

Atomreaktoren i Månefjellet – «en meget høy skyskraper på et svakt fundament»

Knut Samset

Atomkraft var et ukjent fenomen for de fleste helt fra Henri Bequerels oppdagelse av radioaktiviteten i 1896 og frem til de skjebnesvangre øyeblikkene den 6. og 9. august 1945 da to atombomber ble utløst over byer i Japan. Bequerels doktorgradskandidat, Marie Curie, ble en sentral pioner innen forskning på radioaktive grunnstoffer. Det brakte henne to Nobelpriser, i 1903 og 1911. Men hun ble også kanskje historiens første offer for massiv eksponering av radioaktivitet. Hun døde av dette i 1934. De neste ofrene var de hundre tusener av sivile innbyggere i Hiroshima og Nagasaki.

At det var mulig å utslette en hel by med en eneste bombe var fullstendig grensesprengende militært sett. Angrepet satte en øyeblikkelig stopper for den andre verdenskrig. Det utløste samtidig et avsindig kappløp mellom supermaktene om å bygge opp arsenaler av atombomber. I kjølvannet kom atomkraft for fredelige formål på dagsordenen, noe som også er sterkt kontroversielt.

Våpenkappløpet startet allerede i Nazi-Tyskland i 1939 med prosjektet som ble kjent som "Arbeitsgemeinschaft für Kernphysik". USA var i gang og MAUD komiteen (Military Application of Uranium Detonation) avga sin rapport om saken i 1941. I 1942 var Sovjetunionen i gang med forskning på dette området, og samme år startet Manhattanprosjektet i USA, som resulterte i verdens første prøvesprengning av en atombombe i New Mexico juli 1945.

Norge ble en brikke i dette våpenkappløpet svært tidlig. Allerede i 1934 hadde Norsk Hydro bygget verdens første kommersielle anlegg for tungtvann på Vemork. Under den tyske okkupasjonen ble kapasiteten tidoblet og var allerede i 1941 oppe i 12 tonn tungtvann. Dette var en indikasjon på tyske ambisjoner om å utvikle en atombombe. Det ble derfor maktpåliggende for de allierte å stoppe produksjonen, og tre sabotasjeaksjoner ble som kjent iverksatt i årene 1942 -44.



De alliertes demontering av den tyske forsøksreaktoren ved Haigerloch nær Stuttgart i april 1945. (kilde: Wikipedia)

I de tidligste krigsårene arbeidet en norsk astrofysiker fra Universitetet i Oslo, Gunnar Randers, ved institusjoner i California og Chicago. Han kom til USA som stipendiat i 1939, 25 år gammel, og arbeidet blant annet en tid i samme bygning der fysikeren Enrico Fermi og medarbeidere drev forberedelser til utprøving av en kjedereaksjon i uran. Det sivet ut at Fermi mente at det var mulig.

Høsten 1942, den 2. desember, utløste teamet til Fermi den første kontrollerte kjernespaltingen i en primitiv reaktor de hadde bygget i en squash-hall på universitetsområdet, den såkalte Chicago Pile 1. Den bestod av 300 tonn grafitt, 35 tonn uranoksyd og 5 tonn uranmetall. Den produserte ikke mer en 0,5 watt energi, men demonstrerte for fysikerne at de enorme energimengdene som frigjøres ved spalting av atomkjerner kan bringes under menneskelig kontroll.

Samme høst kom Randers seg over til England som medlem av en norsk meteorologigruppe som skulle forberede tidspunkter for militære aksjoner i Norge. I London ble han kjent med sjefen for tungtvannsproduksjonen på Rjukan, Jomar Brun som var brakt over til England for å planlegge sabotasjen på Vemork. Han ble der eksponert for ideen om å bygge en atomreaktor med norsk tungtvann som moderator istedenfor grafitt som amerikanerne arbeidet med.

Etter landgangen i Normandie i 1944 ble Randers overført til den såkalte Operasjon Alsos, en avlegger av Manhattan-prosjektet, som skulle utforske hvor langt tyskerne var kommet med sitt atomprosjekt. På den måten kom han i kontakt med flere sentrale personer og fikk førstehånds kunnskap om utviklingen på dette området.

I 1945 var Randers tilbake i Oslo som midlertidig leder av Astrofysisk Institutt, men med en brennende fascinasjon av atomenergiens muligheter. Ikke minst ble han inspirert av den såkalte Smyth rapporten «*Atomic Energy for Military Purposes*» som ble publisert 12. august 1945, bare en uke etter bombingene i Japan. Rapporten redegjorde for Manhattan-prosjektet og ga en innføring i grunnleggende vitenskapelige prinsipper bak utnyttelsen av fisjonsenergi, samt en forholdsvis detaljert beskrivelse av de metodene USA hadde fulgt i fremstillingen av henholdsvis plutonium- og uranbomben.

Da Forsvarets Forskningsinstitutt (FFI) ble opprettet våren 1946 ble Randers rekruttert som sjef for fysikkavdelingen. Han var da fast bestemt på å få bygget en forskningsreaktor som skulle utnytte naturlig uran og norsk tungtvann. Sammen med det selv lærte konstruksjonsgeniets Odd Dahl fra Christian Mikkelsens Institutt dro han til USA sommeren 1946 for å samle informasjon. Der fikk de også anledning til å se Fermis modifiserte reaktor Chicago Pile 2.

At atombomben nå var en realitet kastet om på all militær tenkning, også i Norge. Når regjering og forsvarsledelse begynte å interessere seg for atomenergi var det først og fremst på grunn av den militære anvendelsen. Pådriveren Randers argumenterte med at man i lys av Hiroshima og Nagasaki ikke hadde noe reelt valg: «*enten må man oppgi håpet om et effektivt forsvar, eller man må foruten effektive motforholdsregler også ta sikte på i fremtiden å ha muligheten til å benytte atomvåpen*». Etter hans oppfatning var det bare én effektiv måte å verne seg mot atomvåpen på, og det var «*å ha en atombombe selv og muligheter til å bringe den til målet*».

Lederen for Milorg under krigen, Jens Christian Hauge som nå var forsvarsminister, var den sentrale drivkraften i å virkeliggjøre Randers' visjoner om å gjøre Norge til en atommakt. «*Muligheten for industriell fremstilling av atombomben*» var også en del av det forslaget han la frem for forsvarsrådet 12. november 1946, der statsminister, finansminister og forsvarsledelsen var til stede.

Formålet med atomforskningen ved FFI og omfanget av forskningen var i denne perioden rimeligvis ikke avklart. I instituttets utredning til Forsvarskommisjonen av 1946 fremgår det at forskningssjefene ved FFI og de militære i forsvarets tekniske utvalg mente det ikke var aktuelt å produsere atomvåpen i Norge, og at en allianse med en atommakt var et bedre alternativ til egen nasjonal atombombeproduksjon. Spesialkomiteen som Randers ledet fremholdt at atombomben

ville være det billigste våpen man kunne ha på grunn av effekten en ville oppnå selv om kostnadene for produksjonen ville være høye. Når det gjelder sivil anvendelse av atomkraft konkluderte atomutvalget i Norges Teknisk Naturvitenskapelige Forskningsråd (NTNF) med at atomkraft ikke ville kunne konkurrere med vannkraft prismessig. Produksjon av radioaktive isotoper ble stående som det eneste aktuelle fredelige formål. I spørsmålet om militær utnyttelse var det svært delte oppfatninger.

I 1948 ble atomforskningen ved FFI skilt ut som eget institutt under NTNF: Institutt for atomenergi (IFA) som skulle arbeide med sivil utnyttelse av atomenergi. Gunnar Randers ble ansatt som direktør. En sentral oppgave var å fullføre byggingen av den forskningsreaktoren som FFI hadde satt i gang, basert på hva som var mulig ved hjelp av egne ressurser. Formålet var å utforske mulighetene som lå i industriell utnyttelse av atomenergi. Hvilken sivil nytteverdi reaktoren var tenkt å få var fremdeles uklart.

Nå startet en prosess som fikk et enormt omfang på kort tid. Randers la frem et budsjett på fem millioner kroner for å bygge en forsøksreaktor og Jens Christian Hauge sørget for bevilgningen innenfor rammen av materiellanskaffelser til Forsvaret. I ettertid kan en konstatere at instituttet bygget fire forsøksreaktorer, den første sto ferdig i 1951 bare tre år etter at instituttet startet. (Jeep I) Derne reaktoren i Halden i 1959, nulleffektreaktoren Nora på Kjeller i 1961 og Jeep II i 1967.

Prestisjen knyttet til instituttets virksomhet var formidabel. I årene 1947-51 var statens bevilgninger til atomprosjektet større enn den samlede bevilgningen til all annen



Jens Christian Hauge



Gunnar Randers



Odd Dahl

naturvitenskapelig forskning i Norge. IFA hadde nesten ubrutt vekst til utpå 1960-tallet og økte fra 43 ansatte i 1951 til over 500 i 1960. I tillegg kom utenlandske forskere. Det var da Norges største forskningsinstitutt.

Forskningen genererte omfattende internasjonalt samarbeid men institusjonen var fremdeles et institutt på leting etter et mål. I dokumentet *Retningslinjer for atomenergiarbeidet i Norge*, (IFA 1964) heter det at hovedformålet er «å sikre norsk industris mulighet for å konstruere og bygge skipsreaktorer, atomkraftverk og komponenter til disse, fortrinnsvis med basis i norsk FoU-arbeid». Forskningsrådet ga for så vidt sin støtte til dette formålet men etterspurte indirekte om hvorvidt det hadde forankring i virkeligheten ved å be om at industriens interesser for skipsreaktorer og kraftreaktorer nå måtte kartlegges.

Haldenreaktoren

Etter at IFA var etablert ønsket Randers å få bygget en kraftproduserende tungtvannsreaktor for å bygge kompetanse på utnyttelse av atomkraft i stor skala. Instituttet hadde saumfart Østlandet for å finne et egnet sted å bygge reaktoren, men uten hell. Ikke minst hvordan en skulle bli kvitt spillvarmen fra anlegget var et sentralt problem. Tilfeldighetene gjorde imidlertid at industrien kom ham i møte. Saugbrugsforeningen hadde behov for å utvide kapasiteten på dampproduksjonen til

papirindustrien i Halden og vurderte å bygge et kjelhus til. Disse var kullfyrte. Overingeniøren ved fabrikken, Erik Erichsen, hadde lest om forskningen på Kjeller og reiste spørsmålet om en ikke kunne bruke atomenergi til dette. Direktør O. P. Jarlsby ved Saugbrugsforeningen sendte et brev til Institutt for Atomenergi med en forespørsel og traff spikeren på hodet. Forskerne ønsket seg en reaktor på 25 megawatt. Industrien var ikke i stand til å finansiere en slik reaktor men var villig til å stille tomt til disposisjon og betale for kraftproduksjonen.

I Norge rådet utviklingsoptimismen og motforestillingene var få. Flere forskere var imidlertid bekymret for at atomforskning ville ta for mye midler fra annen forskning. Professor Harald Wergeland som da var rektor ved NTH uttalte til avisene at det var altfor tidlig å planlegge anlegg for industriell utnyttelse av atomkraft. Det ville være å *“spenne kjerra for hesten”*. Han viste til at generaldirektør Vogt i Vassdragsvesenet hadde konkludert at atomkraften innen overskuelig fremtid ikke ville konkurrere prismessig med billig norsk vannkraft. Dessuten mente han at de skadelige og helsemessige konsekvensene av atomenergi ikke var tilstrekkelig kjent og utredet. Han var også bekymret for håndteringen av avfallet fra en atomreaktor. På et møte i Norsk Ingeniørforening (NIF) den 10. februar 1956 karakteriserte han Haldenprosjektet som *«en meget høy skyskraper på et svakt fundament»*.

Men disse synspunktene fikk ingen gjenklang i maktens korridorer eller i samfunnet forøvrig. Startskuddet var gitt og prosjektet var på skinnene. At medisinsk og biologisk forskning ikke var kommet langt nok til å vurdere virkningene av radioaktivitet på mennesker var man saktens enig i, men fra Institutt for atomenergi ble det hevdet av avfallsstoffene ikke ville bety noe problem i det planlagte anlegget. Det

het at problemene var avgrenset til brenselstavene, men bare når disse ble tatt ut av reaktoren og etter endt levetid. Imidlertid ville de da bli sendt til England for å behandles, og derfor ikke utgjøre noe problem videre. Plasseringen 100 meter inne i Månefjellet vurderte en som optimalt. Til avisene uttalte overingeniør Odd Dahl at reaktoren ville være trygt plassert i godt fjell og ville effektivt bli kvitt dampen. Selve reaktoren ville derfor aldri kunne komme

til å eksplodere og hvis så skjedde som er *“en mulighet som jo alltid er tilstede, vil skaden innskrenke seg til reaktorenheten. Ingenting vil komme ut av reaktoren, ikke engang avfallsstoffer. Disse radioaktive produktene vil bli lagt i en grav som innrettes ved siden av reaktoren og hvor produktene støpes ned i sement. Vi overlater til ettertiden å se hva som er i den graven”*. (VG 26.10.1955)

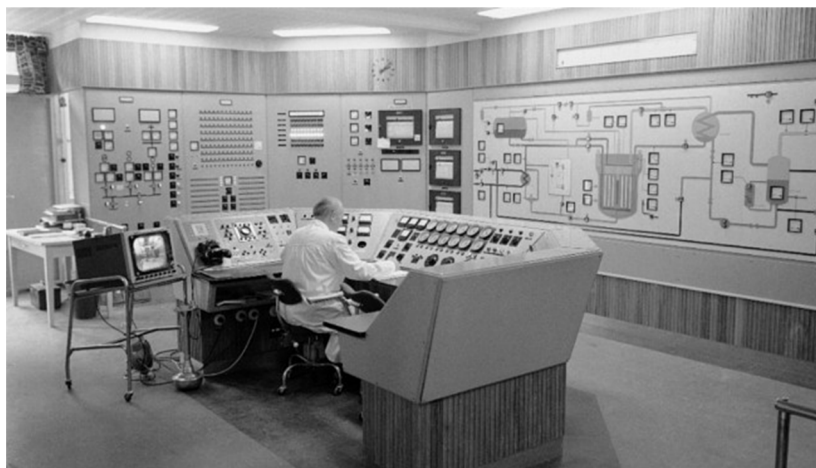


Haldenreaktoren ble åpnet av Kong Olav den V, 10. oktober 1959. Her vises Kongen rundt av Gunnar Randers (t.v.) og Odd Dahl (t.h. for Kongen). Foto: IFE.

Industrikomiteen i Stortinget gikk i mars 1956 inn for at reaktoren skulle bygges, med henvisning til betydningen dette kunne få for utnyttelsen av atomenergi i Norge og at norske vitenskapsmenn allerede hadde vunnet internasjonal anerkjennelse for arbeidet de hadde utført på dette området. Professor Njål Hole ved fysisk institutt ved NTH hevdet at saken hadde fått en ensidig og ufullstendig behandling. Komiteen gikk ikke nærmere inn på denne diskusjonen men begrunnet sitt standpunkt

med at “eksperimentet kan gi resultater av uvurderlig betydning for utnytting av atomkraft til fredelige formål”. (VG 14.03.1956)

Det som nå skjedde forteller mye om tidsånden og den politiske situasjonen som rådet. Fra henvendelsen kom i april 1955 til regjeringen den 18. mai hadde klart et forslag om å bygge en atomreaktor i Månefjellet i Halden hadde det knapt gått fire uker. En måned senere gjorde



Kontrollrommet i Haldenreaktoren.

Stortinget et enstemmig vedtak og bevilget 13,9 millioner kroner til formålet. Arbeiderpartiet hadde regjeringsmakten og full kontroll i Stortinget og Jens Christian Hauge, som nå var justisminister var som entusiastisk og lojal støttespiller garantist for utfallet. IFA var så sikker på at forslaget ville bli vedtatt at de hadde startet sprengningene i fjellet før Stortinget hadde gitt klarsignal.

Den helnorske reaktoren skulle innlede en ny æra i Norge og gjøre atomkraft til en bærende energiform ved siden av vannkraften. Samtidig var ambisjonen at Norge skulle utvikle nasjonal kompetanse som ville oppnå internasjonal anerkjennelse. Vårt fortrinn var at vi allerede i 1951 hadde bygget en av verdens aller første atomreaktorer for kraftproduksjon.



Forskningsreaktoren JEEP II på Kjellersom ble innviet i 1967. Termisk effekt 2 MW.

Planleggingen og byggingen av reaktoren i Månefjellet gikk med rekordfart og tok bare fire år. Det skjedde i et samarbeid mellom Institutt for Atomenergi, Saugbrugsforeningen, Rosenberg Mekaniske Verksted, Kværner, Myren Verksted og Thune som bygget størsteparten av komponentene. Den 10. oktober 1959 ble reaktoren offisielt satt i drift av Kong Olav.

For å finansiere driften og skaffe til veie brensel og tungtvann var IFA tvunget til å inngå allianser med

andre land, først og fremst USA. Den europeiske organisasjonen for økonomisk samarbeid OEEC (i dag OECD) ville gjøre Haldenreaktoren til et internasjonalt prosjekt. Det ble inngått en avtale i 1958

som stipulerer at Norge og Euratom dekker vel halvparten av driftsutgiftene, og at Storbritannia, Sverige, Sveits, Danmark og Østerrike dekker resten. I årene som fulgte har mange land sendt sine folk til Halden for trening og forskning.

Ambisjonen om å bygge kommersielle atomkraftverk ble aldri realisert i Norge. Det var generaldirektør Vogt i Vassdragsvesenet som gikk seirende ut av den debatten. På 1970-tallet fikk man omfattende motstand mot atomkraft i befolkningen, og flere studier viste at lønnsomheten for atomkraftverkene var meget usikker, ikke minst i lys av prognoser for fremtidige kostnader for reaktorbrensel, sikkerhet, avvikling, osv. I tillegg kom katastrofen på Three Mile Island i USA med delvis nedsmelting av kjernen i kraftverket. Mer enn 70 kontraherte anlegg ble kansellert internasjonalt. Sverige og Østerrike besluttet å avvile eksisterende atomkraftanlegg etter folkeavstemning om dette.

En offentlig utredning om atomkraftens fremtid i Norge ble lagt frem i 1978 (Granliutvalget). Utvalgets flertall på 18 mot 3 medlemmer gikk inn for å bygge to atomkraftverk. Det viste seg imidlertid at risikoanalysene som lå til grunn bygget på forfalskede beregningsmodeller som allerede var underkjent av USA's Nuclear Regulatory Commission.

Hva som var avgjørende for utfallet er uklart, men det bemerkelsesverdige var at omtrent samtidig som utvalgets innstilling ble offentliggjort, uttalte energiminister Bjartmar Gjerde til pressen at det ikke var aktuelt med atomkraft i Norge. I 1979 sa Stortinget endelig nei til atomkraft. Et allerede sterkt svekket Institutt for Atomenergi havnet derved i en alvorlig identitetskrise og ble senere omdøpt til Institutt for Energiteknikk.

I dag, etter 50 år, er reaktoren i Månefjellet fremdeles i drift. Den er først og fremst en forsøksreaktor. Produksjonen av varmekraft til Saugbruksforeningen i form av damp utgjorde fra starten bare om lag ti prosent av bedriftens behov. Teknisk sett må anlegget betraktes som en museumsgjenstand mer enn en forskningsreaktor. Driften finansieres fortsatt i stor utstrekning av OECD og

anlegget produserer fremdeles relevante forskningsresultater. Den er i dag i drift bare om lag halvparten av året. Resten av tiden benyttes til vedlikehold og inn- og utlasting av eksperimentutstyr og brensel. En sentral oppgave er å teste brenselstaver for den internasjonale atomindustrien.

Reaktoren er allikevel opphav til 60 prosent av alt radioaktivt avfall som produseres i Norge. I 2001 oppsto det en alvorlig lekkasje ved at en av brenselstavene sprakk og store mengder radioaktivitet i reaktorens primærkrets lekket ut. To år senere oppdaget man sprekker i reaktorens kjølesystem og store deler av dette måtte skiftes før en fikk tillatelse til å starte opp igjen. I 2004 konstaterte Institutt for Energiteknikk som er ansvarlig for anlegget at reaktoren lekker omtrent to liter radioaktivt tungtvann hvert døgn gjennom pakninger og tetninger under normal drift. Allikevel fikk reaktoren konsesjon for videre drift frem til 2008.



En beboer på Månefjellet som har utsikt til anlegget, her sammen med barnebarna (NRK/Østfold)

Miljøstiftelsen Bellona hevder at reaktorvirksomheten i Halden har skapt i overkant av ti tonn atomavfall, og hvert år bidrar med 80 kilo mer. I dag er dette lagret i Halden. Staten har foreløpig kviet seg for å bygge et mellomlager for sikker lagring av slikt avfall, som vil ha en antatt prislapp på om lag en milliard kroner. Også på dette punktet fikk kritikerne trolig rett. Avfallshåndteringen (og dekommisjoneringen) er kanskje den utgiftsposten som vil være den avgjørende i vurderingen av atomkraftens økonomiske lønnsomhet på sikt.

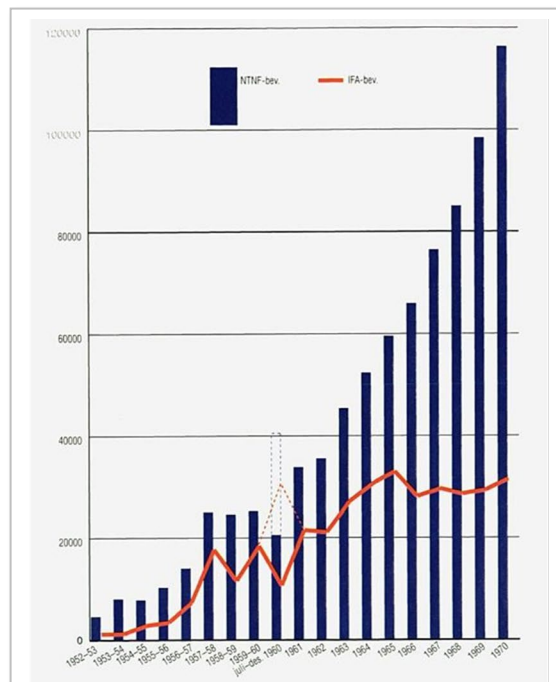
Kritikken mot det norske atomprosjektet har kommet fra mange hold i de om lag 50 årene som er gått. Til å begynne med det åpenbare at atomkraft med stor sannsynlighet vil bli langt dyrere å produsere i Norge enn vannkraft, noe politiske og tekniske miljøer har hevdet helt fra starten. I tillegg fikk en til dels bastant motstand fra universitetene og forskningsrådet fordi atomforskningen fikk en uforholdsmessig stor del av det samlede forskningsbudsjettet. Det samme gjelder industrien som har påpekt at det ble mindre forskningsmidler til forskning på områder som prioriteres av næringslivet. Instituttets tiltak for å selge sin kompetanse internasjonalt, ikke minst til Israel har skapt betydelig politisk debatt i opposisjonspartiene. Miljøbevegelsen har i de senere årene hevdet at den materialtekniske forskningen som drives i Halden med tanke på å forbedre sikkerheten ved atomkraftverk i andre land heller fører til det motsatte fordi den bidrar til å forlenge levetiden på gamle reaktorer som burde vært avviklet. Og på toppen av dette kommer debatten i de senere år etter at det ble kjent at Haldenreaktoren driver forskning på Mixed Oxide Fuel (MOX) som miljøorganisasjonene hevder er en måte å kvitte seg med lagrene av våpenplutonium som nå hopper seg opp i blant annet Russland og USA. Problemet er at det vil være relativt enkelt å separere plutonium fra dette materialet, noe som kan senke terskelen for å lage atombomber betraktelig for land som ikke har slike våpen.

Og endelig, energiteknisk sett, er det bare å slå fast at en atomreaktor i prinsippet ikke er noe annet enn en gammeldags dampmaskin. Den driver riktignok en turbin og ikke en stempelmotor, noe som gjør at den er litt mer effektiv, men grunnprinsippet er det samme. Atomkraften omsettes til elektrisitet ved å koke vann til damp. Varmeteknisk er dette en Carnotprosess, noe som betyr at det aller meste av energien går tapt som varme. Slik sett er et hvert atomkraftanlegg en museumsjenstand.

Vurdering

I etterpåklokskap, etter katastrofene på Three Mile Island, Tsjernobyl og Fukushima er det all grunn til å glede seg over at forskernes visjon om atomkraft i stor skala i Norge ikke er blitt realisert. Generaldirektøren fikk rett, men han var også den første til å vite at Norge renner over av vannkraft.

Dette prosjektet handler som så mange andre om at en enkeltperson tar et dristig initiativ. Men det som var avgjørende for at han skulle lykkes var først og fremst at han var født i det helt optimale



Offentlige bevilgninger til NTNF, og IFA's andel av disse (med rødt). Løpende priser. En fikk en svekkelse omkring 1960 og en kraftig svekkelse i forhold til instituttsektoren fra midten av 1960-tallet. Kilde: NTNF

historiske øyeblikk: Han kom hjem med ideer og kunnskap utenfra. Det var fredstid og utviklingsoptimisme. Internasjonalt hersket det en nagende frykt for hva Stalins neste utenrikspolitiske trekk kunne bli. Hjemme hadde regjeringspartiet et solid flertall og den politiske situasjonen var ekstremt stabil. Randers fikk full støtte hos en av de mektigste i regjeringen. Prosjektforslaget gikk gjennom det politiske systemet nærmest uten motforestillinger eller nærmere utredning. Store ressurser ble satt inn for å realisere tiltaket, som uten sammenlikning er landets mest avanserte militære og industrielle prosjekt. Her er det utvilsomt tidsepoken som er det avgjørende for at prosjektet lykkes.

Så kommer problemene. Anlegget er bygget og spørsmålet er hva skal man bruke det til? Pengene flyter ikke lenger like fritt, og det er verken en industri eller et militære som har bruk for forskningen. Det som skal redde prosjektet er at Norge skal kunne utvikle spesialkompetanse på atomkraft som energikilde helt i kunnskapsfronten internasjonalt. Men at dette skal skje er lite sannsynlig. For det første ruller den internasjonale forskningen fremover med full tyngde, knyttet til utviklingen av supermaktenes dommedagsmaskin. Lille Norge er ikke en del av dette. For det andre er det et umettelig behov for energi i verden. Land som er dårligere stilt enn Norge i så måte satser på atomkraft i stor skala og får et fortrinn i å utvikle slik kompetanse.

Forskningsreaktoren i Halden blir i mindre grad en forskningsinstitusjon men mer en av mange materialprøvningsanstalter for internasjonal atomindustri. Inntektene kommer fra OECD, fra klientene som bruker anstalten til å prøve ut materiell, og fra salg av damp til Saugbrugsforeningen. Bevilgningene fra Staten flater ut på begynnelsen av 60-tallet og avtar deretter i reelle kroner. På den måten lever prosjektet videre gjennom 50 år. Gunnar Randers forlater skuta i 1978, rett før Stortinget setter spikeren i atomkisten for godt.

Historien om atomkraft i Norge kan kanskje sees på som en variant av Peer Gynt-historien der en blanding av nasjonalisme, stormannsgalskap og naivitet omsettes i handling i et prosjekt som nok må karakteriseres som i det alt overveiende mislykket i forhold til de opprinnelige intensjonene - selv om innsatsen til de som bygget en av verdens første atomreaktorer på kort tid og stort sett med egne ressurser utvilsomt er meget imponerende. Det er all grunn til å tro at prosjektet gjennom et halvt hundre år har gitt betydelige ringvirkninger på mange fagfelt og vært til glede og nytte for mange. Men om resultatet står i et rimelig forhold til innsatsen vil det trolig være delte meninger om.

Kilder

1. Olav Steinsvoll, Gunnar Randers, IFE, www.viten.no
2. Olav Njølstad, Strålende forskning: Institutt for energiteknikk 1948-1998, Tano Aschehoug, 1999
3. Astrid Forland, Norway's Nuclear Odyssey: From optimistic proponent to nonproliferator, the nonproliferation review, winter 1997
4. Erik Martiniussen og Niels Bøhmer, Haldenreaktoren, Bellona arbeidsnotat nr. 3, 2002
5. Astrid Forland, Atomer for krig eller fred? Etableringa av institutt for atomenergi 1945-1948, institutt for forsvarsstudier, 1988
6. Henry De Wolf Smyth, Atomic Energy for Military Purposes, The Official Report on the Development of the Atomic Bomb Under the Auspices of the United States Government, Princeton University Press, 1945
7. www.wikipedia.org om Jens Chr. Hauge, Odd Dahl, tungtvann, m.m.