

# TEMPERATURNI SENZORJIV INDUSTRIJI

Aleksandra Lepenik  
ELPRO Lepenik & Co.

14. januar 2021

ELPRO  
Lepenik

30 let 😊



623 200 h

Temperatura je z nami že 30 let, vsak dan.

- proizvodnja temperaturnih tipal
- prodaja merilno regulacijske tehnike
- akreditiran kalibracijski laboratorij
- servis industrijske elektronike
- razvoj in skrb za temperaturno energetska učinkovitost

H kupcu  
usmerjena  
vizija

*"Everything we do  
we aspire to provide efficient products  
for industries to conduct their work safely and energy efficient.*

*From solution to result is our dedication.  
We want to make your life easier and  
our Earth to stay green for future generations."*

# TEMPERATURA

## definicije

- Temperatura je ena osnovnih termodinamičnih spremenljivk, ki določa stanje teles. Merimo jo s termometrom.
- Termodinamika zahteva vpeljavo pojma temperature, ki meri, kako toplo ali hladno je nekaj.
- **Temperatura je fizikalna veličina, ki se izraža s toplotnim stanjem nekega telesa in je ena od osnovnih veličin v termodinamiki. Temperatura ne more prehajati iz telesa na telo, ampak prehaja toplota, pri tem pa se temperaturi teles izenačujeta.**
- Vpeljemo jo lahko tudi kot količino, s katero je sorazmerna prenesena toplota pri Carnotovem toplotnem stroju - to je tako imenovana termodinamična definicija.
- Temperature pravzaprav ne bi bilo treba vpeljevati posebej - s poznavanjem mikroskopske zgradbe jo lahko izpeljemo iz mikroskopskih mehanskih lastnosti plina. Ker pa so ljudje temperaturo definirali, še preden so jih poznali, je ostala definicija, kot jo poznamo.

# INDUSTRIJA

## Sifrant

---

- ⊕·A - KMETIJSTVO IN LOV, GOZDARSTVO, RIBIŠTVO
- ⊕·B - RUDARSTVO
- ⊕·C - PREDELOVALNE DEJAVNOSTI
- ⊕·D - OSKRBA Z ELEKTRIČNO ENERGIJO, PLINOM IN PARO
- ⊕·E - OSKRBA Z VODO; RAVNANJE Z ODPLAKAMI IN ODPADKI; SANIRANJE OKOLJA
- ⊕·F - GRADBENIŠTVO
- ⊕·G - TRGOVINA; VZDRŽEVANJE IN POPRAVILA MOTORNIH VOZIL
- ⊕·H - PROMET IN SKLADIŠČENJE
- ⊕·I - GOSTINSTVO
- ⊕·J - INFORMACIJSKE IN KOMUNIKACIJSKE DEJAVNOSTI
- ⊕·K - FINANČNE IN ZAVAROVALNIŠKE DEJAVNOSTI
- ⊕·L - POSLOVANJE Z NEPREMIČNINAMI
- ⊕·M - STROKOVNE, ZNANSTVENE IN TEHNIČNE DEJAVNOSTI
- ⊕·N - DRUGE RAZNOVRSTNE POSLOVNE DEJAVNOSTI
- ⊕·O - DEJAVNOST JAVNE UPRAVE IN OBRAMBE; DEJAVNOST OBVEZNE SOCIALNE VARNOSTI
- ⊕·P - IZOBRAŽEVANJE
- ⊕·Q - ZDRAVSTVO IN SOCIALNO VARSTVO
- ⊕·R - KULTURNE, RAZVEDRILNE IN REKREACIJSKE DEJAVNOSTI
- ⊕·S - DRUGE DEJAVNOSTI
- ⊕·T - DEJAVNOST GOSPODINJSTEV Z ZAPOSLENIM HIŠNIM OSEBJEM; PROIZVODNJA ZA LASTNO RABO
- ⊕·U - DEJAVNOST EKSTERITORIALNIH ORGANIZACIJ IN TELES

# SENZORJI TEMPERATURE

Pri senzorju se vse začne!

#SENZOR, sensor, ZAZNAVALO, TIPALO, SONDA#

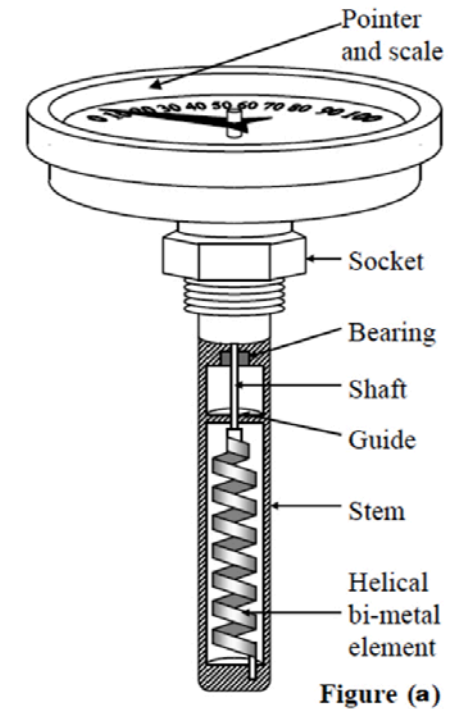
- Bimetal (-50 ... 500 °C; 1 - 3 % točnosti)
- RTD (-200 ... 850 °C; 0,1 - 0,3 (0,6) % točnosti)
- TC (-200 ... 1750 °C; 1,5 - 2,5 (4) % točnosti)
- Pirometri (-50 ... 2500 °C; 1 + % točnosti)
- Ostali: tekočinski, plinski, PTC, NTC ... dogovorimo, da jih v tem sklopu, zaradi manjšega deleža uporabe v industriji, ne obravnavamo. Z zanimanjem čakamo napredek na področju optičnih vlaken, nano senzorjev in novih metod.

# BIMETALNI TERMOMETER

Trak iz dveh različnih materialov in z različnimi temperaturnimi raztezki se pri povišanju temperature upogne navznoter.

Pri segrevanju se razteguje/zvija, zato:

- se razlika preko mehanizma prenaša na kazalec (kar odčitamo kot temperaturo, to je bimetalni termometer)
- se spoži kontakt (sklene električni tokokrog) in s tem regulira temperaturo (termostat, fen, likalnik, temperaturne varovalke, varnostni termostati)
- + Zaradi svoje enostavnosti in vzdržljivosti, so pogosto v uporabi v izdelkih široke potrošnje, varnostni tehniki, termoelektrarne, nuklearke...
- + Lokalni prikaz
- Preobremenitve povzročijo trajne poškodbe materialov, ki pa ne rezultirajo takoj v odpovedi, ampak pomenijo napačne meritve
- Slabša točnost za današnje precizne sisteme
- Težje kalibracije - ni odprave napake senzorja





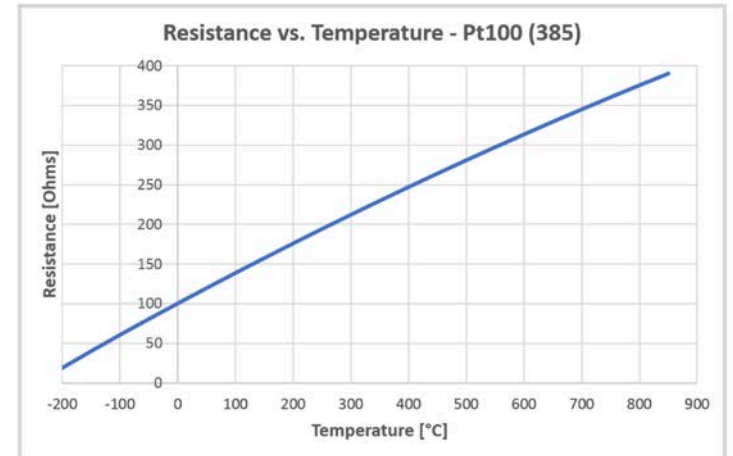
## Senzorji temperature

Osnovna značilnost električnega sensorja temperature je meritev lastne temperature. Z vgradnjo v ohišje ga zaščitimo, hkrati pa mu podaljšamo odzivni čas. S kvaliteto sensorjev in materialov, načinom izdelave, povezav, polnili in vgradnimi globinami vplivamo na točnost meritve. **Te lastnosti izkoriščamo za prilagoditev zahtevam naročnika oziroma procesa ter za pravilno obravnavo rezultatov.**

Na splošno imajo uporovni sensorji in termočleni dokaj široko območje uporabe in standardizirane lastnosti. Imajo pa tako eni kot drugi značilnosti s katerimi izvajamo že zgoraj omenjene prilagoditve, zato ni vseeno katero senzorsko tehniko uporabimo za določen namen. Tukaj so pomembne izkušnje in testne/kalibracijske sposobnosti proizvajalcev temperaturnih tipal.

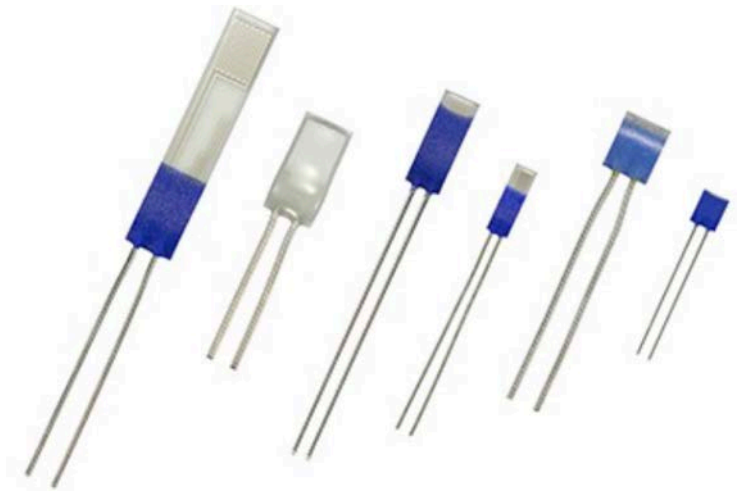
# RTD

- **RTD = resistance temperature device**
- slovensko poimenovanje: uporovni senzor
- SIST EN 60751\_2009
- klase točnosti: AA, A, B, C (*C ni prisoten v splošni industrijski rabi*)
- odzivni čas je običajno podan za T<sub>90</sub> (voda/zrak)
- RTD žica je najpogosteje platina (Pt) ali nikel (Ni), redkeje baker (Cu); **upornost žice s temperaturo narašča**; najbolj temperaturno linearna je platina, sledi nikel, veliko slabši je baker
- **širok razpon uporabe med -200 ... 850 °C**
- **Odlična stabilnost!**
- **Odlična točnost!**
- 2, 3 in 4 vodni priklop (*2 vodnim se izogibamo*)
- pogosti predstavniki: Pt 100, Pt 1000
- enojna, dvojna izvedba



# RTD thin film

- **naparjeni** (thin film = ultra tanka kovinska plast (platina) naparjena na keramični material)
- potrebno je manj materiala, kar jih naredi **cenovno učinkovite za natančne meritve**
- priključljivost žice preko stiskanja, **trdega spajanja**, varjenja (**laser**) in spajkanja
- raven profil je pogosto prednost pri uporabi, vgradnji
- **širok razpon meritev**
- steklena mikro zaščita nudi odlično **šok zaščito, vibracijsko zaščito in okoljsko neodvisnost** (platina!)
- različne velikosti, tolerance in oblike
- uporaba: avtomobilska, procesna, elektronika, razvoj, HVAC, building, bela tehnika ...

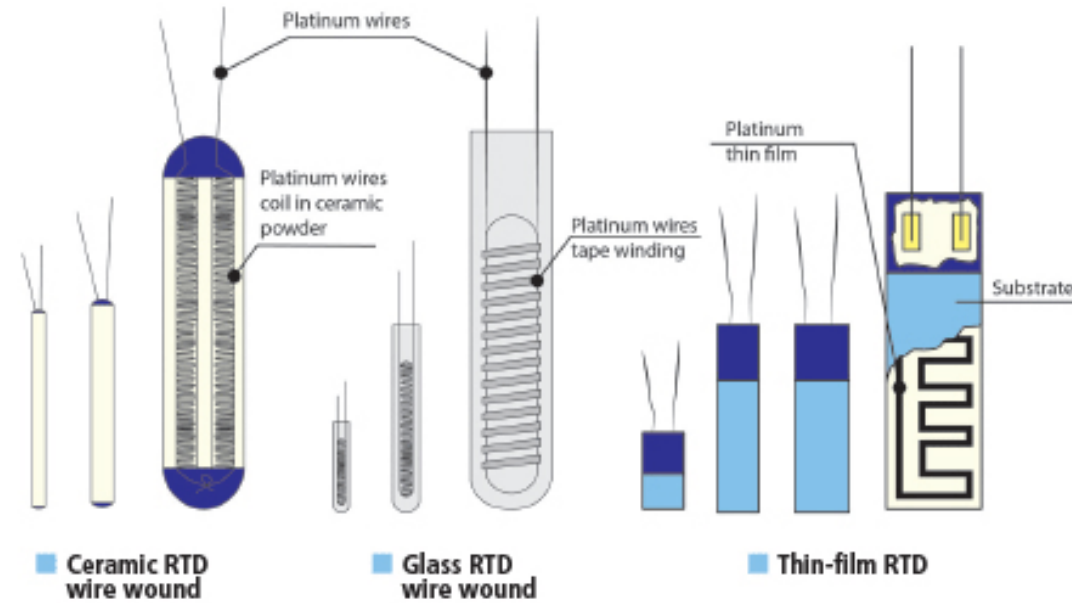
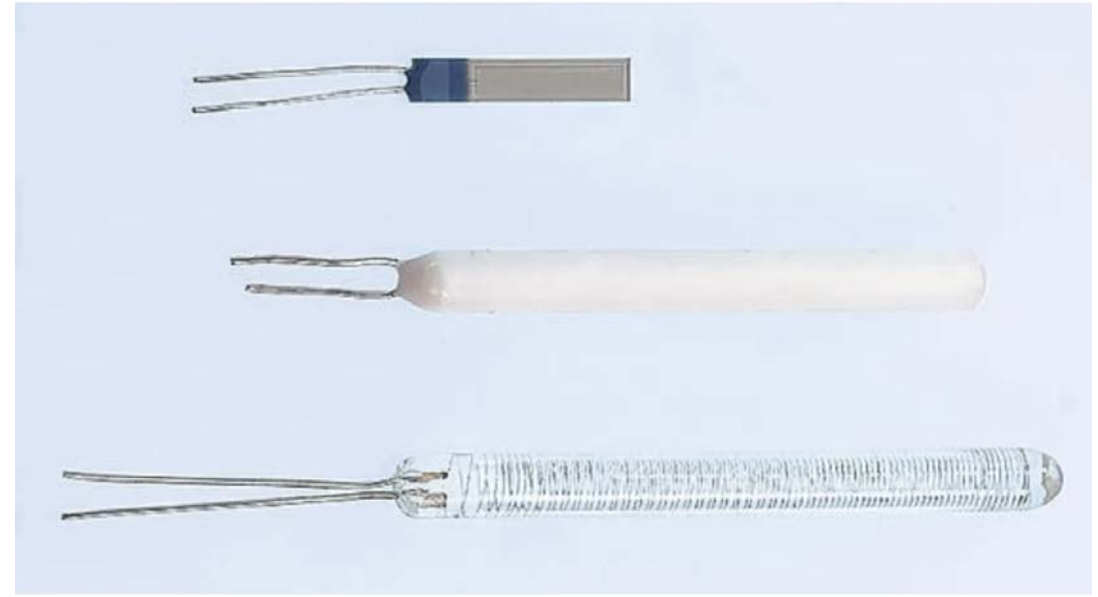


# RTD keramični steklen

- keramični **žično navit** platinast RTD
- žica navita v spiralo znotraj keramične cevke visoke čistosti
- prednosti so **znatno zmanjšani učinki histereze** in trajne spremembe električnega upora
- **izjemna stabilnost skozi čas**
- zaščita platinaste žice na zunanji tlak ali sile
- -200 ... 960 °C (-196 ... 850 °C)
- **za aplikacije visoke točnosti**
- POZOR: nekateri proizvajalci v keramično ohišje namestijo thin film senzor (za pretok zraka ipd.)
- **uporablja se tudi žično navit platinast RTD v steklenem ohišju**

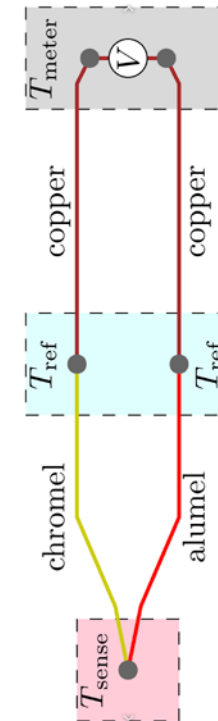


# RTD



# TC

- **TC = Thermo couple (par homogenih kovin ali kovinskih zlitin z različnima termonapetostima); platina, rodij, nikel, baker, krom, železo, silicij ...**
- Seebeckov pojav je osnova za izdelavo termočlenov. Za meritev temperature uporabimo spoj dveh različnih prevodnikov. Nastane razlika napetosti med merilnim koncem in primerjalno točko, ki je točka z znano temperaturo, rečemo ji hladen konec. Termočlen je merilnik temperature razlike med vročim in hladnim koncem.
- Slovensko poimenovanje: termopar, termočlen, termoelement
- „Za izdelavo termočlena uporabimo termoapar in dobimo termoelement“ (razlaga AL)
- SIST EN 60584-1\_2014, SIST EN 60584-3\_2008
- razredi točnosti: 1, 2, 3 ( $\pm 1,5$ ;  $\pm 2,5$ ;  $\pm 4$ )
- v primerjavi z RTD:
  - uporaba za nižje in višje temperature (-270 ... 1750 °C)
  - enostavnost, dosegljivost, hiter odziv
  - **slabša točnost, slabša stabilnost**
- pogosti predstavniki: S tip (Pt10RhPt), K tip (NiCr-Ni), J tip (Fe-CuNi), T tip (Cu-CuNi), N (NiCrSi-NiSi)
- enojni, dvojni termoelementi ali več
- **obvezna kompenzirana povezava (kabli, konektorji, sponke)**
- **nujno je preprečevanje oksidacije elementa (ustrezna zaščita)**

































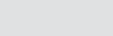


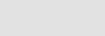
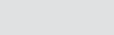
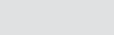


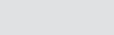
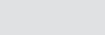






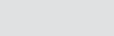
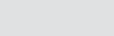

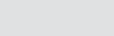
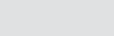
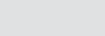








# KLASIFIKACIJA

*vir: Wikipedija*

The table below describes properties of several different thermocouple types. Within the tolerance columns,  $T$  represents the temperature of the hot junction, in degrees Celsius. For example, a thermocouple with a tolerance of  $\pm 0.0025 \times T$  would have a tolerance of  $\pm 2.5$  °C at 1000 °C.

Type	Temperature range (°C)				Tolerance class (°C)		Color code		
	Continuous		Short-term		One	Two	IEC <sup>[30]</sup>	BS	ANSI
	Low	High	Low	High					
K	0	+1100	-180	+1370	-40 – 375: $\pm 1.5$ 375 – 1000: $\pm 0.004 \times T$	-40 – 333: $\pm 2.5$ 333 – 1200: $\pm 0.0075 \times T$			
J	0	+750	-180	+800	-40 – 375: $\pm 1.5$ 375 – 750: $\pm 0.004 \times T$	-40 – 333: $\pm 2.5$ 333 – 750: $\pm 0.0075 \times T$			
N	0	+1100	-270	+1300	-40 – 375: $\pm 1.5$ 375 – 1000: $\pm 0.004 \times T$	-40 – 333: $\pm 2.5$ 333 – 1200: $\pm 0.0075 \times T$			
R	0	+1600	-50	+1700	0 – 1100: $\pm 1.0$ 1100 – 1600: $\pm 0.003 \times (T - 767)$	0 – 600: $\pm 1.5$ 600 – 1600: $\pm 0.0025 \times T$			Not defined
S	0	+1600	-50	+1750	0 – 1100: $\pm 1.0$ 1100 – 1600: $\pm 0.003 \times (T - 767)$	0 – 600: $\pm 1.5$ 600 – 1600: $\pm 0.0025 \times T$			Not defined
B	+200	+1700	0	+1820	Not available	600 – 1700: $\pm 0.0025 \times T$	No standard	No standard	Not defined
T	-185	+300	-250	+400	-40 – 125: $\pm 0.5$ 125 – 350: $\pm 0.004 \times T$	-40 – 133: $\pm 1.0$ 133 – 350: $\pm 0.0075 \times T$			
E	0	+800	-40	+900	-40 – 375: $\pm 1.5$ 375 – 800: $\pm 0.004 \times T$	-40 – 333: $\pm 2.5$ 333 – 900: $\pm 0.0075 \times T$			
Chromel/AuFe	-272	+300	N/A	N/A	Reproducibility 0.2% of the voltage. Each sensor needs individual calibration.				

ELPRO TERMEOELEMENT									
Tip	+ pol	- pol		Internacionalni IEC 584-3	Internacionalni IEC 584-3 za lastno varne naprave (EX)	Nemški DIN 43710*	ZDA ANSI MC96.1	Velika Britanija BS 1843	Francija NF C 42-324
<b>K</b>	NiCr	Ni	KX* -25 ... +200°C						
<b>J</b>	Fe	CuNi	JX -25 ... +200°C						
<b>R/S</b>	Pt10Rh Pt13Rh	Pt Pt	RC/SC 0 ... +200°C						
<b>T</b>	Cu	CuNi	TX -25 ... +100°C						
<b>N</b>	NiCrSi	NiSi	NC -25 ... +200°C						
<b>B</b>	Pt30Rh	Pt6Rh	BC 0 ... +200°C						
<b>E</b>	NiCr	CuNi	EX -25 ... +200°C						
<b>L*</b>	Fe	CuNi	LX 0 ... +200°C						
<b>U*</b>	Cu	CuNi	UX 0 ... +100°C						

\*neuradni simboli ali standardi ( umaknjeni standardi )

Podani tipi so kratice. Ob kratici se uporablja dopolnilo C za kompenzacijski kabel ( npr. NC je kompenzacijski kabel za tip N ) ali dopolnilo X za termo kabel ( npr. KX je termokabel za tip K ). Znotraj standarda se ponekod -X ali -C izvedbe barvno razlikujejo.



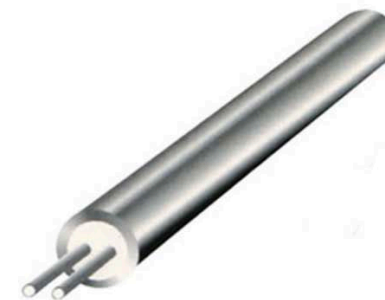
# TC žični

- izolirani žici termopara (**polni žici**)
- neizolirana ali izolirana izvedba termoelementa
- **klasa 1: -25 ... 200 °C** (odvisno od izolacije)
- **hitra odzivnost**
- enostavnost ???
- obvezno varjenje brez dodajanja materiala (laser)
- obvezna zaščita pred oksidacijo (uporabnik?)
- **POZOR: pogoste laične poenostavitve!**
- pogosta uporaba: prenosna oprema, kalibracijski nameni, testiranja
- najpogostejša predstavnika: tipa K in T



# TC oplaščeni

- **žici termopara v MgO izolaciji in v gibljivem jeklenem plašču**
- poimenovanje: mineralno izolirani (mineral isolated)
- različne kvalitete plaščev (**Inconel**, 1.4571, Nicrobel ...)
- premeri od 0,25 do 8 mm (**1,5; 3,0; 4,5; 6,0**)
- izvedba termočlena: v stiku ali **izolirana** od ohišja
- **klasa 1**, klasa 2
- **odlična vzdržljivost, upogljivost**, vsestranskost
- **zahtevna proizvodnja**, kvaliteta proizvajalcev zelo niha (izredna higroskopičnost materialov – nehomogenost materiala)
- **široka merilna območja: -200 ... 1150 °C** (odvisna od TC, plašča)
- relativno dobra stabilnost, če je izdelava ustrezna
- **pogosta uporaba: peči, komore, oprema, prenosno, grelni elementi, orodja ...**
- najpogostejši predstavniki: tipi K, N, J, T

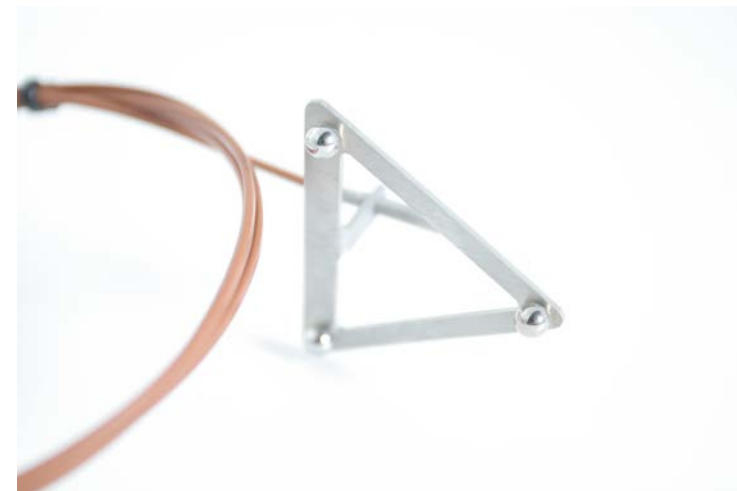


# TC za težje pogoje dela

- **termočlen izolirani v keramičnih in kovinskih ceveh**
- poimenovanje: ravni, kotni, platinasti, ON SITE, visokotemperaturni
- različne kvalitete keramičnih in kovinskih zaščitnih cevi
- premeri od 7 do 50 mm (15-22 mm)
- izvedba: izolirana
- **odlična temperaturna vzdržljivost, vsestranskost**
- zahtevna proizvodnja, kvaliteta materialov zelo niha
- merilna območja: 600 ... 1750 °C (odvisna od TC, cevi)
- dobra stabilnost, če je izdelava ustrezna
- pogosta uporaba: **visokotemperaturne peči, sežigalnice ...**
- najpogostejši predstavniki: tipi **S**, R, K, N



TC  
raznolikost



## DEFINICIJA TEMPERATURNEGA TIPALA

EN 60751

PRT = platinum resistance thermometer

Temperature responsive device consisting of one or more sensing platinum resistors within a protective sheath, internal connecting wires and external terminals to permit connection of electrical measurement instruments. Mounting means and connection heads may be included. Not included is any separable protection tube or thermowell.

definicija ELPRO Lepenik:

**Temperaturna tipala** so izdelki z vgrajenimi ali izvedenimi *senzorji temperature*. Senzorji temperature zaznajo spremembo temperature pretvarjajo v upornost ali napetost, zato jim rečemo tudi temperaturna zaznavala. Merilniki, ki so lahko del temperaturnih tipal ali pa so samostojni, nam to vrednost prikažejo kot temperaturo.

# TEMPERATURNA TIPALA

Ko senzor temperature ožičimo, priključimo in oblečemo v zaščitno ohišje dobimo temperaturno tipalo. S tem posegom omogočimo pravilno delovanje senzorja, pričakovano življenjsko dobo, stabilnost, točnost, standardiziranost, povezljivost.

To lahko naredimo na veliko načinov, zato rečemo, da so **temperaturna tipala narejena po meri naročnika**. Lahko so enostavna, standardna, precizna, referenčna, ON SITE, kalibracijska, prenosna, vtična, objemna, potopna, hitro odzivna, počasi odzivna, eno ali več kanalna, z merilnimi vložki ali brez, s pretvorniki ali brez, s priključno glavo, s priključnim kablom, s konektorjem tem in onim, namenska, letalska, OEM, industrijska, economy, s certifikatom ...

Z vgradnjo ali povezovanjem z merilnimi pretvorniki, senzorjem omogočimo delovanje v analognih in digitalnih zankah sistemov avtomatizacije in digitalizacije.

**Vse se začne in konča pri senzorju!**



ČE JE ŠE ČAS?

ZMOTE in  
RESNICE O  
TOČNOSTI  
SENZORJEV

Senzor meri temperaturo samega sebe, zato moramo dovoliti, da se temperatura senzorja in temperatura medija čim bolj izenačita.

Ni vsak senzor uporaben za vse, čeprav temperaturno ustreza.

Upoštevati moramo vpliv vgradnje in okolice.

Uporabiti moramo ustrezne povezovalne kable in upoštevati njihov vpliv.

Poznati moramo delovne in mejne vrednosti senzorjev in vseh uporabljenih materialov, da lahko definiramo vrednosti temperaturnih tipal.

Od izvedbe in kvalitete izdelave je odvisno kako hitro se bodo temperature izravnale (prehod toplote!).

Ne samo senzor, pomemben je proizvodni postopek, oprema s katero delamo da NE onesnažimo senzorja in povezave, polnila ali ne polnila (zrak!), izolacijski materiali, spojni elementi, čistoča prostora in izvajalca ...

Kako se izvaja primerjava, s čim, kdo?

Kalibracija ali akreditirana kalibracija? **AKREDITACIJA = ZAUPANJE**

# KONTAKT

- ELPRO Lepenik & Co. d.o.o.
- [www.elpro.si](http://www.elpro.si)
- [info@elpro.si](mailto:info@elpro.si)
  
- Aleksandra LEPENIK
- 031 663 808
- [aleksandra@elpro.si](mailto:aleksandra@elpro.si)

**HVALA, z veseljem sem delila z vami naše znanje in izkušnje 😊**