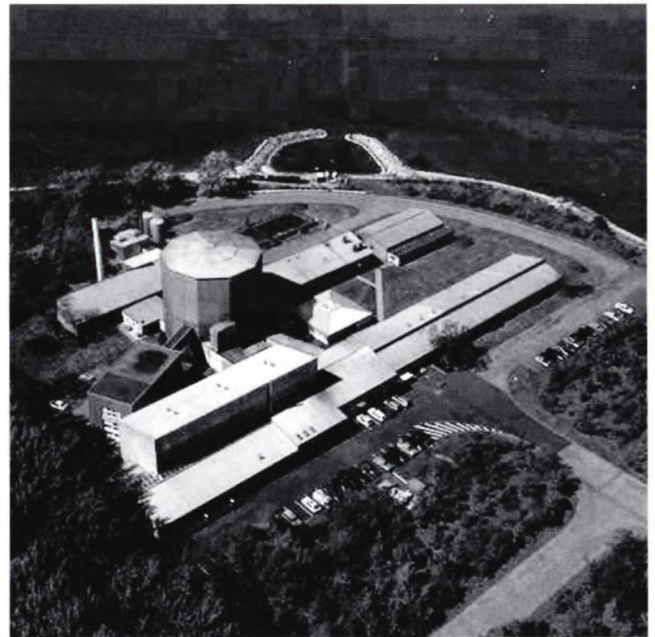


# Risø's DR3 reaktor taget ud af drift for bestandig

Bente Lebech, Afd. for Materialers Fysik og Kemi, Forskningscenter Risø.

Torsdag den 28. september 2000 var en trist dag for dansk naturvidenskabelig forskning, specielt for den del der er baseret på neutronspreddningsteknikker. På et morgenmøde fortalte Risø's direktør, Jørgen Kjems, at Risø's bestyrelse havde godkendt direktionens anbefaling om at tage den 40 år gamle 10 MW forskningsreaktor DR3 ud af drift for bestandig [1]. Reaktoren var allerede tidligere på året blevet stoppet, fordi man mente, at det var nødvendigt at lave en gennemgribende undersøgelse af reaktortanken. Undersøgelsen, der blev udført af FORCE Institutet, var nu afsluttet med en rapport, der viser, at der er begyndende tæring med behov for yderligere undersøgelser. På dette grundlag konkluderede Risø's direktion og bestyrelse, at udbyttet ved videre drift af reaktoren ikke stod i rimeligt forhold til de nødvendige omkostninger ved at holde dens tekniske tilstand på et fortsat højt niveau, specielt set i lyset af, at reaktorens levetid og internationale konkurrencedygtighed på sigt under alle omstændigheder var begrænset.

Dette betyder afslutningen på en videnskabelig epoke, der startede i de tidlige 1960'ere, hvor forskere i den daværende Fysikafdeling på Risø erkendte at et guldæble, DR3 reaktoren, var landet i deres hænder. På det tidspunkt var dansk faststoffysik endnu i sin vorden, mens kernefysik var en veletableret og livskraftig naturvidenskabelig aktivitet. Derfor blev et af de første eksperimenter, der udnyttede neutronstrålerne fra DR3 reaktoren da også "Neutronlevetidsforsøget", et giganteksperiment, der strakte sig over mere end 10 år og resulterede i en neutron halveringstid på  $10.61 \pm 0.16$  minutter, et tal der fortsat tæller med i "verdensgennemsnittet" [2, p. 197]. 1960'erne og 1970'erne var en blomstringstid for de faststoffysiske aktiviteter omkring DR3. Nye ideer til eksperimenter og instrumenter blev fostret og modnet i et livligt samspil mellem danske og udenlandske forskere. Verdenskendte forskere kom ofte og gentagne gange til Risø og var med til at sætte dansk faststoffysik på verdenskortet. Blandt de forskningsområder der kan knyttes til pioner aktiviteterne ved DR3, skal her kun nævnes to. Det ene område er de detaljerede undersøgelser af magnetisk orden og spinbølger i sjældne jordartsmetaller, der har givet betydningsfuld viden om hvorfor metaller og legeringer i magnetisk henseende opfører sig på så mange forskellige måder [2, p. 474]. Det andet område er en gruppe banebrydende og meget præcise eksperimentelle studier af fase overgange og kritiske fænomener i faste stoffer, der udgør en del af fundamentet for udviklingen af renormalisations gruppeteori [2, p. 475].



DR3 reaktoren på Forskningscenter Risø.

En væsentlig årsag til den positive udvikling af de faststoffysiske aktiviteter omkring DR3 i de første år var naturligvis gode forskningsbudgetter, men hovedårsagen til succesen var den målrettede indsats, hvor eksperimentale fysikere, teoretikere og instrumentbyggere arbejdede tæt sammen og udnyttede Risø's vel fungerende infrastruktur for at opnå de bedst tænkelige resultater. Valget af instrumentpark har altid været selektivt for at passe til det specielle formål. Som eksempler på dette kan nævnes RITA spektrometret, der har været i drift siden 1996 og RITA-II spektrometret, der skulle have været installeret ved DR3 i løbet af december 2000 [3]. Risø's pionerindsats markeredes f.eks. ved at man som de første installerede individuelle computere (PDP-8) på neutronspreddningsinstrumenter på et tidspunkt hvor andre valgte centrale computere med tilhørende ulemper. Man var også blandt de første der optimerede neutronfluksen på måleemnet ved at installere fokuserende monokromatorer af pyrolytisk grafit på alle relevante instrumenter. Ét år brugte man næsten hele budgettet på at gennemføre dette. Den kolde neutronkilde, der kom i drift i 1975 [2, p. 475] og blev fornyet i 1995, spillede også en vigtig rolle i at gøre DR3 konkurrencedygtig med højfluks reaktorerne i Brookhaven, Oak Ridge og Grenoble, fordi den forøgede den kolde neutronfluks med en faktor ti. Neutronkilden, der var udviklet på Risø, var særdeles driftssikker og leverede kolde neutroner til seks af instrumenterne omkring DR3 indtil reaktorens nedluk-

ning.

I slutningen af 1970'erne skiftede forskningen i Risø's Fysikafdeling spor og blev i højere grad fokuseret omkring røntgenspredning ved hjælp af synkrotronstråling. Det var en viis beslutning, dels fordi den endnu engang førte til at Risø's forskere kunne spille en pionerrolle ved at udvikle en ny generation af instrumenter til røntgenspredning med rod i de avancerede neutronspretningsinstrumenter, og dels fordi den gav mulighed for at udforske den nye fysik, der blev tilgængelig med adgangen til de nye kraftige røntgenkilder. Investeringen blev fuldt ud betalt tilbage, og siden da har de to teknikker udviklet sig side om side på Risø og ført til værdifuld forskning og instrumentering ved HASYLAB, ESRF og DR3. I løbet af 1980'erne udviklede neutronspretningsaktiviteterne ved DR3 sig hovedsagelig som samarbejdsprojekter indenfor basal faststoffysik, men også områder indenfor materialeforskning, såsom undersøgelser af tekstur i metaller og in-situ studier af indre spændinger, blev perfektioneret. Aktiviteterne indenfor basal faststoffysik var centreret i Neutronhuset, der nød godt af neutronerne fra den kolde kilde og den lave baggrund. Et af disse projekter var det finsk-tysk-danske samarbejdsprojekt for at bestemme den kernemagnetiske orden i kobber under 50 nano-Kelvin. Det var et ambitiøst projekt, der involverede eksperter i at frembringe ultra-lave temperaturer, dygtige neutronsprede og teoretiske fysikere. Det var samtidigt hårdt arbejde med mange timers forberedelse og korte perioder til dataindsamling, men eksperimentet var en succes og resultaterne er internationalt anerkendte. Det er et samarbejde, der har ført til, at danske forskere har været involveret i tilsvarende eksperimenter på sølv og for nylig været med til at opnå verdens laveste temperatur, 100 pico-Kelvin i metallet rhodium [4]. En anden aktivitet i Neutronhuset var det svensk-danske samarbejdsprojekt, der resulterede i Risø's SANS instrument (småvinkelspredning), der i tidens løb har været brugt effektivt og innovativt til undersøgelser af polymerer, biologiske systemer, magnetisk orden og fluks-linie gitre i nye superledende materialer.

Med de EU sponsorerede programmer LIP, HCM og TMR på DR3, der startede i begyndelsen af 1990'erne, blomstrede neutronaktiviteterne på Risø endnu engang med op til 100 besøgende udenlandske forskere om året. Det betød hårdt arbejde for de relativt få fastansatte Risø medarbejdere, post docs og PhD studerende, men det skabte også en inspirerende og livlig atmosfære – meget lig den man nu finder på ILL og ESRF og fandt på Risø i de første år. Endnu en gang kom ledende

forskere ofte til Risø og deltog i arbejde, der ledte til mange fælles artikler om sjældne jordartsmetaller, "heavy Fermions", "blød fysik" og høj- $T_c$  superledere.

Hvis man ser tilbage, må man konstatere at skønt DR3 *ikke* har været brugt til det den oprindelig var planlagt til – nemlig reaktor teknologi og kernekraftudvikling – så har den været brugt godt til basisforskning. I fyrrer år har de resultater, der er blevet opnået omkring DR3, givet Danmark anerkendelse langt udover hvad antallet af danske neutronsprede berettiger til. Den faststoffysiske forskning omkring DR3 har tjent det danske samfund vel selv om denne type forskning ikke for tiden prioriteres højt i Danmark. Måske kan afsmitningen til samfundet bedst illustreres ved de 90 artikler om superledning, der er publiceret i internationale tidsskrifter i perioden 1995 til 2000 af en ganske lille gruppe Risø forskere i samarbejde med post docs, PhD studerende og udenlandske forskere. Blandt disse artikler er der 7 artikler i Nature, 1 i Science, 2 i Europhysics Letters og 11 i Physical Review Letters! Med beslutningen om at stoppe DR3 permanent er neutronspretning ikke længere et naturligt element i Forskningscenter Risø's strategi, og 40 års ekspertise indenfor neutronspretning kan gå tabt, hvis man ikke snarest skaber en national strategi for neutronspretning.

#### Referencer:

- [1] [www.risoe.dk/press/06-DR3-lukning.htm](http://www.risoe.dk/press/06-DR3-lukning.htm)
- [2] Henry Nielsen, red., Keld Nilsen, Flemming Petersen og Hans Siggaard Jensen: "Til samfundets tarv – Forskningscenter Risø's Historie", Risø 1998. ISBN 87-550-2380-0.
- [3] K. Lefmann, D. F. McMorrow, H. M. Rønnow, K. Nielsen, K. N. Clausen, B. Lake og G. Aeppli: "Added flexibility in triple axis spectrometers: the two RITAs at Risø", Physica B, bind 283 (2000) side 343–354.
- [4] [www.risoe.dk/press/06\\_lav\\_temperatur\\_rekord.htm](http://www.risoe.dk/press/06_lav_temperatur_rekord.htm)
- [5] [www.fys.risoe.dk/public/BenteLebech/danssk/](http://www.fys.risoe.dk/public/BenteLebech/danssk/)



*Bente Lebech*, er seniorforsker i Afdelingen for Materialers Fysik og Kemi, Forskningscenter Risø samt formand for DANSSK – Dansk NeutronSprednings Selskab [5].