

Grønlands uran og thorium

Boremaskinerne snurrer igen på Kvanefjeld efter en pause på 30 år. I sommeren 2007 indledte et australsk geologisk efterforsknings-selskab et omfattende boreprogram på Kvanefjeldplateauet, der ligger cirka 10 kilometer fra Narsaq i Sydgrønland. Hele 43 huller blev boret med en

samlet kernelængde på 10 kilometer. Yderligere 15 kilometer borekerne forventes optaget i sommeren 2008 af et nystiftet australsk joint venture selskab, *Greenland Minerals and Energy Ltd.* (GME) med et budget på 25 millioner australske dollar tilvejebragt ved en aktieemission i januar 2008 med mange danske investorer (www.ggg.gl).

RESUMÉ

Uranforekomsten på Kvanefjeld blev fundet i 1956 og er blevet indgående undersøgt i statsligt regi, indtil modstanden mod a-kraft i Danmark og Grønland standsede undersøgelserne i 1983. Der forelå da et detaljeret geologisk kort over forekomsten, en proces til udvinding af uranet, samt planer for brydning, oparbejdning, affaldsdeponering, osv. Siden da har der været stop for eftersøgning og udvinding af uran i Grønland. Det australske selskab *Greenland Minerals and Energy Ltd.* har gennemført et stort boreprogram og søger om tilladelse til at udvinde tin, zink, natriumfluorid og de sjældne jordarter, samt om tilladelse til at udvinde uran som et biprodukt. Forekomsten indeholder imidlertid en lang række andre værdifulde stoffer. Kvanefjeldområdet er måske verdens største forekomst af metallet thorium, som kan blive fremtidens energiråstof. Det stiller krav om, at der skal lægges en langtidstrategi for udnyttelsen af forekomsten, før brydning kan gå i gang.

GME efterforsker muligheden for at udvinde metallerne zink og tin, de såkaldte sjældne jordarter, natriumfluorid og uran. (De



HENNING SØRENSEN

er pensioneret professor i Geologi, Københavns Universitet. Han har siden 1946 foretaget geologiske undersøgelser i store dele af Vestgrønland, i de sidste mange år i Ilímaussaq-komplekset ved Narsaq i Sydgrønland, hvor han for GGU ledede det geologiske arbejde fra 1964 til 1976.

Han har publiceret mange afhandlinger og artikler om Ilímaussaq-komplekset, den seneste er *The Ilímaussaq alkaline complex, South Greenland – an overview of hundred years of research and an outlook*. Meddelelser om Grønland 45, 2006.



Kvanefjeld, det lave sorte fjeld lidt til venstre for billedets midte, set fra Narsaq. Det høje fjeld er Ilimmaasaq (1390 meter). Foto: H. Sørensen.

sjældne jordarter er betegnelsen for en gruppe metaller, som er kemisk nært beslægtede og derfor altid findes sammen, men i forskellige mængdeforhold. De har dog lidt forskellige fysiske egenskaber, hvilket udnyttes i blandt andet elektronikindustrien. Natriumfluorid findes som det røde mineral villiaumit og kan bruges til blandt andet fremstilling af fluor).

Med uran forholder det sig sådan, at Fællesrådet for mineralske råstoffer i 1988 besluttede, at det ikke er tilladt at lede efter eller udvinde uran i Grønland.

Howdan kan Greenland Minerals and Energy Ltd. da sætte uran på sit efterforskningsprogram? Det er det, man kalder for et godt spørgsmål. GME lægger vægt på, at Kvanefjeldområdet er en af verdens største multielementforekomster (også kaldt polymetalforekomster), det vil sige en forekomst, der er sammensat således, at der kan udvind

flere stoffer på én gang. I mange tilfælde er dette nødvendigt, hvis driften skal være rentabel. Men de forskellige stoffer er blandet sammen i malmen, det vil sige, at uran uundgåeligt vil komme ud sammen med zink, tin, og så videre, når brydningen går i gang på Kvanefjeld. Først efter at den brudte malm er blevet knust, kan de forskellige stoffer blive adskilt fra hinanden ved mere eller mindre udviklede processer.

Hvis forbudet mod uranudvinding bliver fastholdt, vil der næppe være økonomisk basis for minedrift, fordi uran udgør en betydende del af indtjeningen, og fordi uran, hvis det ikke bliver solgt, skal deponeres, hvilket er en kostbar proces. Greenland Minerals and Energy Ltd. søger derfor om at måtte udvinde uran som et biprodukt. Prisen på uran er mangedoblet i de senere år, hvilket gør det økonomisk attraktivt at gå i gang nu. Myndighedernes svar på denne an-



Kryolitbruddets motorbåd Quarto på vej fra Narsaq til Narsaq Ilua i juli 1957 med Niels Bohr (herren med sixpence midt på båden). Foto: H. Sørensen.

søgning foreligger måske inden dette bliver trykt. Det er en afgørelse, der ventes med spænding.

GME har orienteret beboerne i Narsaq om sine planer, hvilket har genoplivet den diskussion om uranudvinding, som delte byen for 25-30 år siden. Den forhistorie vil jeg nu berette, som den eneste, der har været med hele vejen.

Den første eftersøgning af uran i Grønland

Uraneftersøgning i Grønland blev sat i gang over hals og hoved i juli 1955. Initiativet kom fra Niels Bohr, der ville skabe sikkerhed for uranforsyningen til de kommende danske a-kraftværker. På hans anbefaling besluttede det udvalg, der forberedte oprettelsen af en Atomenergikommission, i slutningen af maj det år, at undersøgelsen straks skulle sættes i værk. For god ordens skyld blev geo-

logerne spurgt til råds. Vi svarede, at det eneste dengang kendte område i Grønland med forekomster af radioaktive mineraler var Ilímaussaq-komplekset ved Narsaq. Ilímaussaq-komplekset er en stor intrusion, der er sammensat af usædvanlige bjergartstyper med store indhold af sjældne grundstoffer og mineraler. Rådet blev fulgt, men alle de geologer, der skulle arbejde i Grønland den sommer, var allerede deroppe eller på vej dertil. Vi kunne derfor ikke påtage os opgaven, også fordi vi kun havde én geigertæller på det tidspunkt.

Men Forsvarets Forskningsråd og ABC Skole rådede over meget måleudstyr. Det blev da besluttet, at Forsvaret skulle foretage eftersøgningen med vejledning fra geologerne. Leder af ekspeditionen blev oberstløjtnant VV. Mouritzen, der var chef for ABC Skolen, han havde to værnepligtige studenter fra skolen med. Søværnet sammensatte en trup på tolv

med to befalingsmænd og ti menige, deriblandt hornblæser, fanebærer, kok og barber.

Hele truppen ankom til Ivigtut (nu Ivittuut) i begyndelsen af juli. Der havde geologernes sydhold, som var i gang med den geologiske kortlægning af Sydgrønland, sit hovedkvarter den sommer. Jeg var leder af holdet og modtog oberstløjtnanten og hans trup. Da det hele foregik under militær kommando, indledtes med et stabsmøde hos admiral Frits Hammer Kjølens i Flådestation Grønne-dal, der som bekendt ligger få kilometer fra Ivittuut. Der blev foretaget en præcis gennemgang af projektet, hvorefter admiralen konkluderede, - godt så sender vi dem til Narsaq med et af vore skibe. - Hr. Admiral svarede operationschefen, - vi har ingen skibe hjemme. Hvorefter jeg sagde, - hr. Admiral, vi kan sejle dem derned i et af mine skibe. Hvilket blev accepteret. (Det skal her indskydes, at det geologiske kortlægningsarbejde dengang foregik fra båd. Jeg disponerede over tre motorkuttere og et antal småbåde). Vi spiste så en bedre og hyggelig frokost i admiralsens privatbolig. På et tidspunkt kom en gæst i hvid jakke ind med en bakke med glas med isvand. De lokale vidste, at det betød, at nu var der opbrud. Vi rejste os, ordnede sagerne i Ivittuut og afsejlede tidligt næste morgen til Narsaq.

Vi brugte et par dage i Narsaq til at få orden på alt udstyr, proviant og så videre. Den 13. juli sejlede hele styrken til Kangerluarsuk syd for Narsaq, hvor en lejr blev sat op efter alle kunstens regler. Den 15. juli begyndte udlægningen af netværket af målepunkter. Mens det stod på, viste jeg Mouritzen og hans to assistenter og en geologistudent, som jeg havde taget med fra Ivittuut, rundt i området, for at de kunne lære de forskellige bjergarter og mineraler at kende. Det kom til at strække sig over ti dage, fordi det var en periode med kraftige storme og megen regn. Derefter drog jeg tilbage til Ivittuut, idet den geologistuderende Fritz Lyngsie Jacobsen blev efterladt som deltager i Mouritzens ekspedition.

I sommeren 1955 blev den halvdel af Ilímaussaq-komplekset, der ligger syd for Tunulliarfik, opmålt. Der blev fundet et antal lokaliteter med forhøjet radioaktivitet og udtaget nogle store prøver til kemisk analyse. Disse blev undersøgt og analyseret i den følgende vinter. Mouritzens team støttet af geologen Jan Bondam opmålte den halvdel af Ilímaussaq-komplekset, der ligger nord for Tunulliarfik, i sommeren 1956. Kvanefjeldforekomsten blev fundet det år.

Eftersøgningen af uran i Grønland blev imidlertid et varmt emne. Mouritzen og ledelsen af den nyoprettede Atomenergikommission (AEK) ville gå hurtigere frem, end geologerne anså for at være forsvarligt. Det kom på forsiden af aviserne og skabte splid og spektakel.

Med henblik på at skabe et sagligt grundlag for det videre arbejde, nedsatte vi internt det Geologiske Arbejdsudvalg for Radioaktive Råstoffer, GARR, som holdt 12 møder i 1956 og udarbejdede flere redegørelser og forslag, der dog ikke gjorde noget indtryk på beslutningstagerne.

I 1957 blev arbejdet koncentreret om forekomsten på Kvanefjeld. Området blev kortlagt topografisk af landinspektør Knud Boesen. Civilingeniør Jørgen Larsen-Badse ledede en systematisk måling af overfladebjergarternes radioaktivitet, hvorved de mest interessante forekomster blev afgrænset. Emil Sørensen fra Risø analyserede prøver i et interimistisk laboratorium oprettet i Fabrikken i Narsaq. Formand Walther Nielsen fra kryolitminen stod for anlægget af en vej fra Narsaq Ilua, bugten nord for Narsaq, til foden af Kvanefjeld. Jeg foretog en grundig undersøgelse af forekomsten af mineralet steenstrupin, som vi i 1955 havde fundet ud af var det vigtigste uranmineral i området.

Projektets prestige blev markeret af, at Niels Bohr ledsaget af en stribe af honoratiories, deriblandt Danmarks ambassadør i USA under krigen Henrik Kaufmann, besøgte området i juli måned, og Bohr blev udnævnt til æresborger af Narsaq.



De to russiske geologer V.I. Gerasimovskiy og E.I. Semenov på den lille ø Qeqertaasaq i Kangerluarsuk syd for Narsaq. Hullet de sidder ved stammer fra det første forsøg på at udnytte Narsaqområdets mineraler, da K.J.V. Steenstrup i 1888 hentede prøver af det røde mineral eudialyt til Kryolitselskabet, som ville undersøge, om det kunne anvendes til produktion af metallet zirkonium. Hvilket ikke lykkedes. Foto: H. Sørensen.

I slutningen af 1957 forlangte Atomenergikommissionen, at forekomsten på Kvanefjeld skulle undersøges med diamantboringer allerede i 1958. Det var imod geologernes anbefaling, idet forekomstens geologiske opbygning endnu ikke var undersøgt tilstrækkelig grundigt til, at et forsvarligt boreprogram kunne planlægges. Der blev imidlertid talt med store bogstaver. Ud af tumlen kom et samarbejde i stand mellem Atomenergikommissionen, Risøs kemiafdeling og geologerne på Københavns Universitet. Grønlands Geologiske Undersøgelse (GGU) var endnu ikke et direktorat, men en foreløbig udgave var oprettet i 1946, idet feltarbejdet i Grønland blev udført af geologer og studenter fra Universitetets Mineralogiske-Geologiske Institut og Museum. Kryolitselskabet Øresund A/S deltog i projektets første år ved

blandt andet at stille laboratoriefaciliteter til rådighed.

I 1958 byggede Atomenergikommissionen en lille barakby ved Narsaq Ilua, der ligger nogenlunde midtvejs mellem Narsaq og Kvanefjeld på det sted, hvor man mener, at nordbobygden Dyrnæs lå. Der blev etableret en tovbane fra Narsaq Elvdal til Kvanefjeld. Arbejdet blev ledet af Aksel Mikkelsen og blev støttet af teknikere fra kryolitbruddet i Ivittuut. Jan Bondam deltog som geologisk leder. Der blev med tre boremaskiner boret 36 huller med en samlet kernelængde på 3.728 meter.

I de følgende år arbejdede Emil Sørensen og Thorkild Lundgaard i Risøs kemiafdeling med at finde metoder til udvinding af malmens uran. Det viste sig at blive en meget vanskelig opgave. Man kunne ikke som i de fleste andre uranforekomster nøjes med at



Basen Dyrnæs ved Narsaq Ilua. Foto: H. Sørensen.

hælde svovlsyre på den knuste malm men fandt frem til, at sulfaterende ristning af den knuste malm kunne bringe det meste af uranet i opløsning. Metoden skulle efterprøves i større skala. Til det formål blev i sommeren 1962 udspærngt 200 ton uranmalm i en kort skakt på sydsiden af Kvanefjeld, og to af hullerne fra 1958 boreprogrammet blev uddybet med i alt 270 meter. Syv 200 meter dybe lodrette boringer blev af Emil Sørensen og Thorkild Lundgaard spredt ud over Ilímaussaq-komplekset.

Ingen geologer deltog i dette arbejde, selv om GGU havde overtaget Dyrnæslejren som base for den regionale geologiske kortlægning af Sydgrønland, et arbejde, der blev afsluttet i netop sommeren 1962. Derefter ville GGU flytte hele feltaktiviteten nordover. Jeg var nyudnævnt professor og var besluttet på, at min deltagelse i feltarbejdet i 1962 skulle blive mit sidste besøg i Narsaqområdet. Jeg planlagde at forlægge det geologiske feltar-

bejde til Norge af hensyn til, at studenter skulle kunne deltage deri. Men jeg konstaterede, at de undersøgelser, som Emil og Thorkild havde sat i gang behøvede geologisk assistance, og at der var hårdt brug for en geologisk kortlægning af Kvanefjeldplateauet. Det forelagde jeg for lederen af GGU Knud Ellitsgaard-Rasmussen. Vi havde en ganske ilter diskussion, men så skar han igennem og sagde, - ok, hvis du vil påtage dig opgaven. - Top, sagde jeg, uden tøven og dermed fik min karriere en ny retning.

Universitetet tager over

Atomenergikommissionen var godt tilfreds med denne aftale og stillede Dyrnæsbasen til min disposition med tilbehør. Vi beholdt kun de huse, biler og både, som vi havde brug for. Efter aftale tog GGU de resterende huse med nordover og genopførte dem i den næste base Midgaard. AEK bevilgede midler til videreførelse af feltarbejdet, der blev ind-

ledt i sommeren 1964 og udviklede sig til et større projekt, der blev afsluttet i 1976, idet de videnskabelige undersøgelser stadig foregår.

Vi var så heldige at få en flyvende start, idet to russere, V.I. Gerasimovsky og E.I. Semenov fra Moskva, var med os i den første felt sæson. De var nok verdens fineste kendere af netop den slags mineraler og bjergarter, som vi skulle undersøge, idet de have mange års erfaring med at studere sådanne bjergarter på Kolahalvøen. Vi havde ekstremt gode arbejdsforhold og fik sammensat et godt team. John Rose-Hansen fra Institut for Petrologi og jeg ledede arbejdet i de første år og blev støttet af Bjarne Leth Nielsen, GGU i den afsluttende fase. I øvrigt deltog et større antal studenter. Flere af disse fik egne opgaver, som 14 benyttede til deres hovedfagsopgave, tre til guldmedaljeafhandlinger ved Københavns Universitet, seks til licentiat- og phd-afhandlinger og to til doktordisputatser, hvortil kom min disputats fra 1962.

Fra Risøs kemiafdeling deltog Emil Sørensen og Thorkild Lundgaard i feltarbejdet, og fra elektronikafdelingen deltog flere medarbejdere med Leif Løvborg i spidsen. De udviklede og byggede en del avanceret udstyr til blandt andet bestemmelse af indholdet af uran og thorium i bjergarterne i jordoverfladen, i borehuller og i borekerner. Dr. Raymond Gwozdz udviklede som led i projektet en metode til at bestemme indholdet af en række sjældne grundstoffer, deriblandt ikke mindst de sjældne jordarter, ved hjælp af instrumentel neutronaktiveringsanalyse.

Kvanefjeldforekomsten blev geologisk kortlagt fra 1964 til 1968. Borekernerne fra 1958 var til meget stor hjælp. Et supplerende boreprogram blev gennemført i 1969 med syv huller og en samlet kernelængde på 1.621 meter. Desuden blev zirconiumforekomster i den sydlige del af området samt beryllium- og niobforekomster undersøgt. Udforskningen og tolkningen af hele områdets geologi blev videreført. Der skønnedes

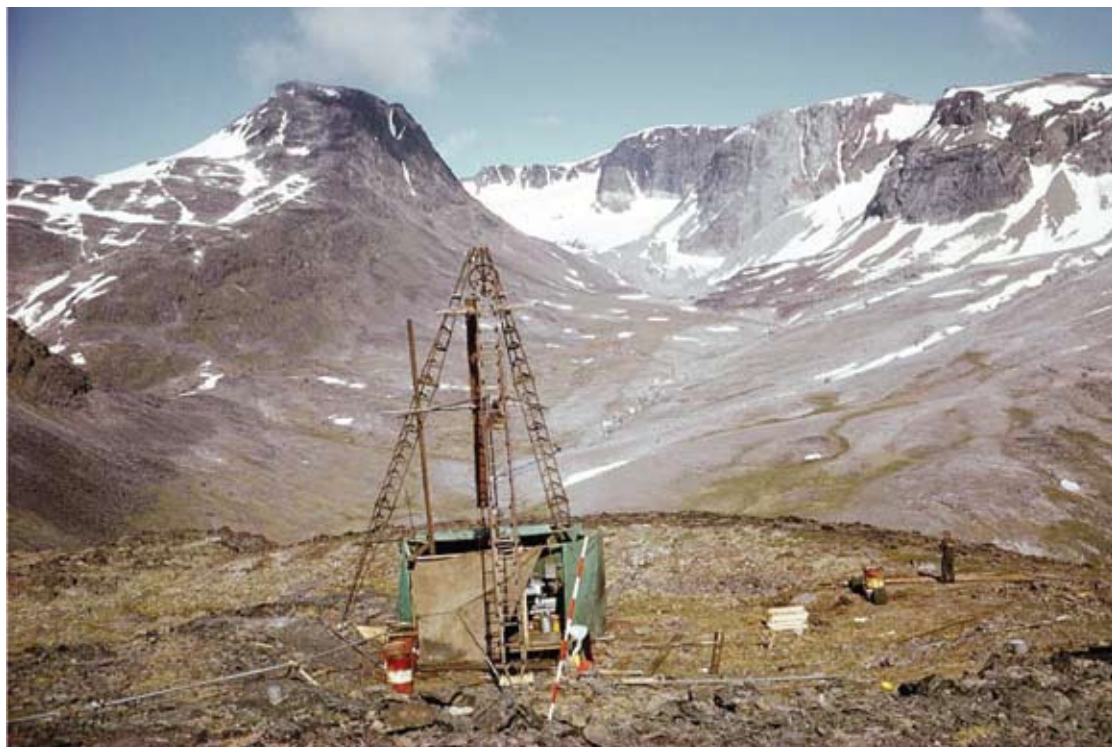
at være 5.800 ton uran i malm med et gennemsnitsindhold på 0,0310 procent uran og formentlig mindst 10.000 ton mere. Der var 2,6 gange mere thorium end uran.

Fra 1974 til 1976 blev de geologiske undersøgelser suppleret med miljøundersøgelser med henblik på at fastlægge områdets naturtilstand, inden minedrift blev sat i gang. I dette arbejde deltog geologer, geokemikere, hydrologer, zoologer og botanikere. Den nedenfor omtalte standsning af uranprojektet trak tæppet væk under miljøprojektet. Det gjorde, at det ikke lykkedes at bearbejde og publicere det meget store datamateriale, hvilket er mig en stor skuffelse.

Energiforskningsprojektet 1978-1983

På grundlag af de i 1974 afsluttede undersøgelser blev der lagt planer for et stort projekt. Det skulle klarlægge såvel geologiske som brydningsmæssige forhold, samt udarbejde metoder til udtrækning af uran af malmen, da det havde vist sig, at sulfaterende ristning kun virkede på en del af forekomsten. Der blev bevilget mere end 36 millioner kroner af det daværende Handelsministeriums energiforskningspulje. Jeg var formand for projektets styregruppe. Projektet omfattede et boreprogram i den nordlige del af Kvanefjeldplateauet, som hidtil kun var undersøgt med to borer. I 1977 blev boret 27 huller med 5.103 meter kerne. En 960 meter horisontal skakt blev i 1979-80 sat ind i fjeldsiden mod Narsaq Elv i en højde af 480 meter over havet og 150 meter under overfladen af Kvanefjeld. Skakten gik tværs gennem forekomsten og gav gode muligheder for at undersøge dens geologiske opbygning.

Det udsprængte materiale blev lagt i bunker neden for fjeldet. Herfra blev i 1980 sendt 4.500 ton til Risø, der blev anvendt til at teste en ny metode til at udvinde uran af malmen. Det skete i en rørraktor, som blev designet og bygget af Risøs teknikere. Den var 2.300 meter lang, men røret var bukket i hårnålefacon, således at det ikke fyldte så



Boretårn på Kvanefjeld i 1969. I baggrunden fra venstre Ilimmaasaq, Narsaq bræen og til højre fjeldet Nakkalaaq. Foto: H. Sørensen.

meget. Man fandt frem til, at blev den knuste malm opslemmet i en sodaopløsning og sendt rundt i reaktoren ved 260 °C og et højt tryk, kunne mere end 80 procent af uranet bringes i opløsning. Projektet sluttede i 1983 og viste, at det er muligt at udvinde uran af denne meget specielle malmttype. Reserven blev nu opgjort til 20.400 ton uran i malm med et gennemsnitsindhold på 0,0365 procent uran. Der forelå detaljerede planer for brydning og udvinding af uranet og deponering af affaldet, samt redegørelser for de samfundsmæssige og miljømæssige konsekvenser af minedrift på Kvanefjeld.

Dette program gav anledning til en del forespørgsler og kritik i takt med at atommodstanden vandt gehør. Der blev i pressen og fra politisk side stillet krav om, at programmet skulle standses, og forsendelsen af 4.500 ton uranmalm til Risø aflyses. Det fremgår af bogen til Risøs 40 års jubilæum

(*Til samfundets tarv – forskningscenter Risøs historie, 1998*), der er forfattet af fire videnskabs- og teknologihistorikere, at der også på Risø var tvivl om projektet skulle videreføres, dels på grund af den voksende modstand mod a-kraft, dels på grund af at det stod klart, at fremstillingen af uran fra denne lavlødige malm ikke ville kunne konkurrere med uran fra rigere malme. Jubilæumsbogen postulerer, at der var et modsætningsforhold mellem Risø og GGU og et bedre forhold mellem Risø og mig. Forfatterne har ikke opdaget, at jeg repræsenterede GGU i dette projekt. Sandheden er, at der var etableret et nært og tillidsfuldt samarbejde mellem geologerne og Risø. Vi havde et kontor på Risø, hvor jeg i nogle år tilbragte det meste af min forskningstid. I øvrigt er der mange fejl i Jubilæumsbogens behandling af Kvanefjeldsprojektet og nogle betragtninger, der afslører forfatterens ukendskab til det



Huset på Kvanefjeld med kik til Narsaq lidt til venstre for billedets midte. Foto: H. Sørensen.

stof, som de skriver om. Et eksempel er deres undren over, at man "så ensidigt satsede på det lille Kvanefjelds specielle, besværlige og egentlig også ringe forekomst af uran, i stedet for at undersøge andre områder i Grønland". Kendsgerningen er jo, at Ilímaussaq-komplekset stadig er den eneste kendte store uranforekomst i Grønland, efter at hele den store ø er blevet gennemsoget ved hjælp af avanceret apparatur udviklet på Risø. I øvrigt er Kvanefjeld ikke en lille forekomst. Greenland Minerals and Energy Ltd. mener for eksempel, at der er mindst 90.000 ton uran i malm med i gennemsnit 310 ppm. De uranholdige bjergarter findes i andre dele af Ilímaussaq-komplekset. Et slag på tasken siger, at der kan være helt op til 600.000 t uran. Jeg kan godt forstå, at GME er ivrige efter at komme i gang.

Modstand fra grønlandsk side var ved at stoppe projektet. Det lykkedes dog at overbevise kritikerne i Grønland og Danmark om, at projektet skulle gøres færdigt. Alt er do-

kumenteret i rapporter og kan hentes frem, den dag der bliver brug for det.

Modstanden i Grønland var en stor skuffelse for mig. Vi havde hele vejen igennem orienteret kommunalbestyrelsen i Narsaq om arbejdets formål og udførelse, blandt andet i et mineudvalg, som kommunalbestyrelsen havde nedsat. Og vi havde på forskellig måde orienteret lokalbefolkningen om vores arbejde og om mineralogien og geologien i området, hvilket havde startet en sand bølge af indsamling af mineraler. Men så fik en repræsentant for OOA (Oplysningen mod atomenergi) i 1979 adgang til i Grønlands Radio at udsprede et skrækszenarium om alle de rædsler, som uranbrydning ville føre med sig. Med ét slag blev alle grebet af panik, og flere års saglig information var glemt. Det gav de nævnte vanskeligheder for afslutningen af det store projekt. Man frygtede for eksempel, at byen ville blive forgiftet, når materialet fra den store skakt på lastbil blev kørt til havnen på dets vej til Risø. Nu bru-

ger man det selv samme materiale til bygning af forlængelsen af vejen i Narsaq Elvdal.

Hvad med thorium?

Greenland Minerals and Energy Ltd. omtaler ikke thorium med et eneste ord i sit program, og dog er Ilímaussaq-komplekset en af de største thoriumforekomster i verden, måske den største. Ingen ved det, for efterspørgslen efter thorium har hidtil været beskeden og er blevet rigeligt dækket af det thorium, der fås som et biprodukt af anden råstofproduktion. Der har ikke været noget incitament til at foretage mere detaljerede undersøgelser af thoriumforekomster. Det gælder også Ilímaussaq, hvor de uranholdige bjergarter har to til tre gange mere thorium end uran, det vil sige måske totalt op mod to millioner ton thorium i de hidtil undersøgte områder.

Modstanden mod atomenergien begrundes med, at der er risiko for, at kerneprocesserne kan løbe løbsk, og at affaldets indhold af plutonium er farligt. Her kommer thorium ind i billedet, fordi thoriumbaseret a-kraft ikke har de nævnte problemer eller har dem i lettere grad og derfor kunne blive det kompromis, der kan løse fremtidens energiforsyningsproblemer.

Thorium kan anvendes som brændsel i kernekraftværker, men er hidtil blevet udkonkurreret af uran. Thorium er imidlertid interessant ved, at spaltningen af thoriumatomer skal startes og holdes i gang ved tilførsel af neutroner og ikke som uranspaltningen er en spontan proces. Thoriumreaktorer kan udnytte thorioms energiindhold op mod 100 procent, mens kun få procent af urans indhold udnyttes i de gængse uranreaktorer.

I årene fra 1960 til 1980, hvor man frygtede, at uranet ville slippe op, blev thorium afprøvet i flere reaktorsystemer i blandt andet USA, Canada, Rusland, UK (med danske deltagere), Tyskland og Japan. Princippet er, at der tilsættes lidt uran og/eller plutonium,



Rørreaktoren på Risø (rørene bag personerne).
Foto: H. Sørensen.

som leverer de neutroner, der sætter spaltningen i gang i thoriumbrendset. Disse forsøg viste, at thorium er velegnet som reaktorbrendsel, og at én thoriumladning kan holde i mange år. Forsøgene ophørte, fordi atomindustrien foretrak uran af kommercielle grunde, a-kraften kom i miskredit og forbruget af uran stagnerede. Thorium anvendes i dag i to reaktorer i Indien. Medarbejdere på Risø og danske elværksfolk studerede 1974 til 1976 den canadiske CANDU reaktor, som kan køre på thorium.

En meget spændende type af thoriumenergi er den såkaldt acceleratorbaserede a-kraft, ADS, der undersøges af EURATOM. Her bliver de neutroner, der holder processen i gang, leveret af en accelerator, det vil sige, man undgår at bruge uran og plutonium som neutronkilde. Metoden kræver et udviklingsarbejde, men vil, hvis det lykkes, kunne sikre energiforsyningen langt ind i fremtiden. Denne type reaktorer adskiller sig fra uranreaktorer ved ikke at kunne løbe løbsk, ved ikke at producere plutonium og ved mindre mængder af affald.

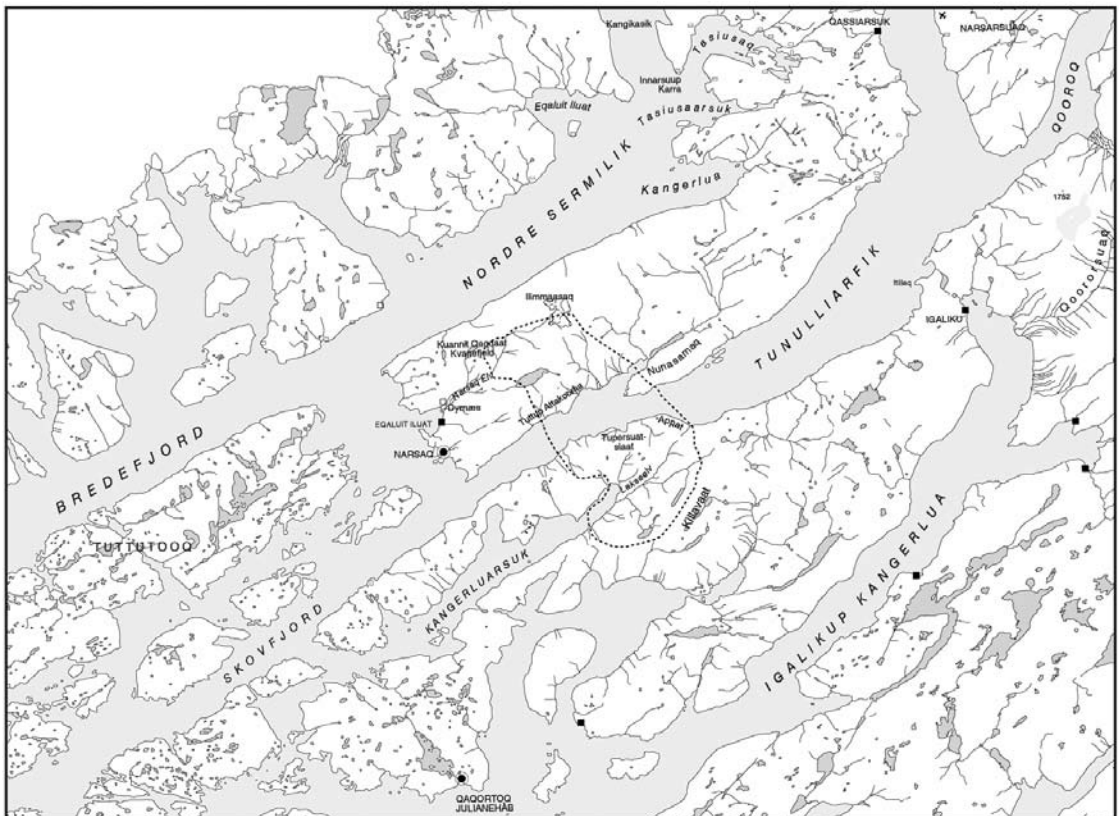
Der har i Norge været en indgående diskussion for og imod anvendelse af thorium i a-kraftværker. I den anledning har Norges Forskningsråd nedsat en arbejdsgruppe, der har udarbejdet rapporten *"Thorium as an energy source – opportunities for Norway"*, som giver en alsidig og grundig behandling af alle

aspekter af a-kraft baseret på thorium. Den konkluderer blandt andet, at acceleratorbaseret a-kraft er en interessant mulighed, men at der forestår et betydeligt udviklingsarbejde. Det er i rapporten beregnet, at energiindholdet i de norske thoriumforekomster er 100 gange større end det samlede energiindhold i al den olie, der er udvundet i de norske oliefelter, plus de resterende reserver. Thoriumforekomsten ved Narsaq er måske ti gange større end de norske forekomster og også større end de i 2006 opgjorte globale reserver af thorium. Der er altså tale om gigantiske energimængder.

Hvad gør Greenland Minerals and Energy Ltd. med de store mængder thorium, som vil blive brudt sammen med uran, zink, tin, sjældne jordarter og natriumfluorid? Jeg håber, at de myndigheder, der skal tage stilling

til GME's ansøgning, sørger for, at brydningen tilrettelægges således, at affaldet fra den nuværende produktion, som har store mængder thorium, bliver deponeret, således at det er muligt at udvinde thorium og andre stoffer, den dag der er brug for dem.

Ilímaussa-q-komplekset er et af Jordklodens mest spændende geologiske områder. Det har større indhold af stoffer som uran, thorium, sjældne jordarter, lithium, beryllium og zirconium end næsten alle andre områder på Jorden. Det er godt, hvis mindedrift kan komme i gang, således at der åbnes op for at udnytte mulighederne. Men Ilímaussa-q-området er både et geologisk vidunder og et spændende landskab. Det stiller store krav til mineselskab, myndigheder, befolkning og ikke mindst den faglige rådgivning.



Kort, der viser de i teksten omtalte lokaliteter. Omidset af Ilímaussa-q-komplekset er markeret. (GEUS)

Litteratur

- Områdets geologi blev beskrevet i syv artikler i tidsskriftet Grønland i 1966 i numrene for april til september, samt december. Uran i Grønland er beskrevet i numrene juni 1956, oktober 1959, august 1966 og februar 1981.
- ATV, 1981: Uranefterforskning i Grønland. Akademiet for de Tekniske Videnskaber.
- Knud Ellitsgaard-Rasmussen, 1996: En stjerne fødes. Beretning om GGU's tilblivelse. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse.
- Bjarne Leth Nielsen, 1981: Exploration history of the Kvanefjeld uranium deposit, Ilímaussaq intrusion, South Greenland. Uranium exploration case stories. Wien: Det Internationale Atomenergiagentur.
- Henry Nielsen (red.): Til samfundets tarv – Forskningscenter Risøs historie. Forskningscenter Risø.
- Henning Sørensen m.fl. 1974: The uranium deposit at Kvanefjeld, the Ilímaussaq intrusion, South Greenland – Geology, reserves and beneficiation. Grønlands Geologiske Undersøgelse Rapport nr. 60.
- Henning Sørensen, 1974: Uranet ved Narsaq i Sydgrønland, Naturens Verden 1974, 2.
- Henning Sørensen (red.), 2006: Geological guide South Greenland – The Narsarsuaq-Narsaq-Qaqortoq region. GEUS.
- Henning Sørensen (red). 2003: Geologi i det sydlige Vestgrønland. GEOLOGI Nyt fra GEUS, november 2003.
- Bjarne Ljungdahl: Mineral Guide – Ilímaussaq Intrusionen. Grønlands Stenklub 2006.
-