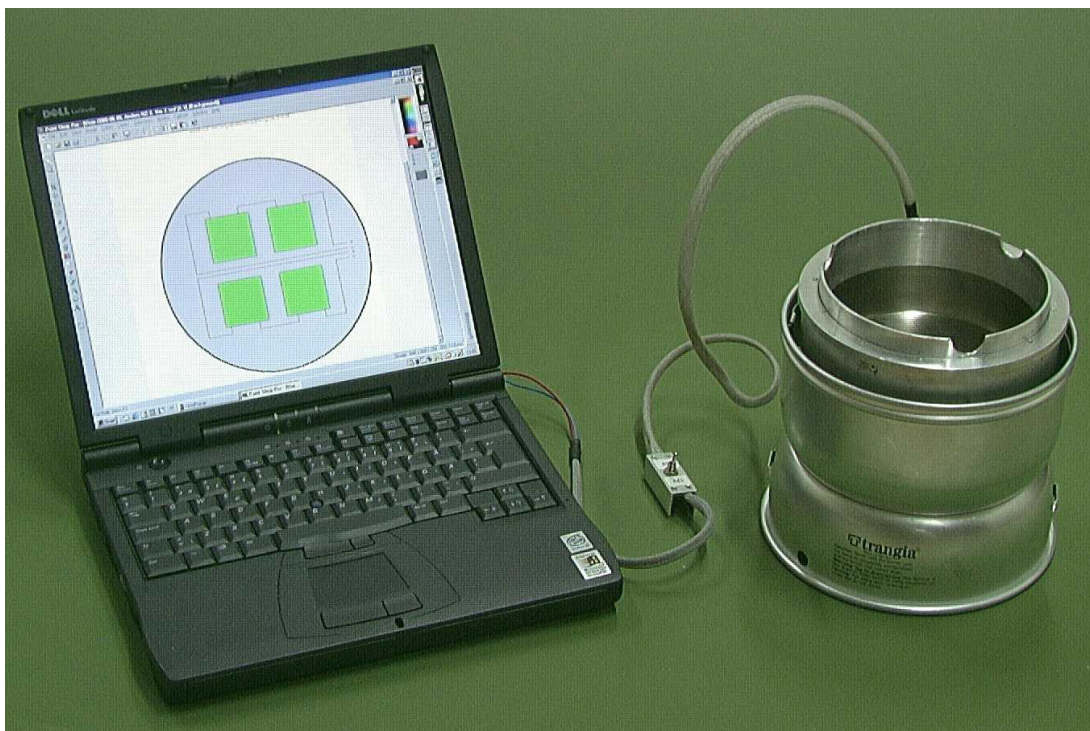


Gunnar Gunnarsson

Modifiering och Mätningar/studie av termogeneratorutrustning för enskild soldat



TOTALFÖRSVARETS FORSKNINGSINSTITUT

Ledningssystem
581 11 Linköping

FOI-R--0610--SE

Oktober 2002

ISSN 1650-1942

Teknisk rapport

Gunnar Gunnarsson

Modifiering och Mätningar/studie av termogeneratorutrustning för enskild soldat

DEN FRAMTIDA SOLDATENS STRÖMFÖRSÖRJNING
”NÄTVERKSOLDATEN”
”SENSORSOLDATEN”
MARKUS

ALTERNATIVA STRÖMKÄLLOR

Termogeneratorsystem för Spritkök

Sammanfattning

För att framtidens soldat ska kunna fungera på önskat sätt som en del i nätverket, under ett till tre dygn, kommer det att krävas stora mängder elektrisk energi. För att batteribördan ej ska bli övermäktig krävs lägre strömförbrukning, bättre batterier och alternativa strömförsörjningsmetoder. Med en enkel, lätthanterlig, bärbar strömkälla för batteriladdning, eller för direktdrift, som drivs med ”logistiska bränslen”, sprit, bensin, dieselolja – eller ved, skulle uthålligheten för soldaten kunna utökas.

1997 började man på FOA att studera möjligheten att ladda jägarsoldaternas batterier med hjälp av ett ”Termogeneratorsystem för Spritkök”, en kastrull som ger elektrisk ström vid snösmältning eller uppvärmning av vatten. Fyra fungerande prototyper har byggts. Bästa resultat, 15,6W/ vid 12 eller 24V arbetsspänning. FOA/FOI har samarbetat med F:a Hi-Z, CA, USA, samt Legelab och Automotive Technology AB, Uddevalla.

En studie över konkurrerande/kompletterande alternativa strömförsörjningstekniker har också utförts.



*Campingköksanpassad termogeneratorkastrull,
4W/6 eller 12V, ryms i det hoppackade campingköket
tillsammans med den ordinarie kokutrustningen*

Innehåll

Sammanfattning.....	2
Inledning.....	4, 5
Termogeneratorer, TEG, på FOA/FOI.....	6
TEG-tillämpningar för civila användningsområden.....	7, 8
Utveckling av TEG-tillämpningar för militärt bruk.....	9
Fördelar och nackdelar med termogeneratorer som strömkälla.....	9
Framtida trolig utveckling.....	9
Andra alternativa strömkällor.....	10
Radioisotope Thermoelectric Generator, RTG.....	10
Bilaga 1. Mätningar	11, 12
Bilaga 2. Konstruktionsbeskrivning prototyp 1.....	13
Bilaga 3. Konstruktionsbeskrivning campingköksanpassad prototyp.....	14
Litteratur.....	15

1. Inledning

Framtidens soldat kommer att ha utrustning som ska strömförsörjas, i vapnet eller i ryggsäcken eller på kroppen. Strömförbrukningen kommer sannolikt att domineras av radioapparaterna.

De nickelkadmiumbatterier som används i dagens radioapparater kan avge stor effekt vid sändning. De kan snabbbladdas och fungerar relativt bra även vid låga temperaturer. Vid sträng kyla och stora effektuttag blir livslängden dock märkbart kortare. Genom att parallellkoppla batterierna med "Elektrokemiska kapacitanser"/ "Superkapacitanser" kan man avsevärt förbättra möjligheterna att sända med delvis urladdade, eller kalla batterier.

Nickelkadmiumbatterierna som används i Ra 195 har energitätheten 20 Wh/kg. NiCd-batterier med energitätheten 50Wh/kg används av Amerikanska Armén. Laddningsbara litiumbatterier, Litium-jon-batterier, har dubbelt så stor energitäthet som NiCd-batterier, ca 100Wh/kg.

De flesta typer av engångsbatterier har större energitäthet, volymmässigt och viktmässigt, än laddningsbara batterier. Engångsbatterier av zink-luft-typ har den största energitätheten av alla tillgängliga batterier. Batterier av zink-luft-typ kan användas som laddare och komplement till de ordinarie batterierna. Fältprov har utförts av CECOM, på Fort Bragg och Fort Irwin. De provade batterierna har energitätheten 350Wh/kg.



Ryggsäcksanpassat engångsbatteri av zink-luft-typ för laddning av de ordinarie batterierna, eller för direktdrift av strömförbrukare. Bilden från fältproven på Ft Bragg.

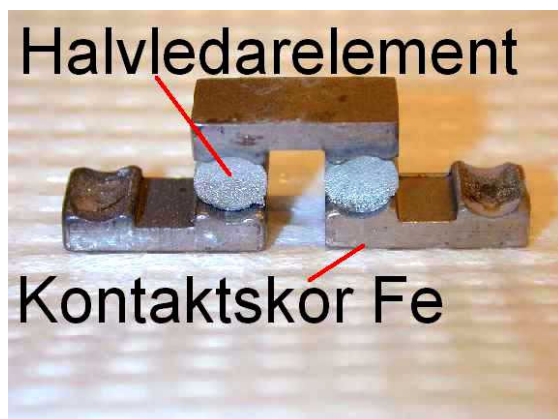
Energitätheten, volymmässigt och viktmässigt, i brännbara ämnen är dramatiskt mycket större än i varje typ av batteri. Energiomvandling från brännbara ämnen till elektrisk energi, är därför ett intressant alternativ, även vid låga verkningsgrader. Bensin, fotogen, dieselolja, m. fl. kolväten har en energitäthet på drygt 12 000Wh/kg.

2. Allmänt om Termoelektricitet

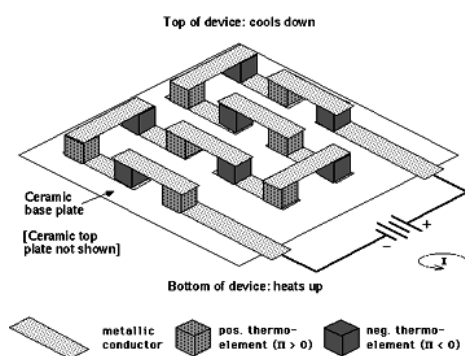
Thermoelectric Cooler, TEC ; Thermoelectric Generator, TEG

Om man sänder ström genom ett termoelement så får man en kall sida och en varm sida. Detta kallas för Peltiereffekten. Peltierelement används för kylning i små kylskåp eller för punktkylning av IR-sensorer eller liknande. Det engelska uttrycket är Thermoelectric Cooler, TEC. Det omvända resultatet, att man får ut ström om man värmer på ena sidan och kylvärmer på andra sidan, kallas för Seebeckeffekten. Uttrycket Seebeckelement var tidigare det vanligaste. Nu används uttrycket Termogenerator, Thermoelectric Generator, TEG. Termogeneratorer och Peltierelement är uppbyggda på samma sätt: Ett P-dopat halvledarmaterial och ett N-dopat sammanbundna med ett ledande material, vanligtvis koppar. Termogeneratormoduler och Peltiermoduler är uppbyggda av 18 till drygt 100 sådana termiskt parallellkopplade och elektriskt seriekopplade PN-par. Modulerna kan sedan kopplas elektriskt parallellt eller i serie för anpassning till olika spänningar eller värmeflöden. Eftersom termogeneratormoduler utsätts för större temperaturpåfrestningar har de en genomgående mera robust uppbyggnad. Vismuttellurid, Bi_2Te_3 , är det vanligast förekommande halvledarmaterialet. Högsta rekommenderade temperatur för detta material är 250 gr C på den heta sidan av modulen. Termogeneratormoduler av blytellurid fungerar bäst vid ca 500 gr C på den heta sidan.

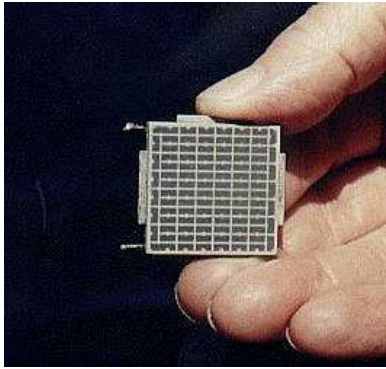
Det finns ca 30 tillverkare av Peltiermoduler. Flera av dessa har också moduler av högttemperatortyp, som är lämpade för strömgenerering. Termogeneratormoduler tillverkas bara av några få firmor.



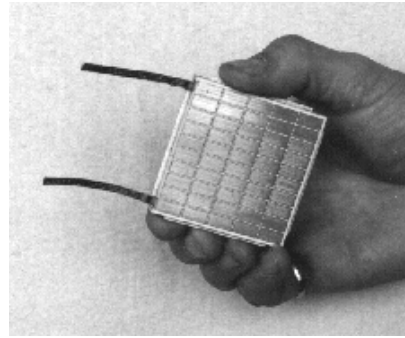
PN-par av blytellurid från Lennart Holmgren, Legelab, Uddevalla. Halvledarmaterialet består av mikrosfärer som sintrats ihop under högt tryck. Temperaturen på den heta sidan av en blytellurid-modul är ca 500 grader C och då kan ej lödningar användas. Man uppnår god elektrisk kontakt med hjälp av ett pålagt tryck.



Termogeneratormoduler och Peltiermoduler är uppbyggda av ca 100 seriekopplade PN-par



*Termogeneratormodul HZ-2,
2,5W/3,3V, från Hi-Z*



*Termogeneratormodul HZ-14,
13W/1,65V, från Hi-Z*

3. Termogeneratorer på FOA/FOI

1965 byggdes på FOA "En termoelektrisk generator för drift av fläkten i en av KAF utvecklad motor- och tält-värmare." Den luftkylda termoelektriska generatoren drevs med värmen från en blåslampa. Den byggdes i två versioner som gav 24,4W resp 36W. Modulerna tillverkades hantverksmässigt på HAFO och FOA.

1997, när FOA återupptog TEG-studierna, fanns ännu ingen bärbar termogeneratorströmkälla lämplig för soldaten. Fyra storlekar av Peltiermoduler av högttemperatortyp från F:a Melcor och två termogeneratormoduler från F:a Hi-Z har provats på FOA. Samtliga är av vismuttellurid. Fyra prototyper av kastrulltyp har byggts. Den tyngsta, som också ger den största effekten, väger 4,1 kg. Den lättaste och minsta väger 1,2 kg. Svenska campingkök från Trangia, Optimus och Primus har använts som värmekälla.



*Prototyp n:o 3, 15,6W, med strömbrytare
för omkoppling mellan 12 och 24V*



*Vid låg förbränningshastighet kan man ladda
mobiltelefonbatterier.*

Med 8 HT4-12-30-moduler, från Melcor, och med hög förbränningshastighet med ett fotogenkök, kan man få 15,6W/3, 6, 12 eller 24 volt arbetsspänning, med olika elektrisk koppling av modulerna. (Tomgångsspänning 6, 12, 24 eller 48V.)

Vid låga förbränningshastigheter, med stearinljus eller värmeljus, får man 1 till 2W och spänningar, som är lämpliga för laddning av mobiltelefonbatterier.

4. TEG-tillämpningar för civila användningsområden

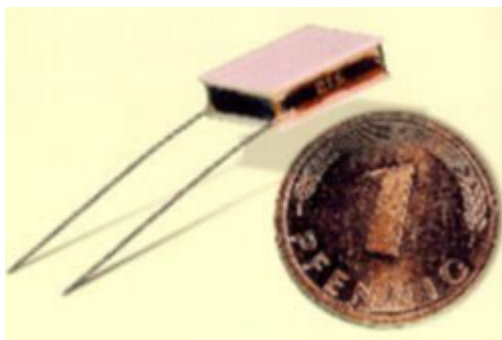


En Global Thermoelectric 50W generator med blytelluridmoduler för strömförsörjning av nödradiosystem i Klippiga Bergen, USA. Platsen på bilden kan bara nås med helikopter. Litet servicebehov, en till två timmar per år. Lång sannolik livslängd, ca 15 år vid kontinuerlig drift.

Strömkällor med termogeneratorer för stationärt bruk i krävande miljöer har använts länge, främst inom gasindustrin.

F:a Global Thermoelectric tillverkar tillförlitliga strömkällor för användning på "avlägsna platser". De är luftkylda och drivs med propangas, som fungerar även vid låga temperaturer. De finns i storlekar från 15 W och till 550W. Den lättaste väger 20 kg. Den tyngsta väger 102 kg. Se: <http://www.globalte.com/genspecs-frames.htm>

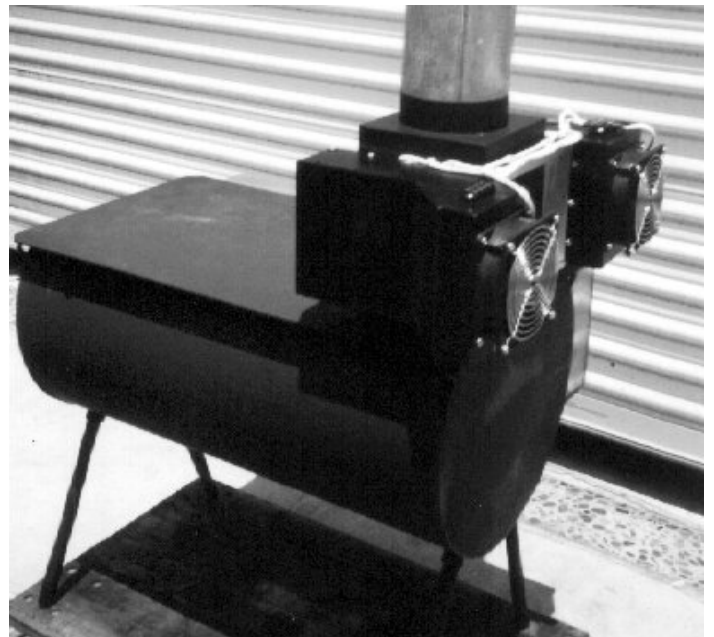
Med spillvärme från handleden eller utandningsluften får man effekter från några hundra mikrowatt och upp till 15mW, och spänningarna blir med användning av standardmoduler, under 0,5V. Med Low Power Thermoelectric Generator, LPTG-moduler, i tunnfilmsteknik, kan man få högre spänningar.



Med LPTG-moduler i tunnfilmsteknik får man användbara spänningar även med små värmeflöden. Ett "miljövänligt" armbandsur som drivs av kroppsvärmen, finns att köpa. Strömsnåla sensorer och LCD-displayer är andra lämpliga användningsområden.

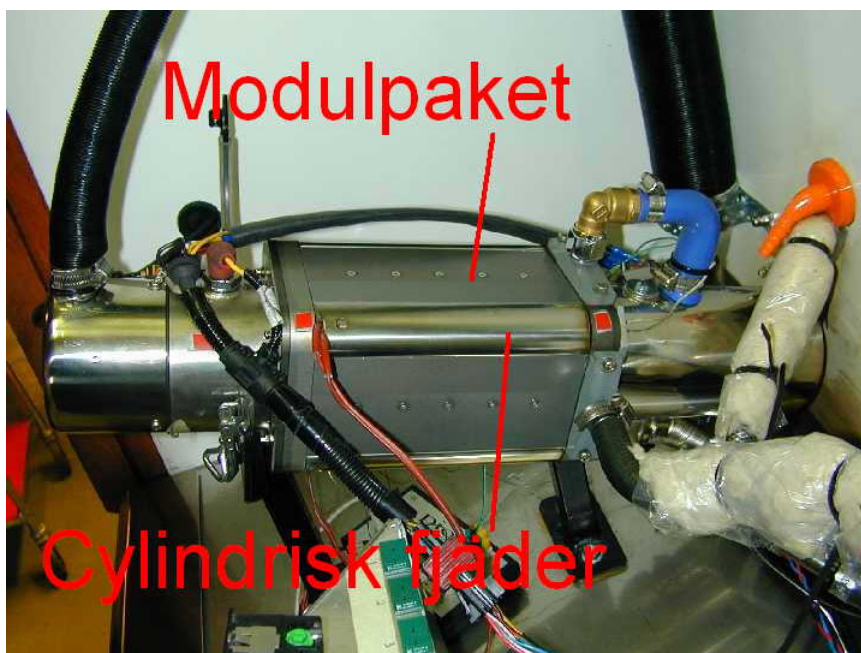


Luftkyld TEG-fotogenlampa från W.T. Kirkman, USA



Fläktkyld TEG-vedkamin från Hi-Z. Serietillverkning är planerad.

Automotive Technology AB, ATAB, Uddevalla, har under flera år i samarbete med Volvo och TWR, utvecklat en motorvärmare med termogeneratorer, som efter start strömförsörjer sig själv. Den senaste varianten med vismuttelligurid-moduler ger 100W bruttoeffekt, vilket gott och väl räcker till för värmarens kringutrustning. Överskottet skulle kunna användas för batteriladdning eller för direktdrift av strömförbrukare.



ATAB's motorvärmare med TEG-moduler från Hi-Z, CA, USA.

5. Utveckling av TEG-tillämpningar för militärt bruk

TACOM, Picatinny Arsenal har år 2000 lagt ett tvåårigt uppdrag på F:a Hi-Z för utveckling av termogeneratorlösningar för Amerikanska Armén. Prototyperna är i första hand avsedda för användning i fordon. Man avser att använda värme från en förbränningsprocess. Strömkällorna är i storlek från 300 milliwatt upp till 20W (40W). Vid "silent watch" önskar man att hålla låg IR-signatur och låg ljudnivå, men ändå hålla igång de allra viktigaste funktionerna utan att tära på batterierna, och då är en termogeneratorlösning lämplig.

I uppdraget ingår också en utveckling av en batteriladdare på 15 till 20W. I batteriladdaren ingår förbränningskontroll, en batteriladdningskontroll och en interfaceenhet för samverkan med elektroniken i s.k. "smarta batterier". Sannolikt kommer man att använda två av de större HZ-modulerna, HZ-14 eller HZ-20, och en DC/DC-omvandlare för omvandling till 12 eller 24V.

Fler tillämpningar med Hi-Z-moduler finns på: <http://www.hi-z.com/websit06.htm>

6. Fördelar och nackdelar med termogeneratorer som strömkälla

- + *Robusthet*, eftersom förbränningsprocessen och de elproducerande modulerna är skilda åt.
- + *Alla brännbara ämnen kan användas*, fasta, flytande eller gasformiga.
- + Förbränningsprocessens hastighet är ej kritisk.
- + *Lång sannolik livslängd* för termogeneratormodulerna.
- *Låg verkningsgrad* med användning av standardmoduler.
- De moduler med hög verkningsgrad, som nu finns, är dyra.

7. Framtida trolig utveckling

Billiga moduler med mer än dubbelt så hög verkningsgrad som dagens standardmoduler. Forskning pågår inom EU och i USA. KTH, CTH och Automotive Technology AB, Uddevalla, deltar i ett EU-stött projekt för utveckling av bättre termoelektriska material.

F:a Global Thermoelectric använder blytelluridmoduler av egen tillverkning i sina strömkällor. Enligt uppgift kan man ej köpa lösa moduler från dem. Lennart Holmgren, Legelab, Uddevalla, har med stöd av bl.a. NUTEK under ett antal år arbetat med att starta en TEG-modulfabrik med högtemperaturmoduler av blytellurid. Blytellurid kan ge effektivitetsvinster vid användning i motorvärmare och i vedkaminer.

8. Varianter och utvecklingsmöjligheter av FOI's TEG-strömkällor

Om man kombinerar erfarenheterna från Prototyp n:o 3 med tekniken från ATAB's 100W's motorvärmare, skulle man kunna få en TEG-strömkälla som drivs med fotogen, bensin eller dieselolja och som har 30 till 60W uteffekt vid 12 eller 24V spänning. Vikten, utan kylvatten, skulle kunna bli mindre än 10 kg.

Den campingköksanpassade termogeneratorastrullen, som i den nuvarande prototypkonstruktionen väger 1,2 kg och ger 4W/ 6 eller 12 V, bör med användning av moderna material, titan eller keramer, kunna göras avsevärt lättare, utan att effekt eller verkningsgrad minskar.

En luftkyld "Ryggsäcksgenerator", med hanterliga yttermått, på 1 till 4W, borde kunna konstrueras med användning av katalytisk förbränning.

(Diskussioner har förts med fil dr Tihamer Hargitai, F:a KATATOR vid IDEON i Lund och med professor Anders Palmqvist på Teknisk Ytkemi, CTH.)

Högre verkningsgrad kan uppnås med förvärmning av förbränningsluften samt med styrning av bränsleluftblandningen.

9. Andra alternativa strömkällor

En studie och jämförelse mellan de alternativa strömkällor som kan vara lämpliga för soldaten har också utförts. Studien redovisas i en FOI-rapport. Den omfattar:

Termogenerator/Thermoelectric Generator, TEG

Radioisotope Thermoelectric Generator, RTG

Solceller/Photovoltaic energy conversion, PV

Motordrivna minielverk

Thermophotovoltaic energy conversion, TPV

Alkali Metal Thermal to Electric Conversion, AMTEC

Proton Exchange Membran Fuel Cell, PEM/PEMFC

Direct Methanol Fuel Cell, DMFC

Zink-luft-bränslecell

10. Radioisotope Thermoelectric Generator, RTG

Värme från en radioaktiv sönderfallsprocess kan användas för att driva ett termogenerator-system. RTG används som strömkälla i det amerikanska rymdprogrammet, vid färder långt bort i solsystemet, där solceller ej fungerar. F:a Biapos i Ryssland tillverkar RTG för måttliga effekter, upp till 20W. Eftersom enheten är helt sluten passar den bra för användning i rymden, på havsbotten eller som strömkälla på "avlägsna platser". Livslängden är 10 till 20 år. Mini-RTG's används som strömkälla i "pacemakers".

Termogeneratorsystem för spritkök/campingkök på FOA/FOI

För att få effektiv kylning med luft behövs stora och tunga värmeväxlare, VVX, även om man använder fläkt. Med vatten som kylmedel kan man få avsevärt mindre och lättare konstruktioner. Med nutidens nya mindre moduler har det dessutom blivit möjligt att med små värmekällor, t.ex. med värmen från ett spritkök/campingkök, direkt få användbara spänningar, utan användning av DC/DC-omvandlare.

Det civila Trangiaköket som använts vid försöken, är konstruerat på samma sätt som det spritkök som jägarsoldaterna sedan länge använt. Trangiaköket kan dessutom på ett enkelt sätt "uppgraderas" till gasoldrift med en tillsats från Primus, eller till fotogendrift med ett Optimus fotogenkök. Optimusköket kan även drivas med sprit, bensin eller dieselolja.

Melcors högttemperatur-Peltier-moduler kan även användas för strömgenerering. De finns i 17 olika modeller och varianter. Fyra av dem har provats: HT2-12-30, HT3-12-30, HT4-12-30 och HT6-12-40. Termogeneratormodulen HZ-2 från Hi-Z har elektriska prestanda som är jämförbara med Melcors HT4-12-30-modul.

Med isvatten som kylmedel har följande värden uppnåtts:

I Prototyp n:o 1, med bottendiameter 140 mm.

med fyra HT2-12-30 i serie/parallellkoppling eller seriekoppling.....**4W/6 eller 12V** och

med fyra HT3-12-30 i serie/parallellkoppling eller seriekoppling.....**5,5W/6 eller 12V**.

Förbränningshastighet med sprit som bränsle, 50gram/timme (Sparringen påsatt, reglerluckan helt öppen). Gasolbrännaren och fotogenbrännaren går att reglera ner till så låga hastigheter som motsvarar en förbränning av 50gram/timme med sprit, men eftersom förbränningen då blir ojämn och osande, har inga försök gjorts.

I Prototyp n:o 2, med bottendiameter 200 mm.

med fyra HT6-12-40 i serie/parallellkoppling eller seriekoppling.....**12W/6 eller 12V**.

Förbränningshastighet med sprit som bränsle, 200 gram/timme. (Spritbrännare utan sparring)

Förbränningshastighet med fotogen eller gasol, ca 80 gram/timme.

I Prototyp n:o 3, med bottendiameter 200 mm.

med åtta HT4-12-30 i serie/parallellkoppling eller seriekoppling.....**15,6W/12 eller 24V**.

Förbränningshastighet med fotogen eller gasol som bränsle, 120 gram/timme.

Verkningsgrad

Verkningsgraden för de använda termogeneratormodulerna av vismuttellurid är 4,5%, garanterad av fabriken. Av den vid förbränningen alstrade värmen går 1/3 genom modulerna och vidare till vattnet eller snön i kastrullen. Verkningsgraden för en TEG-kastrull blir därför låg, ca 1%. (Bästa uppmätta verkningsgrad, med prototyp n:o 2, 1,25%.)

Verkningsgraden beräknas utgående från de olika bränslenas värmevärde:

Gasol, bensin, fotogen, dieselolja, m. fl. kolväten har en energitäthet på drygt 12 000Wh/kg. Spritkökssprit, metanol, etanol, eller blandningar av de båda, har avsevärt lägre energitäthet, 6000 till 8000 Wh/kg.

Vid kylning med varmt vatten eller med kokande vatten får man 50% lägre effekt och verkningsgrad vid alla förbränningshastigheter.

Värmeväxlare

Prototyperna 1 t.o.m. 3 har en värmeväxlare, VVX, av aluminium, vänd nedåt mot lågorna. Insidan av prototyperna är slät. Erfarenheterna visar att kylning med slät botten begränsar uteffekten och att en VVX borde finnas även på insidan. Den VVX som använts i alla tre prototyperna har varit av helgjuten aluminium (Extruded fins).

Ytterligare en förpackningsvänlig, campingköksanpassad prototyp ("Anders") med 4 st HZ-2-moduler, har byggts, helt utan VVX. Den är till största delen konstruerad av standardkastruller i rostfritt stål med aluminiumbeläggning (Duossal). Den väger 1,2 kg och är den lättaste av termogeneratorkastrullerna. Uteffekt och verkningsgrad blir dock bara 50% av vad man får med de VVX-försedda kastrullerna.

Värmeledning/Termisk resistans

Metaller är kända som goda värmeledare, men temperaturfallet vid de högre förbrännings-hastigheterna, enligt ovan, kan bli så stort som 5 grader C/cm i värmeströmmens färdväg i metallen. Modulerna bör därför spridas ut så att man får en god överensstämmelse mellan modulernas placering och lågans "träffbild". För att få god värmeöverföring mellan modulerna och värmeledare/värmespridare används ett värmeledande material, oftast av silikon, och ett högt pålagt tryck. Fabrikanten rekommenderar så mycket som 10 kilopond/cm² av modulerna, vid användning av silikonpasta. Detta betyder att fyra moduler med måtten 3x3cm kommer att kräva ett tryck på 360 kilopond. Vid användning av elastisk silikonduk (Silicone thermally conductive pad/Gap Pad Soft) har vi funnit att ett tryck på 3,5 till 5 kilopond/cm² räcker. Detta ger möjligheter att använda klenare material i konstruktionen, och en enklare spännanordning.

Arbetstemperatur

Högsta temperatur, på den varma sidan, som en Melcormodul tål är +225 grader C. För Hi-Z-moduler är +250 grader C högsta rekommenderade arbetstemperatur.

Mätningar har utförts med en testapparat med en termometer på den varma sidan och en på den kalla. Vid mätningarna har framkommit att med +170 grader C på den varma sidan och +20 till 30 grader C på den kalla, erhålles 3V arbetsspänning med alla modulerna. För att få lång livslängd på modulerna har proven utförts med de temperaturerna vid kylning med isvatten. Vid kylning med kokande vatten och med oförändrad förbränningshastighet blir temperaturerna högre, 220/106 grader C.

MELCOR's klenaste moduler, HT2-12-30 och HT3-12-30 som använts i Prototyp 1, ger 6 eller 12V med fyra moduler i seriekoppling och med förbränning på "sparlåga". Vid högre förbränningshastigheter förstörs modulerna. I Prototyp 2 och 3 och i den campingköksanpassade prototypen har kraftigare moduler använts som väl klarar värmen vid hög förbränningshastighet.

Tillverkare, pris för modulerna

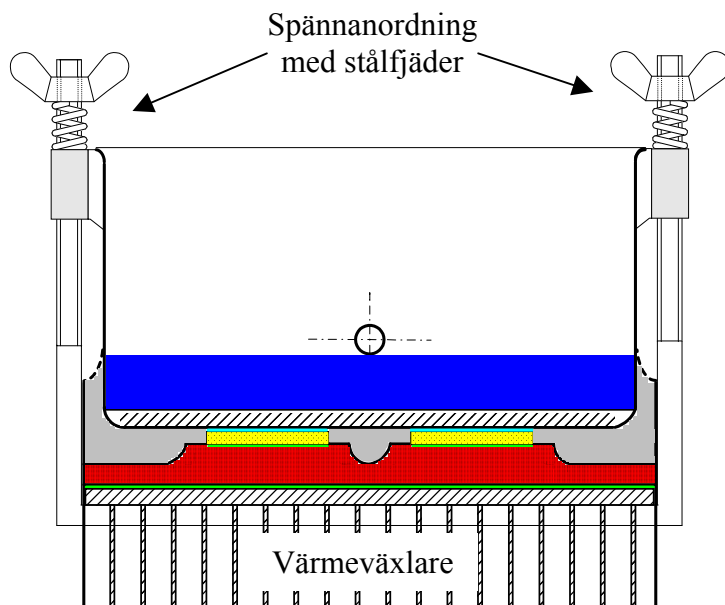
Peltiermoduler, TEC, tillverkas i stora serier av ca 30 firmor. SATCO är återförsäljare för MELCOR's högtemperatur-moduler i Sverige. Pris ca 200 kr/st. Hi-Z-modulerna har köpts direkt från fabriken i USA. Pris för HZ-2-modulen, 800 kronor/st. samt för HZ-14-modulen, 1800 kr/st.

Gunnar Gunnarsson 99-11-17

Skala 1:1

Prototyp n:o 1

Värmeledande pasta finns mellan värmeväxlaren och kopparplattan och mellan kopparplattan och modulen. Tjock silikonduk mellan modulen och kastrullen fungerar som värmeledare och som "rörelseuppfångare".



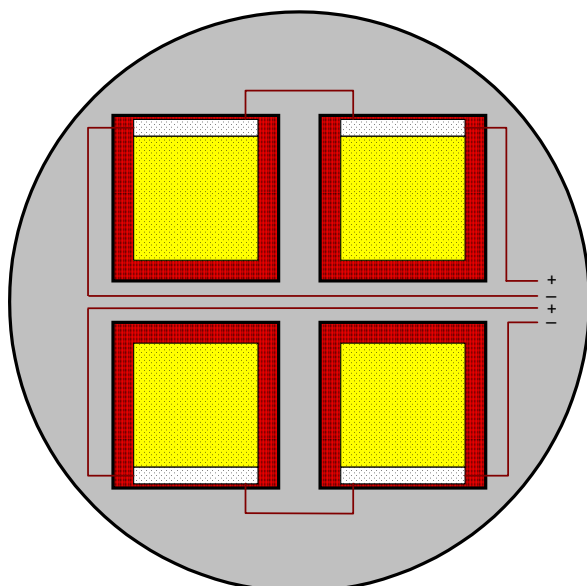
Prototyp n:o 1 har värmeväxlare, en värmeledare/värmespridare av mjukglödgad koppar och kastrullen som innehåller kylvattnet har en tjock aluminiumbotten. Uppvärmningstiden för metallmassorna är ca 10 minuter. Först därefter avges full effekt. Även för de övriga prototyperna är uppvärmningstiden ca 10 minuter.

Gunnar Gunnarsson 99-08-16

Skala 1:1

Prototyp n:o 1

Inplacering av 4 st Melcormoduler, HT2-12-30. Vy uppifrån, sett "genom" botten på kastrullen. Modulerna vilar på fyra plåtar av koppar, s.k. värmespridare. Övriga delar av kopparplattan är täckt med mineralull/stenull som värmeisolerering. Ledningsdragning för seriekoppling till 12 volt eller för serie/parallellkoppling till 6 volt.



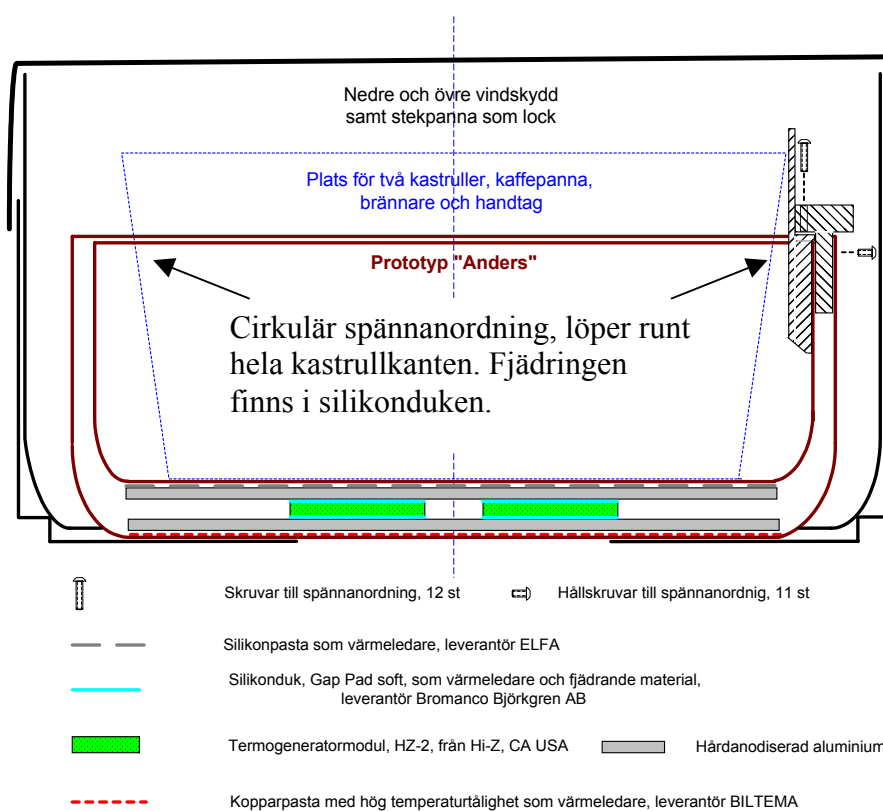
Gunnar Gunnarsson FOA 750

2000-10-04

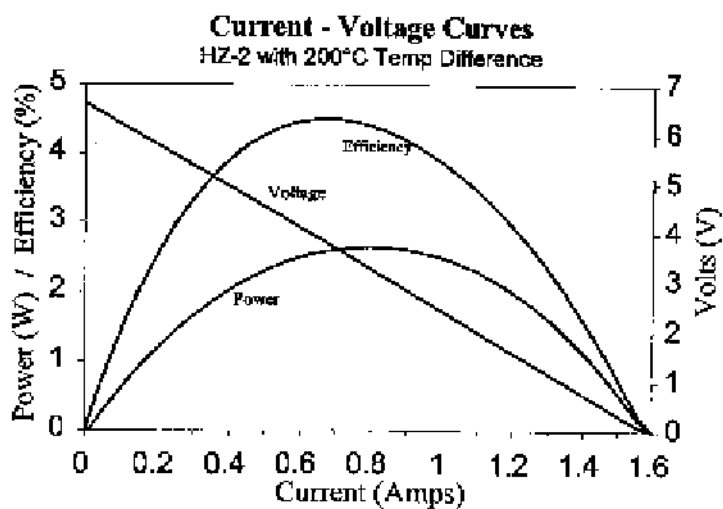
Skala 1:1

Prototyp "Anders"
i det hoppackade campingköket

Nedre och övre vindskydd och stekpannan från Trangia T-25 omsluter Prototyp "Anders".
Innanför finns två kastruller och en kaffepanna från den mindre Trangia T-27.
I kaffepannan finns brännare och handtag.



*Campingköksanpassad
TEG-kastrull av
standardkastruller i
rostfritt stål med
aluminiumbeläggning.
Uteffekt, 4W/6 eller 12V
med 4 st HZ-2-moduler.
Vikt 1,2 kg.*



*Elektriska prestanda för
HZ-2-modulen från Hi-Z.*

Litteratur:

FOA3-rapport A388, April 1959 TERMOELEKTRICITET av R. Gezelius

FOA3-rapport A646, Mars 1965 TERMOELEKTRISKA GENERATORER
av B Hallgren T Rudäng

FOA3-rapport C406, Januari 1964 UTVECKLING AV TERMOELEKTRISK GENERATOR
AVSEDD SOM ENERGIKÄLLA FÖR FLÄKT I MOTOR- OCH TÅLTVÄRMARE av
B Hallgren, L Hedlund och T Rudäng

CRC Handbook of THERMOELECTRICS, edited by D.M. Rowe, 700 sidor

Månadsrapporter "Alternative Energy Source for Illumination" från Hi-Z, på uppdrag av
US Army, TACOM, 20 st. (2002-08)

Generating Electricity for Families in Northern Sweden Project - Using Thermo-Electric
Generation as a Simple Way of Generating a Limited Amount of Electric Energy
Author: Anders J. Killander anderski@cadcam.kth.se Dept. of Manufacturing Systems
Royal Institute of Technology 100 44 Stockholm SWEDEN A report from The Department of
Manufacturing Systems Royal Institute of Technology Stockholm, SWEDEN TRITA-TSM
R-96-01 ISSN 1104-2133 ISRN KTH/TSM/R--96/1—SE
Rapporten kan även fås från: <http://www.triz-journal.com/archives/1997/01/a/index.htm>

Användbara Internet-adresser:

<http://www.hi-z.com/> F:a Hi-Z tillverkar och säljer TEG-moduler. De har också tillverkat flera
Prototyper/Demonstratorer. Se deras APPLICATIONS INFORMATION.

<http://www.zts.com/ztlinks/> Portal för alternativa strömkällor. Innehåller mycket om TEG.

<http://www.globalte.com/generators.htm> F:a Global Thermoelectric om "Stand alone"- strömkällor.

<http://www.nap.edu/readingroom/books/energy/> Energy Efficient Technologies for the Dismounted
Soldier. NATIONAL ACADEMY PRESS, 1997, 25 sidor. Den framtida soldaten och hans
strömkrävande utrustning.

<http://books.nap.edu/books/0309059348/html/187.html#pagetop> Appendix C till ovanstående: Energy
Source Technologies, 60 sidor. Om batterier och Alternativa Strömkällor.

<http://users.du.se/~e96mpe/termo/termo.htm> Martins hemsida, Dalarnas universitet, innehåller en
noggrant genomförd mätserie av MELCOR's HT4-12-30 använd som TEG. Vattenkylning.
Bilder.

<http://www.melcor.com/prodinfo.htm> F:a MELCOR's hemsida. Innehåller bl. a. information om
högtemperatur-peltierelement, som kan användas som TEG.

<http://www.dol.ru/icccmg/serg/biapos/english.html> Rysk firma, tillverkar RTG's.

<http://www.dts-generator.com/gen-txe.htm> Low Power Thermoelectric Generator, LPTG.

Utgivare Totalförsvarets Forskningsinstitut - FOI Ledningssystem 581 11 Linköping	Rapportnummer, ISRN FOI-R--0610--SE	Klassificering Teknisk rapport
	Forskningsområde 4 Spaning och ledning	
	Månad, år Oktober 2002	Projektnummer E7787
	Verksamhetsgren 5. Uppdragsfinansierad verksamhet	
	Delområde 41 Ledning med samband, telekom och IT-system	
Författare/redaktör Gunnar Gunnarsson	Projektledare Gunnar Gunnarsson	
	Godkänd av Lennart Nyström	
	Uppdragsgivare/kundbeteckning FMV	
	Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig Gunnar Gunnarsson	
Rapportens titel Modifiering och Mätningar/studie av termogeneratorutrustning för enskild soldat		
Sammanfattning (högst 200 ord) För att framtidens soldat ska kunna fungera på önskat sätt som en del i nätverket, under ett till tre dygn, kommer det att krävas stora mängder elektrisk energi. För att batteribördan ej ska bli övermäktig krävs lägre strömförbrukning, bättre batterier och alternativa strömförsörjningsmetoder. Med en enkel, lätthanterlig, bärbar strömkälla för batteriladdning, eller för direktdrift, som drivs med "logistiska bränslen", sprit, bensin, dieselolja – eller ved, skulle uthålligheten för soldaten kunna utökas. 1997 började man på FOA att studera möjligheten att ladda jägarsoldaternas batterier med hjälp av ett "Termogeneratorsystem för Spritkök", en kastrull som ger elektrisk ström vid snösmältning eller uppvärmning av vatten. Fyra fungerande prototyper har byggts. Bästa resultat, 15,6W/ vid 12 eller 24V arbetsspänning. FOA/FOI har samarbetat med F:a Hi-Z, CA, USA, samt Legelab och Automotive Technology AB, Uddevalla. En studie över konkurrerande/kompletterande alternativa strömförsörjningstekniker har också utförts		
Nyckelord Strömförsörjning, Alternativa strömkällor, Termogenerator, TEG, Vismuttellurid, Blytellurid		
Övriga bibliografiska uppgifter	Språk Svenska	
ISSN 1650-1942	Antal sidor: 17	
Distribution enligt missiv	Pris: Enligt prislista	

Issuing organization FOI – Swedish Defence Research Agency Command and Control Warfare Technology P. O. Box 1165 SE-581 11 Linköping	Report number, ISRN FOI-R--0610--SE	Report type Technical report
	Research area code C4ISR	
	Month year October 2002	Project no. E7787
	Customers code 5. Commissioned Research	
	Sub area code C4I	
Author/s (editor/s) Gunnar Gunnarsson	Project manager Gunnar Gunnarsson	
	Approved by Lennart Nyström	
	Sponsoring agency Swedish Defence Materiel Administration	
	Scientifically and technically responsible Gunnar Gunnarsson	
Report title (In translation) Modification and Measuring/study of thermoelectric equipment for a single soldier		
Abstract (not more than 200 words) Land Warrior is supposed to function dismounted, without supporting platform, for extended periods of time, days or even weeks. The capacity of the batteries limits the soldiers possibility to communicate and to be available "in the network". With a simple, handy power source for battery charging, fueled by camp stove alcohol, gasoline, diesel fuel - or firewood, the function time of the soldier could be extended.. In 1997 FOA began to study the possibilities of charging batteries for Swedish light infantryman with a "Thermoelectric generator equipment för a camp stove" . Four working prototypes were built. The best result that was achieved, 15,6W at 12 or 24V . In order to evaluate the results, a study of competing/supplementing power techniques was performed. FOA/FOI has been cooperating with Hi-Z, CA, USA and Legelab and Automotive Technology AB , Uddevalla, Sweden.		
Keywords Alternative Power Sources, Thermoelectric generator, Bismuth Telluride, Lead Telluride		
Further bibliographic information	Language Swedish	
ISSN 1650-1942	Pages 17	
Price acc. to pricelist		