

- Det största problemet med min forskning är att alla vill att jag ska komma med praktiska tips om hur deras bakning ska bli bättre. Men jag kan inget om den praktiska bakningen, jag har knappt knådat en deg. Carlos Lucas, tar emot i sitt laboratorium på bottenvåningen i institutonen för metallurgi vid KTH. I dagarna lägger han fram sin avhandling och sedan bär det av till hemlandet Moçambique i Östafrika där han fortsätter att forska vid Eduardo Mondlaneuniversitetet i huvudstaden Maputo.

Carlos Lucas huvudinriktning är värmeöverföring och termodynamik. Det kan låta abstrakt och avlägset för många vanliga dödliga – men hans forskning kommer förhoppningsvis att betyda mycket för många människor. Under flera år har han studerat hur värme och gaser sprids i de vedeldade bakugnar av den typ som är allra vanligast i hemlandet. Resultatet av hans forskning är att man med enkla medel kan ändra ugnens utformning så att gräddningstiden förkortas och att kvaliteten förbättras i och med att värmen sprids jämnare i ugnstrymmet.

### Bristvara

- Tillämpar man våra resultat innebär det att man med ganska små modifieringar kan få betydande förbättringar som betyder att man helt enkelt får mer bröd med bättre kvalitet med mindre åtgång av bristvaran ved. En rejäl effektivisering, betonar Carlos Lucas.

Även om Moçambique dras med många av utvecklingsländernas klassiska problem, så är en viktig näring mycket utbredd – bagerinäringen. Alla måste ha bröd och därför finns det en bagerinäring, om än mycket småskalig med svenska mått mätt. Det finns ett bageri i nästan varje kvarter, och alla arbetar de med samma typ av ugnar – ett



Mätinstallation förbereds på en bakugn i Moçambique.

## Forskning för bättre bakugnar i Moçambique



Med ganska små modifieringar får man förbättringar som ger mer bröd av bättre kvalitet med mindre åtgång av bristvaran ved, säger Carlos Lucas.

sfäriskt utrymme som värms genom att ved eldas i en kammare under ugnen.

- Vi ville mäta hur de heta gaserna strömmade genom ugnens system och hur det påverkade gräddningen. Det handlade om att mäta upp temperaturen på olika ställen i ugnen och studera flödena för att förstå processen, berättar Carlos Lucas.

### Simulerade flöden

I laboratoriet på KTH finns modeller av moçambiquanska bakugnar i två och tre dimensioner. Flödena genom systemet har simulerats med hjälp av vatten och färgämnen, och när man tyckt sig finna mönster har man försökt verifiera dem matematiskt.

Efterhand har man funnit att genom att reducera antalet skorstenar på ugnen från tre till två och genom att variera deras diameter så sprids värmen i ugnen betydligt jämnare än vid den traditionella designen av ugnen. Dessutom gör den nya designen att rökgaserna evakueras effektivare än tidigare, vilket påverkar brödets kvalitet till det bättre.

Carlos Lucas forskningsprojekt finan-

sieras av SIDA. Han har vistats i Sverige i flera omgångar varvade med sessioner hemma på universitetet i Maputo.

### Bättre hushållning

När Carlos Lucas packade för sin hemfärd efter att avhandlingen presenterades så var det en hel del laboratorie- och mätutrustning som skulle skeppas till hemmauniversitetet. Faktiskt så fanns ett och annat termoelement och en logger från Pentronic med i det omfattande bagaget. För det ska byggas en anläggning motsvarande den som funnits på KTH i laboratoriet i Maputo.

- Men det viktigaste är ändå de praktiska resultaten. Nu vet jag att man kan sänka gräddningstiderna på våra traditionella bröd från 20-35 minuter till 12 - 15, säger Carlos Lucas och verkar tämligen nöjd.

- Det resultatet som ger stora möjligheter till hushållning med bristvaran ved och bättre kvalitet på brödet betyder mycket mer än någon akademisk titel, slutar han. □

# Klassade givare

Tänk dig en tortyrkammare där du utsätts för temperaturchocker, stötar och våldsamma skakningar i alla riktningar. Det är vad ett tiotal modeller av Pentronics Pt 100 och termoelement har fått stå ut med hos Statens Provnings- och Forskningsinstitut. Men givarna klarade tortyrkammarens miljöprover med glans och har nu blivit klassade, eller typgodkända som det egentligen heter, av inte mindre än sju olika klassningssällskap, däribland Lloyds och Det Norske Veritas.

- Krav från kunderna gör att vi klassat våra givare, säger Boije Fridell, ansvarig för givarförsäljningen.

Tillverkare av fartygsmotorer världen runt får nu en kvalitetssäkring på givarna från Pentronic.

Klassningssällskapen har varit med vid testerna och har gjort flera besök på företaget. Det är ett jättelikt arbete att genomföra en klassning. Förutom de stenhårda testerna



Boije Fridell, ansvarig för givarförsäljningen på Pentronic.



Pentronics givare har blivit typgodkända av sju olika klassningssällskap.

också mycket skrivande, rapporter och kontakter åt alla håll. Men nu finns diplomerna som bevis för klassningssällskapens typgodkännande.

- Det fina är att vi finns med i alla förteckningar över klassade produkter. Pentronic är med under rubriken "Temperaturgivare" och det har redan lett till många

förfrågningar både på telefon och till vår hemsida på nätet. På så sätt har man fått kontakt med många bolag världen runt som gör service på fartygsmaskiner och som vill byta till klassade givare.

Pentronic har också ett par Pt 100 modeller klassade för användning i fruktlastfartyg. Bananerna skördas ju gröna och givaren hjälper till att övervaka den mycket noggranna temperaturreglering som krävs för att bananen ska hålla rätt temperatur under de långa transportererna och mogna lagom till kontakten med konsument.

Typgodkännandet innebär att Pentronic inte får göra ändringar i givarna utan att meddela klassningssällskapen, som avgör om ändringen kräver nya miljöprov.



Noggrann temperaturmätning är viktig för styrningen av bananers mognadsprocess på väg till konsument.

## Certifikat utan värde

I branschtidningar och reklamutskick har det blivit vanligt med annonser om utrustning vars prestanda sågs vara spårbara till nationella normaler. Men det kan bli en dyrköpt erfarenhet att enbart lita till denna spårbarhet.

Ofta framhålles att olika mätutrustningar säljes med certifikat på spårbarhet, exempelvis "traceable to NIST". Vad är ett sådant certifikat värt? Protokoll av denna typ där inga uppgifter om hur spårbarheten säkrats har inte något eget värde. Det måste kompletteras med information om hur testen utförts och under vilka omständigheter. Det är endast dokumenterad spårbarhet med mätosäkerhetsangivelser som har ett värde.



Kalibreringsbevis från ackrediterat laboratorium där hänsyn tas till samtliga inverkanfaktorer, vilket sällan är fallet i ISO 9000-certifikat.

### Spårbarhet = kompetens

Det räcker inte med ett dyrt instrument och ett certifikat "spårbart till nationella normaler" för att göra bra mätningar. Förutom kra-

ven på instrumentets dokumenterade spårbarhet måste man ha tillräckligt kunnande om mätsituationen hemma. Hur påverkar min användning mina fina referensinstrument och vilka osäkerheter lägger jag till i min användning?

### Undvik merarbete

- Det är därför som vi satsar på utbildning i temperaturmätning och kalibrering, säger Fredrik Arrhén, ansvarig för Pentronics laboratorium. På ett ackrediterat laboratorium som följer EN 45001 övervakas samtliga faktorer som påverkar kalibreringen:

- personalens kompetens
- metoder
- mätutrustning
- miljö
- referensutrustning

- Varje steg i kalibreringskedjan måste åtföljas av mätosäkerhetsanalys. Glömmer man bort felkällor blir mätresultatet otillförlitligt, fortsätter Fredrik.

I fallet med spårbarhet enligt ISO 9000 måste man se upp. Normalt bryts spårbarhetskedjan här. Man måste själv bedöma leverantörens metoder och kvalitetssystem. Vi har själva råkat ut för ett instrument som levererats med certifikat "utfärdat i enlighet med ISO 9001". Problemet var bara att testdatum enligt certifikatet var tre veckor efter leveransdatum.

Genom att utnyttja ett ackrediterat kalibreringslaboratorium slipper man merarbete och får garanterad spårbarhet.

## Populärt med kurs på egna företaget

Temperaturutbildningar på det egna företaget blir mer och mer attraktivt.

- Fördelen är att man kan behandla precis det som är aktuellt för deltagarna. Varje fråga intresserar i princip alla, säger Hans Wenegård, utbildningsansvarig på Pentronic.

Företagsförlagda kurser är oftast kostnadseffektiva då flera personer från företaget kan delta.

- En nackdel kan vara att praktiska övningar blir svårare att genomföra, men många gånger uppvägs detta av att företagets specifika temperaturmätningar kan diskuteras på djupet.

Hittills i år har Pentronic hållit åtta utbildningar på fem företag: Getinge, Volvo PV, Saab Automobile, Ericsson Radio Systems och Nestlé.

Anledningen till den ökande efterfrågan är att industriell temperaturmätning är ett nästan förbisett kapitel i de flesta ingenjörers läroböcker. Det kan förefalla märkligt eftersom temperatur i praktiken är en av de vanligaste och viktigaste parametrarna vid utprovning och i processer.

- Det är lätt att föreställa sig felkällorna vid en skjutmåttmätning. Men mäter man temperatur är felkällorna dolda och värme-flöden syns inte, säger Hans Wenegård.

Målsättningen med kurserna är att deltagarna ska uppmärksammas på de vanligaste felkällorna. Med denna felsökning som utgångspunkt diskuteras kvalitetshöjande åtgärder, exempelvis hur och var kalibrering kan sättas in.

# Enklare leverantörsbedömning

Den 29 april i år fick Pentronic miljöledningscertifikat enligt ISO 14001 genom SEMKO. Det blev förhållandevis lätt att införa miljöledningssystemet eftersom Pentronic redan är certifierat enligt ISO 9001.

- Certifieringen innebär att våra kunders bedömning av oss underlättas. Produkter och tjänster från Pentronic har genomgått en "miljöprövning" i någon form. Dessutom är det säkerställt att produktionen sker med målsättning av allt lägre energiförbrukning per produkt, ett minimum av kemikalier, kontrollerad avfallshantering samt miljövänliga pappersbaserade förpackningar, säger kvalitets- och miljöansvarige Hans Wenegård.

Det var förhållandevis lätt att anpassa

verkstadsgrupperna till miljökraven:

- Dels har vi små avfallsmängder, dels hanterar vi ett fåtal kemikalier som utgör så kallat farligt avfall, kommenterar produktionschef Steve Palm.

Meningen med de fortsatta revisionerna av miljösystemet är att miljöpolicyen följs genom alla led, vilket bland annat innebär att små miljöförbättringar kontinuerligt måste funderas ut.

- Det blir en utmaning för oss alla att komma på sådana förbättringsförslag, vilket inte alltid är så lätt. Jag märker att stora delar av personalen deltar i miljöarbetet med stort intresse och förhoppningsvis tar med sig miljökunskandet hem, avslutar Hans.



## Säkerheten med ut i fält



Numera står mätuppgiften utanför laboratoriets väggar under samma tillsyn och övervakning som den övriga verksamheten, säger Fredrik Arrhén.

Pentronic har ackrediterats för fältkalibrering. Det är ett bevis från Swedac att mätuppgiften utanför laboratoriets väggar uppfyller samma krav och står under samma tillsyn och övervakning som den övriga verksamheten. Pentronic tar helt enkelt säkerheten med ut i fält med vetskap för kunden att de kalibreringar och mätningar vi gör uppfyller alla krav som ackrediteringen innebär.

- Det är ett erkännande att vi håller den kvalitet vi lovar, säger Fredrik Arrhén.

I många fall är det nödvändigt att göra mätningar på plats. Det kan till exempel gälla att verifiera temperaturjämnheten i steriliseringsugnar och värmeskåp. Det kan också vara så att miljön hos kunden är sådan att en test i laboratoriemiljö ger helt missvisande resultat jämfört med en test i fält. Svårigheten med fältverksamheten är mätosäkerheten. Den går inte att ange i förväg utan måste beräknas för varje enskilt uppdrag.

Rapport från labbet



0076 • EN 45001

## Miljökontorens termometrar

- Det är fortfarande illa ställt i många frysdiskar ute i butikerna, så se till att mätinstrumenten är kalibrerade!

Den uppmaningen kommer från Fredrik Arrhén, ansvarig för laboratoriet, som gärna vill ha in mätinstrumenten i rätt tid.

Sedan flera år har Pentronic ett kalibreringspaket anpassat för miljö- och hälsoskyddskontor. Det är en kalibrering av handhållna instrument med en eller två tunnare givare (kanyl- eller trådgivare) som kalibreras i temperaturerna +60°C, +8°C, 0°C och -18°C. Eftersom många likvärdiga system kalibreras samtidigt kan arbetet utföras rationellt och priset blir kraftigt rabatterat.

Temperaturerna är anpassade för de gränsvärden som finns för hantering av livsmedel när det gäller varmhållning, kyl- och frysutrymmen. Dessutom finns 0°C med för

att kunderna ska ha en enkel spårbarhet när de gör egenkontroller av utrustningen.

Just nu utförs denna kalibrering för sista gången i år men under nästa år kommer kalibreringen att köras under vecka 15 och vecka 43.

- Vår mångåriga erfarenhet visar att under förutsättning att utrustningen är välskött ligger osäkerheten på kalibreringarna inom 0,2°C. Förändringarna mellan kalibreringarna ligger på samma nivå, säger Fredrik.

Mer än 60 kommuner använder Pentronics temperaturpaket, som lanserades i början av 90-talet.

- Vi har nu kapacitet att ta emot instrument av främmande fabrikat. Om givarna kan hanteras tillsammans med våra givare kan vi ge samma rabattförmåner för dessa, avslutar Fredrik.

## PRODUKT-NYTT

### Ny pickup med inbyggd display

VTM är en ny bärfrekvenspickup för flödesmätare från tyska KEM Küppers. Den har både frekvens- och analogutgång samt inbyggd display och passar Küppers flödesmätare för vätskor och gaser.



### Ny omvandlare för termoelement

Pretop 5334 är en ny programmerbar mätvärdesomvandlare från PRelectronics i Danmark avsedd för termoelement. En prisvärd kvalitetsprodukt för montage i kopplingshuvud. Den är galvaniskt isolerad och finns även i Ex-utförande.



### Nya kalibreringsbad

Dolphin är en ny serie kalibreringsbad från Heto. Badet används med vätskor som sprit, vatten eller olja beroende av temperaturområdet. Till skillnad mot tidigare modeller finns nu möjligheten att kommunicera med datorer, vilket möjliggör automatisering av kalibreringsprocessen.

Dolphinbadet finns i olika storlekar och täcker tillsammans temperaturområdet från minus 50°C till plus 300°C.



# Strålning vid rumstemperatur?

## Strålning (1)

Vid temperaturmätning måste man alltid tänka på att värmeflödet beror av ledning, konvektion och strålning. Att strålningen inverkar på värmeflödet vid höga temperaturer är uppenbart. Det är dock inte lika uppenbart att strålningen har stor betydelse även i rumstemperaturområdet. För en vanlig vattenradiator gäller exempelvis att värmeflödet till rummet består av ungefär hälften strålning och hälften konvektion. I den här artikeln kommer vi att diskutera inverkan av strålning på temperaturmätning vid rumstemperatur.

### Mätning av lufttemperatur - ett exempel

Vid mätning av lufttemperaturen i ett rum kan strålningen i vissa fall ge ett avsevärt mätfel. Uppvärmningen av rummet antas ske med hjälp av varmluft, vars temperatur är 22°C. Rummet förutsätts vara dåligt isolerat och temperaturen på väggar, tak och golv är därför 15°C. Mitt i rummet hänger en temperaturgivare, men i övrigt är rummet tomt.

Mellan temperaturgivaren och väggarna sker ett värmeutbyte genom strålning. Värmeflödet från givaren till väggarna gör att givarens temperatur sjunker under rumsluftens temperatur. Givaren tillförs nu värme från luften genom konvektion. Temperaturen hos givaren ställer in sig så att värmeflödet genom strålning från givaren till väggarna,  $\dot{Q}_{str}$ , blir lika med det konvektiva värmeflödet,  $\dot{Q}_{konv}$ , från luften till givaren

$$\dot{Q}_{str} = \dot{Q}_{konv}$$

Givaren visar en temperatur som är lägre än lufttemperaturen, men högre än väggtemperaturen. Hur stort mätfelet blir beror bland annat av väggarnas och luftens temperatur, värmeövergångskoefficienten mellan luft och givare samt väggarnas och givarens strålningsegenskaper.

### Värmeutbyte mellan två kroppar genom strålning

För den energi per tidsenhet,  $\dot{E}$  (W), som emitteras från ideal svart kropp med arean  $A$  (m<sup>2</sup>) och temperaturen  $T$  (kelvin, K) gäller enligt Stefan-Boltzmanns lag

$$\dot{E} = \sigma A T^4$$

där  $\sigma$  är Stefan-Boltzmanns konstant,  $5,67 \cdot 10^{-8}$  W/m<sup>2</sup> K<sup>4</sup>. För verkliga kroppar reduceras energiflödet med det dimensionslösa emissionsförhållandet,  $\epsilon$ . Några ungefärliga värden på  $\epsilon$  vid rumstemperatur ges i tabellen nedan

Typ av yta	Emissionsförhållande, $\epsilon$
Polerad aluminium	0.1
Polerat stål	0.1 - 0.2
Rostigt stål	0.7
Trä	0.9
Lackerad metall	0.90 - 0.95

Om två kroppar med temperaturerna  $T_1$  och  $T_2$  ( $T_1 > T_2$ ) utsätts för varandras strålning kan värmeflödet från kroppen 1 till kroppen 2 skrivas

$$\dot{Q}_{12} = \epsilon_{12} \sigma A_1 [(T_1)^4 - (T_2)^4]$$

där,  $\epsilon_{12}$  är den resulterande emissionskoefficienten som bland annat beror av den aktuella geometrin och kropparnas emissionsförhållanden,  $\epsilon_1$  respektive  $\epsilon_2$ . För det fall kroppen 2 helt omges av kroppen 1 gäller följande uttryck för  $\epsilon_{12}$

$$\epsilon_{12} = \frac{1}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{A_1}{A_2} \left(\frac{1}{\epsilon_2} - 1\right)}$$

I litteraturen finns  $\epsilon_{12}$  för ett antal andra standardfall samt anvisningar för hur strålningen kan beräknas i övriga fall.

### Mätexemplet ovan i siffror

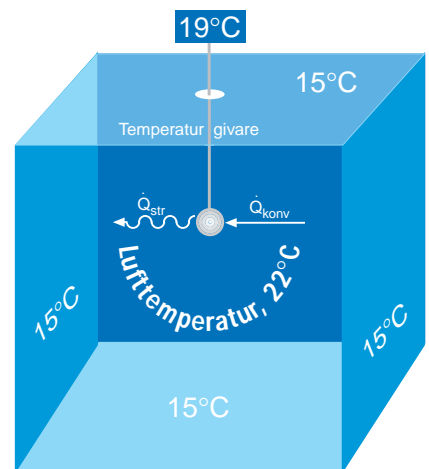
Rummet antas ha storleken 3 m x 4 m x 2.4 m och för givarens yta antas  $\epsilon_1 = 0.8$  och för väggytan  $\epsilon_2 = 0.9$ . Vid beräkning av resulterande emissionsförhållandet  $\epsilon_{12}$  finner man att det bestäms helt av  $\epsilon_1$ , eftersom givarens area  $A_1$  är mycket liten i förhållande till väggarean  $A_2$ ;  $\epsilon_{12} = \epsilon_1$ . För det konvektiva värmeflödet från luften till givaren gäller

$$\dot{Q}_{konv} = \alpha A_1 (T_{luft} - T_1)$$

Om vi antar att det råder egenkonvektion blir  $\alpha = 5.5$  W/m<sup>2</sup>K. Med  $\dot{Q}_{str} = \dot{Q}_{konv}$  och  $T_2 = 288$  K finner man nu  $T_1 = 292$  K. Temperaturgivaren visar i detta fall en temperatur som ligger 3°C under rumsluftens temperatur, 22°C. Det finns alltså all anledning att kontrollera eventuell inverkan av strålningen, när man mäter i rumstemperaturområdet.

Har du synpunkter eller frågor om Dan Loyds artikelserie kan du nå honom på e-post:

[danlo@ikp.liu.se](mailto:danlo@ikp.liu.se)



På grund av strålningsförluster till de kalla väggarna visar temperaturgivaren lägre temperatur än den omgivande luftens.

#### Mer information!

Fyll i, klipp ut och posta kupongen till Pentronic, 590 93 Gunnebo.  
 Telefax 0490-237 66, telefon 0490-670 00, e-post info@pentronic.se

#### Kursen "Spårbar temperaturmätning"

- 17-18 november 1999 (Anmälan)
- 24-25 november 1999 (Anmälan)

#### Kursen "Mätosäkerhet & kalibrering"

- 21-23 mars 2000 (Anmälan)
- 3-5 oktober 2000 (Anmälan)

#### Jag vill ha mer information om:

- VTM, bärfrekvenspickup
- Pretop 5334
- Dolphin kalibreringsbad
- Termometer för miljökontor
- Typgodkända temperaturgivare

#### Jag vill ha:

- Temperaturhandboken (Katalog)
- Samling av teknikartiklar ur StoPextra 1990-96.  
Senare artiklar, se vår hemsida [www.pentronic.se](http://www.pentronic.se)
- Gratis prenumeration StoPextra

Namn.....

Företag.....

Adress.....

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

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