

Fra Forsvarets forskningsinstitutt

# HISTORIE

$$[M_1 \sin(\beta - \theta)]^2 = 7(M_0 \sin \beta)^2$$



Bioenergi  
Teltovn M 94 – flytende brensel  
Hermes og Jeeves



Det har vært en spennende oppgave å bidra til at mange av instituttets prosjekter helt fra begynnelsen av er blitt beskrevet på en oversiktlig og relativt lettfattelig måte. Slik kan interesserte skaffe seg kjennskap til meget av det instituttet har arbeidet med. Mange travle prosjektledere og medarbeidere har bidratt og har vist stor hjelpsomhet

og tålmodighet. Flere pensjonister har også gitt verdifulle bidrag. En spesiell takk til alle ved publikasjonsavdelingen. Denne samlede innsatsen har vært avgjørende. Jeg takker alle for en svært interessant og lærerik tid.

Red.

# Forord

Ved FFIs 50-årsjubileum i 1996 fikk Olav Njølstad og Olav Wicken, da ved Institutt for forsvarsstudier, i oppdrag å skrive FFIs historie for de første 25 år. Oppdraget tok spesielt sikte på å belyse instituttets rolle i en nasjonal sammenheng, i forhold til teknologiutvikling, industripolitikk og, med årene, forsvarsplanlegging. Kildematerialet var først og fremst FFIs arkiv med instituttets korrespondanse og møtereferater fra styrende organer, samt offentlige dokumenter av ulike slag, og Egil Eriksens og Eigil Strømsøes samlede fremstilling av prosjektaktivitetene ved instituttet. Oppdraget ble løst på en utmerket måte ved utgivelsen av boken "Kunnskap som våpen". Den har i høy grad bidratt til å gi instituttet som helhet og dets tidlige ledere en velfortjent heder.

Imidlertid var det tidlig klart at oppdraget som ble gitt til Njølstad og Wicken ikke ville gi rom for nevneverdig omtale av selve gjennomføringen av instituttets prosjekter. Hvordan oppstod ideene som ledet til prosjektene? Hva var forutsetningene for gjennomføringen? Hvem stod for den, og hvilke utfordringer møtte de underveis? Med andre ord, vi savner vitnefastede nedtegnelser fra det "indre liv" i instituttet som frembrakte de resultatene som berømmes i nasjonalt perspektiv. Dette har vi bedt prosjektledere og prosjektmedarbeidere å fortelle om.

Hvordan skulle det gjenstående arbeidet legges an? Etter nøye vurdering har vi satset på en serie historiske hefter som hvert dekker et begrenset prosjekt eller fagområde. Det er flere fordeler ved denne løsningen: Arbeidene kan utgis etter hvert som de blir ferdige, og det krever ikke meget å utgi en forbedret utgave dersom feil eller mangler skulle bli påpekt.

Prosjektet har en risiko. Jo bedre vi lykkes med å få frem de viktige bidragene og bidragsyterne, desto kjedeligere blir det med de mangler som allikevel ikke unngås. Også med tanke på oppretting av slike mangler er hefteformen enklest.

Oppslutningen om dette prosjektet har vært meget stor, og mange tidligere og nåværende medarbeidere har bidratt. De er nevnt

som kilder for de enkelte heftene hvor deres bidrag befinner seg.

Instituttets uten sammenligning største og teknologisk bredeste prosjekt-område har vært utviklingen av sjømålsraketter. Den første Penguin-raketten ble i sin helhet utviklet av instituttet, og systemarbeider og kritiske deler er utviklet for de påfølgende versjoner av Penguin og NSM (Nytt SjømålsMissil). En samlet historisk fremstilling av denne virksomheten er i arbeid i regi av Kongsberg Defence & Aerospace. Vi har valgt å avvente den før vi tar stilling til om det er aktuelt å utgi et supplement innenfor denne hefteserien.

Erling Skogen er redaktør for det samlede prosjektet. Han har nedlagt et betydelig arbeid i bearbeiding av tekstene og fremskaffing og redigering av billedmaterialet.

Kjeller 1. mars 2003

Nils Holme

## Bioenergi



*På siste halvdel av 1970-årene var oljeprisene steget dramatisk og alternative energikilder ble utredet og utviklet ved instituttet.*

*Et alternativ var bioenergi, og forskningssjef Per Thoresen, som tok en rekke initiativ for bruk av bioenergi, så dette i sammenheng med utviklingen av trekullbrennere for Forsvaret og foreslo for Olje- og energidepartementet å bruke trekull som energibærer for bioenergi. En fordel er at forbrenningen kan gjøres fri for forurensninger og skje i ovner i de enkelte hjem. Forurensningen tas hånd om under trekullproduksjonen. En annen fordel er at ovnene kan automatiseres. Selve forbrenningen reguleres lett ved lufttilgangen, og trekullet kan tilføres automatisk.*

*Finansiert av Olje- og energidepartementet ble det ved Avdeling for våpen og materiell (Avd VM (senere Avd BM)) utviklet ovner som kunne reguleres automatisk, og det ble utviklet metoder til å produsere trekull og til å fremstille briketter. Særlig vekt ble det lagt på å fremstille veksthusovner som samtidig produserte karbondioksid (CO<sub>2</sub>) for å øke planteveksten. De som i særlig grad ledet utviklingen av de tekniske løsningene var Tor Audun Oftedal, Ståle Rustad, Morten Soma og Torbjørn Olsen.*

*Sammen med forskningsleder Gunnar Wilhelmsen i Norsk institutt for skogforskning fikk Thoresen dannet en bioenergikomité for å fordele bevilgede midler fra Olje- og energidepartementet. En god del av disse midlene gikk til FFI for arbeidet med trekull. Instituttet ble også bedt om å delta i forskning på andre områder. Særlig ble det fokusert på forbrenning av ved.*

### Trekull som energikilde

- Varmekilder med trekull som brensel er pålitelige og enkle i konstruksjon
- Trekull har høy energitetthet: 9 kWh/kg
- Enkel å håndtere
- Det er lett å få fullstendig forbrenning
- 90% virkningsgrad
- Rene avgasser
- Miljøvennlig

### Fremstilling av trekull

Kommersielt tilgjengelig trekull var ikke av høy nok kvalitet da forsøkene ble satt i gang. For å skaffe kvalitetskull og for å lære om kullproduksjon generelt, ble det derfor besluttet å anskaffe et trekullanlegg.

Ved fremstilling av trekull blir trevirke varmet opp i en beholder med lite lufttilgang, slik at vann, kull og organiske gasser blir igjen. (Ved forbrenning av tyrrøtter for eksempel får en tjære.)

Det fantes ingen kommersielle anlegg tilgjengelig som passet for en mindre produksjon.

En nedskalert versjon (1:2) av en amerikansk Cornell-retorte ble bygget i 1979 ved Kværner Bruk a/s, ut fra modifiserte tegninger. I hovedsak er det en rund beholder av stålplate med en luke i toppen for påfylling av tremateriale og en luke i bunnen for uttak av trekull. Når kullet er ferdig, lagres det i ståltønner. Prosessen utvikler mye overskuddsvarme. For å få lønnsom drift bør denne utnyttes.

De første fyringsprøvene ble gjort ved FFIs anlegg i Dampa. Senere var retorten ved Sintef i Trondheim for en forsøksdrift, og en kort tid ved Ransverk, i forbindelse med et annet prosjekt. I hovedsak har retorten vært i bruk ved a/s Tepas, Drevsjø, for firmaet Heatpac, som har stått som produsent av spesialkull og tilhørende utstyr til bruk både i Forsvaret og sivilt.

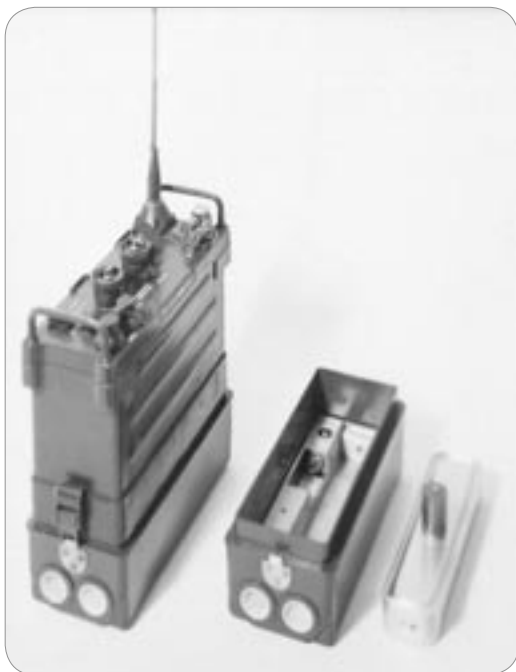
### Ovner basert på trekull

Det ble etter hvert utviklet en rekke varmeenheter basert på trekull:

### Batterivarmer

Ved Avd VM ble det i 1971-1972 gjennomført en analyse av Hærens strømforsyning i felt. Det var Torstein Våland, og i hans studiefravær Tor Audun Oftedal, som var ansvarlige for prosjektet "Optimalisert bruk av Leclanché-celler til taktisk sambandsutstyr". Konklusjonen var at for et behov som krevde ett batteri ved 20°C måtte fire batterier brukes ved 0°C og deretter økende til at batteribruk var umulig under -20°C. Det måtte oppvarming til. Dermed startet to prosjektretninger. Den ene var utvikling av nye batterier med bedre kuldeegenskaper og den andre, et prosjekt for å utvikle batterivarmerer, som startet under samme jobb som analysen for Hærens strømforsyning.

Flere oppvarmingsmetoder ble forsøkt, og trekullet viste seg å ha helt unike egenskaper sammenlignet med andre brennstoffer, enten de var gassforenlige (propan, butan), flytende (sprit, bensin, parafin) eller faste stoffer (kjemiske varmeposer). Med trekull kan varmeeffekten kontrolleres enkelt ved å styre lufttilgangen til forbrenningen, helt analogt til trekkregulering av en vedovn. Varmeinnholdet i trekull er høyt, og trekull er lett å lagre. Etter tilsetning av katalysatorer antenner trekullet lett, og trekullstavene kunne brenne over lang tid (mer enn tre døgn) uten å slukke.



*Feltradio med batterivarmer.*

En liten ovn/varmer ble utviklet av Tor Oftedal og Bjarne Nordli, som var en ildsjel og viktig brikke i utviklingen. Systemet ble patentert. Batterivarmeren var ferdig utviklet 1976.

Per Thoresen fikk engasjert STK (Standard Telefon- og Kabelfabrikk) i prosjektet, som for egen regning utviklet en versjon av varmeren for industriell fremstilling.

Hæren gjorde forsøk med batterivarmeren, og den ble klart akseptert som en vesentlig forbedring for strømforsyningen i felt. Varmeren holdt temperaturen optimal ved ca. +40°C og eliminerte lavtemperaturproblemene.

### Litiumbatteriet overtar

Men samtidig med at batterivarmeren forelå ferdig utviklet kom litiumbatteriet på markedet. Dette batteriet hadde 5-10 ganger så stort energiinnhold som Leclanché-cellene og meget gode lavtemperatur- og lagringsegenskaper. Dermed satset Hæren på dette batteriet, og batterivarmeren ble aldri produsert.

Litiumbatteriene hadde en del problemer til å begynne med, bl.a. kunne de eksplodere ved for stor belastning. Avd VM, med Våland og hans gruppe, deltok sterkt i arbeidet med å tilpasse bruken av litiumbatteriene til Hærens behov.

### Batterivarmerprinsippet til annen type oppvarming

Men batterivarmerprinsippet kunne brukes for andre typer oppvarming, og det var allerede startet et nytt prosjekt i 1973, under ledelse av Ståle Rustad, som ble kalt "Koke- og oppvarmingsproblem i felt".

Det var naturlig å spørre om det prinsippet som var utviklet for batterivarmeren kunne anvendes til flere formål. Sentrale personer i det videre arbeid i utviklingen av trekullrelaterte produkter var Nordli og Oftedal.

### En flyulykke ga nye ideer

Før jul 1972 inntraff en stor flyulykke i Asker. Flere overlevde flystyrtet, og skadde ble liggende i snøen. Det var tåke, og det tok tid før redningsmannskapene nådde fram. Flere

skadde døde pga. tilleggskomplikasjoner forårsaket av kulde. Kunne FFIs trekullvarmer brukes til å gi varme til skadde personer ute i felten?

Da spørsmålet ble rettet til Hærens sanitet var svaret entydig, ja. Daværende kaptein Atle Steindal hadde allerede arbeidet med samme problematikken med bruk av kjemiske varmeposer. Dessuten, noe som var nytt for oss, så han på mulighetene for å utvikle en spesiell pasientinnpakning til kuldebeskyttelse i felt.

#### Viktig å beskytte sårede mot kulde

Som kjent fører bevegelse til at kroppen vår produserer varme, og varmebalansen kan opprettholdes selv i temmelig sterk kulde. For en såret person, ute av stand til å bevege seg, er situasjonen en helt annen. Den lave hvilevarmen er ikke nok, selv med normalt god bekledning. Nedkjøling fører til en fysiologisk reaksjon som sterkt nedsetter blodsirkulasjonen i ekstremitetene (armer og bein), og forfrysninger oppstår lett. Historisk sett har frostskafer vist seg å være et enormt problem i alle vinterkriger.

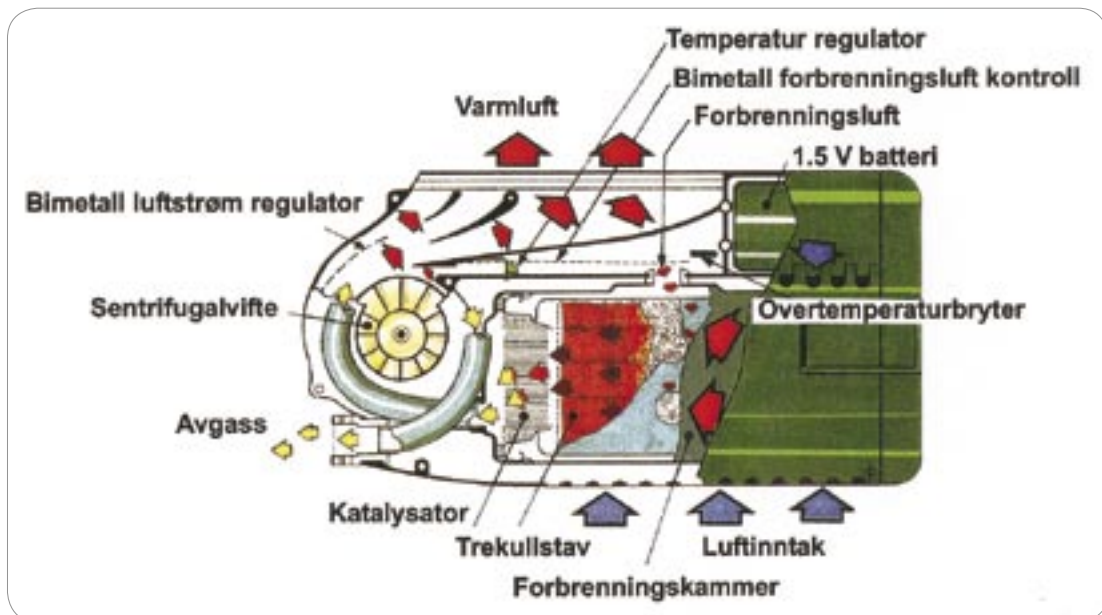
Tilførsel av varme til sårede er også av største betydning mot utvikling av sjokk (sirkulasjonssvikt). Generelt øker dødsrisikoen vesentlig når sterkt sårede utsettes for nedkjøling.

## Pasientvarmer

FFI startet utviklingen av en pasientvarmer basert på trekull i 1976, og utviklingen var i hovedsak fullført i løpet av 1981, med senere forbedringer. Sentrale aktører helt fra starten av prosjektet var Nordli og Oftedal. Etter hvert ble en rekke personer involvert: Erik Wulvik, Einar Melvær, Tjalve Bjølgerud, Eva Foss og Odd Halsnes.

En tennsats antenner kullstaven. Luftstrømmen fra vifta deles i to via to separate strømningsveier. En liten del (<5%) av luftstrømmen går med til å underholde forbrenningen. Mengden som går med til forbrenningen styres av en bimetallfjær. Resten (>95%) av luftstrømmen varmes opp i kontakt med brennkammeret. Temperaturen på varmlufta kan reguleres, men settes vanligvis til 65°C. Temperaturen på varmluftsstrømmen føles av bimetallfjæra, som således fungerer som en termostat. Et brennelement inneholder 1000 watt-timer (1 KWh). Brenntiden avhenger av omgivelsestemperaturen. Ved 50 watt avgitt effekt er brenntiden 20 timer og ved 200 watt fem timer. Varmeren veier 0,75 kg inkl. varmefordelerslanger.

Kjemiske varmeposer gir kun en lokal varmeevirkning. Den store fordelen ved vår pasientvarmer er at brennerenheten er plassert inne i pasientposen, og at varmluftstrømmen fordeles og resirkuleres i et lukket system. Virkningsgraden blir over 90%. Ved



Prinsippskisse av personvarmer.

et gass- eller oljefyrt system må brennerenheten plasseres utenfor pasientposen med isolerte varmeslanger inn i posen. Dette gir et større, tyngre og dyrere system med mye lavere virkningsgrad, bare ca. 10%.

## Kuldebeskyttelse av sårede i felt

### Pasientpose

Sanitetssoldatene brakte tidligere med seg ulltepper når de rykket ut for å unnsatte sårede. Kuldebeskyttelsen som ullteppene ga, var imidlertid ikke god nok i forhold til vekt og volum. De gir også dårlig beskyttelse mot regn og fuktighet. Det var behov for noe mer effektivt. Løsningen kom i form av en ny pasientpose, kombinert med bruk av pasientvarmer.

Varmluft fra varmeren fordeles ved hjelp av fleksible slanger langs kroppen på pasienten på innsiden av posen og delvis under pasien-

tens klær. Varmerens ytelse, opp til 200 watt, er tilstrekkelig under de fleste værforhold til å gi pasienten en effektiv kuldebeskyttelse. Posen har en fleksibel lukkeanordning, som gjør det enkelt å tilpasse den til de fleste kroppsstørrelser og gir nødvendig tilgang til pasientens forskjellige kroppsdeler ved førstehjelpsbehandling. Posens vind- og vanntette belegg stopper regn og sludd ovenfra og fuktighet nedenfra. Dessuten vil belegget redusere avkjølingen ved fordampning, dersom pasienten har våte klær.

## Oppbevaring av medikamenter i kulde

### Medisinskap

De fleste flytende medikamenter fryser i kulde, og må oppbevares frostfritt. Spesielt gjelder dette intravenøse væsker, som bør ha nær kroppstemperatur. Det ble derfor utviklet et oppvarmet og isolert medisinskap.



*Soldat som er pakket inn i varmepose med pasientvarmer.*



*Oppvarmet medisinskapp.*

Veggene i skapet er isolert tilsvarende et kjøleskap, men med solid finérkasse utvendig. Skapet er forsynt med skuffer for medikamenter. Nederste skuff er tilpasset en standard pasientvarmer. Skapet er utformet slik at varmluft kan sirkulere innvendig. Den rene eksosgassen føres ut gjennom en åpning i skapets dør. (Et elektrisk varmeelement kan brukes når det er tilgang til 12 eller 24 volt spenning.)

Brenntid pr. kullstav er 12 t ved  $-20^{\circ}\text{C}$  og 6 t ved  $-50^{\circ}\text{C}$  utetemperatur. Temperaturen i skapet holdes på  $+30^{\circ}\text{C}$ .

Sentrale personer i utviklingen var Einar Melvær, Odd Halsnes og daværende kaptein Atle Steindal ved FSAN (Forsvarets sanitet).

Personvarmer, pasientteppe og medisinskapp produseres i dag av Normeca og er i bruk i det norske Forsvaret og i en rekke andre land. Personvarmeren er også i utstrakt bruk til sivile formål.

### Personvarmeren (Heatpac) i Himalaya og på Sydpolen

Heatpac har vært i bruk ved flere ekspedisjoner i Himalaya, og tilbakemeldingen viser at den har vært til avgjørende hjelp.

Kunstmaleren Bjørn Sand har brukt den på Sydpolen for å holde både seg selv og oljefargene varme, dessuten har den vært brukt til oppvarming av fotoutstyr i polare strøk.

### Termoelektrisk generator (TEG)

Tanken om å få "gratis" strøm ved å feste termoelementer på en ovn var flere ganger oppe på Avd VMs kollokvier. Prinsippet ble prøvd med tilfeldige termoelementer og syntes lovende. Et problem var å skaffe termoelementer, som i det aktuelle temperaturområdet ga høy nok virkningsgrad til en akseptabel pris. Firmaet Teledyne i Frankrike kunne levere elementer tilpasset bruksområdet og til en akseptabel pris når antallet var stort nok. Antallet ville være innen rekkevidde hvis vår utvikling var vellykket.

Med prøveelementer fra Teledyne ble utvikling satt i gang. Sentrale personer i utviklingen var Tor Oftedal, Odd Halsnes, Ståle Rustad, Erik Wulvik og Bjarne Nordli.

Omdanning fra varmeenergi til elektrisk energi foregår i såkalte termoelektriske elementer. Denne aktuelle typen er bygget opp av vismuth-tellurid. Hvert element består av 83 termopar koplet i serie. Ved å tilføre varme på ene siden og avkjøle på den andre, vil en liten del av energien omdannes til elektrisk strøm. Effekten øker med kvadratet av temperaturforskjellen. Denne type elementer tåler maksimalt  $290^{\circ}\text{C}$  på varmesiden, og den kalde siden bør avkjøles best mulig. Ved temperaturforskjell mellom kald og varm side,  $dT = 200^{\circ}\text{C}$ , er effekten pr. element ca. 5 watt ved 2,2 volt, noe som gir en virkningsgrad på ca. 2,5%.

En stor utfordring er å kunne regulere temperaturen på den varme siden så den ligger



*80 W termoelektrisk generator.*



tett opp til 290°C. Trekull er her godt egnet som brensel, fordi effekten kan reguleres ved kun å regulere lufttilførselen.

Det ble i alt utviklet fire modeller fra 1976 til 1986. Den siste ga 80 watt elektrisk effekt og 4000 watt varmeeffekt. Den var rektangulær med brennkammer på den ene langsiden og 18 stk. termoelementer på den andre siden. Her var det en bevegelig askerist og askeskuff til å trekke ut. Alle modellene står avfjæret i en ramme av aluminiumsrør.

En termoelektrisk generator er nesten lydløs. Et mulig bruksområde var drift av radiosett hvor man også trengte varme i teltet. Men selv om generatoren ga både varme og strøm ville Forsvaret heller satse på utstyr drevet med standard flytende brensel. Prosjekt TEG ble avsluttet med disse fire utgavene, men var med på å legge grunnlaget for andre prosjekter.



*Teltovn basert på trekullfyring utviklet for Hæren i begynnelsen på 1990-tallet. Effekt 2-7 kW. Omlag 80% virkningsgrad.*

## Teltovn for trekull

Forsvaret hadde brukt trevirke som brensel i sine teltovner, men en analyse gjort ved Avd VM viste at dette var meget dyrt, og at lagring av trevirke ville være problematisk. Lagring og transport av trekull ville derimot være enkelt, og trekull ville også være billigere.

Det var Tor A. Oftedal, Torbjørn Olsen, Odd Halsnes og Tjalve Bjølgerud som utviklet en trekullbrennende ovn med meget gode egenskaper. Fordelene var:

- Ingen synlig røyk. Selv kondensert damp ble minimal fordi forbrenning av trekull ikke gir vann som sluttprodukt.
- Jevn, lett styrbar forbrenning, som lett kunne automatiseres hvis Forsvaret ønsket det.
- Enklere og billigere fyring enn med ved.
- Det var mulig å ha tilstrekkelige beredskapslagere.

Per Thoresen håpet på et samarbeid mellom Forsvaret og sivil industri for å få realisert prosjektet, men det støtte på vanskeligheter.



*Boligovn for trekull ca. 1980.*

## Trekullovn for automatisk mating

Det ble også arbeidet med ovner for å kunne utnytte trekull i private hjem. Ståle Rustad var leder for dette prosjektet. Det var særlig automatisering i tråd med det en var vant med for olje det ble basert på. Det ble utviklet et system for effektstyring av Eilert Heyerdahl og Håvard Berg, som fungerte fint. Konseptet var knyttet til en ovn med døgntank. Ovnene ble utviklet av Torbjørn Olsen.

Det ble arbeidet med trekullpellets for automatisk innmating i samarbeide med Chr. Michelsens Institutt. Forskjellige former for innmatingssystemer, med kjeder og skruer ble prøvd, og fullautomatisk prototyp ble demonstrert på FFI.

## Jøtulovner

Per Thoresen tok kontakt med Jøtul AS om utvikling av en ovn med bedre forbrenning, noe som ga FFI et betalt prosjekt.

Det ble utviklet en ovn som var basert på Oftedals og Somas ideer om sekundærforbrenning. Trevirket skulle varmes opp ved å brenne litt i et primærkammer. Ved pyrolyse ble gassene og tjærestoffene drevet ut og



*Jøtul 201 ble i 1981/1982 produsert i 1000 eksemplarer. Tokammerprinsippet ble utviklet ved FFI og senere patentert.*

antent i et såkalt sekundærkammer. Det skulle være lite lufttilførsel i primærkammeret og mye luft til sekundærkammeret. Dermed økte virkningsgraden fra 30% til over 50% i en vedovn.

Det første produktet basert på denne patenterte oppfinnelsen ble markedsført som Jøtuls ovn 201 i begynnelsen av 1980-årene. Men produktet var kommet for tidlig ut, og det ble påvist mange feil.

Så å si alle ovner etter dette har hatt to forbrenningskamre. Det ble også tatt ut flere andre patenter som er kommet i bruk siden, også hos andre produsenter.

## Kakkelovner

SND (Statens Nærings- og Utviklingsfond) bevilget etter forslag fra Per Thoresen en startkapital for Wiliam Jansen, som opprettet firmaet Kakkelovnmakeriet og plasserte et betalt forskningsopdrag ved Avd VM. Tor A. Oftedal og Odd Halsnes utviklet et innvendig forbrenning/varmevekselsystem for ovnene og oppnådde en virkningsgrad på 92% i utnyttelsen av brenselet. En slik kakkelovn er nesten forurensningsfri.

Kakkelovnmakeriet er ingen stor industri, men har sin nisje innen ovnsmarkedet.

## U-landsovnen "Gro"

Avskoging er et stort problem i mange utviklingsland, hvor ca. 80% av trevirket blir brukt til brensel. Et ildsted etter den såkalte tre-stein-metoden, hvor gryta settes på tre steiner, har en virkningsgrad på ca. 5%. Bruk av ovn med god virkningsgrad vil redusere vedforbruket betydelig. Sommeren 1985 ble det gjennomført et lite prosjekt med en enkel ovn med tynt, utvendig metallskall som var regulerbart i høyden. Det ble prøvd ulike former for isolasjon i brennkammeret, ulike former for lufttilførsel og bruk av både trekull og ved som brensel. En kinesisk testmetode ble videreutviklet. En standard brenselmengde og en gryte med en standard vannmengde ble brukt. Den beste utgave av ovn fyrt med trekull hadde 48% virkningsgrad, mens beste utgave for ved hadde 36% virkningsgrad. Det viste seg at bruk av tørr og finkuttet ved var viktig. Overført til U-land vil bruk av ovner med 36% virknings-



*U-landsovnen "Gro".*

grad i forhold til bål med 5% virkningsgrad redusere vedforbruket til en syvendedel.

Prosjektmedarbeidere var Odd Halsnes og Gry Elnæs (sommerstudent) med Tor Oftedal som prosjektleder.

Selv om det var et lite prosjekt så var det starten til det som senere ble "Teltovn M 94 flytende brensel".

## Oppvarmet bilakkumulator

Effekten til en blyakkumulator reduseres sterkt i kulde. Et mulig alternativ, eller supplement til motorvarmer, var derfor å varme opp akkumulatoren. Det ble laget en isolert kasse med plass til to stk. blyakkumulatorene. I et rom i midten ble det plassert to stk. trekullstaver. Kullet ble innpakket i keramisk filt med et metallgitter utvendig. Avgitt effekt ble styrt av mengden luft som trakk gjennom filtlaget.

Systemet fungerte, men det ble laget bare en prototyp. Einar Melvær ledet utviklingen som foregikk i 1983.

## Oppvarmet verktøykasse

Her ble det brukt samme varmekilde (kullelement) som for oppvarmet bilakkumulator. Ved reparasjonsarbeid på biler vintertid er det vanskelig å bruke votter. Fingrene blir etter kort tid nesten følelsesløse av å holde i kaldt verktøy. Legger man ned verktøyet i en isolert, oppvarmet kasse, får fingrene i stedet et varmetilskudd. Prinsippet virket bra, men er ikke utviklet videre. Odd Halsnes utviklet utstyret som foregikk i 1984.

## Solenergi

Per Thoresens betraktninger om solenergi anvendt i Forsvaret (IR VM 42, 1976) innledet en aktivitet over fire år, der det på Avd VMs flate tak ble varmet opp vann vha. varme fra solen. Med forskjellige flatplate-kollektorer ble det undersøkt hvor mye solenergi (varmt vann) som kunne samles opp fra solstrålingen. Prosjektet ga god anledning til å bygge opp kunnskap om varmeoverføring, noe som ble til stor nytte i andre prosjekter. Prosjektet ble ledet av Einar Melvær

## Veksthus

Ved forbrenning av trekull ble forbrenningsproduktet nesten ren  $\text{CO}_2$ .  $\text{CO}_2$  blir brukt i veksthus som tilskudd for å øke planteveksten. Ved riktig tilskudd av  $\text{CO}_2$  kunne veksten økes 50%. Norsk Hydro solgte  $\text{CO}_2$  på flasker til veksthusnæringen, men prisen var høy.

Per Thoresen foreslo, med økonomisk støtte fra Olje- og energidepartementet, et samarbeid med Universitetet i Oslo (UiO) for å utvikle et anlegg der en forbrente trekull og leverte varme og  $\text{CO}_2$  til veksthus. Sammen med Stein Nilsen, leder av fytotronanlegget ved UiO ble det tatt ut patenter og startet et prosjekt. Torbjørn Olsen utviklet ovner, og i et nytt samarbeid med høyskolen på Ås ble det gjort et stortilet forsøk med systemet. En katalysator for å fjerne  $\text{NO}_x$  ble utviklet av Roar Myrdal.

Det hele ble teknisk meget vellykket, men strandet på manglende interesse fra industrien. Norsk Hydro var eneste mulighet, men var også leverandør av den dyre  $\text{CO}_2$  til gartneriene.



*CO<sub>2</sub>-generator utviklet for veksthus.*

### Fabrikanlegg som tar vare på alt

Inspirert av Thoresens artikler og foredrag lanserte Johan C. Løken et prosjekt i sin hjembygd Elverum. Han inviterte til samarbeid med FFI om et prosjekt som ble kalt "Starmo". Planen var å bygge en fabrikk som skulle ta i mot hele trær, med grener og røtter.

Tømmeret skulle utnyttes på tradisjonell måte. Alt som ikke ble planker skulle inn i et pyrolyseanlegg for produksjon av trekull. Avgassene fra anlegget skulle brennes, og sammen med øvrig varme fra pyrolysen brukes som varmekilde for høvleriet og eventuelt selges som fjernvarme. Trekulltjæren var vurdert som en god salgsartikkel, og det var også trekullet.

Fabrikken ble designet og kostnadvurdert, og kom meget godt ut økonomisk. Thoresen var med i komiteen som arbeidet med å realisere prosjektet. Finansieringen var i ferd med å bli realisert, men så ble Løken landbruksminister i regjeringen Willoch og dermed ble drivmotoren i Starmo-prosjektet borte. Etter Løkens ministerperiode var det for sent, oljeprisene var igjen lave.

*Bidragstere: Per Thoresen, Tor A. Oftedal, Odd Halsnes, Torbjørn Olsen.*

## Teltovn M 94 – flytende brensel

*Forsvaret brukte tidligere vedovner for oppvarming av telt. I krisetider kan en imidlertid ikke regne med tilgang på tørr og ferdig opphugget ved. Å sette soldater til å hugge ved er heller ingen god løsning, det er for tidkrevende og dessuten har soldatene viktigere oppgaver under slike forhold. Dieseloilje må Forsvaret ha for i det hele tatt å kunne være operativ, derfor bør en teltovn også kunne basere seg på dette drivstoffet, dvs. flytende brensel. Flytende brensel tar mindre plass, er enklere å bruke, lagre og etterforsyne enn ved. I tillegg utnyttes energien i veden dårlig; veden er ofte fuktig og det blir mye synlig røyk. På bakgrunn av dette ønsket Forsvaret å gå over fra ved til flytende brensel.*

### Forsvaret prøver nyutviklet teltovn fra FFI

Utvalgte avdelinger i Forsvaret hadde vinteren 1993-94 100 stk. nyutviklede teltovner, M 94 for flytende brensel, til utprøving. Dette markerte slutten på en prøveperiode som startet 1987. En viktig del av prøvene ble utført i et 16-manns telt, plassert bak Avd VM (senere Avdeling for beskyttelse (Avd BM)). Her ble stadig nye ideer testet, og i perioder brant det i ovner natt og dag. Før hver vinter ble et lite antall forbedrede ovner produsert og sendt ut til avdelingene for å brukes av menige soldater. Her fikk ovnene prøvd seg. Det hendte mer enn en gang at ovner som hadde brent kontinuerlig på instituttet i ukevis uten soting var tette da sot etter et døgn blant soldater i felt, så et nært samarbeid med soldater og befal var avgjørende for å få til et godt resultat.

Prøvene 1993-94 må betegnes som meget vellykkede. Det viste seg at innemiljøet i teltet ble bedre, og det ble nesten ikke avgitt synlig røyk. Bruk av flytende brensel ga dessuten en innsparing på rundt 200 kroner pr. døgn og ovn i forhold til vedfyring. I varme tilsvarer en 20 liter jerry-kanne ca. fem sekker ved.

Forsvaret valgte da å slutte med vedfyring og anskaffet 6000 nye teltovner i løpet av 1995-96 som var basert på flytende brensel. Kontrakt for produksjon ble inngått med Velle Industrier AS. Med de nye teltovnene sparer Forsvaret årlig millionbeløp i brenselkostnader og får enklere og bedre oppvarming.

Teltovn M 94 er i sin helhet utviklet og gjort produksjonsklar ved FFI. Sentrale personer var prosjektleder Svein Martini, Odd Halsnes, Tor A. Oftedal og Tjalve Bjølgerud. Oftedal var prosjektleder de første årene.

### En helt ny ovn

Ovnen er unik i sin enkelhet. Brennstoffet renner via regulatoren inn i bunnen av brennkammeret, fordampes og blandes med luft som strømmer inn gjennom mange små og store hull i brennkammerveggen. Størrelse, antall og utforming av disse hullene er avgjørende for å oppnå en best mulig forbrenning. Denne teknikken er utviklet og patentert ved FFI og har resultert i et brennkammer helt uten løse, innvendige deler. Kammeret har dessuten et høyere effekt/volumforhold enn andre brennkammertyper; viktige egenskaper for en teltovn som skal være enkel, liten og lett. Tilsvarende utenlandske ovner har brennkammer med mange løse innvendige deler, og de er også større i forhold til varmeeffekt. I tillegg til parafin, diesel og Forsvarets enhetsdrivstoff F34 kan den norske teltovnen også brenne ved.

### Å redusere sotproblemet var en stor utfordring

Teltovnen er basert på "sot-forbrenning" og ikke "aldehyd-forbrenning" slik som for eksempel primusen som brukes i Forsvaret. Det vil si at brennstoffet forbrennes med gul flamme som er et kjennetegn på at forbrenningen går via små sotpartikler som gløder ut. Primusen forbrenner parafin ved aldehyd, og denne forbrenningen er karakterisert ved en blå flamme. Aldehydforbrenningen gir svært lite sotedannelse. Bakgrunnen



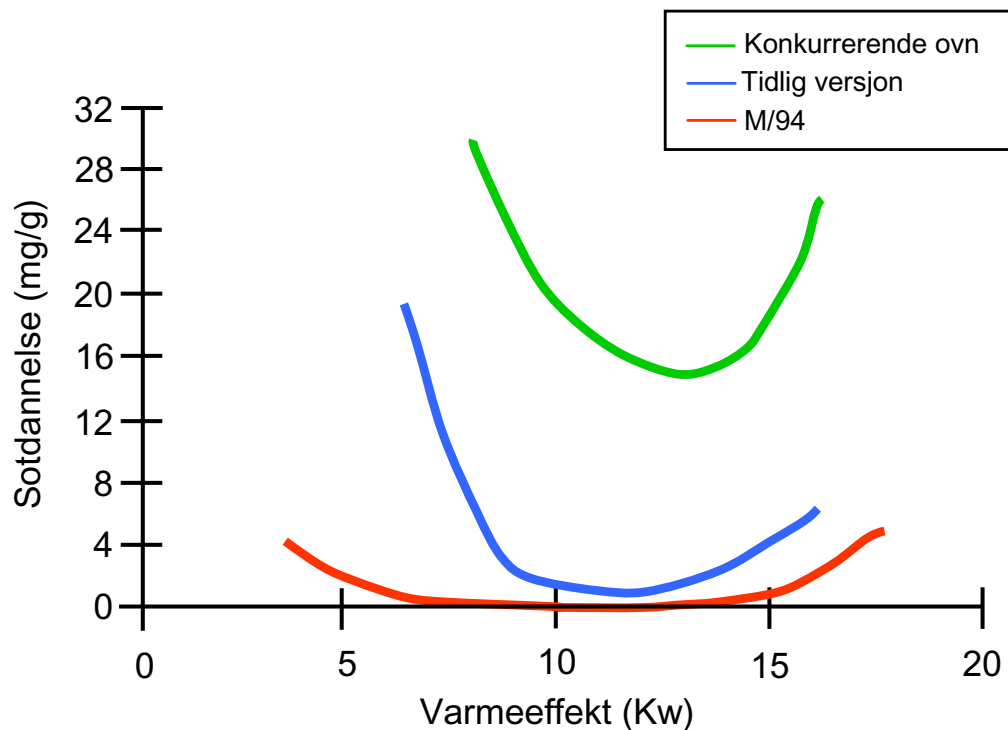
Teltovn M 94 for flytende brensel.

for at sotforbrenning likevel ble valgt er at konstruksjonen blir svært enkel. Det er ikke

nødvendig med et system som på forhånd blander luft og brennstoff, slik som i primusen. Den begrensede trekken som oppnås i teltpipen gir bedre vilkår for sotforbrenning enn for aldehydforbrenning. Dessuten åpner metoden for at både ved, diesel og lignende kan benyttes.

Den enkleste type ovn som baserer seg på sotforbrenning er et brennkammer med trekkåpninger som sikrer lufttilførsel og hvor parafin renner ned i bunnen av kammeret og fordampes. Dette kalles en pottrebrenner. En slik ovn soter forholdsvis mye dersom den skulle lages på tradisjonell måte og samtidig ha lite volum og høy effekt. Derfor er det arbeidet mye med å redusere sotdannelsen samtidig som enkelheten i ovnen ivaretas.

Et viktig prinsipp i dette brennkammeret er at en del av hullene blir vridd slik at gassene inne i kammeret settes i rotasjon. Både for mye og for lite rotasjon gir soting, dette var en utfordring. Tjalve Bjølgerud gjorde her et godt arbeid. Ved å eksperimentere med utformingen av hullene i brennkammerveggen



Sammenligning av sotmengden i avgassene mellom teltovn M 94, en tidligere FFI-versjon og en konkurrerende teltovn av pottrebrennertypen som er laget på den tradisjonelle måten. Sotmengden er målt som mg sot pr. g parafin forbrent som funksjon av ovnenes varmeeffekt.

kom en frem til en forbrenning som ga lite sotdannelse. Dette gjelder både sot i avgassene og sotavsetningen i brennkammer og piperør. Figuren viser utviklingen i sotmengden i avgassen fra en tidlig modell til en M 94-modell. Sotmengden er vist som funksjon av ovnenes effekt. Figuren viser at det har skjedd en betydelig forbedring med hensyn på sotdannelse fra den første prototypen til den industrialiserte versjonen. Figuren sammenligner også teltovn M 94 med en konkurrerende ovn av typen pottEBrenner som er laget på den tradisjonelle måten. Den tradisjonelle ovnen har mange innvendige løse deler, har betydelig større volum og er derfor lite brukbar i felt.

#### Tekniske data

Ovnen brenner fra 0,6 til 1,5 liter pr. time, noe som gir en brutto varmeytelse fra 6 til 15 kilowatt. Varmeytelsen reguleres med en enkel og driftsikker regulator, som også er utviklet ved FFI. Den har et patentert, selvrensende drivstoff-filter, og en trinnsvis innstilling med klikkelyd, som gjør at riktig effekt kan stilles inn også i mørke. Drivstoffkannen

plasseres i et kombinert lokk/kannestativ for å få tilstrekkelig høyde for pålitelig brennstofftilførsel. Ovnen er plassert i en aluminium gitterkasse, som foruten å beskytte personell mot brannskader også virker som transportkasse. Kassen blir aldri varm fordi den er tilvirket av ubehandlet aluminium som ikke tar opp strålevarme. For transport demonteres piperøret og plasseres i gitterkassen sammen med alt tilbehør og utgjør en kompakt transportenhet. Vitale deler som brennkammer og regulator er godt beskyttet. Samlet vekt er 22 kg, og volum nedpakket er 55 cm x 45 cm x 40 cm.

#### En overbevisende demonstrasjon

Ved prøver en natt på Terningmoen skulle et telt med en fenrik pluss FFIs representant (Halsnes) varmes med en M 94-ovn, mens et annet telt med en sersjant pluss en menig soldat, skulle bruke en standard vedovn. M 94 ble tent og brant med en gang. I det andre teltet hørtas hosting og skrangling i vedovnen. Utpå natta ble vedovnen, under sterk hosting og høylytte kommentarer, lempet ut i snøen, og en ledig M 94-ovn ble



*M 94 i telt under vinterforhold.*



*Sherpaen koser seg i Himalaya.*

satt inn. Den sørget for god og behagelig varme i teltet resten av natten. Ovnene har vakt betydelig interesse i utlandet og er solgt til flere land.

Særlig var svenskene interessert, og i et radioprogram i 2004 nevnte forskningssjef Per Thoresen deres interesse for ovnens detaljer. Oftedal og Halsnes ble invitert til Sverige for å demonstrere M 94. Til stede var også en ovnsprodusent, og etter noen måneder fikk det norske Forsvaret tilbud om å kjøpe en ny, svensk ovn som stort sett var en kopi av den norske. Dette forsøket ble stoppet og det svenske Forsvaret har siden kjøpt den norske ovnen. I det samme radioprogrammet uttalte norske soldater seg meget rosende om teltovnene, som de kalte "multifuel", siden både flytende brensel og ved kunne benyttes.

#### **M 94 til Himalayaekspedisjon**

En teltovn ble tatt med til Himalaya av en norsk ekspedisjon i 1996. På FFI stilte en seg tvilende; ville den fungere i så stor høyde og tynn luft? Det viste seg imidlertid at ovnen fungerte utmerket i ABC camp, i 6450 meters høyde.

Det oppsto uvær, og teltet ble oppsøkt av forfrosne klatrere, også fra andre nasjoners

lag. Det ble sagt at ovnen antagelig reddet liv. I det norske laget nådde 8 av 10 klatrere toppen og var dermed en av de mest vellykkede noensinne. (Jon Gangdal: "Til topps på Mount Everest".)

En regner med at M 94 også vil få sivil betydning.

*Bidragstere: Svein Martini, Odd Halsnes.*



# Hermes og Jeeves

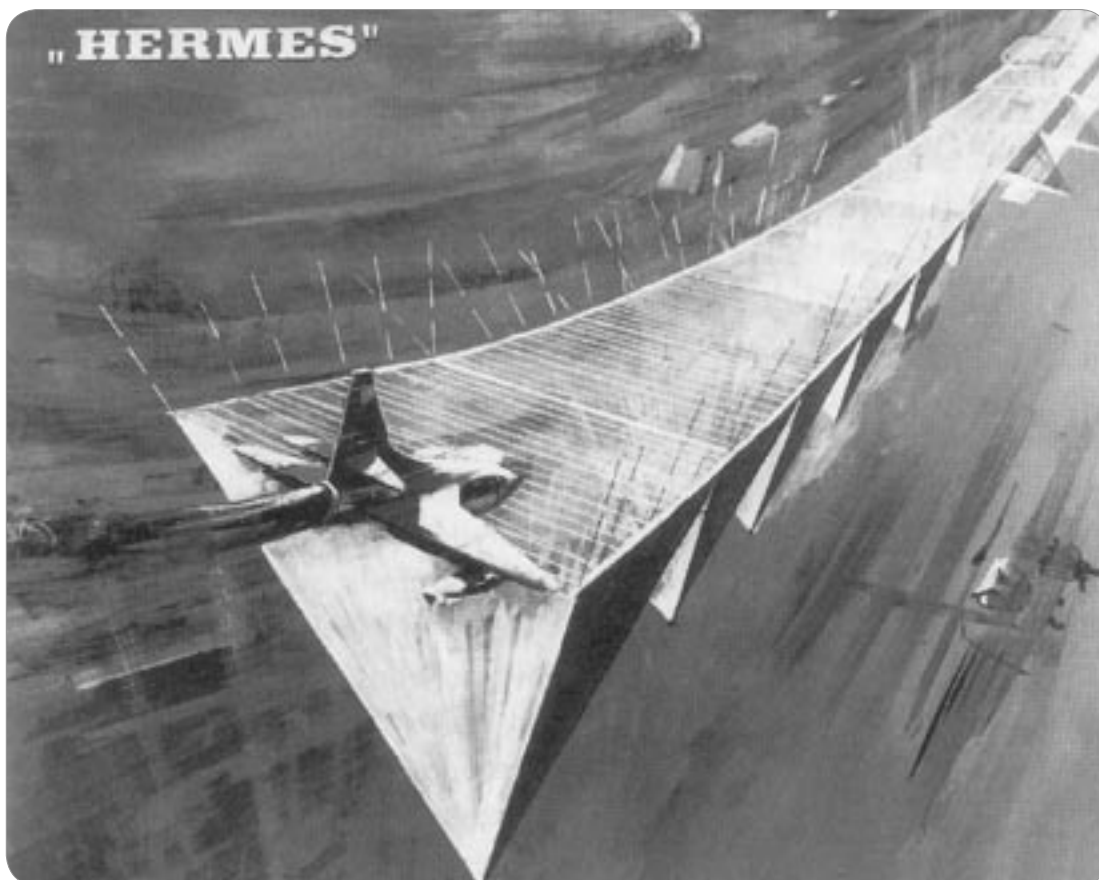
*På Avdeling for fysikk (Avd F) ble det i mange år arbeidet med problemer relatert til radioaktiv stråling. Det ble også utviklet utstyr for aktivt bruk av slik stråling. Per Thoresen har fortalt litt om den aktiviteten.*

## Hermes blindlandingsystem

Hermes blindlandingsystem for fly ble utviklet i 1960-årene. På den tiden fantes ikke gode landingsystemer som kunne lede flyene helt ned til rullebanen.

Systemet benyttet en kobolt 60 strålingskilde, som er radioaktiv og sender ut høyenergi g-stråler. Kilden er plassert inne i en blybeholder med hull i et spesielt mønster. Gjennom disse hullene passerer g-strålene uhindret og danner et strålingsmønster i luften opptil 500 meters avstand. Strålingskildene er montert på bakken parvis, en kilde

på hver side av rullebanen. I flyet er det plassert gammastråledetektorer som registrerer strålemønsteret, og en kjenner dermed detektorenes posisjon i forhold til strålekildene. Signalene fra detektorene behandles av en meget enkel datamaskin til analoge eller digitale data, som viser flyets posisjon i forhold til senterlinjen i flykorridoren. Dataene blir presentert på et display eller kan bli brukt til å kontrollere flyet direkte. Posisjonsnøyaktigheten var bedre enn 5 m ved en avstand på 5 km og 10 cm ved rullebanens begynnelse. Systemet er egnet til å bringe fly automatisk ned til landing, uavhengig av sikt, lysforhold etc.



*Strålingskildene på bakken langs flyplassens innflygingsbaner lager et mønster som flyene ledes etter.*



Bestrålingen av flyet var beskjeden. Ved optimalisering av systemet ville passasjerene ved innflyging få strålingsdoser som tilsvarte om lag den en får ved et par minutters opphold på flyplassen fra naturlig bakgrunnsstråling.

I 1963-64 ble systemet utprøvd ved Kjeller flyplass med fem flyforsøk. Det ble benyttet et Safir skolefly og et DC3 passasjerfly. Forsøkene var vellykket, og flyenes posisjoner ble målt med en nøyaktighet på 30 cm i flyhøyder fra 700 til 1000 fot over bakken.

Prosjektet ble formelt avsluttet i november 1969. AS Informasjonskontroll fikk kontrakt på kommersiell utnyttelse.

På tross av at systemet bygget på et genialt konsept og hadde meget stor nøyaktighet, viste det seg at det var umulig å oppnå finansiering av et prøveanlegg og få systemet akseptert internasjonalt.

Systemet er beskrevet i en rekke rapporter og er karakterisert som en av FFIs mest geniale oppfinnelser. Det var forsker Godtfred Barstad som var idégiver og som i stor grad alene brakte systemet frem til demonstrasjon.

Systemet ble aldri utviklet til prototyp. En måtte nødvendigvis sikte mot et internasjonalt marked, noe som ville bety at eksisterende radiobaserte systemer måtte byttes ut. Skulle det være noe håp om å få internasjonal aksept for en slik drastisk omlegging ville det trenge en markedsføring på høyt plan med en politisk tyngde som vanskelig kunne mobiliseres. Det lyktes ikke å selge konseptet. En av vanskelighetene var nok at de store internasjonale produsentene av de tradisjonelle radiobaserte systemene oppfattet denne nyskapningen som en trussel.

### Jeeves antipanservåpen

Antipanservåpensystemet Jeeves ble utviklet og prøvet ut i 1960-årene. Et slikt autonomt antipansersystem var på det tidspunkt langt forut for sin tid.

Igjen var det Godtfred Barstad som hadde ideen og brakte den fram til en laboriemodell.

Jeeves virker ved at en radioaktiv kilde, kobolt 60, plasseres i et 30-40 cm dypt horisontalt hull boret i fjell, eller i en horisontalt plassert beholder av bly. g-strålen fra kilden passerer ut hullet som er rettet mot en g-detektor 10-50 m unna. Kilden og detektoren er plassert på hver sin side av en vei eller passasje der en venter at tyngre kjøretøyer vil passere. Når f.eks. en bil eller stridsvogn passerer blir strålemengden redusert, detektoren registrerer mindre stråling, og avhengig av gjenstandens stoppeevne for g-stråling, kunne en vite om det var for eksempel en jeep, lastebil eller stridsvogn. Et panserbrytende våpen kunne avfyres automatisk mot kjøretøyet. Et menneske eller dyr ville ikke kunne redusere strålingen tilstrekkelig til å forveksles med et kjøretøy.

Det panserbrytende våpen som var påtenkt, var en Bazooka. Petter Nicolaysen utviklet elektronikken, og systemet ble ført fram til en laboriemodell og demonstrert.

Systemet Jeeves ble aldri ført frem til produksjon. Med datidens elektronikk ble det stort og strømkrevende. Systemet hadde batterier som strømkilde, og det hele ble for uhåndterlig.

Etter hvert som elektronikken kunne miniatyriseres kunne nok systemet bli lite og lett nok, men pga. strålefare ville det nok ikke kunne aksepteres.



## Tidligere utgitt i denne serien

1. Om FFIs etablering på Kjeller og utviklingen fram til 1996
2. Terne – et anti ubåtvåpen
3. Datateknologi
4. Radiolinjer
5. Virkninger av kjernevåpen
6. Spredning av stridsgasser  
Kamuflasje
7. Ildledning og navigasjon
8. Luftvern og sårbarhet av flystasjoner  
Olje, gass og norsk sikkerhet
9. Bildebehandling og mønstergjenkjenning
10. Noen spesielle teknologiområder
11. Elektrooptikk
12. Nærhetsbrannrør for 81 mm bombekastergranat
13. HUGIN – Utvikling av autonome undervannsfarkoster ved FFI

