



## Hur varmt blir det med en elektrod i hjärnan?



– Det var viktigt att fastställa att ändringar i omgivande temperatur inte påverkade funktionen, förklarar Nina Sundström och Markus Lindkvist, här vid den likvordynamikanalysator som de varit med om att utveckla.

**Temperaturens indirekta effekter blir allt viktigare för en av landets större forsknings- och utvecklingsenheter inom medicinsk teknik.**

**– Vi måste veta hur temperaturen påverkar andra parametrar, säger Markus Lindkvist på Norrlands universitetssjukhus i Umeå.**

Universitetssjukhuset har en forsknings- och utvecklingsenhet med 26 anställda. Verksamheten spänner från mindre konsultuppdrag till utveckling av utrustning för nya behandlingar. Markus Lindkvist ger ett exempel på ett konsultuppdrag.

– I ambulanserna finns elektriska filter för patienten. Vi fick frågan om hur man mäter temperaturen på rätt sätt, för att veta om filtarna gör nytta.

I andra änden av skalan finns företaget Likvor AB, en avknoppning från ett utvecklingsprojekt som startade redan på 1960-talet. Resultatet är en så kallad likvordynamikanalysator.

Maskinen mäter och manipulerar tryck och flöde i ryggmärgskanalen. Temperaturen är ingen kritisk parameter för själva behandlingen, men däremot hade den stor betydelse under utvecklingen.

– Vi måste säkerställa att skiftande temperatur inte påverkar funktionen, förklarar Nina Sundström, projektledare för mjukvaran i sista versionen före kommersialiseringen.

### Teknik från spelvärlden

Temperaturen har en liknande roll i ny utrustning för medicinsk rörelseanalys. Ett typfall är whiplashskador där rörelsemönstret är en del av diagnosen. Idag krävs särskilda lokaler och dyrbar specialutrustning.

Tack vare utvecklingen av smarta mobiltelefoner och spelkonsoler finns numera accelerometrar och gyron med hög precision till lågt pris. Dessa kan användas för att mäta patientens rörelsemönster på hemmaplan. I Umeå utvecklas små enheter som patienten har på sig i vardagen.

– Utrustningen måste fungera i vinterkyla och mitt i sommaren, säger Markus Lindkvist och skämtar om att det även kan bli bastubad.

Det finns bara ett sätt att ta reda på hur rörelsemätarna fungerar i olika temperaturen och det är att mäta.

### Värme från magnetröntgen

Det tredje exemplet på temperaturens indirekta betydelse är elektrisk stimulering av hjärnan, deep brain stimulation. Vissa neurologiska sjukdomar gör att patienten skakar och darrar. Skakningarna kan dämpas genom att en elektrod opereras in i hjärnan och kopplas till en styrenhet. I princip är det en pacemaker för hjärnan.

Det finns en potentiell fara med behandlingen. Om patienten undersöks med magnetröntgen (MRI) är risken att elektroden värms

upp på grund av magnetfältet. Värmen kan i sin tur orsaka vävnadsskador.

Forsknings- och utvecklingsenheten fick uppdraget att utreda vad som händer. En torso med huvud tillverkades av en gel som efterliknar människokroppen. I huvudet monterades elektroden och "patienten" magnetröntgades. Samtidigt mättes temperaturen med fiberoptiska temperaturgivare från Luxtron och Pentronic.

– Fiberoptiska givare vare sig stör eller blir störda av magnetfältet, förklarar Markus Lindkvist.


Slutsatsen blev att temperaturhöjningen i hjärnan runt elektroden är marginell.

### Spårbarhet för DNA

I andra utvecklingsprojekt har temperaturen mer direkt betydelse, bland annat i ett pågående projekt för spårbar kalibrering av utrustning för duplicering av DNA-kedjor. Tidigare gjordes dupliceringen med olika enzymer. Idag sker den genom att temperaturen cyklas enligt ett visst mönster från rumstemperatur till 95°C. Det här är ett typexempel på vikten av kalibrering. Det viktiga är den verkliga temperaturen, inte vad mätutrustningen visar.

Forsknings- och utvecklingsenheten har utvecklat ett system för kalibrering. Själva mätningen görs med ett antal fjäderbelastade termoelement som placeras i brunnarna för provrören med DNA.

– Pt100-givare var inte tillräckligt snabba. Vi kontaktade Pentronic och fick rådet att använda tunna termoelement för att få ned svarstiden och inte belasta mätobjektet mer än nödvändigt, förklarar Markus Lindkvist.

Det är inte bara inom medicinsk teknik som temperaturens direkta och indirekta betydelse ökar. Utvecklingen är densamma inom många andra områden. 

swerea | MEFOS



**SCANMET IV**

**Luleå**

**11-12/6**

Pentronic visar temperaturmätutrustning avsedd för järn- och stålindustrin.

## Kompetent instrument för kalibrering i fält

**Thermys 150 är ett nytt instrument med egenskaper på gränsen till laboratorieprestanda. Den är utvecklad för fältmässig kalibrering och kan styra både blockkalibratorer och kalibreringsbad.**


Instrumentet kommer från den franska tillverkaren AOIP, än så länge ovanlig i Sverige men i övriga Europa känd för hög kvalitet och innovativa lösningar. Svensk representant är Pentronic.

Thermys 150 är en indikator med två ingångar för termoelement och resistanstermometrar. En av ingångarna fungerar även som utgång. Den simulerar signaler från båda givartyperna för kontroll av transmittar och instrument. Dubbla kanaler gör det även möjligt att testa givare under drift, så kallad in-situ-kalibrering.

Den största skillnaden mellan Thermys och andra instrument är dess kommunikativa egenskaper. Den kopplas till datorn via USB och har en seriell port för att med en adapter styra kalibreringsutrustning. Thermys passar ihop med Isotechs blockkalibratorer, bad och ugnar, från -100 till +1200° C.

Konstruktionen öppnar vägen för en intressant arbetsgång. Hela proceduren för kalibreringen kan skrivas i datorn i den medföljande mjukvaran Datacal och laddas över till instrumentet. Arbetsmomenten skrivs sedan ut på instrumentets skärm. Det kan t ex vara vilka givare som ska kontrolleras och i vilken ordning det ska göras. Samtidigt loggas mätningarna och kan sedan laddas över till datorn.

Det går även att skriva program som körs av instrumentet och i sin tur styr kalibrator eller värmekälla, samtidigt som instrumentet mäter och loggar temperaturen från provgivare och referensgivare.

Thermys 150 är ett smidigt handinstrument för fältmässig användning och drivs av ett laddningsbart batteri eller nätadapter. Prestanda överträffar de flesta handhållna instrument, i synnerhet i kombination med Pt100-givare, och den har även ett mycket stabilt kallt lödställe för termoelement. 



– Thermys kan styra blockkalibratorer och bad från Isotech och samtidigt mäta, berättar Per Bäckström.

## Mäter det viktigaste vid bakning

**Genom att mäta olika nyanser av brunt direkt i produktionen, "degree of bake", kan MM710e automatiskt styra ugnar för optimal bakning. Bakom konstruktionen står världsledande NDC Infrared Engineering.**

Färgmätare används redan idag för att kontrollera bakningen av kex och annat bröd. Problemet är att befintliga mätare arbetar i hela färgspektrumet och ger en massa överskottsinformation.

Vid bakning är bara en färg av intresse, brunt i olika nyanser. Det har NDC Infrared Engineering tagit fasta på i den senaste versionen av livsmedelsmätaren MM710e. Den mäter tre viktiga storheter vid bakning. Förutom färg är det halterna av fukt och fett.

### Mindre kassation

– Färgmätningen fungerar som dagens okulära kontroller. Mätaren programmeras med ett idealvärde och styr hela tiden produkten mot önskad färg, säger Per Bäckström på Pentronic.

Genom att lägga allt krut på den viktiga färgen ökar precisionen i mätningen. MM710e upptäcker snabbt trender och kan i ett tidigt skede reglera om ugnen, så att produkterna håller sig inom tillåtna gränser. Vilket i sin tur minskar kassationerna för att produkterna är under- eller överbakade.

MM710e är helt igenom konstruerad enligt



MM710e mäter hur välbakat brödet är.


livsmedelsindustrins krav. Mät huvudet har ett hygieniskt hölje av rostfritt stål och kan utrustas för såväl extra kylning som renblåsning av linsen. Själva linsen är av safirglas

vilket är godkänt i livsmedelsapplikationer.

### Beprövad teknik

Mätaren är avsedd att användas direkt i produktionen, endera monterad i fast position eller traverserande över transportband. Med extra kylning klarar den att sitta nära ugnar och i andra varma miljöer. Flera mätare kan kopplas ihop i nätverk och samverka i större system. Mätaren finns även i en labbmodell, InfraLab, för snabba resultat av produktionsprov

Färgmätningen sker i det synliga färgområdet. Mätningen av fukthalt och fett sker samtidigt i det infraröda området.

NDC Infrared Engineering har levererat tusentals system för olika former av beröringsfri mätning vid tillverkning av chips, kex och olika typer av bakverk. Utrustningen är beprövad och väl dokumenterad. 



Mätaren är konstruerad för livsmedelsindustrins säkerhetskrav.



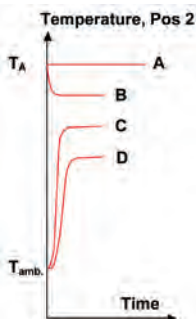
## Stora mätfel med handhållen yttemperaturgivare

**FRÅGA:** Vi måste mäta yttemperaturen på ett arbetsstycke under en del av bearbetningsprocessen och vi gör det med en handhållen givare. Under de korta mätningarna verkar det ibland som om temperaturen varierar med tiden trots att värdet borde vara ganska konstant. Finns det någon förklaring?

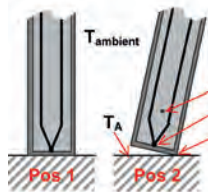
Johan H

**SVAR:** Det är alltid komplicerat att mäta temperaturen på en yta och svårigheten ökar om man måste använda handhållna givare. Arbetsstyckets ostörda temperatur antas vara  $T_A$ . När givaren kommer i kontakt med arbetsstycket ändras kontaktpunktens temperatur i princip enligt kurva B i figuren. Temperaturändringen sker normalt under en mycket kort tid. Värme strömmar från arbetsstycket till givaren genom värmeledning och från givaren till omgivningen genom konvektion och strålning. I arbetsstycket och givaren sker värmetransporten genom ledning.

Temperatursänkningen på arbetsstyckets yta orsakas av den termiska belastning som givaren utgör. Ändringen beror av såväl arbetsstyckets som givarens geometri och termiska egenskaper. Kurvorna C och D i figuren visar temperaturen i motsvarande punkter i givaren. Vilken temperatur som givaren mäter beror således av var sensorn är belägen i givaren



Figur 1. Temperaturen som funktion av tiden vid olika positioner enligt figur 2. Notera att givarens beröringspunkt (B) inledningsvis mycket kortvarigt antar yttemperaturen  $T_A$ .



Figur 2. Pos 1. Korrekt vinkelrät anbringning av yttemperaturgivaren. Pos 2. Annan lutning än den vinkelräta leder till att givarens beröringspunkt (B) kortvarigt antar yttemperaturen  $T_A$ . Mät-punkten (C) förblir kallare än (B).

Har du synpunkter eller frågor, kontakta professor Dan Loyd, LITH, på E-post: [dan.loyd@liu.se](mailto:dan.loyd@liu.se)

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

**FRÅGA?**  
**SVAR!**

och hur kontakten ser ut mellan givaren och mätobjektet. Mätfelet i Pos 2 är större än felet i Pos 1.

I vissa fall finns ett kontaktmotstånd, till exempel ett oxidskikt, mellan givaren och arbetsstycket. Kontaktmotståndet påverkar värmeflödet till givaren och därmed den uppmätta yttemperaturen. Kontaktmotståndet beror bland annat av hur man håller givaren och av trycket mellan givaren och arbetsstycket. Om trycket och kontaktpunkten varierar kommer också temperaturen att variera. Orsaken till de temperaturvariationer som noteras kan därför bero av både mätmetoden och den som utför mätningen.

Om det vore möjligt att montera en fast givare på mätobjektet kan mätfelet reduceras avsevärt. I det aktuella fallet är det förmodligen inte praktiskt möjligt att montera en fast givare på arbetsstycket. För att undvika den termiska belastning som en givare alltid utgör skulle man kunna utnyttja en beröringsfri mätmetod och använda exempelvis en IR-pyrometer. Tyvärr är inte heller denna metod problemfri. Emissionskoefficienten på ytan av arbetsstycket kan variera och därmed den uppmätta temperaturen. Ett annat problem är förekomsten av icke önskvärd strålning från föremål och ljuskällor i omgivningen. [Ref 1]

Se [www.pentronic.se](http://www.pentronic.se) > Kundtidningen > Arkiv [Ref 1] | Pentroniclytt 2010-5 sida 4 (yttemperaturmätning)

## PRODUKT-INFO

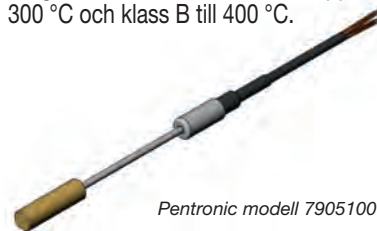
Produktinformationen finns även på [www.pentronic.se](http://www.pentronic.se)

### Pt100-givare för hög yttemperatur

Pentronic 7905100 är en ytgivarmodell konstruerad för mätning av höga yttemperaturer, upp till ca 400 °C. Modellen har därför försetts med en stål-mantlad kabel mellan mätkropp och övergång till anslutningsledning. Därmed kan ledningen förläggas på betryggande avstånd från den varma ytan.

Mätkroppen är av mässing med diameter 10 mm och 35 mm längd. Den är planfräst men kan förses med radie för mätning på klena rör. Längderna på stål-mantlad kabel respektive anslutningsledning kan bestämmas inom vida gränser.

Givaren innehåller ett robust Pt100 mätelemt av filmtyp med toleranser enligt IEC 60751:2008 klass A upp till 300 °C och klass B till 400 °C.



Pentronic modell 7905100

### Robusta och spolsäkra termometrar för en och två kanaler



Therma Waterproof och Therma Differential är en serie robusta termometrar för industriell användning. Båda är avsedda för termoelement typ K. Modellerna Waterproof och Differential uppfyller båda IP 67/68 och är spolsäkra under kranen.

Differential mäter T1, T2 samt T1-T2. Båda termometrarna har offset-funktion. Waterproof  $\pm 2,0$  °C och Differential kan balansera T1 och T2 för avvikelsemätning.

Båda termometrarna har display med 15 mm höga siffror och möjlighet till bakgrundsbelysning.

## Fältuppdragen växer i omfattning

Pentronics ackrediterade kalibreringslaboratorium får allt mer omfattande uppdrag på plats hos kunderna.

Tidigare handlade uppdragen i fält i huvudsak om att kalibrera temperaturgivare med tillhörande kablage och instrumentering. Numera är uppgiften allt ofta att verifiera processer mot olika standarder.

– Ett exempel är att fastställa temperaturfördelningen i ugnar, säger laboratoriets chef Lars Grönlund.

Normalt syftar kalibrering i fält till att säkerställa temperaturmätningen inom vissa toleranser. Förenklat är syftet att instrumenten ska visa rätt temperatur. Nästa steg är att använda resultaten för att reglera processen. En temperaturgivare mäter bara på den

punkt där den befinner sig och därmed inställer sig nästa fråga: Hur varmt eller kallt är det ett stycke från mätpunkten?

– Varje bransch har sina egna standarder som ska uppfyllas. Det betyder att vi måste läsa in oss på aktuella standarder före varje uppdrag, säger Lars Grönlund.

Insatsen blir mer omfattande och tidskrävande än en kalibrering, men samtidigt mer värdefullt för kunden. Laboratoriet är ackrediterat för mätningar i fält och kan med krönt protokoll bekräfta att standardens krav uppfylls och viktigare ändå, att betingelserna i processen är de rätta för önskat slutresultat och hög kvalitet.



# 4-tråds Pt100 mäter alltid säkrare än 2-tråds Pt1000

I traditionella industriella processer är Pt100-givare ett välkänt begrepp som uppfattas stå för noggrann temperaturmätning. På senare år har Pt1000-givare blivit allt vanligare på områden gränsande till de industriella, ofta som ersättare till termistorer.

Känsligheten hos platina mätelemt (resistorn) mäts i ohm per grad. Se figur 1. Signalen är teoretiskt 10 gånger större från en Pt1000-givare jämfört med Pt100 vid lika mätström, men t ex tillgänglig matnings-spänning kan begränsa mätströmmen och därmed känsligheten.

## Toleranser

IEC 60751:2008 standardiserar platinagivare, med hänsyn till resistorens typ trådindat eller tunnfilmsmönster. Man särskiljer också enbart resistor och resistor inbyggd i skyddsrör. Felkällor tillkommer nämligen under tillverkningen av temperaturgivaren. Av tekniska och ekonomiska skäl används Pt1000 industriellt endast som tunnfilmsresistor.

Mått i grader Celsius är toleranserna lika för Pt100 och Pt1000. I resistans blir dock Pt1000-värdena 10 gånger större. I figur 2 framgår att filmelement i klass A normalt enligt standarden inte kan användas i högre

temperatur än 300 °C. I annat fall driver givaren utanför toleransklass A. [Ref 1] På marknaden finns dock speciella varianter där fabrikant och kund kan ha avtalat om andra egenskaper.

## Egenuppvärmning

Egenuppvärmningen hos Pt100 och Pt1000 är i praktiken ungefär lika. Den högre resistansen hos Pt1000 balanseras ofta av att mätströmmen kan sänkas något och sänkningen inverkar kvadratisk. Filmelementens ringa storlek gör dessvärre att värmeöverföringen till omgivningen försämrats jämfört med trådindade resistorer som brukar värmas betydligt mindre. Pt1000-resistansen måste på små ytor öka förhållandet längd/area på Pt-mönstret varför detta riskerar att värmas upp ytterligare.

## 4-ledarkoppling säkrast

Den säkraste mätningen av resistans får man med 4-ledarteknik. Se figur 3. Normalt används två trådar för konstant matningsström och två andra trådar för voltmetersslan. Voltmeterkretsen i sig är numera på minst 10 Mohm och spänningsdelningen med givartådarna på några få ohm blir så liten att dess påverkan inte är synbar på instrument med 0,01 °C i upplösning. 3-ledartekniken fungerar bra i teorin men den kan i olämplig miljö leda

stora kontaktmotstånd som förorsakar mätfel eftersom tekniken i praktiken förutsätter lika resistans i alla tilledarna. [Ref 2]

Betrakta ett 2-ledarsystem med bestämd area och längd som i figur 3b. Teoretiskt skulle vi med Pt100 få 4 °C mätfel, med Pt1000 0,4 °C fel och en termistor på 10 kohm skulle ge felet ca 0,04 °C eftersom dess känslighet är ca 10 gånger högre än för Pt1000. Här ser vi en tveksam anledning till att Pt1000 används. Mätfelet i ledningsbesparande 2-ledarsystem skulle reduceras 10 gånger jämfört med industristandarden Pt100. I praktiken är 2-ledarsystemets resistans mycket känslig för längd- och areaförändringar i ledarna samt för tid och miljö i kopplingspunkter. Därmed blir i själva verket 2-ledarsystemet mycket osäkert. Med 4-ledarkoppling (se 3a) slipper man bekymmer.

## Spara kablagejobb

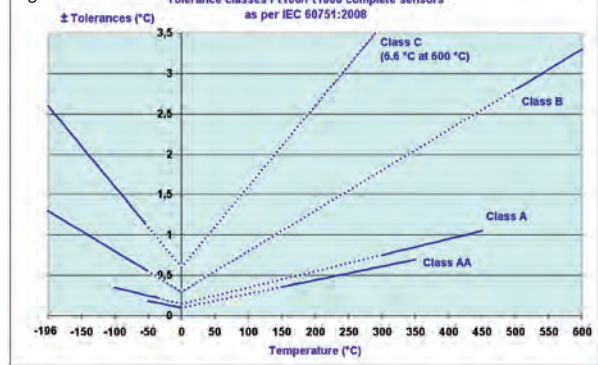
Ett alternativt sätt att spara kabellängd och installationsarbete är att utnyttja Pentronics digitala miniatyrtransmittar som är integrerade med givaren och som finns i analogt och digitalt utförande. Man vinner dessutom noggrannhet, ned till ±0,05 °C inklusive gynnsamt utformad givarinstallation. Pentronics transmittersystem används idag främst av maskintillverkare. [P]

Figur 1

Temperatur/Resistor	Pt100 Ω	Pt1000	Termistor
0 °C	100 Ω	1000 Ω	10 kΩ vid 25 °C
100 °C	138,5 Ω	1385 Ω	
Känslighet, α-värde	0,385 Ω/°C	3,850 Ω/°C	Ca 40 Ω/°C

Figur 1. Karakteristiska data för Pt100 resp. Pt1000.

Figur 2



Figur 2. De prickade kurvorna gäller givare med filmresistorer enligt IEC 60751:2008. De heldragna visar trådindade resistorers utökade mätområden.

Figur 3a. Fyrledarkoppling är i särklass bäst för Pt-givare. R1-R4 är typiskt 1 ohm medan R(DVM) är minst 10 Mohm. Strömgenerator håller den konstanta strömmen I<sub>0</sub> genom Pt-givaren. Endast en ytterst liten ström tar vägen genom DVM och spänningsfallet över R2+R3 blir minimalt. Därför syns det lilla felet kanske först då DVM visar motsvarande tusendels grader.

Figur 3b. Tvåledarkopplingen är riskfylld vid resistansmätning. Mätströmmen måste länkas om, se pilarna, och kommer att passera ledningsmotstånderna R2+R3 förutom Pt-resistansen. Mätvärdet blir summan av de tre resistanserna.

Se [www.pentronic.se](http://www.pentronic.se) > Kundtidningen > Arkiv

[Ref 1] StoPextra 2009-4 sida 4

[Ref 2] Nedladdning > Nyttiga länkar > Inkoppling av Pt100...

Har du synpunkter eller frågor, kontakta Hans Wenegård: [hans.wenegard@pentronic.se](mailto:hans.wenegard@pentronic.se)

## Aktuella temperaturkurser

### Kurstillfällen i Västervik

- ST 1 5-6 september 2012
- ST 2 20-22 november 2012

Se [www.pentronic.se](http://www.pentronic.se) > Utbildningskurser för senaste information om kurstillfällen.

### Kurstillfällen på din hemmaplan

Kontakta oss om temperaturkurs på ditt företag.

## Pentronics produktprogram

- Temperaturgivare
- Kablar - kontakter - paneler
- Temperaturtransmittar
- IR-pyrometrar
- Handhållna temperaturmätare
- Temperaturindikatorer
- Reglerutrustning
- Dataloggrar och skrivare
- Kalibreringstjänster och -utrustning
- Utbildningar i temperaturmätning och -kalibrering
- Flödesmätare
- Fukthalts- och tjockleksmätare

## Fler papperstidningar?

Vill du eller din kollega ha gratis prenumeration på pappersversionen av PentronicNytt? Maila oss namn och postadress till arbetsplatsen.



SE-590 93 Gunnebo, Sweden  
Fax. +46 490 237 66, Tel. +46 490 25 85 00  
info@pentronic.se, www.pentronic.se

PentronicNytt 2012-2