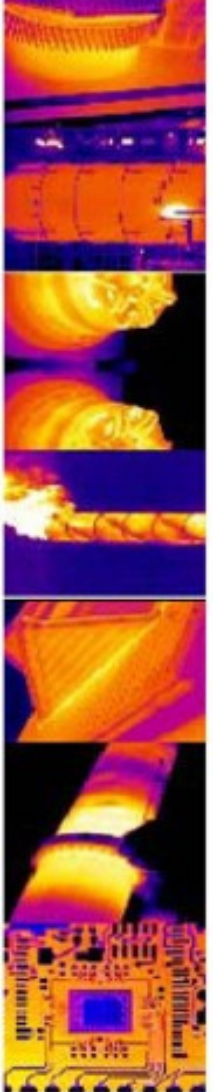
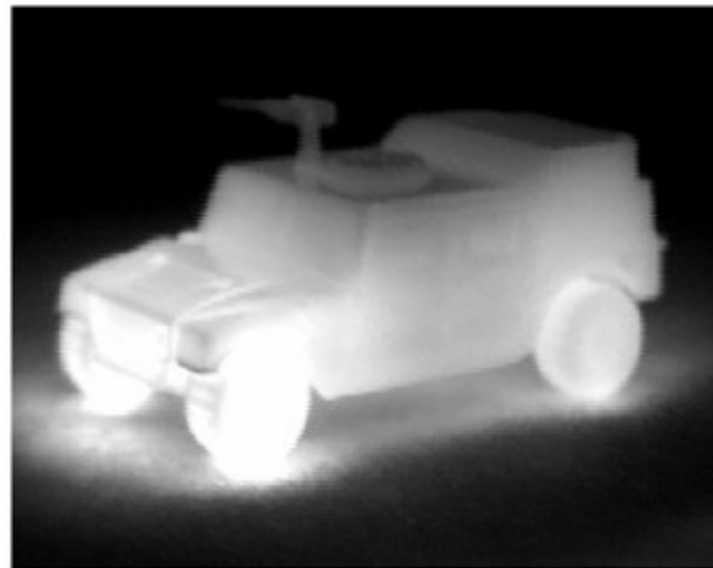
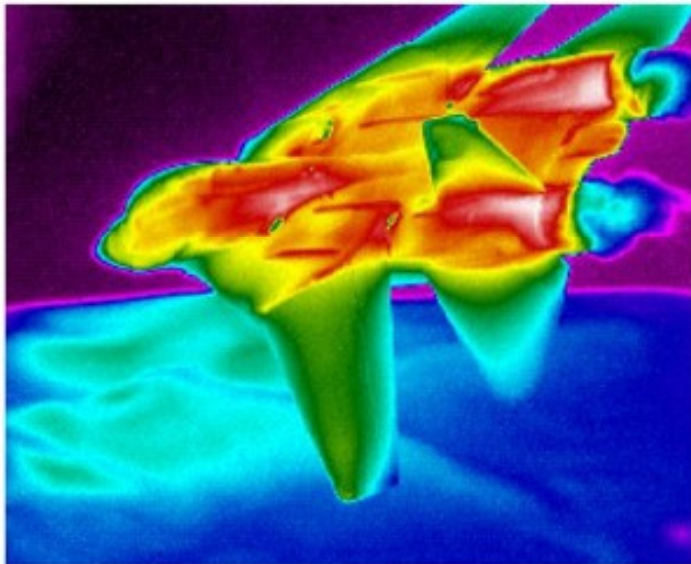
**FLIR**  
SYSTEMS™

# KITI

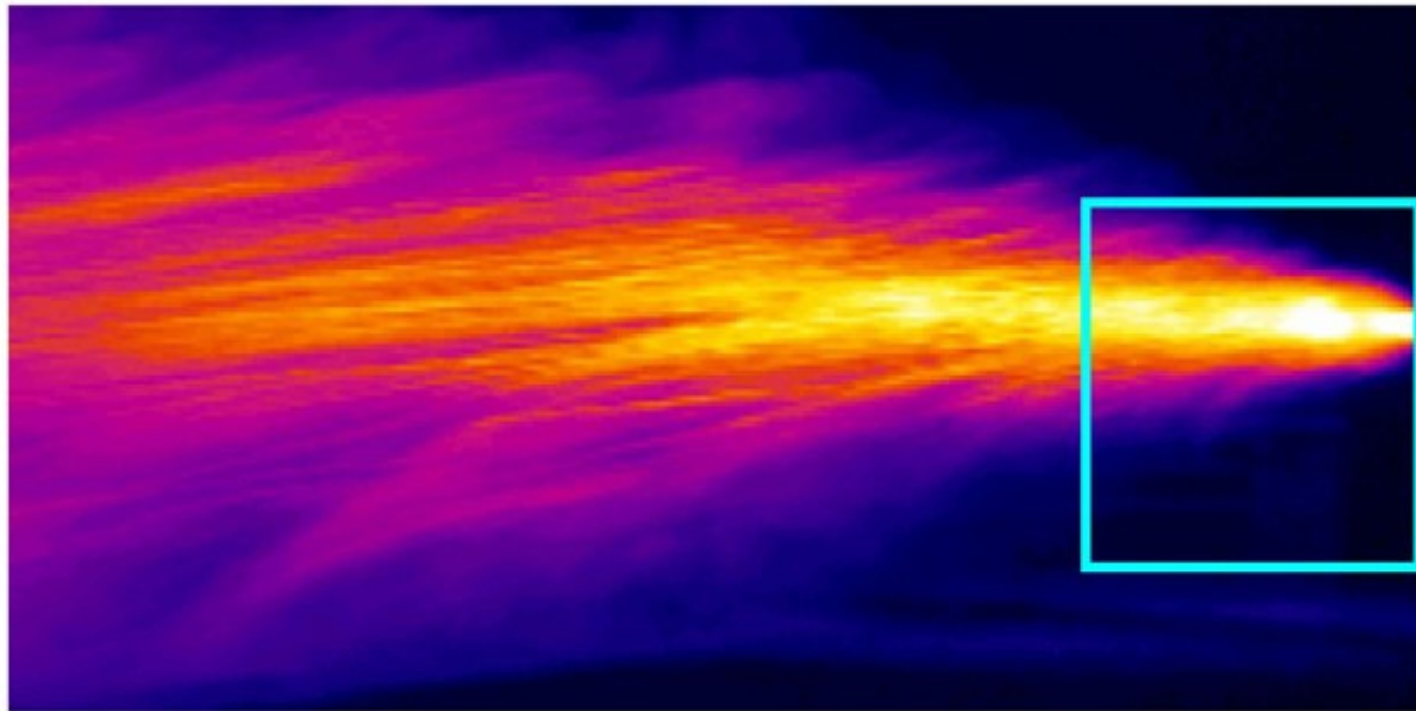
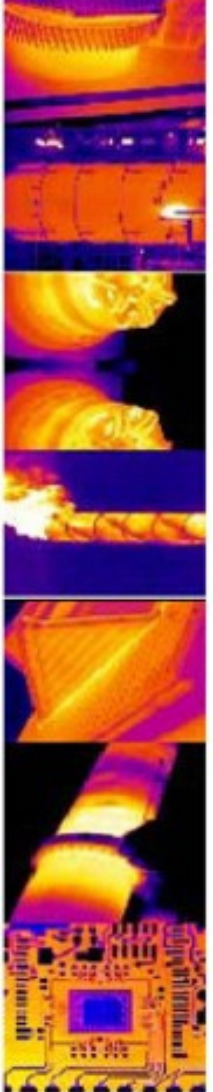


**FLIR**  
SYSTEMS™

# SEKIMO TEHNIKOJE



# SEKIMO TEHNIKOJE



1570.5°C



1000

3.0°C



# Technologiniai vyksmai ir matavimai

dr. Gytis Sliaušys