Den 11 mars 2011 drabbades Japan av en jordbävning som uppmätte nio på richterskalan och en efterföljande tsunamivåg. Tsunamin som sköljde över miljonstaden Fukushima var 14 meter hög. Byar och städer pulvriserades på några minuter och fler än 24 000 människor dog.

Fukushima hade också ett kärnkraftverk med sex reaktorer som hotade att haverera. Anställda tog stora risker i arbetet med att kyla reaktorerna för att förhindra härdsmälta. Till slut strömmade ändå radioaktiv ånga och vatten ut över det omgivande landområdet och vidare ut i havet.

Kärnkraft som innovation kan delas in i civila respektive militära tillämpningar. De civila gäller främst elenergiproduktion medan de militära är inriktade på anfallskrig. Framställningen av el i kärnkraftverk sker enligt samma principer som i ett kraftverk som eldas med kol, olja eller biobränslen, men med uran som bränsle. Uran är ett grundämne som bryts i gruvor. I regel anrikas det till uranoxid som slutligen hamnar i kärnkraftsverkens bränsleelement i form av så kallade urankuts. Energin i en urankuts på cirka en centimeter i diameter motsvarar 800 liter olja.

Idag finns 433 kärnreaktorer i drift i världen enligt IAEA:s statistik. Tio av dem finns i Sverige och genererar cirka 50 procent av den svenska elenergin. I ett kärnkraftverk med kokvattensreaktor finns bränsleelementen i en reaktortank med kylvatten. När man klyver en uranatom startar en kedjereaktion av atomklyvningar som frigör en stor mängd energi. Den starka värmeutvecklingen får vattnet i reaktortanken att börja koka och ångan som bildas driver i sin tur en turbin. På turbinaxeln sitter en generator som i sin tur omvandlar rörelseenergin till elektricitet.

Till det yttre förändras inte bränslet under processen, men däremot kärnfysikaliskt. Nya grundämnen eller isotoper bildas och kärnbränslet blir under processen i reaktorn starkt radioaktivt. Fördelen med kärnkraften är att man kan producera stora mängder elenergi utan koldioxidutsläpp. Nackdelarna är strålningen och det svårhanterade avfallet. Om något går fel under processen kan konsekvenserna bli ödesdigra.

Kärnkraftverket i Fukushima byggdes för att klara både en jordbävning och en översvämning, men inte av den magnitud som drabbade landet 2011. Radioaktivt nedfall och skyhöga strålningsmängder konstaterades. I samband med en brand i kärnkraftverket uppmättes radioaktiva utsläpp i omgivningen motsvarande upp emot 400 millisievert (mSv) per timme. De svenska gränsvärdena för dem som arbetar inom kärnkraftsindustrin är 50 mSv per år.

Myndigheterna evakuerade området kring kärnkraftverket och man förbjöd människor att vistas inom en zon på 20 kilometer från Fukushima. Olyckan kom till slut att klassas av den japanska strålsäkerhetsmyndigheten som en sjua på den internationella INES-skalan, lika högt som olyckan i Tjernobyl 1986. Odlingsmark och vatten är kontaminerade. Besöksförbudet hävdes efter ett år men det kommer att dröja många år innan befolkningen kan flytta tillbaka.

PIONJÄRER

Tack vare vetenskapliga landvinningar inom framförallt fysik och kemi under 1900-talets första decennier började forskare förstå mer om atomenergi.

En liten flaska med tungt vatten, D_2O, från Norsk Hydro. Den kommer från R1, den första kärnreaktorn i Sverige, som låg 25 meter under jord vid Valhallavägen (KTH) i Stockholm. Också i den efterföljande R3 i Ågesta användes tungt vatten. Flaskan är märkt Deuteriumoxid, en väteisotop där kärnan innehåller en proton och en neutron. Skänkt till Tekniska museet 1954 av AB Atomenergi.



Man upptäckte bland annat neutronen, radioaktiviteten, det radioaktiva sönderfallet och atomens struktur. I teorin fanns en hel del kunskap. I praktiken återstod det mesta.

Ett viktigt steg på vägen togs av den österrikisk-svenska kärnfysikern Lise Meitner som flytt till Sverige från Tyskland. I ett brev till sin forskarkollega Otto Hahn i Berlin skrev hon julen 1938 att atomer kan klyvas och att när detta händer måste stora mängder energi kunna utvinnas. Meitner förklarade att neutronen måste ha gjort urankärnan instabil och delat den i två mindre delar: barium och krypton. Detta resulterade i att neutroner frigjordes och gav en enorm mängd energi, vilken motsvarade den beräknade minskningen av massan enligt formeln $E=mc^2$ i Albert Einsteins relativitetsteori. Meitner myntade begreppet *nukleär fission* – kärnklyvning. Upptäckten blev omedelbart en sensation i den vetenskapliga världen.

IN I ATOMÅLDERN

När andra världskriget bröt ut stängdes gränserna och all forskning och information som hade med kärnklyvning att göra hemligstämplades. Samtidigt fortsatte forskare runt om i världen kapplöpningen om tillämpningen av atomenergin. Det var Enrico Fermis forskarlag i Chicago som 1942 lyckades genomföra den första självunderhållande atomreaktionen. I Sverige, Danmark, Frankrike och Tyskland pågick parallella studier. Atomforskningens dignitet märks även bland nobelpristagarna i kemi och fysik under 1940- och 50-talen.

Sverige, med sina stora urantillgångar, var en tidig aktör. Redan 1945 tillsatte regeringen en atomkommitté och grundade företaget AB Atomenergi. Strategin »den svenska linjen» formulerades och den innebar att landet skulle bli självförsörjande både när det gällde bränsle (oanrikat uran) och svenska reaktorkonstruktioner. Dessutom skulle man använda tungt vatten. Denna strategi skulle ge Sverige oändlig mängd energi, minska oljeberoendet, reducera behovet av vattenkraft och säkra freden. I utredningar och rapporter men också i den tidens dagstidningar uttrycktes stora förhoppningar om den nya energikällan. Atomenergins potential ansågs gränslös. Allt från kraftverk till köksmaskiner, tänkte man, skulle inom en snar framtid vara atomdrivna. Forskarna såg också framför sig nya blommor, atomtulpaner, som var bestrålade. Radioaktiviteten skulle också kunna användas för att finna orsakerna till psykiska problem. Genom det uppvärmda kylvattnet från kärnkraftverken kunde badsäsongen i havet förlängas med flera månader.

År 1954 invigdes Sveriges första kärnreaktor (R1), placerad mitt i Stockholm och utvecklad enligt den svenska linjen. Den följdes av R3 i Ågesta 1963. Den fortsatta utbyggnaden av svenska kärnkraftverk under 1970- och 80-talen inriktades på lättvattenanläggningar med anrikat uran och utländsk reaktorteknik.

MILITÄR OCH FREDLIG ANVÄNDNING

Kärnkraften skulle inte bara lösa framtidens alla energiproblem utan också vara användbar i militärt syfte. Atombestyckade vapen skulle säkerställa en bestående fred. En tidig satsning var det amerikanska Manhattanprojektet som leddes av fysikern Robert Oppenheimer. Detta ledde så småningom fram till Little Boy och Fat Man, atombomberna som fäll-

Kontrollrummet i Ågesta kärnkraftverk 2005. Anläggningen, som var i drift 1963–1974, byggdes under jord och levererade fjärrvärme och el till den nya Stockholmsförorten Farsta. Verket står ännu kvar och dokumenterades 2005–2006 av Tekniska museet, Stockholms länsmuseum och Länsstyrelsen i Stockholms län. Ska kärnkraftverket rivas eller kanske bli museum? Kan kärnkraft vara kulturarv?



En kock mäter radioaktivitet efter Fukushimakatastrofen i Japan 2011.

des över Hiroshima och Nagasaki den 6 respektive 9 augusti 1945. 200 000 människor dog och strålskadorna drabbade flera generationer.

Den strikta hållning USA haft mot spridning av information kring atomkraften ändrades radikalt 1953. President Dwight D. Eisenhower erbjöd då i ett tal i FN:s generalförsamling andra länder såväl teknisk information som tillgång till uran. Villkoret var att atomkraften skulle användas i fredligt syfte och att USA skulle ha rätt att följa upp hur uranet och informationen användes. Denna strategi kallades *Atoms for Peace* och förändrade förutsättningarna för forskning och utveckling inom atomområdet. FN skapade 1957 ett organ för atomenergikontroll, International Atomic Energy Agency (IAEA). Med dessa aktioner fick den civila atomkraftsindustrin sitt definitiva genombrott.

Hur kunde Japan som så påtagligt drabbats av kärnkraftens baksidor ändå satsa på denna energikälla för elenergiproduktion och till och med bli en av världens största kärnkraftsproducenter? Japan saknar naturtillgångar i form av vattendrag och skog, sådant som är viktigt för att bygga upp ett industrialiserat välfärdssamhälle. Trots det faktum att Japan ligger i ett jordbävningsområde beslöt den japanska regeringen redan 1954 att starta ett atomenergiprogram inriktat på enbart fredlig användning av atomkraften. Idag finns 18 anläggningar med sammanlagt 54 reaktorer. Så sent som 2010 fanns långt framskridna planer på att bygga 14 nya kärnkraftverk fram till 2030. Enligt den japanske premiärministern planerar Japan efter Fukushimakatastrofen för en kärnkraftsfri framtid och av landets 54 reaktorer är endast 19 i drift efter Fukushimakatastrofen.

KRITISK OPINION

I Sverige och i flera andra länder hade en kärnkraftskritisk opinion växt fram under 1970-talet, efter bland annat en olycka vid kärnkraftverket Three Mile Island, nära Harrisburg i USA. Vid samma tid byggdes den svenska kärnkraften ut på allvar med kärnkraftverken Oskarshamn, Ringhals, Barsebäck och Forsmark.

I Sverige hölls 1980 en folkomröstning om kärnkraftens framtid. Följden blev att riksdagen beslöt att inga nya kraftverk skulle byggas och att kärnkraften skulle avvecklas. Tidpunkten för avvecklingen skulle fattas när frågan om slutförvar av avfallet var löst, vilket inte skedde förrän 2009, då SKB (Svensk Kärnbränslehantering) förordade Forsmark i Uppland som platsen för slutförvaret av kärnavfallet. Slutförvarsmetoden kallas KBS-3 (kärnbränslesäkerhet med 3 säkerhetsbarriärer), och är en svenskutvecklad djupförvaringsmetod. Men då var regeringen beredd att ompröva beslutet om kärnkraftverk, vilket skedde genom riksdagsbeslut 17 juni 2010.

Sedan 1950-talet har risken för kärnvapenkrig debatterats. År 1968 tecknades ett icke-spridningsavtal där de flesta kärnkraftsproducerande länder förband sig att förhindra vidare spridning av kärnvapen. Enligt IAEA utgör dock naturkatastrofer ett allt större hot. År 2008 startades därför International Seismic Safety Center inom IAEA, som arbetar för att just kartlägga och minska riskerna med framförallt jordbävningars påverkan på kärnkraftsanläggningar. Oavsett hur kärnkraften kommer att användas och utvecklas i framtiden kommer sannolikt minnet av händelserna i Fukushima att vara närvarande för lång tid framöver.


Electrolux
M
S
15
10
B
A
C
D