

# STOP EXTRA

PENTRONIC

Pentronic AB, 590 93 Gunnebo, telefon 0490-25 85 00, fax 0490-237 66, internet www.pentronic.se, e-post info@pentronic.se

## Ångdrivna autoklaver bakar extrema segelbåtar och flygplan



Per Wärn framför den 35 meter långa autoklaven. Jämn temperatur över hela sträckan garanteras av ånga och noggrann temperaturmätning med Pt 100-givare. Eftersom industriautoklavens atmosfär värms av ånga via värmeväxlare - ångrören är försedda med flänsar - behöver givarna med kablage inte vara ångbeständiga som t ex vid sterilisering.

### Kunskaper om värmeöverföring kan leda till oväntade lösningar.

För Marström Composite i Västervik ledde det till en ångmaskin som producerar värme till två autoklaver för tillverkning av avancerade produkter i kompositmaterial.

Marström Composite grundades för snart 25 år sedan av Göran Marström, olympisk bronsmedaljör i Tornadosegling, och båtbyggaren Per Wärn. Tillsammans tänkte de skapa den optimala katamaranen i kompositmaterial.

– På den tiden var det här militär spets-teknik. Det fanns ingen att fråga och vi var tvungna att lära oss av våra egna misstag, säger Pär som idag är vd för ett företag med ett 50-tal anställda.

Viss hjälp fick de från Saabs flygdivision i Linköping, som även ställde upp med tid i superdator. Företagets första produkt, seglingskatamaranen Tornado som är olympisk tävlingsklass, kunde därför ritas i CAD. Vid den tiden var det rymdteknologi.

### Ånga ger precision

Göran Marström konstruerade och byggde själv två autoklaver, den längsta 35 meter lång för tillverkning av master. Båda är fortfarande i produktion och fungerar mycket bra tack vare unika konstruktionslösningar.

Normalt värms autoklaver med el, en

värmekälla som är svår att hantera i långa autoklaver. Lösningen blev att använda ånga. Det låter som om medeltiden möter dataåldern, men har stora fördelar.

– Ånga lagrar energi mycket bättre än luft. Vi kommer snabbare upp i temperatur och får jämnare värme, förklarar Per.

Temperaturen är en kritisk faktor. Processen påminner om bakning där kompositmaterialet härdas vid 125 °C i upp till nio atmosfärers tryck. För låg temperatur ger dålig härdning, för hög gör att verktyg och material expanderar olika med sprickor som följd. Temperaturen mäts med Pt 100-givare placerade med jämna mellanrum i verktygen och i autoklavens vägg.



Kolfiberkomposit är ett starkt och lätt material som tillåter avancerade former. Den här propellern och motorgondolen sitter på motorsegelaren Windex som är ett ensigt flygplan.

### Starkt och lätt


Resultatet av den här processen är produkter med imponerande egenskaper. Låg vikt kombineras med extrem styrka. Ett bland många exempel är Marströms A-katamaran. Den 5,5 meter långa segelbåten har en nio meter hög mast. Fullt utrustad väger den inte mer än 75 kg.

Marströms tillverkar flera olika katamaraner. Företaget är ensam tillverkare i världen av Tornado. Det största fartyget i produktion är en 40-fots trimaran som är kapabel att seglas i 38 knop.

Marström tillverkar även ett litet flygplan, motorsegelaren Windex. Den smäckra skapelsen har en toppfart på 300 km/h och tål belastningar upp till 9 g.

Allt fler industriella produkter tillverkas av kompositmaterial. Ett exempel är kamerahuset på polishelikoptrarna som ska tåla mycket stryk utan att tillföra för mycket vikt. Marström tillverkar även högtalarlådor och urstarka fiskesjön för troling i USA.

I takt med att kraven ökar på snabbare flöden i produktion, blir det också intressant med t ex robotarmar och valsar i kompositmaterial. Om tillverkaren har bra koll på temperatur och tryck i autoklaven så blir resultatet lättare utrustning, som tål höga hastigheter med stor belastning.

Marström Composite har bättre koll än de flesta, tack vare ånga och noggrann temperaturmätning. 



Olympiamedaljören Göran Marström seglar sin enmans A-cat byggd i kolfiber och som endast väger 75 kg tävlingsklar.

## Förbrännings-temperatur

I bilagan visar Pentronic två sätt att mäta gastemperaturen i t ex pannor för avfall. Man kan antingen välja traditionell teknik med termoelement tillverkade för pannmiljön eller välja att mäta med IR-pyrometrar som anpassats för att enbart mäta gastemperaturen genom siktglas.

# Skalan bestämmer graderna

Det är inte bara Celsius, Fahrenheit och Kelvin som skapat egna temperaturskalar genom åren. Flera andra har försökt lansera egna skalar.

Bäst av "uppstickarna" lyckades René de Réaumur. Hans skala användes länge i Frankrike, men blev utkonkurrerad av celsius-skalan och i förlängningen av kelvin, som är en av grundbultarna i det internationella SI-systemet.

Reaumurskalan är jämnårig med Celsius skala och fastställdes 1731. Han bestämde vattnets fryspunkt till 0°Ré och dess kokpunkt till 80°Ré.

Den skotske ingenjören William Rankine presenterade sin egen temperaturskala 1859. Den bygger på samma princip som kelvinskalan, den absoluta nollpunkten är 0. Rankine

ansåg att Fahrenheit skalindelning skulle gälla, medan lord Kelvin valde skalan som den svenske fysikern Celsius utvecklade i början av 1700-talet.

Andra temperaturskalar som med tiden försvunnit är Delisle, Newton och Rømer, den sistnämnda skapad av den danske vetenskapsmannen Ole Rømer.

Vattnets kokpunkt beskrivs så här i de olika skalorna.

Kelvin: 373,15 K. Celsius: 100°C, Fahrenheit: 212°F, Rankine: 671,67°Ra, Delisle: 0°De, Newton: 36,53°N, Reaumur: 80°Ré. Rømer: 60°Rø.

Idag är det naturligt att använda celsius-skalan (centigrade) och mera vetenskapligt kelvinskalan för att ange temperatur. Fahrenheit-skalan har trängts undan men lever ännu kvar i exempelvis USA och Storbritannien.



Trippelpunkten för vatten (0,01°C) är den fundamentala fixpunkten i temperaturskalan ITS-90 som definierar enheterna 1 °C och 1 K som är lika stora. Temperaturskalans nollpunkt (0 K alltså -273,15 °C) går ej att realisera fullt ut. Världsrymdens bakgrundsstrålning är mycket låg och uppgår till ett par grader K.

Sedan millennieskiftet är det bara Tyskland kvar som har standardiserade skydds-rörformer för temperaturgivare till stora processledningar och tankar.

I övriga Europa är normen skrotad och Tyskland har i sin nya nationella norm, DIN 43772, ändrat nomenklatur och annat. Att Pentronic ännu har kvar skydds-rörbenämningar från den utgångna normen DIN 43763 beror på att

## DIN-norm svår att glömma

de lever kvar hos processkunderna.

Att övriga Europa valt att stå över, har en mätteknisk förklaring. Skydds-rör och givare måste anpassas till mätuppgiften för att mäta optimalt. Det är något Pentronic har förfäktat i alla år. Alternativet är att anpassa mätuppgiften till standarden.

Men eftersom många processer är byggda efter DIN, fortsätter Pentronic att tillverka normerade givare, både efter den gamla och nya standarden. Vill du ha "DIN form D1", så levererar Pentronic det, även om benämningen inte ens finns kvar i Tyskland.

## Det nya saltbadet halverar mätosäkerheten

Nu är det nya saltbadet hos Pentronics kalibreringslaboratorium insynat och klart för externa kalibreringsuppdrag under ackreditering.

Swedac har godkänt en total mätosäkerhet på ±0,02 °C för temperaturintervallet 200 °C till 550 °C. Det innebär en halvering upp till 400 °C och fem gånger bättre än tidigare mellan 400 och 550 °C.

- Det är svårt att komma lägre i



Det nya saltbadet är insynat med en total mätosäkerhet för hela systemet på ± 0,02 °C i temperaturer mellan 200 och 550 °C.

mätosäkerhet vid jämförelsekalibrering i dessa temperaturer, säger laboratoriets chef Lars Grönlund.

Det pågår ett arbete inom Euromet för att bestämma CMC-värden (Calibration and Measurement Capability). Dessa värden ska fungera som riktlinjer för ackrediteringsgränser. Vill man ha ackrediteringsgränser under dessa riktlinjer så kommer det att krävas en mer vetenskaplig undersökning och jämförelser på en högre nivå. CMC-värdet för temperaturnivå 550 °C ligger för närvarande på ±0,0185 °C, alltså endast 0,0015 °C lägre än Pentronics nya ackrediteringsgräns. Saltet

smälter vid 190 °C och fungerar som en vätska i högre temperaturer. Det ger bästa tänkbara termiska kontakt, vilket gör det möjligt att kalibrera givare från 250 mm längd och max diameter 6 mm inom ±0,02 °C mätosäkerhet. Tullar man på längdkravet ökar mätosäkerheten, som då bedöms från fall till fall.

Salt är frätande varför metoden inte lämpar sig för alla givare. Därför har Pentronics laboratorium även andra typer av bad. I det aktuella området är alternativet ett fluidiserande bad med något större mätosäkerhet.



0076  
ISO/IEC 17025

### Mätosäkerheter vid jämförelsekalibrering gällande fr o m 2006-04-18

Mätobjekt	Mätområde °C	Mätosäkerhet °C
<b>Resistanstermometer</b> Jämförelsekalibrering	-80 - 200	± 0,015
	200 - 550	± 0,02
	550 - 650	± 0,1
<b>Indikerande eller registrerande instrument med givare</b> Jämförelsekalibrering	-80 - 200	± 0,015
	200 - 550	± 0,02
	550 - 650	± 0,1
	650 - 1100	± 0,7
	1100 - 1200	± 2

Tabellen visar utdrag ur de av Pentronics ackrediteringsområden där saltbadet reducerar mätosäkerheten.

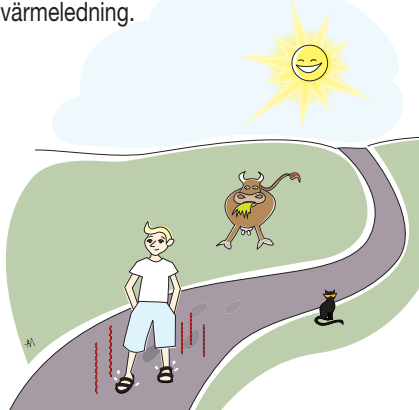
# Hur värmer solgasset?

**FRÅGA:** När jag går på en asfalterad väg under sommaren är det ibland så varmt att det bränner under fötterna. Hur varmt blir det egentligen i solen?

Joel L

**SVAR:** För att kunna besvara frågan hur varmt det blir måste man först bestämma sig för vilket föremål som solen strålar på. Man måste också veta hur stark solstrålningen är när den når marken. Vidare måste man känna till föremålets och omgivningens termiska egenskaper m m.

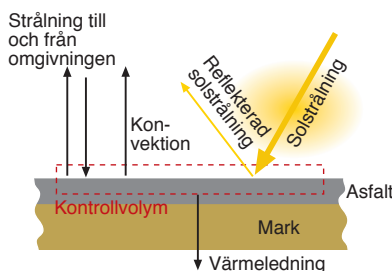
En het sommardag kan strålningen från solen vara 600 – 800 W/m<sup>2</sup>, när den når marken. En del av denna strålning reflekteras och resten tillförs asfalten. Asfalten avger värme till omgivningen genom strålning men tillförs också värme från omgivningen genom strålning. Den omgivande luften tillförs värme från asfalten genom konvektion. Värme transporteras också ner i marken genom värmeledning.



Att promenera på asfalt är inte problemfritt, särskilt en het sommardag.

De frågor som vi tar upp här skall ha allmänt mättekniskt och/eller värmetekniskt intresse.

**FRÅGA?  
SVAR!**



Den av solen uppvärmda asfalten avger i sin tur värme till luft och mark. En värmebalans ekvation ringar in ytans temperatur som kan uppgå till närmare 70 °C en het sommardag.

Strålningen till/från omgivningen påverkas av temperaturerna och asfaltens emissionskoefficient. Den konvektiva värmetransporten påverkas av luftens och markytans temperatur, vindhastigheten, luftens termiska egenskaper mm. Om det är vindstilla sker värmetransporten genom naturlig konvektion och om det blåser blir det påtvingad konvektion. Värmeledningen ner i marken beror av temperaturen i marken, asfaltens tjocklek och termiska egenskaper samt den underliggande markens egenskaper.

Om man ställer upp en värmebalans för asfalten kan man bestämma temperaturen på ytan. Man måste då ta hänsyn till solens netto instrålning, värmeutbytet med omgivningen genom strålning och konvektion, värmeledningen ner i marken samt fukttransport m m. En het sommardag kan temperaturen på asfaltens yta mycket väl ligga i området 50 - 80 °C. Detta innebär att man bränner sig om man går barfota eller har skor med mycket tunna sulor.

Har du synpunkter eller frågor kontakta professor Dan Loyd, LiTH, på e-post: [danlo@ikp.liu.se](mailto:danlo@ikp.liu.se)

## Alla tekniska artiklar finns i arkivet på nätet

Teknikartiklarna här i StoPextra är uppskattade och många sparar dem för senare användning. Men knappt någon torde ha sparat på allt som skrivits genom åren.

– Vi får ofta frågor om gamla artiklar som kunder minns, men som har förkommit. Därför har vi lagt upp alla teknikartiklar sedan 10 år i ett arkiv på Internet, säger Hans Wenegård på Pentronic.

Arkivet hittar du enkelt genom att gå in på [www.pentronic.se](http://www.pentronic.se). Klicka på länken "Kundtidningen StoPextra" i sidomenyn. På nästa sida ser du en symbol med texten "Register över StoPextras teknikartiklar".

Får vi slå oss själva för bröstet så är det här en guldgruva för den som vill veta mer om temperatur, både för studenter och yrkesverksamma. Här finns mer än 100 tekniska artiklar organiserade efter innehåll.

Värt att framhålla är en repetitionskurs i tio avsnitt om värmeöverföring, skriven av professor Dan Loyd vid Linköpings tekniska högskola. Värmeöverföring är grunden för all temperaturmätning och Dan Loyd har tagit ned teorierna på en begriplig och praktisk nivå. Kursen rekommenderas varmt (och den är gratis).

Kursen följs upp med ett antal praktiska exempel på värmeöverföring. Här finns både de mer humoristiska exemplen, som varför utspädda drinkar blir kallare, till handfasta råd som hur isoleringen kan förbättras.

Andra ämnen som behandlas i arkivets artiklar är installation av givare, termoelement och Pt 100, instrument och transmittorer, IR-pyrometri samt spårbarhet och mätosäkerhet.

Besök artikelarkivet och upptäck en guldgruva.

## PRODUKT-NYTT

Årets produktnyheter är samlade på [www.pentronic.se](http://www.pentronic.se)

### Fiberoptik för högspänning och mikro vågor

Luxtron lanserar en ny fiberoptisk handhållen termometer kallad Luxtron One. Mätområdet är -10 till 200 °C. Den är idealisk i miljöer som exempelvis innehåller elektromagnetiska störningar, högfrequensugnar, radiosignaler, mikro vågor, eller för mätning i direkt kontakt med elektriska och magnetiska högspänningsfält där metalliska termometrar inte kan användas.

Den medföljande fiberoptiska givaren är två meter lång, inkapslad i PFA (fluoropolymer) och helt metallfri och kan med fördel användas i korrosiva kemiska miljöer inklusive explosionsfarliga zoner.

Termometern har en mätkanal och levereras kalibrerad i 100 °C med spårbarhet till NIST.



### IR-pyrometer med minimät-huvud

Heitronics MTS05 är en ny miniaturiserad IR-pyrometer för inbyggd t ex i trånga utrymmen. Den är avsedd för allmänna mätningar inom -40 till 700 °C. Mätlyta ned till Ø 2 mm är möjlig. Kylluftsmantel finns för hög omgivningstemperatur. Huvudets dimensioner är Ø 15 x 28 mm och flexibel fästansordning medföljer.

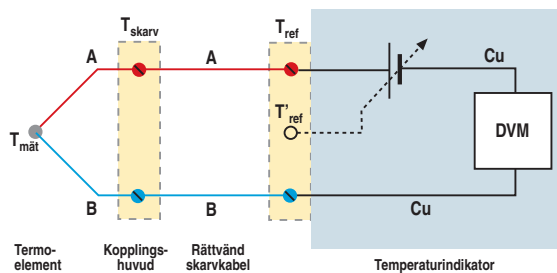
Tillhörande elektronikenhet visar mätvärdet på belyst LCD-display. Utsignal finns i form av analog 4-20 mA signal eller motsvarande termoelement typ K eller J för enkel ersättning av befintliga termoelement.



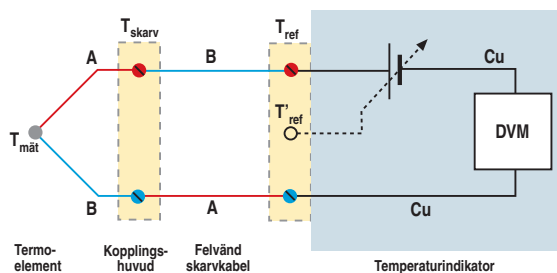
# Farligt att polvända kablage till ugnsgregulator

Det finns mättekniker som fått erfara att dubbelt polvända kablage mellan termoelement och ugnsgregulator kan innebära katastrof i högre temperaturer. Här följer en förklaring till förutsättningar och verkan samt vilka förebyggande åtgärder man kan vidta.

En korrekt kopplad mätkrets ses i figur 1. Ett termoelement kopplas med anslutningsledning från plinten i sitt kopplingshuvud till givaringången på instrumentets terminaler. Eftersom digitalvoltmetern, DVM, känner skillnadsspänningen mellan termoelementets mätpunkt,  $T_{mät}$  och anslutningsterminalen på instrumentet,  $T_{ref}$  som normalt är rumstemperatur, måste man lägga till spänningen mellan rumstemperatur och noll för att visningen ska kunna översättas till grader celsius. Därför mäter instrumentet upp terminalens temperatur  $T_{ref}$  och adderar motsvarande spänning till mätresultatet. Förr gjordes det med en styrd spänning, därav batterisymbolen. Idag finns räknekapacitet.



Figur 1. Korrekt installation av anslutnings- eller kompensationsledning för termoelementet A/B.



Figur 2. Felaktig koppling med skarvkablage polvänt i båda ändar B/A.

Spänningen E i DVM är summan av termerna i ekvation (1). Här har vi förutsatt att skarvkablage har samma känslighet,  $S_{AB}$ , som termoelementet och instrumentets kompensering för "kalla lödstället",  $T_{ref}$

$$E_{DVM} = S_{AB} (T_{mät} - T_{skarv}) + S_{AB} (T_{skarv} - T_{ref}) + S_{AB} (T_{ref} - 0) \quad (1)$$

$$E_{DVM} = S_{AB} T_{mät} \text{ som ger } T_{mät} = E_{DVM} / S_{AB} \quad (2)$$

## Dubbel polvändning

På grund av att färgmärkning av skarvkablage ursprungligen har standardiserats i olika länder förekommer en uppsjö färgkoder. Se figur 3. Exempelvis har DIN normerat kabel typ K grön med röd som positiv ledare medan amerikanerna valt röd som negativ ledare. För den oinvidige är det lätt att göra fel.

Vid dubbel polvändning uppstår följande fall. Se figur 2. Ekvation (1) ger:

$$E_{DVM} = S_{AB} (T_{mät} - T_{skarv}) + S_{BA} (T_{skarv} - T_{ref}) + S_{AB} (T_{ref} - 0) \quad (3)$$

Känsligheten - relativa seebeckkoefficienten - för kabeln "polvänds" också till  $S_{BA}$ , se (3), vilket försvårar en enkel övergång till en ekvation av typen (2). Egentligen är  $S_{BA}$  det samma som skillnaden mellan de absoluta seebeckkoefficienterna för ledarna B och A. Man kan därför skriva om uttrycket:

$$S_{BA} = S_B - S_A = -(S_A - S_B) = -S_{AB} \quad (4)$$

(4) insatt i ekvation (3) ger

$$E_{DVM} = S_{AB} (T_{mät} - T_{skarv}) - S_{AB} (T_{skarv} - T_{ref}) + S_{AB} (T_{ref} - 0)$$

$$E_{DVM} = S_{AB} [T_{mät} - 2(T_{skarv} - T_{ref})] \quad (5)$$

Resultatet (5) betyder att man vid dubbel polvändning av skarvkablage mäter mätpunktens temperatur minskad med dubbla skillnaden mellan temperaturerna i kopplingshuvudet och referenspunkten. Skulle  $T_{skarv} = T_{ref}$  återfår vi resultatet i ekvation (2) men det är inte sannolikt vid höga ugnstemperaturer.

## Ugnshaveri

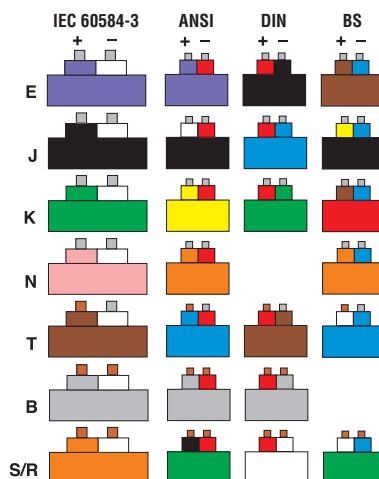
I reglersituationen kan detta bli farligt. Antag att vi vill reglera en ugn vid 1000 °C, kopplingshuvudet håller 60 °C

på grund av avledd värme och referenstemperaturen vid regulatorm är 25 °C. Dessa värden insatta i (5) ger ärvärdestemperatur 1000 - 70 = 930 °C. Regulatorm strävar att hålla ärvärde och börvärde lika och ökar här effekten så att givaren levererar motsvarande 1000 + 70 = 1070 °C medan är- och börvärdena visar 1000 °C. Ett felkopplat separat larm luras på samma sätt. I höga temperaturer är marginalerna små och både gods och ugnsdetaljer kan smälta vid dubbel polvändning av termoelementkablagen.

## Förebygg polvändning

- Använd bara kablage från en färgkodsstandard, normalt IEC 60584-3.
- Montera givaren så att kopplingshuvudet värms så lite som möjligt.

Man kan också kontrollera vid installationen genom att först montera givarkabeln i regulatoränden och därefter kortsluta trådarna i andra änden och värma denna. Om ärvärdet ökar är det rätt monterat. Därefter monterar man kabeln i kopplingshuvudet och värmer givarspetsen. Ärvärdet ska då öka som bevis på korrekt montage.



Figur 3. IEC's internationella färgkoder samt ANSI's (USA), DIN (Tyskland) och BS (Storbritannien) har ersatts av IEC.

Synpunkter och frågor är välkomna till: [hans.wenegard@pentronic.se](mailto:hans.wenegard@pentronic.se)

### Kursen Spårbar temperurmätning 1

Kryssa i anmälan till önskad kurs.

- 20-21 sept 2006
- 18-19 okt 2006
- 15-16 nov 2006

### Kursen Spårbar temperurmätning 2

- 21-23 nov 2006

Namn .....

Företag .....

Adress .....

Postnr ..... Ort .....

Telefon ..... Fax .....

E-post .....

### Jag vill ha mer information om:

- Fiberoptisk handtermometer
- IR-pyrometer med minisensor
- Termoelementtråd och kontakter
- Kalibreringstjänster

### Jag vill ha:

- Gratis prenumeration av StoPextra
- Ring mig om företagsförlagd kurs



590 93 Gunnebo  
Fax. 0490-237 66, Tel. 0490-25 85 00  
E-mail: [info@pentronic.se](mailto:info@pentronic.se)

[www.pentronic.se/svar](http://www.pentronic.se/svar)

StoPextra 3-2006

