

LÆS I DETTE NUMMER OM:

Seaborg Technologies - dansk thoriumenergi; Pandora's Promise: Filmen der blev væk; 30 år gammel beslutning spærrer for grøn innovation; Nyeste om elpriser

## SEABORG TECHNOLOGIES - DANSK THORIUMENERGI

**Kaspar Hewitt Klønø, operationel chef, Seaborg Technologies**

*Verden har brug for 100% ren, sikker og billig energi. Thorium er måske svaret. Det arbejder vi på at finde ud af i Seaborg Technologies.*

**S**eaborg Technologies er et ungt dansk firma, der består af fysikere, kemikere og ingeniører. Vi arbejder med udviklingen af en banebrydende thoriumenergiteknologi. Løsningen vil kunne spille en nøglerolle i overgangen fra fossile brændsler til bæredygtig energiproduktion.

Teknologien er en nytænkning af atomreaktoren baseret på en flydende salt-reaktor, fri for sikkerhedsrisici og for problematisk atomaffald. Den er designet til hurtigt at kunne skrue op og ned for energiproduktionen, og dermed komplementere andre vedvarende energikilder. Når designet bliver realiseret, vil verden få mulighed for 100% ren, sikker og billig energi.

### Spøgelset fra 1985

I 1985 besluttede Folketinget at "[...] at atomkraft med den viden og teknologi, der er til rådighed i dag, skal udgå af den danske energiplanlægning [...]" Denne beslutning stoppede effektivt nyudvikling inden for atomkraft i Danmark i de sidste 30 år. Men 30 år er lang tid, og den viden og teknologi vi har til rådighed i dag, fjerner de udfordringer med sikkerhed, affald og våbenspredning, som gjorde, at Folketinget forkastede den gamle atomkraft.

### Arven fra Tennessee

En prototype af en flydende salt-reaktor blev succesfuldt testet gennem fire år ved den amerikanske Oak Ridge forsøgsstation i 1965-1969. Vores design er en videreudvikling af denne, hvor vi ved brug af moderne computere og simuleringværktøjer, markant har kunnet forbedre designet. Vi er også hjulpet af, at teknologien til håndtering af flydende salt har gennemgået en stor udvikling siden dengang, da det nu anvendes i termiske solanlæg.

### Hvorfor thorium

Thoriumenergi har en række interessante fordele frem for traditionel atomkraft, hvor den vigtigste er, at energi fra thorium ikke producerer radioaktivt affald med lange halveringstider. Som enhver anden reaktor, producerer en thoriumreaktor dog fissionsprodukter, som i det væsentlige har en max halveringstid på 30 år. Dermed kræves ikke et dyrt, geologisk stabilt slutdepot.

### Genanvender affald

En af de store fordele ved denne type thoriumreaktor er, at den genbruger atomaffald. Reaktoren har en termisk, grafitmodereret reaktorkerne, hvor brændslet flyder gennem kanaler i moderatoren, opløst i et flydende salt. Saltet består overvejende af omkring 90% thorium og 10% atomaffald. Affaldet kan dog erstattes med konventionelt brændsel, hvis

man ikke kan skaffe atomaffald nok. Det betyder, at al det atomaffald, der er opmagasineret og bliver betragtet som et problem, nu kan blive brugt som brændsel.

### Mere sikker

At kernen er termisk og brændslet flydende, gør, at en evt. ukontrolleret temperaturstigning vil medføre en termisk ekspansion af brændselssaltet, så det flyder ud af kernen og processen stopper. På den måde er reaktoren selvregulerende.

I kernen dannes varme via fission, og overskydende neutroner bruges til at transmuttere det langtlivende affald til kortlivede isotoper, og til at avle fissilt <sup>233</sup>U ud fra thorium. Brændstofssaltet drænes af tyngdekraften ud af kernen og forbi en varmeveksler, og pumpes derefter tilbage ind i kernen. Ved en strømafbrydelse eller mekanisk fejl på pumpen, stopper tilførslen af brændselssalt til kernen, og processen går dermed i stå, indtil pumpen kan genstartes.

Ved et større uheld med totalt strømsvigt vil en nødventil automatisk åbne, så brændslet dræner ned i en opbevarings-tank, hvor henfaldsvarmen bliver fjernet med passiv køling.

Små mængder af brændselssaltet bliver løbende ført gennem et oprensingsanlæg, hvor fissionsprodukter fjernes og sendes til opbevaring, mens frisk brændstof tilføres. Oprensingsanlæggets design forhindrer, at der er plutonium tilbage, som kan bruges til at lave atomvåben.

### Reaktorer på samleband

Da brændselssaltet er flydende ved atmosfærisk tryk og meget høje temperaturer, undgår man at skulle køre reaktoren under tryk, og dermed simplificeres konstruktionen voldsomt. Det gør, at det er muligt at designe reaktoren meget kompakt, så reaktor-moduler kan fremstilles på samleband på en fabrik, og derefter fragtes ud til kunden, klar til brug. Denne modularitet er et afgørende designkriterium for os, da det vil være afgørende for økonomien.

### International blåstempling

I en ny rapport udarbejdet af Energy Process Development Ltd – finansieret af den britiske stat – fremgår det, at det danske firma Seaborg Technologies kan blive en del af Storbritanniens næste energieventyr. Rapporten omhandler flydende salt-reaktorer, der kan producere store mængder energi på en sikker, økonomisk og bæredygtig måde. Rapporten anbefaler, at Storbritannien skal investere i udviklingen af denne teknologi, og den vurderer, at Seaborg Technologies design er en god kandidat til videreudvikling.

Med denne anbefaling i ryggen, vil vi i Seaborg nu arbejde mod en kommercialisering af designet.

## PANDORA'S PROMISE: FILMEN DER BLEV VÆK

**Kommentar af Bertel Lohmann Andersen**

Robert Stones dokumentarfilm *Pandora's Promise*, der blev præmieret ved Sundance Festivalen i USA i 2013, skabte debat om atomkraft i USA, men ikke i Europa. Filmen blev præsenteret i nov. 2013 på dokumentarfilmfestivalen CPH:DOX, og skulle have været vist i dansk fjernsyn. Det er aldrig sket.

I programmet til CPH:DOX stod der bl.a.:

*Filmen portrætterer miljøforkæmpere, forskere og energi-eksperter, der har gennemgået en udvikling fra at være radikale modstandere til at være klare fortalere for nuklear energi.*

*... hvorfor debatterer vi ikke atomkraft som mulig energikilde i dag, og er atomkraft ikke en god idé set i lyset af den klimatiske udvikling?*

REO blev først indbudt til at deltage i en debat med Klima-, energi- og bygningsminister Martin Lidegaard ved præsentationen af filmen den 14. nov. 2013. Efter nogle uger var situationen dog ændret, og CPH:DOX meddelte:

*Som fortalt over telefon er vi desværre nødt til at aflyse din deltagelse i paneldebat under CPH:DOX. Af produktionsmæssige årsager har vi valgt at lade klima- og energiministeren indgå i en samtale solo. Vi takker meget for interessen, og håber at se REO til visningen i Cinemateket.*

Det sidste ønske gik i opfyldelse, idet REO købte 10 billetter. Kort før forevisningen kunne deltagerne dog på skærmene i Cinemateket læse:

*"Aflyst!!! OBS. Efter visningen d. 14/11 kan du opleve klima- og energiminister Martin Lidegaard i samtale med Magnus Boding Hansen."*

Skuffelsen var stor, blandt alle der var mødt op for at se filmen, men håbets flamme blafrede svagt, idet DR's hjemmeside (7. nov. 2013) bragte en oversigt over dokumentarer fra CPH:DOX, som ville blive vist på DR2, efterfulgt af følgende:

*Derudover kan DRs seere glæde sig til 2014, hvor også disse dokumentarfilm, som vises under festivalen, kommer på TV.*

Nr. 7 på listen var *Pandora's Promise*!

Men som året skred frem, og vi kiggede ivrigt i TV-programmerne fra DR, blev det klart, at filmen ikke kom. Efter en henvendelse fik vi i oktober følgende redegørelse fra DR:

*Selve filmen forhandles af et selskab der hedder Film Sales. Det er en ud af rigtig mange distributører, som vi handler med, og som vi har handlet med gennem tiden. Derfor regnede vi sidste år også med at få Pandora's Promise med i en pakke fra dem - ofte køber man nemlig pakker hjem med film, hvor man så bliver enige om rettigheder og priser på en række film i samme omgang.*

*Men ak, den nye medievirkelighed spiller ind i netop de forretningsmåder Film Sales opererer på, og de har senest valgt at sælge en række film til nogle af vores konkurrenter, og de kan ikke længere godtage de vilkår, som vi i DR har behov for.*

*Bl.a. har de haft svært ved at acceptere at vores film også ligger på dr.dk til screening efter tv-premierer. DRs holdning er at vores film skal være tilgængelige for alle danskere, og når selskaber som Film Sales så går ind og blokerer at vi får VOD catch-up rettigheder, fordi disse rettigheder sælges eksklusivt til andre streamingtjenester, hvor folk så kan købe abonnement mod ekstra betaling, så kan det gøre at en handel ikke gennemføres.*

For udenforstående var sagen ikke helt gennemskuelig, og filmen gik ikke i glemmebogen! Den 9. august (årsdagen for Nagasaki bomben) bragte DEADLINE en udmærket samtale om atombombens påvirkning af det globale samfund. Som afslutning bragtes så nogle klip fra DR's arkiver: atommarcher og demonstrationer imod atomkraft og Barsebäckværket. Her ville det have passet fantastisk godt at vise den sekvens fra *Pandora's Promise*, hvor det fortælles, at USA har købt uran fra 16.000 demonterede russiske sprænghoveder og brugt det i atomkraftværker. Som det hedder i filmen: *Det viser sig, at det, der blev lavet til at udlette vore storbyer nu bruges til at lyse dem op!*

En fornyet henvendelse til DR medførte flg. svar:

*DR er fuldstændig uafhængig af politisk indblanding i forhold til redaktionelle beslutninger eksempelvis i forhold til, hvilke film/nyheder/serier/dokumentarer, der sendes på alle DRs platforme. I forhold til den konkrete film *Pandora's Promise*, har jeg været i dialog med DRs dokumentarchef, Mette Hoffmann. Sagen er den, at rettighederne til filmen blev købt af Netflix, hvilket alene er op til producenten at bestemme. Det er grunden til at de europæiske tv-stationer ikke har vist filmen.*

Instruktøren Robert Stone oplyste efterfølgende, at filmen blev solgt til Netflix, EFTER at alle TV-stationer i Europa nægtede at vise den med henvisning til, at den var i modstrid med alt, hvad de tidligere har vist! Den oplysning blev sendt videre til DR, som kontaktede Robert Stone. Han modererede nu sin udtalelse om europæiske TV-stationer til at gælde ARTE og ZDF og nogle andre stationer, men han vidste godt, at DR ønskede at bringe filmen!

Nu kan det åbenbart ikke lade sig gøre af grunde, som ikke er umiddelbart indlysende for udenforstående. Det ser ud til, at firmaet Netflix ved at sætte sig på en dokumentarfilm, som er overordentlig relevant for samfundets fremtid, kan forhindre, at den bliver vist på såkaldte public service TV-kanaler.

Mens vi venter på en løsning på denne "gordiske knude" er der trøst at hente: filmen kan ses gratis (med spanske undertekster) via REO's hjemmeside [www.reo.dk](http://www.reo.dk). Her kan man også finde en kort omtale på engelsk af de medvirkende, hvoraf 3 stadig er modstandere af atomkraft.

Robert Stone var oprindelig også imod atomkraft, men forberedelserne til filmen fik ham til at ændre opfattelse.

Se et interview med Robert Stone her:

<http://bit.ly/1liqP19>

## 30 ÅR GAMMEL BESLUTNING SPÆRRER FOR GRØN INNOVATION

**Thomas Grønlund Nielsen**

*I en dansk folketingsbeslutning fra 1985 hedder det, at dansk energiplanlægning skal ske uden atomkraft. Denne beslutning gjorde atomenergien og forskning heri til en grim ælling, som ingen politikere i den danske andedam ville vide af. I dag spærrer den for grøn omstilling med atomkraft.*

REO

Folketingsbeslutningen blev vedtaget af fodnoteblokken S-R-SF (79 stemmer mod 67), og fik den borgerlige fløj til at opfatte emnet som en tabersag. Men det er værd at hæfte sig ved en detalje. I bemærkningerne til beslutningen hed det nemlig:

"... at atomkraft med den viden og teknologi, der er til rådighed i dag, skal udgå af den danske energiplanlægning ..."

Passagen "der er til rådighed i dag" åbnede for at tage energiformen op på et senere tidspunkt, hvis der da måtte være sket en udvikling på området. Nu er der så gået 30 år, og det er tid til at rejse dette spørgsmål. Er der sket en væsentlig udvikling med den fredelige brug af atomenergien i de sidste 30 år, ikke mindst mht. sikkerhed og affaldshåndtering?

Frankrig gennemførte i 80'erne en storstilet udbygning af atomkraftværker, således at landet i dag får 80% af sin elektricitet herfra. Resultat: kun halvt så meget CO<sub>2</sub>-udledning per indbygger som det grønne Tyskland (der sætse på vindmøller og solceller), ingen betydelige ulykker og for hver franskmand en affaldsmængde, hvis størrelse er som en femkrone. Dertil kommer en pris på elektricitet i Frankrig, som kun er godt det halve af, hvad vi forbrugere betaler i Danmark.

Med afspændingen i slutningen af 80'erne og murens fald kom fokus væk fra de militære anvendelser af kernefysik. Nu gjaldt det ikke længere om at producere plutonium til kernevåben, hvilket det uheldsvangre værk ved Tjernobyl havde haft som 1. prioritet. Tværtimod var plutonium nu netop noget, man ønskede at undgå. Herved fik en ny type atomkraft baseret på grundstoffet thorium en chance. Denne type reaktor giver ikke det uønskede tungmetal (opkaldt efter dværgplaneten Pluto) i nogen betydelig mængde og således heller ikke det radioaktive affald med mange tusinde års levetid. Tværtimod kan thoriumreaktorer brænde det brugte brændsel fra gamle atomkraftværker af.

Den grimme atom ælling synes altså at have overvintret og være ved at blive til en smuk hvid svane. Det hvide grundstof thorium er kommet i rampelyset som materiale for en ny form for grøn atomkraft, der giver langt mindre af det langlivede radioaktive affald og er en ren energikilde, der vil kunne forsyne os i rigtig mange år. Lande som Kina, Indien, Norge og England forsker i teknologien. Det gør en lille gruppe frivillige og ulønnede danske fysikere og ingeniører også. Faktisk så godt at de for nylig fik anerkendelse i en rapport fra den engel-

ske stat, der tillægger den type thoriumreaktor, som gruppen arbejder med, "store fremtidsudsigter". Gruppen hedder Seaborg Technologies efter den amerikanske kernefysiker Glenn Seaborg, der i 1951 modtog Nobelprisen for sin opdagelse af plutonium.

I 1958, ved indvielsen af Atomforsøgsstationen Risø, udtrykte Niels Bohr den forvisning "at samfundet på lang sigt ville få alle investeringer mange fold igen i form af billig elektricitet". Man skal ikke kende meget til ham for at vide, at der skulle meget til før Niels Bohr udtrykte sin forvisning om noget. Han var livet igennem alt andet end skråsikker. Udfordringen med atomkraft er ikke prisen, men biproduktet i form af plutonium. Der skal arbejdes med, hvordan vi får atomkraft uden at producere mere plutonium. Det er lige netop, hvad Seaborg gruppen gør og ifølge den engelske rapport også lykkes med.

Så hvorfor har det ikke vakt større interesse hos vore politikere og Innovationsfonden? Fra sidstnævnte forlyder noget i stil med, at Seaborgs forskning ikke er noget, vi har konkret brug for, da vi i Danmark med vindmøller har fundet løsningen på grøn energiforsyning. De henviser til, at nukleare anvendelser er imod dansk strategi, hvad der jo netop fremgår af folketingsbeslutningen af 1985. Den er dog næppe den eneste grund til Innovationsfondens afvisende holdning. Uvidenhed om atomenergiens muligheder og en overdreven tro på vindkraft og dansk føring på dette område kan være medvirkende. Kan det frivillige initiativ fra den lille Seaborg gruppe kun finde støtte nedefra gennem græsrodsarbejde? I så fald er Danmark som innovativ nation truet – i hvert fald på området for grøn energi.

Tingene har bevæget sig i de sidste 30 år, og det er tid til at tage folketingsbeslutningen af 1985 op til revision. Den er et nyttesløst levn fra koldkrigstiden. Den fordyrer den grønne atomstrøm, som vi alligevel importerer fra udlandet (23% af Danmarks elforbrug i 2014 ifølge DONGs opgørelse). Det er strøm, som vi køber dyrt på spotmarkedet (når vinden ikke blæser på vore vindmøller), fordi vi ikke må planlægge med import af atomenergi og rettidigt forhandle en god pris.

## NYESTE OM ELPRISER

**Bertel Lohmann Andersen**

*Fremtidens beregnede priser på elektricitet, Projected Costs of Generating Electricity, udkom i slutningen af august i en 2015-udgave fra Det Internationale Energiagentur, IEA. Ingen teknologi kan udpeges som den billigste i alle tilfælde.*

**D**en størrelse, man beregner, er den traditionelle LCOE (Levelized Cost Of Energy), som indeholder kapitaludgifter plus udgifter til brændsel, drift og vedligeholdelse. Fordeler man disse omkostninger på de kWh, man forventer, at anlægget vil producere i sin levetid, får man den gennemsnitlige pris pr. kWh.

Man kan imidlertid ikke umiddelbart sammenligne denne størrelse for stabile energikilder og for varierende energikilder; førstnævnte leverer energi efter behov, sidstnævnte leverer, som navnet siger, varierende energi. Som noget nyt angiver rapporten derfor resultaterne hver for sig. Rapporten omtaler dette problem således:

*Dette arbejde præsenterer den traditionelle størrelse LCOE, som fortsat er af interesse for beslutningstagere på grund af sin relative enkelhed og lette sammenlignelighed. Ikke desto mindre sættes der spørgsmål ved denne størrelses relevans*

*i et liberaliseret marked med voksende andel af varierende energikilder.*

Den omfattende rapport omtaler nogle hovedpunkter i forordet:

*En tendens fra de senere år er et betydeligt fald i prisen på vedvarende energi som et resultat af anvendelsen af forbedret teknologi og fortsat statsstøtte. Rapporten viser også, at prisen på atomkraft fortsat er på linje med andre teknologier til grundlast, til trods for hårdnakkede beretninger om det modsatte. Men ingen teknologi kan siges at være den billigste i alle tilfælde.*

Den af REN ENERGI udarbejdede tabel på næste side, viser den laveste og den højeste beregnede pris for en række teknologier, ved den laveste af de tre betragtede rentesatser på 3% (de andre er 7% og 10%). De to laveste værdier af LCOE er for atomkraft i Korea (19 øre) og landvind i USA (22 øre). De er dog, som netop omtalt, ikke sammenlignelige. Landvind skal have et kraftværk til back-up!

### Nye strømninger fra USA

Traditionelle kraftværker betegnes på engelsk som dispatchable (afbrydelige) i modsætning til VE, som er non-dispatchable.

IEA's LCOE 2015		
GRUNDLAST	\$/MWh	øre/kWh
<b>Naturgas</b>		
Lavest, USA	61	43
Højest, Japan	133	93
<b>Kulkraft</b>		
Lavest, Tyskland	66	46
Højest, Japan	95	67
<b>Atomkraft</b>		
Lavest, Korea	29	20
Højest, UK	64	45
<b>VARIERENDE</b>		
<b>Sol, store anlæg</b>		
Lavest, USA	54	38
Højest, Japan	181	127
<b>Landvind</b>		
Lavest, USA	33	23
Højest, Japan	135	95
<b>Havvind</b>		
Lavest, Danmark	98	69
Højest, Korea	214	150
<b>Kurs</b>	7,01	kr./\$

Institute for Energy Research, IER, i USA er også begyndt at beregne priser separat for afbrydelige kilder (kraftværker) og for ikke-afbrydelige kilder, som sol og vind, ofte kaldt intermitterende, dvs varierende. For som det hedder: "LCOE for dispatchable og ikke-dispatchable teknologier angives hver for sig i tabellerne, fordi der skal manes til forsigtighed, når de sammenlignes."

Ikke nok med det: IER er også begyndt at beregne prisen for den strøm, som eksisterende kraftværker kunne have leveret, hvis de ikke var blevet lukket i utide. Det betyder, at man beregner prisen på strøm, som kunne være kommet fra eksisterende værker, men som ikke kom, fordi der blev bygget andre anlæg, som politikerne hellere ville have.

Dette kontrafaktiske element gør beregningerne lidt usikre: Hvor meget ville de lukkede kraftværker have kørt, hvis de havde fået lov? Når man med alle disse forbehold kommer frem til en omkostning, så fordeles den på det antal kWh, som det nye anlæg har leveret, men som det gamle altså kunne have leveret.

Den således beregnede størrelse kom til at hedde Levelized Avoided Cost of Energy, LACE. Det er en udgift, som man ikke har haft, da man i stedet har en anden (LCOE for det nye system). Hvis LACE er

mindre end LCOE for de nye anlæg, så har det været en dårlig forretning!

Et andet nyt begreb er LCOE-E, Levelized Cost Of Electricity-Existing resources. Det er inspireret af det forhold, at den overvejende del af den nye produktionskapacitet, der opføres i disse år, ikke opføres som følge af voksende efterspørgsel men som følge af miljømæssige krav og politisk ønske om subsidieret vedvarende energi, også kaldt varierende energi.

Beregninger af LCOE-E gør det muligt at foretage sammenligninger, som er relevante for nutidens beslutningstagere. For eksempel finder IER, at strøm fra eksisterende elværker baseret på kul, uran og vandkraft kan leveres til rundt regnet en tredjedel af, hvad ny vindkraft koster. I Danmark er der ingen, der har interesseret sig for, hvad el fra de lukkede, men langt fra udtjente, kulfyrede kraftværker i Aabenraa og Kalundborg ville have kostet!

REN ENERGI udgives af REO 3 gange årligt.

#### ANSVARSHAVENDE REDAKTØR

Bertel Lohmann Andersen

#### REDAKTION

Bertel Lohmann Andersen  
Katrine Maria Krzeminski

#### SKRIBENTER

Bertel Lohmann Andersen; Kasper Hewitt Klenø, Thomas Grønlund Nielsen

#### KORREKTUR

Erik Both

#### TRYK

TryksagsAgenten

ISSN 0108-9439

#### REO

Kulsvierparken 71  
2800 Lyngby  
T: 21 25 54 20  
E: info@reo.dk

REO arbejder for en nuanceret energidebat, hvor kernekraft vurderes på lige fod med andre energikilder ud fra samfundsøkonomiske og miljømæssige hensyn.

#### BLIV MEDLEM

Medlemskab koster 300 kr. om året for enkeltpersoner, 400 kr. for ægtepar og 50 kr. for unge under uddannelse. Beløbet indbetales på Danske Bank: 9570 3000753. Medlemmer modtager gratis bladet REN ENERGI.

#### STØT REO

Ønsker du at støtte REO, kan bidrag indbetales på Danske Bank: 9570 3000753.

#### ABONNER PÅ REN ENERGI

Et abonnement koster 95 kr. om året. Skriv til info@reo.dk

#### HVIS DU VIL VIDE MERE

Find flere informationer om REO, læs artikler og analyser og følg med i energidebatten på www.reo.dk