

På försvarets forskningsanstalt (FOA) i Linköping drivs ett omfattande forskningsprojekt för att utveckla effektiva metoder för att söka och finna minor, såväl stora stridsfordons- som små personminor. Ett av verktygen är mätning med bildastande IR-utrustning. Mätresultaten är tänkbara för alla som använder värmekameror och pyrometrar. – IR-mätning kan orsaka mycket stora mätfel, varnar både professor Dan Loyd vid Linköpings tekniska högskola (LiTH) och tekn. lic. Stefan Sjökvist vid FOA 33, båda involverade i forskningsprojektet.

Minforskningen vid FOA har pågått sedan mitten av 80-talet. Anledningen är det växande minproblemet i världen - över 100 miljoner minor finns spridda i mer än 60 länder. Årligen röjs ca 200 000 minor, vilket dessvärre bara är 10% av de som läggs ut. Det är svårt, dyrt och farligt att hitta och röja dessa minfält med traditionella metoder. – Ett av målen är att från luften kunna klassificera ett område som minfält eller icke minfält, berättar Stefan.

Grundforskning

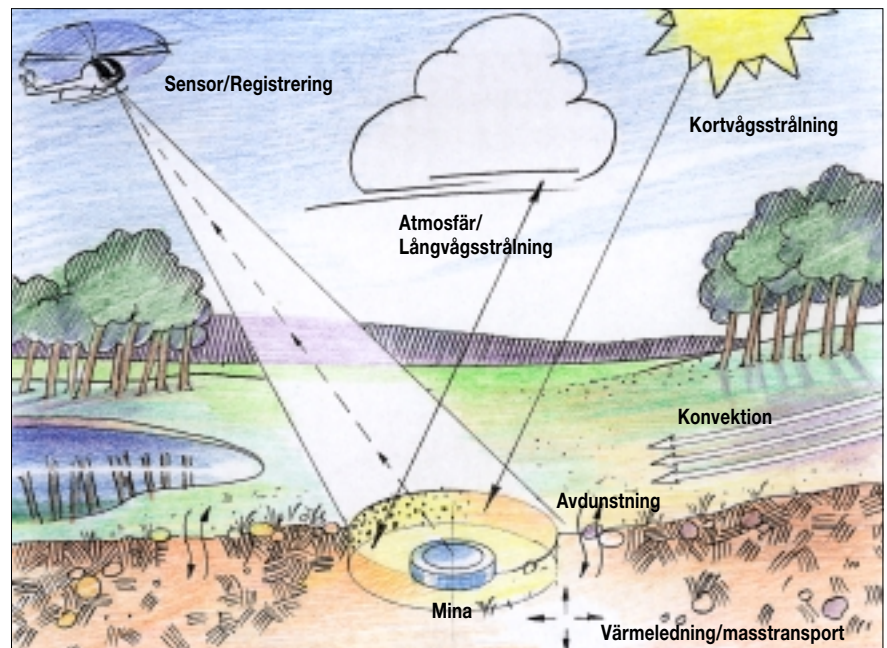
Forskningen berör bl a möjligheten att använda optiska system som är känsliga i olika delar av det elektromagnetiska spektrat. Den långvågiga delen av det infraröda spektrumet är ett lovande område beroende på att markens temperatur ofta ligger mellan 0 till 50°C. Den avgivna strålningen har då sitt maxvärde vid ungefär 10 mikrometer.

– Allting omkring oss strålar ständigt och i naturen sker kontinuerligt ett energiutbyte mellan mark och omgivning. Under vissa förutsättningar får man termiska kontraster mellan mål och bakgrund, vilket en sensor som är känslig i ett visst våglängdsområde kan urskilja, berättar Stefan.

Men det finns stora fallgropar med tekniken och delar av projektet är ren grundforskning. Mekanismen bygger på att icke naturliga material absorberar och leder värme på ett annat sätt än omgivande naturliga material. När marken värms upp på dagen och kyls ned på natten, kommer minorna att leda värmen olika jämfört med omgivande jord och vegetation och därmed fås en annan yttemperatur. Minorna kan då spåras med värmekamera och med efterföljande bildbehandling kan de särskiljas från andra föremål. Se figuren.

För att det ska fungera i praktiken, måste man veta hur minorna uppträder i olika marktyper med skiftande vegetation.

Minsökning med IR Komplex beröringsfri mätning



Figuren visar schematiskt huvuddelen av energiutbytet mellan mål/bakgrund och omgivning.

Bygger öken

Därför har man i Linköping byggt upp en "öken" inomhus i lampor som spektralt efterliknar solen. Vidare har man åtta stora sandlådor utomhus med jordarter som efterliknar jorden i de länder där minproblemet är stora. Vid försöken används minor med vaxfyllning. – Vi ersätter trotylen med ett vaxliknande ämne med samma termodynamiska egenskaper, påpekar Stefan. Pt 100-element från Pentronic ger referenstemperaturer på olika djup och under minorna. Problemen ligger ute året runt och än har man inte haft några driftstörningar.

Pt 100-mätningarna kan tyvärr ge fel resultat, om man inte tänker sig för. Till en början stack man ned givarna i marken. Resultatet blev att mätningen stördes av värmeledning genom skyddsörret. När solen strålade, leddes värme in till mätsensorn med för hög indikerad temperatur som resultat. När luften var kallare än marken blev resultatet det motsatta. Skyddsrörsförlusterna är därför en viktig faktor att tänka på vid konstruktion och användning av temperaturgivare. – Nu gräver vi ned givarna horisontellt för att slippa skydds-rörsförlusterna, säger Stefan.

Räknar bara fotoner

Under försöken har man gjort flera viktiga erfarenheter som bör stämma till eftertanke för alla som vill mäta temperatur noggrant. Modern IR-utrustning kan detektera så små temperaturskillnader som 0,1°C. Mätresultatet i absolut temperatur är helt beroende av att operatören vet vad han sysslar med. En IR-mätare räknar fotoner och kan inte skilja på fotoner från mätobjektet och från andra värmekällor. – Om man inte har kontroll på omgivningen och mätobjektets egenskaper, kan resultatet bli hur fel som helst, förklarar Stefan.

Andra viktiga egenskaper som man måste känna till är t.ex. den våglängdsberoende reflektionen hos den yta som man mäter mot. Det duger normalt inte att använda ett konstant värde. Den som bara riktar IR-kameran eller en vanlig pyrometer mot en värmekälla kan utan problem mäta rejält fel och dessutom göra det med en upplösning på 0,1°C, vilket ger en falsk känsla av exakthet. ☐

Stefan Sjökvist,
FOA 33



EA reviderade SWEDAC hos Pentronic



Här är delegationen som utförde dubbelrevisionen av Pentronics laboratorium. Det var SWEDAC som reviderade laboratoriet och EA som reviderade SWEDAC. Fr v: Lucien Bauder, SAS Schweiz, Giuseppe Bongiovanni SIT Italien, Roland Jonsson, SWEDAC, Curt Peter Askolin, SWEDAC, Fredrik Arrhén, AKL 0076, Pentronics ackrediterade laboratorium och Jan Ivarsson, SP.

Vid den senaste tillsynen av det ackrediterade kalibreringslaboratoriet, var det inte bara Pentronic som kontrollerades. Även det svenska ackrediteringsorganet SWEDAC genomgick en revision utförd av European co-operation for Accreditation.

- Vårt arbete i fält bedöms regelbundet av representanter för andra medlemsländer inom EA, säger Roland Jonsson som är chef för SWEDAC's enhet för medicin och Elteknik.

Det var en manstark skara som dök upp på Pentronic i mitten av april. Normalt brukar en tillsyn medföra besök av en till två personer. Den här gången kom det fem plus tolk. Representanter för EA var Lucien Bauder från Schweiz och Giuseppe Bongiovanni från Italien. Från svensk sida deltog, förutom Roland Jonsson, Jan Ivarsson från riksmätplatsen för temperatur vid SP och Curt-Peter Askolin, SWEDAC.

Att kontrollanterna själva kontrolleras med jämna mellanrum har flera orsaker. För det första krävs internationell insyn för att mätresultat ska godkännas mellan medlemsländerna inom EA. Systemet måste vara transparent. Vid ett ackrediterat laboratorium granskas såväl att laboratoriet har ett kvalitetssystem upprättat i enlighet med internationella krav som att de tekniska kalibreringsmetoder som används är korrekta.

- Ackreditering används dessutom allt oftare vid upprättande av handelsavtal, t ex mellan EU och Australien/Nya Zeeland, förklarar Roland Jonsson.

Det är inte bara kalibreringslaboratorier som ackrediteras. Ackrediteringssystemet används även för att säkra kvaliteten på certifieringsorgan (som t ex gör ISO 9000 certifieringar) och besiktningsorgan (t ex bilverkstäder med rätt att sköta ombesiktningar).

Att det var just Pentronic som blev föremål för den dubbla revisionen var en slump. EA följer med på de revisioner som infaller vid besöket och den här gången gjordes ett dussin besök.

Gruppen som är bäst på att göra långa serier

En serie på 200 termoelement är ingen match för Pentronics verkstadsfilial i Västervik.

- Serieproduktion är det enda vi sysslar med, säger gruppleddaren Lars Koponen.

Pentronic tillverkar givare styckvis och i långa serier, rena specialgivare och standardgivare. Den kanske mest intressanta kombinationen är specialgivare i långa serier, vilket är ett effektivt och ekonomiskt sätt att lösa temperaturmätningen.

En specialutformad givare sparar kostnader t ex vid montering och underhåll av den maskin där givaren monteras. Vidare kan givaren anpassas till produkten, vilket ger konstruktören större frihet när man slipper ta hänsyn till en klumpig standardgivare.

Serieproduktionen av termoelement sker i en särskild verkstad i Västervik, en mil från huvudfabriken i byn Verkeback utanför Gunnebo. Här är allt inriktat på serieproduktion med de modernaste hjälpmedlen. I verkstaden, som går under namnet P2 (Pentronic 2), finns både lasersvets och formspruta för gjutning av kontakter direkt på manteltermoelement.

Plats att växa snabbt

- Lasersvetsen är ett fantastiskt hjälpmedel. Vi minskar tidsödande moment som limning, lödning och slipning, berättar Lars.

Minskningen av slipning är kanske inte

något som filialens hyresvärd uppskattar. Det är slipmedelstillverkaren SlipNaxos, som utvecklat sitt fabriksområde till en liten industristad med hyresgäster i olika branscher.

- En fördel är att vi har en leverantör av industriförnödenheter som granne. Det är bara att gå runt hörnet om vi saknar något, säger Lars.

Produktionen vid P2 har hittills varit inriktad på termoelement, både av mantelmaterial och tråd. Det som tillverkas är främst typerna K och N, den sistnämnda i allt större omfattning. Numera finns också en ny Pt 100 grupp med inriktning på serieproduktion i västerviksverkstaden.

- Det är här som vi har utrymme för expansion. I nuvarande lokaler kan vi fördubbla arbetsstyrkan, säger Lars som leder en grupp på tio personer.

Bäst på mest

Alla temperaturgivare kontrolleras före leverans. Vid filialen sker okulärbesiktning och kontroll av isolationen. Slutkontrollen sköts av kontrolllaboriet i Verkeback. - Ibland får vi pikar från det hållet, men vårt mål är att alla temperaturgivare som lämnar oss ska passera utan anmärkning. Våra givare ska vara minst lika bra som huvudfabrikens produkter, förklarar Lars Koponen som leder den grupp som är bäst på att göra flest temperaturgivare hos Pentronic.



Pentronics grupp för tillverkning av långa serier av termoelement. Bilden visar åtta av de tio medarbetarna på Pentronics verkstad i Västervik, P2, där det ännu finns gott om utrymme för utökad produktion. Gruppleddaren Lars Koponen står längst till vänster.

FRÅGA? SVAR!

Om frågespalten och dess innehåll

Från och med förra numret införde vi en frågespalt. Syftet är att presentera och besvara några av de frågor som läsekretsen ställer till oss. De frågor som vi tar upp skall ha allmänt mättekniskt och/eller värmekniskt intresse.

FRÅGA 1: Jag har läst nummer 2/2000 av StoPextra och blev intresserad av avkylningseffekten. Jag undrar följande: Vilka typer av materia påverkas av vindhastigheten förutom människan?

Joacim M

SVAR 1: Värmetransporten från en kropp som är varmare än omgivningen (eller tvärtom) sker genom konvektion och strålning. Om fluiden (gasen eller vätskan) som finns runt kroppen ges en yttre hastighet är konvektionen påtvingad. Konvektionen äger rum oberoende av materialet i kroppen. Värmeledningens storlek påverkas däremot av kroppens material, fluidens hastighet och egenskaper m m. Med andra ord påverkas värmeöverföringen vid alla material av vindhastigheten men i varierande grad.

FRÅGA 2: I senaste numret av StoPextra ställs frågan: Blir det kallare när det blåser? Jag har hört talas om en svensk uppfinning som tar hänsyn till temperatur, vindhastighet

Ovanstående svar kommer från professor Dan Loyd vid Linköpings Tekniska Högskola och medarbetare i StoPextra.

och luftfuktighet och presenterar detta på en specialskala. Existerar denna mätare?

Patric T

SVAR 2: Tyvärr känner vi inte till denna mätare, men vi hoppas att läsekretsen kan hjälpa oss. Uppgifter om luftens temperatur, hastighet och fuktighet ger betydligt bättre information om värmeflödet från kroppen till omgivningen än enbart temperaturen.

Rättelse: Frågespalten i nr 2/2000

På grund av en redaktionell miss blev två meningar fel återgivna i förra numret av StoPextra. Rätt svar på frågan om det blir kallare när det blåser ska vara:

Värmeflödet från huden till omgivningen sker genom konvektion och strålning. Från kroppen till huden sker värmetransporten genom konvektiv värmetransport i blodkärlen och genom värmeledning. Det som komplicerar det hela är kroppens reglermekanismer, vilka bland annat påverkar blodflödet till och från huden.

Instrument i väntans tider

Till laboratoriet kommer då och då mätutrustning där uppdraget är ospecificerat.



När vi sedan kontakter kunden visar det sig ofta att vederbörande är på tjänsteresa, är sjuk eller har semester.

- Kunden lever förmodligen i tron att kalibreringsuppdraget utförs under frånvaron, men då krävs att det följer med en uppdragsspecifikation, säger Carin Hedvall, en av medarbetarna på laboratoriet. Det kan också vara andra frågor som

dyker upp, till exempel skadade eller utbytta givare som gör att vi måste komma i kontakt med kunden.

Att låta utrustningen ligga görs

inte av illvilja. Vi är ju lika angelägna som kunden att få uppdragen utförda, men vi vill samtidigt att kunderna ska få rätt saker gjorda.

- Skulle vi gissa att samma specifikation gäller som vid föregående kalibrering kan vi drabbas av att få göra om allt arbete om kunden planerat något annat. Bifoga ett papper på vad du vill att vi ska göra och se till att vi har en kontaktperson hos er, uppmanar Carin.



0076 • EN 45001

Intern kurs i värmeöverföring

Pentronic utbildar inte bara sina kunder.

Även de anställda erbjuds regelbunden vidareutbildning. Den senaste är en kurs i värmeöverföring under ledning av professor Dan Loyd vid Linköpings tekniska högskola, som även medverkar här i StoPextra.

Kontroll över värmeöverföringen är den viktigaste faktorn för noggrann temperaturmätning. Grunden är att temperaturgivaren inte kan mäta något annat än sin egen temperatur och den avviker alltid mer eller min-

dre från temperaturen man vill veta.

Därför har all personal som på något sätt arbetar med produkterna, såväl säljare och konstruktörer som personal i verkstaden och laboratoriet, fått en grundlig duvning av Dan Loyd. Under kursen diskuteras även specifika mätfall och utformning av enskilda produkter.

När StoPextras utsände tittade in på ett av kurstillfällena var det heta diskussioner om hur en kalibreringsugn borde utformas för bästa prestanda. Hur påverkar den där flänsen stabiliteten och hur placerar man

PRODUKT-NYTT

Årets produktnyheter är samlade på www.pentronic.se

Heto-kvalitet som alla har råd med

Nu har du råd med ett riktigt Heto-bad, även om du inte behöver den extrema stabiliteten som dessa normalt erbjuder.

Heto presenterar en ny serie vätskebad, lika driftssäkra men med något lägre stabilitet. Man kan ifrågasätta om en stabilitet på $\pm 0,05 - 0,1$ °C kan kallas låg, men Heto väljer att presentera baden som "low stability". Det blir så när man normalt arbetar med tusendelar.

Den nya serien heter KBN och finns i tre storlekar, med eller utan inbyggd kylmaskin. Badens volym är 8, 18 respektive 28 liter. Det minsta lämpar sig väl för kalibrering i fält.

Baden med kylning har ett arbetsområde från -90°C till +100°C. Baden utan kylning går från 40°C till 200°C. Samtliga har inbyggd temperaturreglering men kan även anslutas till Hetos nya regulator Calcon 2000. Serie-kommunikation RS232 är standard oberoende av vilken modell man väljer. Som tillbehör finns bland annat en "skorsten" som gör att badet blir djupare för att klara givare med långa instick.

För information om vad som gäller för varje enskild modell, kontakta Pentronic.

- Heto har inte tummat på sin erkänt höga kvalitet. Vi har nyligen levererat delar till ett Heto-bad som varit i drift i mer än 20 år, säger Per Wilén på Pentronic.



Professor Dan Loyd engagerar sig i ett värmeöverföringsproblem.

referensgivaren för ett korrekt mätresultat? Frågorna var många och det märktes att det är fruktbart att sammanföra teoretiskt kunnande och praktiska erfarenheter.

Mätelement för Pt 100-givare

Grundläggande temperaturmätning (4)

Pt 100-givare har under senare delen av 1900-talet blivit lika vanliga som termoelement på europamarknaden. Platina (Pt) har en gloria av många decimaler och ofelbarhet. Men det finns felkällor som kan påverka mätkvaliteten. Vi ska här belysa några av dem.

Pt 100 används normalt i mätområdet -200 till 600°C. Det är mätelelementets platinatråd alternativt platinaskikt som ändrar sin resistans med temperaturen. Om mätvärdet ändras av andra orsaker leder det till mätfel.

α -värde

Mätelementen karakteriseras av α , medelkänsligheten mellan 0 och 100°C, som för en 1-ohmsgivare definieras enligt (1):

$$\alpha = [R(100^\circ\text{C}) - R(0^\circ\text{C})] / [100 \times R(0^\circ\text{C})] \quad (1)$$

Pt 100 innebär att $R(0^\circ\text{C}) = 100$ ohm och medelkänsligheten är 100 gånger större. IEC 751 föreskriver α -värdet 0,003851 för industriella mätelelement (IPRT) medan USA och Japan ofta använder olika men något högre värden i sina standarder. Störst α -värde (minst 0,003926) har kalibreringsnormaler (SPRT). Konsekvensen blir att med amerikanska givare anslutna till IEC-normerade instrument kan man läsa för högt värde. Samma sak gäller för mätinstrument anpassade för SPRT-normaler. Man måste alltså ta reda på för vilket α -värde instrumentet är avsett eller inställt.

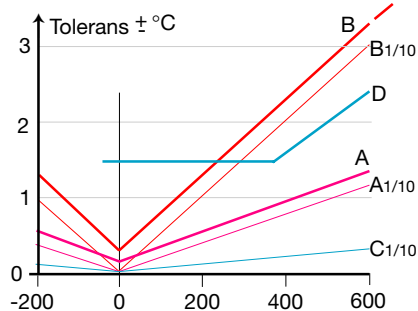
Pt 500 och Pt 1000 följer i Europa samma IEC-standard som Pt 100 men har resistansvärden som är uppskalade 5 respektive 10 gånger.

IEC 751

Enligt toleranserna i IEC 751 klass B tillåts Pt 100 avvika från normkurvan i storleksordning nästan som termoelement. Se figur 1. Platina är ett mycket långtidsstabil material till skillnad från termoelement som lättare förändras. Med kalibrering kan Pt 100-

givaren kartläggas med betydligt mindre osäkerhet än vad toleransen anger.

Idag används platina enligt klass A eller mer. Det innebär att toleransen vid 0°C är $\pm 0,15^\circ\text{C}$. Motsvarande tolerans vid 600°C är $\pm 1,35^\circ\text{C}$.



Figur 1: IEC 751 klass A och B. A1/10 och B1/10 är "1/10 DIN" selektion. C1/10 existerar inte. D avser termoelement K, N, E och J enligt IEC 584 klass 1.

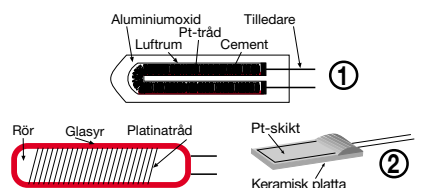
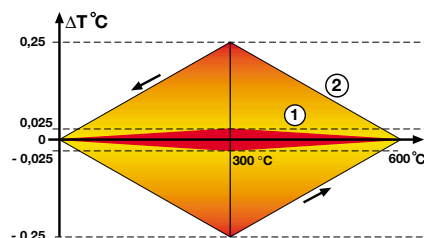
Av redan tillverkade mätelelement utselektaras sedan t ex klass B/3, B/5 och B/10. Observera att selektionen gäller vid 0°C och ingen annan temperatur. Trots detta faktum marknadsförs klass B/10 som en kontinuerlig toleransgräns upp till 600°C av mindre kunniga leverantörer. Med den platinakvalitet som IEC har fastställt kommer toleranskurvan för klass B/10 att följa lutningen för klass B eller klass A beroende på vilket ursprungsmaterial som används. I praktiken betyder det att man får halverad tolerans med "1/10 DIN-givare" upp till ca 50°C. I äldre litteratur refererar man till DIN's standard, som idag överensstämmer med IEC 751. (Se även StoPextra 2/96)

"Fria" trådlindade Pt 100 stabilast

De stabilaste mätelementen är de trådlindade med delvis (20%) infästade trådvarv. Därefter följer bobinlindade med helt fixerade trådar och filmelement där ett

platinaskikt ångats på ett substrat. Platina och underlag har olika utvidgnings-egenskaper. Detta ger upphov till hysteres och mätfelet är relativt litet men uppgår till ungefär 0,08% av använt mätområde för mätelelement med fixerade trådar eller platinaskikt. 0,08% av 600°C är 0,5°C. Element med delvis infästade trådvarv påverkas ca 10 gånger mindre (0,008%) och normal-element (SPRT) med helt fria trådar påverkas knappast alls. Se figur 2. (Se även StoPextra 3/96.)

Trådlindade mätelelement är stabilast. Erfarenheten visar att årsdriften håller sig inom 10 mK. Begränsar man temperaturområdet mellan 25 och 150°C minskar årsdriften till hälften. Dessa trådlindade element kräver insatser av handarbete. Därför pågår utveckling av filmelementet, som massframställs maskinellt. Filmelementens egenskaper sprider dock mera och utsorteringen blir stor vilket innebär att pris-skillnaden ännu är oväsentlig.



Figur 2. (1) Mätelelement med 20% fästa trådar ger 0,008% hysteres. (2) Bobin- och tunnfilmselement med större hysteres 0,08% av mätområdet.

Frågor eller synpunkter:
hans.wenegard@pentronic.se

I artikelserien Grundläggande temperaturmätning kommer ytterligare ett par artiklar att beröra Pt 100.

Mer information!

Fyll i, klipp ut och posta kupongen till Pentronic, 590 93 Gunnebo.
Telefax 0490-237 66, telefon 0490-25 85 00, e-post info@pentronic.se

Kursen "Spårbar temperaturmätning"

- 13-14 sept 2000 (Anmälan)
- 27-28 sept 2000 (Anmälan)

Kursen "Mätosäkerhet & kalibrering"

- 10-12 okt 2000 (Anmälan)

Jag vill ha mer information om:

- Heto KBN, vätskebad
- Isocal-6, kalibreringsugn/-bad
- Laboratoriets ackrediteringsgränser

Jag vill ha:

- Temperaturhandboken (Katalog)
- Samling av teknikartiklar ur StoPextra 1990-96.
Senare artiklar, se vår hemsida www.pentronic.se
- Gratis prenumeration StoPextra
- Ring mig om företagsförlagd kurs
- Jag vill ha ytterligare _____ ex av bilagan över lagerförda givare som medföljde förra numret.

Namn
Företag
Adress
Postnr Ort
Telefon Fax