

Ett händelserikt kärnkraftsår avslutades med att Ignalina 2 stängdes för gott i december 2009. Ytterligare två reaktorer stängdes ut tidigare under året, båda dessa i Japan. Två nya reaktorer kopplades in på nätet, den ena i Japan och den andra i Indien, men totalt minskade alltså antalet reaktorer i världen under 2009. Dock är det kanske mer intressant att titta på antalet reaktorer som började byggas. Kina visar att man menar allvar med kärnkraftsexpansionen och inledde inte mindre än nio byggen under året. I det här numret ger vi läsaren en snabb överblick i form av ett Kinaspecial. Även i Ryssland och i Sydkorea inleddes byggen under fjolåret. Mobiliseringen inför framtida projekt fortsätter också på många håll.

I USA väntas statliga lånegarantier ge en skjuts åt kärnkraftsbyggnaden. Vi tar en närmre titt, både på lånegarantiprogrammet och på det första projektet som beviljats garantier.

Som vanligt följer vi utvecklingen i Europa och kan konstatera att både Slovakien och Ungern gör sig redo att beställa nya reaktorer. Vi vänder även blicken mot Asien där det händer en hel del, inte bara i Kina. Förenade Arabemiraten har bestämt sig för att bygga fyra sydkoreanska APR1400 och Kazakstan är numera världens största uranproducent.

Det här numret avslutas med en fördjupning om snabbreaktorer där vi följer den historiska utvecklingen och även tittar på två nya koncept. Ett av dem är "Travelling Wave Reactor" som fått draghjälp av Bill Gates och syns en del i media.

Den 21 januari anordnade Elforsk seminariet "Ersätta och bygga nya reaktorer" som samlade 170 deltagare, både personer från branschen och andra intresserade. Seminariet utgick från signalerna från Regeringen om att de svenska reaktorerna skall tillåtas att ersättas med nya. Diskussionerna kretsade kring vad som krävs för att det skall vara möjligt att bygga nya svenska reaktorer, såväl som kring lärdomarna från Finland. För den intresserade finns presentationerna ifrån seminariet på Elforsks hemsida under Kärnkraft – Omvärldsbevakning, länk: www.elforsk.se/karnkraft/karn_omvarld.html. Där finns också äldre upplagor av detta nyhetsbrev.

Trevlig läsning!

Redaktionen genom Anna-Maria Wiberg, Vattenfall Research and Development



President Barack Obama. Foto: New York Media LLC

LÅNEGARANTIER GER NY ENERGI TILL AMERIKANSK KÄRNKRAFT

Den 16:e februari meddelade president Barack Obama att amerikanska energidepartementet kommer att erbjuda en lånegaranti om 8,33 miljarder dollar för uppförandet av reaktorerna Vogtle 3 och Vogtle 4 i Burke, Georgia. Det innebär att två AP1000 med 1100 MW elektrisk effekt kommer att byggas. Det blir de första nya amerikanska reaktorerna på närmare 30 år.

VOGTLE-PROJEKTET

Kostnaden för Vogtle 3 och 4 väntas bli 14 miljarder dollar. Bakom projektet står följande aktörer:

- Georgia Power (dotterbolag till Southern Company). Andel: 45,7 %. Lånegaranti: 3,46 miljarder dollar.
- Oglethorpe Power. Andel: 30 %. Lånegaranti: 3,07 miljarder dollar.
- MEAG (Municipal Electric Authority of Georgia). Andel: 22,7 %. Lånegaranti: 1,8 miljarder dollar.
- Staden Dalton. Andel: 1,6 %. Ansökte inte om lånegaranti.

Aktörerna har 90 dagar på sig att acceptera villkoren för garantin. Man måste också komma överens med departementet om nivån på den garantiavgift som skall betalas till staten som

kompenstation för risken. Parterna vill inte avslöja hur diskussionerna går men det är rimligt att tro att avgiften kommer att landa på mellan en halv och några procent av garantins storlek. Om aktörerna accepterar villkoren så kommer departementet att ställa ut garantin när Nuclear Regulatory Commission (NRC) utfärdar en kombinerad konstruktions- och driftslicens för projektet. Licensen väntas under andra halvan av 2011 och lånegarantin kommer då att gälla i 30 år.

Vogtle 3 beräknas stå klar 2016 och Vogtle 4 nästföljande år. Jeffrey Gasser för Southern Company har sagt att beslutet att bygga reaktorerna fattades innan lånegarantiprogrammet var klart och att garantierna inte är avgörande för projektet. En annan utmaning är det stora behovet av ar-

forts.→

forts.→

betskraft. Projektet väntas sysselsätta som mest 3500 personer och ge 800 nya, permanenta jobb när båda reaktorerna står klara. Gasser uppger att man exempelvis söker folk bland dem som lämnar militären.

LÅNEGARANTIPROGRAMMET

En statlig lånegaranti innebär att staten återbetalar lånet om låntagaren är oförmögen att göra det. Det gör att risken för långivarna minskar och att kostnaderna för lånet blir lägre. Det amerikanska lånegarantiprogrammet spänner över kärnkraft så väl som andra energislag och administreras av energidepartementet, Department of Energy (DOE). Garantier kan ges till projekt som undviker eller minskar utsläppen av luftföroreningar eller växthusgaser och tillämpar ny eller förbättrad teknik. Programmet är ett sätt för amerikanska regeringen att i ett tidigt skede stötta kommersiell användning av innovativ teknik med god miljöprestanda. Lånegarantier ges däremot inte till forskningsprojekt eller demonstrationsanläggningar. Sedan programmet upprättades 2005 har totalt sex projekt beviljats garantier, bland dem märks solcells- och vindkraftsprojekt. Bygandet av Vogtle 3 och 4 blir det första kärnkraftsprojektet som erbjuds garantier. Departementet menar att

projektet kvalificerar sig för lånegarantier i och med att kärnkraft bidrar till minskade utsläpp och AP1000 använder ny teknik som exempelvis kommer att förbättra säkerheten. Obama sa vid presskonferensen den 16:e februari att en utbyggnad av kärnkraften krävs för att möta ett växande energibehov och minska effekterna av klimatförändringarna. Han sa även att fossila energikällor kommer att vara billigare än kärnkraft så länge koldioxidutsläpp inte beläggs med en avgift. Därför krävs det statliga incitament för att göra energikällor med låga utsläpp av växthusgaser lönsamma.

Lånegarantier har nämnts frekvent i svensk media det senaste året då SAAB och Volvo PV beviljats statliga garantier för lån ifrån Europeiska Investeringsbanken. En viktig skillnad i det amerikanska lånegarantiprogrammet är att lånen i sig kan tillhandahållas av statliga Federal Financing Bank, vilket väntas bli fallet för Vogtle-projektet.

YTTERLIGARE GARANTIER

Vogtle-reaktorerna är inte det enda kärnkraftsprojektet som är aktuellt för lånegarantier. Energidepartementet har valt ut ytterligare tre finalister: South Carolina Electric & Gas som planerar två AP1000-reaktorer

vid Summerverket nära Jenkinsville i South Carolina, NRG Energy för två ABWR-reaktorer från Toshiba inom South Texas-projektet vid Bay City i Texas och slutligen bygget av en US-EPR vid Calvert Cliffs i Maryland. Ansvariga för det sistnämnda projektet är UniStar Nuclear Energy, ett samarbetsbolag mellan Constellation Energy och franska EDF. Medan Southern Company menar att statliga lånegarantier inte är avgörande för bygget av Vogtle 3 och 4 så klargör UniStars vd Michael Wallace att statliga garantier kommer att vara av stor betydelse för bygget av deras reaktor.

I nuläget är totalt 18,5 miljarder dollar reserverade för kärnkraftsprojekt inom lånegarantiprogrammet. Av dessa har Vogtle-projektet alltså erbjudits 8,33 miljarder. Obama har meddelat att han kommer att föreslå att ytterligare 36 miljarder dollar öronmärks för kärnkraftsprojekt i 2011 års budget, vilket skulle resultera i totalt 54,5 miljarder dollar. Förhoppningen är att man ska lyckas uppföra ett antal nya reaktortyper och skapa erfarenhet kring exempelvis licensiering. Man hoppas att detta i sin tur ska leda till att processerna vid framtida byggen ska gå snabbare och att banker ska våga låna ut pengar utan statliga garantier. ■

YUCCA MOUNTAIN UTE UR BILDEN

President Obama har uttalat att "Yucca Mountain inte längre är ett alternativ". Yucca Mountain har sedan 1987 varit utpekad som den plats där avfallet från den civila amerikanska kärnkraften och från de militära programmen slutligt skulle förvaras. De första studierna vid berget i södra Nevada gjordes redan 1978 men projektet har kantats av svårigheter då motståndet har varit omfattande. I juni 2008 skickade dock energidepartementet, Department of Energy, in en ansökan till tillsynsmyndigheten National Regulatory Commission om att bygga ett slutförvar.

En av motståndarna till projektet, demokraten Harry Reid som är senator för staten Nevada, är också majoritetsledare i Senaten. Han har haft stor inverkan på beslutet att lägga ner projektet. Det drygt trettio år långa projektet har kostat den amerikanska staten runt 10 miljarder dollar.

Vad som nu ska hända med det använda bränslet är ännu inte uttalat. Obama uppdrog den 29 januari åt sin energiminister att tillsätta en expertpanel med uppgift att utreda hur det använda bränslet skall hanteras. Panelen ska avge en preliminär rapport efter 18 månader och en slutrapport inom två år.

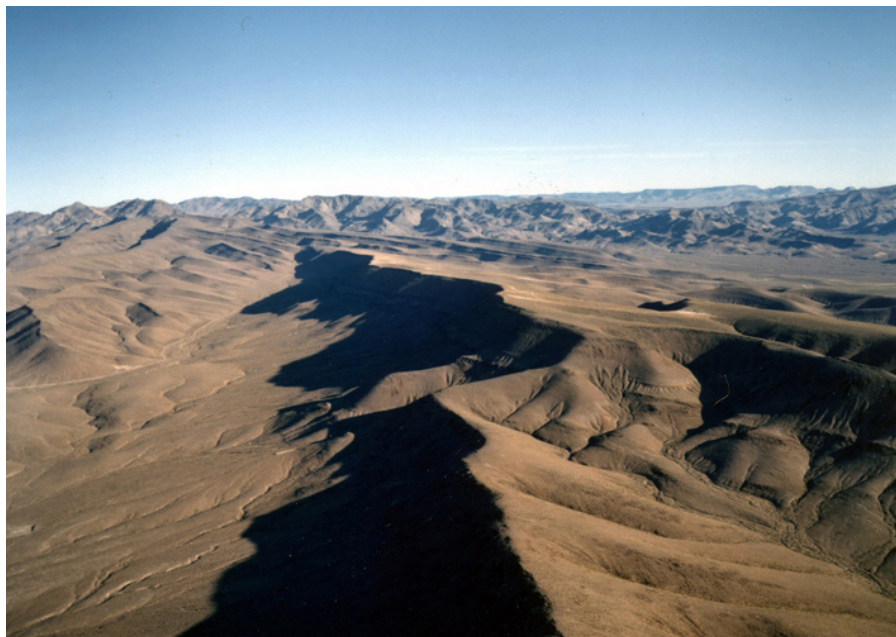
Den amerikanska diskussionen ser ut att vridas mot en lösning med flera olika slutförvar. Till exempel kan man tänka sig att det amerikanska bränslet som redan förglasats kan komma att

förvaras i saltformationer, vilket skulle göra det mycket svårt att ta upp bränslet. I motsats till det kan lättvattenreaktorbränsle som inte upparbetats komma att förvaras i torra övervakade mellanlager i över hundra år för att hålla alternativen öppna för eventuell framtida användning. I USA är staten genom energidepartementet ansvarig för det använda bränslet. Då Yucca Mountain inte öppnat som utlovat har man i årtal betalat ut ersättning till kraftbolagen för att de inte kunnat bli av med sitt använda bränsle utan tvingas fortsätta mellanlagra det vid kärnkraftverken. De nya budskapen från departementet karaktäriseras av att det inte är särskilt bråttom att göra något. Mellanlagren kan utnyttjas i många årtionden till innan man faktiskt tvingas till åtgärder. Den tiden skall användas till att utvärdera

forts.→

forts.→

frågan. Man uttrycker att bränslet mycket väl kan komma att återanvändas i snabbreaktorer. Flera amerikanska aktörer vänder blickarna mot Sverige som allmänt anses ha hanterat särskilt kommunikationen kring slutförvarsprojektet på ett bättre sätt än vad man gjort i USA. Till exempel var SKB:s vd Claes Thegerström i februari inbjuden till American Association for the Advancement of Science (AAAS) för att vid deras stora, årliga möte berätta om det svenska programmet. Thegerström tryckte på att SKB i sin kommunikation är tydliga med att avfallet kan vara farligt och att informationen gått ut på att förklara hur man avser hantera avfallet för att säkerställa att det inte skall utgöra någon risk för nuvarande eller framtida generationer. ■



Yucca Mountain, Nevada. Foto: The Environmental Literacy Council

DRAKEN HAR VAKNAT

Vi har i flera tidigare nummer av nyhetsbrevet rapporterat om utvecklingen i Kina, landet med de mest ambitiösa kärnkraftsplanerna i världen. Här ger vi en överblick över vad som har hänt hittills.



Kärnkraftverket vid Daya Bay. I bakgrunden syns även Ling Ao-verket. Foto: Alstom

Idag körs 11 reaktorer i Kina som alla ligger vid östkusten. Den totala installerade effekten, 9 GWe, motsvarar ungefär den svenska kärnkraftens storlek. Dock planerar man en ökning till hela 70 GWe år 2020. Denna siffra var tidigare 40 GWe men verkar alltså ha reviderats.

NYCKELAKTÖRER

Två viktiga kärnkraftsaktörer i Kina är de statliga bolagen China National Nuclear Corporation (CNNC) och China Guangdong Nuclear Power Holding Company (CGNPC). De är, själva eller genom sina dotterbolag, ansvariga för samtliga reaktorer som körs i landet idag och har även utbredd forskningsverksamhet. En annan viktig spelare är likaledes statliga China Power Investment Corporation (CPI) som har investerat i flera reaktorer

och också kommer att äga några av de första AP1000-reaktorerna i Kina. Dessa tre bolag har alla investerat i State Nuclear Power Technology Corporation Ltd. (SNPTC) som bildades 1994 och arbetar direkt under regeringen. SNPTC:s uppgift är att leda den tekniska utvecklingen av nya reaktorer i landet. Man sluter också avtal med utländska aktörer kring tekniköverföring inom de senaste reaktorsystemen, det som ofta kallas generation III.

VIKTIGA REAKTORTYPER

Fundamentet i den kinesiska kärnkraftsutvecklingen har varit att inrikta sig på tryckvattenreaktorer och att maximera tekniköverföringen från utländska leverantörer, med målet att i framtiden göra sig oberoende av

importerad teknik. De reaktorer som körs i Kina idag är alla tryckvattenreaktorer och de flesta bygger på fransk, rysk eller kanadensisk teknologi. Den första inhemska reaktorn, CNP-300, togs i bruk 1994 och är en liten reaktor med en effekt på 300 MWe. Den kinesiska reaktortypen som ser ut att få störst genomslag framöver är CPR-1000 med 1000 MW elektrisk effekt. Det är en reaktor som har utvecklats av CGNPC utifrån franska förlagor. Förra sommaren färdigställdes den första inhemska tillverkade reaktortanken av den här storleken och levererades till verket i Ling Ao. Ingen CPR-1000 står ännu färdig men 15 stycken är under uppförande och lika många till är planerade. Areva äger fortfarande en del av tekniken i CPR-1000 vilket begränsar möjligheterna

forts.→

forts.→

för Kina att exportera reaktorn. Det skulle krävas ett godkännande ifrån Areva men då reaktorn konkurrerar med Arevas egen Atmea-1 är det osannolikt att ett sådant godkännande ges.

Under 2009 inleddes konstruktionen av de första generation III-reaktorerna i Kina. SNPTC ansvarade för upphandlingen av reaktorerna och valet föll på Westinghouses AP1000 och Arevas EPR. För tillfället byggs tre stycken AP1000-reaktorer, två vid Sanmen och en vid Haiyang. Bygget av en andra AP1000 vid Haiyang kommer att påbörjas senare i år. De första reaktorerna väntas stå klara 2013. Enligt avtalet kommer teknik och kunskap att överföras till kinesiska företag under bygget av de första fyra AP1000 vilket gör det möjligt för kineserna att bygga de följande reaktorerna på egen hand. Kina utvecklar även en större reaktor, CAP1400, i samarbete med Westinghouse. Den baseras på AP1000-teknologi och arbetet leds av SNPTC. Byggstarten för den första CAP1400 planeras till 2013.

En första EPR är under uppförande vid Taishan och ytterligen en kommer att börja byggas till sommaren. Dock är framtiden för EPR i Kina osäker. Det är troligt att den kinesiska regeringen kommer att välja att fokusera antingen på EPR eller AP1000 och för tillfället verkar det finnas ett större stöd för AP1000. Utöver reaktorerna i Taishan planeras i nuläget bara två ytterligare EPR, medan ett stort antal AP1000 ligger i startgroparna. CGNPC är ansvariga för verket i Taishan och vice vd Zhang Shanming har sagt att det är upp till regeringen om man ska bygga fler EPR i Kina eller inte.

I tabellen listas de reaktorer som nu är i drift eller under uppförande i Kina. Ytterligare ett stort antal kommer att börja byggas inom kort, merparten AP1000 eller CPR-1000. ■



Kärnkraftverk	Bolag	I drift		Pågående byggen	
		Reaktortyp	Kommersiell drift	Reaktortyp	Byggstart
Daya Bay	CGNPC	2 st franska PWR (900 MWe)	1994		
Qinshan	CNNC	1 st CNP-300 2 st CNP-600 2 st CANDU 6	1994 2002/2004 2002/2003	2 st CNP-600	2006/2007
Ling Ao	CGNPC	2 st franska PWR (900 MWe)	2002/2003	2 st CPR-1000	2005/2006
Tianwan	CNNC	2 st VVER	2007		
Hongyanhe	CGNPC			4 st CPR-1000	2007/2008/ 2009
Ningde	CGNPC			3 st CPR-1000	2008/2010
Fuqing	CNNC			2 st CPR-1000	2008/2009
Yangjiang	CGNPC			2 st CPR-1000	2008/2009
Fangjiashan	CNNC			2 st CPR-1000	2008/2009
Sanmen	CNNC			2 st AP1000	2009
Haiyang	CPI			1 st AP1000	2009
Taishan	CGNPC			1 st EPR	2009
Summa		11 st		21 st	

EUROPA

LITAUEN

Ignalina 2 stängde för gott den 31 december 2009. Därmed producerar Litauen inte längre någon kärnkraftsel. Tidigare hade Litauen den högsta andelen kärnkraft i elproduktionen av alla länder. De två RBMK-reaktorerna (Tjernobylytyp) var med sina 1380 MWe (netto till nätet) världens största reaktorer. Effekten sänktes dock senare till 1185 MWe netto. Efter stängningen av Ignalina 2 räknar Litauen med att tvingas importera ungefär hälften av den el som konsumeras.

SLOVAKIEN

Det statliga slovakiska kärnkraftsbolaget Javys bildade i maj 2009 ett konsortium med tjeckiska CEZ för att bygga ytterligare en reaktor vid Bohunice. Samarbetet godkändes i november av den Europeiska kommissionen som tittat närmare på konkurrensaspekterna. Planeringen för den nya reaktorn kan nu sätta fart på allvar. Bygget planeras komma igång under 2013 för att avslutas 2020. Trots att Slovakien sedan tidigare enbart har ryska reaktorer – två i drift vid Bohunice och två i drift vid Mochovce, samt två stängda vid Bohunice – kommer man sannolikt att vara mer intresserad av en västerländsk reaktor den här gången.

Bygget av en tredje och en fjärde reaktor vid Mochovce inleddes 1985 respektive 1987. Byggena avstannade, men har under 2009 officiellt återupptagits. Båda reaktorerna är små ryska tryckreaktorer med en planerad elektrisk effekt om 405 MW.

TJECKIEN

I Tjeckien samtalar CEZ med tre aktörer om bygget av Temelin 3 och 4. Ett tjeckiskt-ryskt konsortium deltar, lett av Skoda, dessutom pratar man med Westinghouse och Areva. Anbudet förväntas under våren 2011 och CEZ kommer troligtvis att fatta sitt beslut tidigt 2012.

UNGERN

I Ungern fortskrider förberedelserna för två nya reaktorer vid Paks. Sedan tidigare finns där två mindre, ryska tryckreaktorer, VVER-440. Man tit-

tar på fyra reaktoralternativ för de två nya blocken; EPR, Atmea-1, AP1000 och 1200 MWe-varianten av VVER. Den ryska reaktorn har fördelen att man är van vid den i och med de två befintliga blocken. AP1000 anses vara lagom stor för att passa Ungern, EPR är förmodligen något för stor och Atmea-1 har nackdelen att den än så länge aldrig har byggts. Anbudsförandet kommer att inledas i början av 2011 och valet av reaktor kommer att göras i april 2012. Om tidsschemat håller skall Paks-3 stå klar 2020 och Paks-4 tidigast 2025.

Finansieringen av de två nya reaktorerna är delvis tänkt att komma från externa investerare även om det ungerska statliga kraftbolaget MVM räknar med att äga de nya blocken till tre fjärdedelar. Diskussioner pågår med flera stora europeiska kraftbolag, däribland franska EdF, tyska E.ON och RWE, men även med finska Fortum. Man diskuterar också partnerskap med den ryska leverantören Atomstroyexport.

BULGARIEN

Förberedelserna för att uppföra två reaktorer vid Belene i Bulgarien kan fortsätta ytterligare några månader efter att ett avtal undertecknats mellan Bulgariens statliga kraftbolag NEK och ryska Atomstroyexport. Man har enats om att driva arbetet så långt att det finns ett underlag för tillståndsprocessen.

Projektet har haft svåra problem med att hitta finansiering. Situationen förvärrades avsevärt i slutet av oktober förra året då tyska RWE, som skulle ha stått för 49 % av finansieringen drog sig ur. För närvarande finns ett erbjudande från ryska Rosatom om att låna ut två miljarder euro till projektet mot en ägarandel om 30-35 %.

Projektet drogs igång av kommunistregimen under 80-talet och bygget av de två ryska VVER-1000-reaktorerna inleddes i januari respektive mars 1987. Byggena avbröts när kommunismen föll, men projektet återupptogs 2002 efter att Bulgarien avtalat om att stänga fyra VVER-440 i Kozloduy, vilket var ett villkor för landets EU-medlemskap. ■

ASIEN

KAZAKSTAN

Uranbrytningen i Kazakstan har ökat kraftigt de senaste åren. Man har nu passerat Kanada och Australien och intagit platsen som världens ledande uranproducent. Kazakstans produktion har stigit från knappa 3000 ton år 2002 till 13900 ton 2009, vilket motsvarade ungefär 30 % av världens totala produktion under fjolåret. Man har dessutom storslagna planer för framtiden och siktar på att producera 18000 ton under 2010 och 30000 ton år 2018. Efter några svaga år har brytningen i Kanada återigen ökat i de största gruvorna. Produktionen summerades till 10200 ton för 2009 men man får alltså ändå se sig slagna av Kazakstan. Australien producerade ungefär 8000 ton uran under förra året.

I Kazakstan bryts det mesta uranet genom så kallad in situ-lakning, medan brytningen i de flesta andra länder allt som oftast sker på konventionellt vis i underjordsgruvor eller dagbrott. In situ-lakning innebär att en syralösning pumpas genom berget varvid uranet löses upp. Lösningen pumpas sedan upp till markytan där uranet tas tillvara.

Uranet i våra svenska reaktorer bryts på olika platser runt om i världen. För Forsmarks och Ringhals räknar man köper Vattenfall Nuclear Fuel AB uran ifrån gruvor i Namibia och Australien. Man kompletterar detta med inköp från Ryssland. Ryssarna tar tillvara på resturan från anrikningsprocessen som sedan återanrikas och säljs. Oskarshamn köper sitt uran främst ifrån gruvor i Kanada.

JORDANIEN

Jordanien har beställt en forskningsreaktor med 5 MW termisk effekt. Reaktorn kommer att levereras av de sydkoreanska företagen Kaeri och Daewoo, och kontraktet är värt 173 miljoner dollar.

Areva har slutit ett avtal med Jordanien om att under 25 års tid bryta uran i landet. Man hoppas kunna bryta totalt upp till 130 000 ton. Jordanien bedriver för närvarande en förstudie för att utreda förutsättningarna för att bygga upp till sex reaktorer i närheten av Aqaba vid Röda

forts.➔

forts.→

havet. Areva har uttryckt intresse av att sälja sin Atmea-1 till Jordanien.

ISRAEL

Israel har vid flera tillfällen den senaste tiden uttalat att man är intresserade av att bygga kärnkraft. Nu senast var det infrastrukturminister Uzi Landau som uttalade sig. Dels har man uttryckt intresse att delta i det jordanska projektet. Dock saknas idag elnätssamband från Israel till grannländerna. Vidare har Jordanien låtit förstå att man vill se att fredsprocessen i mellanöstern tar fart innan man går in i den här typen av samarbeten med Israel. Israel har sedan länge en utpekad plats i Negevöknen, Shivta, där man tänker sig ett israeliskt kärnkraftverk. Israel är ett av tre länder som aldrig undertecknat Ickespridningsavtalet och därmed inte tillåts köpa kärnteknik. De andra två är Pakistan och Indien. Trots detta har Israel tidigare försökt köpa både franska och ryska reaktorer.

FÖRENADE ARABEMIRATEN

Vi har tidigare rapporterat om den pågående anbudsprocessen i Abu Dhabi. Den 29 december meddelades att man kommer att bygga fyra sydkoreanska APR1400. Reaktorerna kommer att uppföras av Korea Electric Power Company (KEPCO). Korea Hydro and Nuclear Power (KHNP) kommer att bistå Abu Dhabi med driften. Kontraktet är värt 20,4 miljarder dollar men det är inte helt känt vad som inkluderats i den siffran.

APR1400 är utvecklad i Sydkorea och består nästan helt av sydkoreanska komponenter. Till reaktorerna i Abu Dhabi kommer dock Westinghouse att leverera styr- och reglersystemen, samt instrumenteringen. APR-serien har utvecklats i Sydkorea utgående från System 80+. Den reaktor utvecklades från början av Combustion Engineering som köptes upp av ABB 1990. ABB sålde sedermera sin kärnkraftsverksamhet till Westinghouse som idag således är ägare till System 80+.

Åsikterna om vad som gjorde att koreanerna vann upphandlingen går isär. Det ryktas dock om att det koreanska budet var betydligt lägre än både det franska och det amerikanska. Arevas chef Anne Lauvergeon har uttalat att koreanerna har lagt ett underbud för att få en första exportor-

der. En del menar också att Förenade Arabemiraten som har goda relationer med både Frankrike och USA inte ville stöta sig med endera parten genom att välja den andres reaktor och att det skulle ha varit en bidragande orsak till att man valde APR-1400. Koreanerna själva säger att det var de goda exemplen man har från byggen i Sydkorea som övertygade Abu Dhabi.

IRAN

Bushehr som varit under byggnation sedan 1975, och som flera gånger hamnat i centrum av den internationella storpolitiken, ser ut att snart vara färdig. Tester pågår och man räknar med att få igång reaktorn i slutet av mars. Bland annat täthetstestades reaktorns sekundärsystem under januari.

INDIEN

Rajastan 6 startade den 23 januari. Reaktor som är Indiens nittonde är en inhemsk, indisk tungvattenmodererad tryckreaktor om 220 MWe. Däremot är den indiska snabbreaktorprototypen PFBR försenad (Kärnkraft i vår omvärld #1). Den skulle enligt ursprungsplanen ha stått klar i september i år. Projektledaren Prabhat Kumar uppger i ett email att reaktor beräknas nå kritikalitet i september 2011, det vill säga ett år sent. Kumar menar att det är för att försäkra sig om kvaliteten i bygget som man valt att ta mer tid på sig. Andra källor preciserar att förseningen framförallt beror på att tillverkningen av komponenter, som i många fall görs för första gången i Indien, tagit längre tid än beräknat. Kumar vill inte spekulera i vad förseningen kommer att kosta, men försäkrar att finansieringen av projektet inte är något problem även om kostnaderna ökar.

SYDKOREA

Sydkoreanerna har stora planer på att exportera reaktorer, inledningsvis fler APR1400. Till 2012 siktar man på tolv, och till 2030 80 exportordrar. Man bedömer att detta skulle utgöra runt en femtedel av marknaden.

I en uppgörelse med den egyptiska regeringen har Sydkorea accepterat att utbilda egyptiska kärnkraftingenjörer. Det rör sig om tre till fem år långa utbildningar, vilka är ett led i Egyptens ambitioner att bli ett kärnkraftsland. ■

LEVERANTÖRS- NYHETER

TUNGA KOMPONENTER

Ett stålverk i Indien kommer att byggas ut för att kunna hantera 600-tonssmidan. Produktionen av de här komponenterna, som är nödvändiga för att tillverka de största reaktorkärnen, har länge ansetts vara en av de viktiga flaskhalsarna för en massiv kärnkraftsutbyggnad. Vi har tidigare (Kärnkraft i vår omvärld #3) rapporterat om att Larsen & Toubro planerat för att bygga upp kapacitet i Indien. Nu har man slutit ett samarbetsavtal med Nuclear Power Corporation of India om projektet. Produktionen beräknas kunna komma igång redan inom några år.

PBMR

Den artonde februari meddelade sydafrikanska PBMR i ett pressmeddelande att man "överväger att genomföra en omstrukturering av företaget". I och med omstruktureringen skulle personalen minska med 75 % eller 800 personer. Bakgrunden är de ekonomiska svårigheter som företaget befinner sig i. Man säger också att företagets nära framtid är beroende av de diskussioner med investerare som pågår. Den nionde mars meddelade man också att företagets vd, Jaco Kriek, lämnar sin post. Kriek tillträdde posten som vd för sex år sedan då det ännu var en liten organisation inriktad på forskning.

PBMR, som är ett dotterbolag till det sydafrikanska kraftbolaget ESKOM, har utvecklat en grafitmodererad kulbäddsreaktor. Reaktor var tänkt att passa i små elnät där stora produktionsenheter fungerar dåligt. Den var också tänkt att kunna producera vätgas samt att förse industriella processer med högttemperaturånga. ■

NYA OCH NYGAMLA SNABBREAKTORER

Kärnkraften i den form vi känner den idag kan långsiktigt bara lösa mänsklighetens energiförsörjning till en liten del. Dagens lättvattenreaktorer utnyttjar endast en bråkdel av uranbränslet, medan lejonparten finns kvar i det använda bränslet. Idag ger kärnkraften ett relativt blygsamt bidrag till den totala energiförsörjningen som globalt helt domineras av fossila bränslen. Uranförsörjningen är därmed inte ett problem i nuläget men en kraftig expansion av kärnkraftsproduktionen skulle kräva att uranet användes effektivare.

BRIDNING

Möjligheten att konstruera bridreaktorer och därigenom en gång för alla undanröja oron för urantillgångarna har alltid varit det långsiktiga målet för kärnkraftsforskningen. I en bridreaktor produceras mer klyvbart material än vad som konsumeras. Processen består i att icke-klyvbara atomkärnor omvandlas till klyvbara genom neutroninfångning. Till exempel kan den icke-klyvbara isotopen uran-238 omvandlas till klyvbart plutonium-239.

Utvecklingen av de ”snabba reaktorer” som skulle kunna åstadkomma denna bridning inleddes tidigt och löpte parallellt med utvecklingen av lättvattenreaktorerna i många länder. I en snabbreaktor utnyttjar man högenergetiska neutroner för att åstadkomma en tillräckligt god neutronekonomi för att uppnå bridning. Vid varje klyvning frigörs i genomsnitt fler neutroner än i en lättvattenreaktor, särskilt gäller detta vid klyvning av plutonium. De extra neutronerna som inte behövs för att hålla kedjereaktionen vid liv används för att bygga upp nytt plutonium från uran-238. Om man lyckas bygga upp mer plutonium än vad som förbrukas har man uppnått bridning. En förutsättning för att åstadkomma detta är att man undviker modererande material i reaktorn. Vatten är således uteslutet som kylmedel. De kylmedel som står till buds är istället flytande metaller (kviksilver, natrium eller bly) eller gaser (helium eller koldioxid), alla med sina för- respektive nackdelar.

TIDIGARE SNABBREAKTORER

Sedan femtiotalet har en lång rad snabbreaktorkonstruktioner utarbetats och ett tjugotal har också byggts

och drivits. Två av dessa reaktorer använde kvicksilver som kylmedel, resten har varit natriumkylda. Det finns också exempel på några ryska militära reaktorer för ubåtsdrift som varit blykylda. Snabbreaktorutvecklingen i västvärlden tappade tempo under 1980-talet i samband med att utbyggnaden av lättvattenreaktorer avstannade. Fram till dess hade det sett ut som att ett mycket stort antal lättvattenreaktorer skulle komma att byggas och att snabbreaktorerna skulle behövas ganska snart. Men, den avstannade utbyggnaden av den konventionella kärnkraften

”Travelling wave reactor” är i allt väsentligt en natriumkyld snabbreaktor. Den stora skillnaden mot de snabbreaktorer som byggts runt om i världen är att man i detta koncept inte byter bränsle. Bridning av nytt fissilt material sker i härden under drift. Svårigheterna med en sådan ansats är att strålskadorna i reaktormaterialen blir avsevärda. Man behöver också ett expansionsutrymme i varje enskild bränslestav för att härbärgera de gaser som bildas.

- A. Kylmedelpumpar.
- B. Expansionsutrymme för fissionsgaser i vardera bränslestav.
- C. Bränsle (grönt illustrerar det oanvända bränslet och svart det använda).
- D. Fissionsvåg (röd).
- E. Bridningsvåg (gul).
- F. Flytande natrium (täcker i verkligheten hela härden, här avskalat för att visa bränslet).

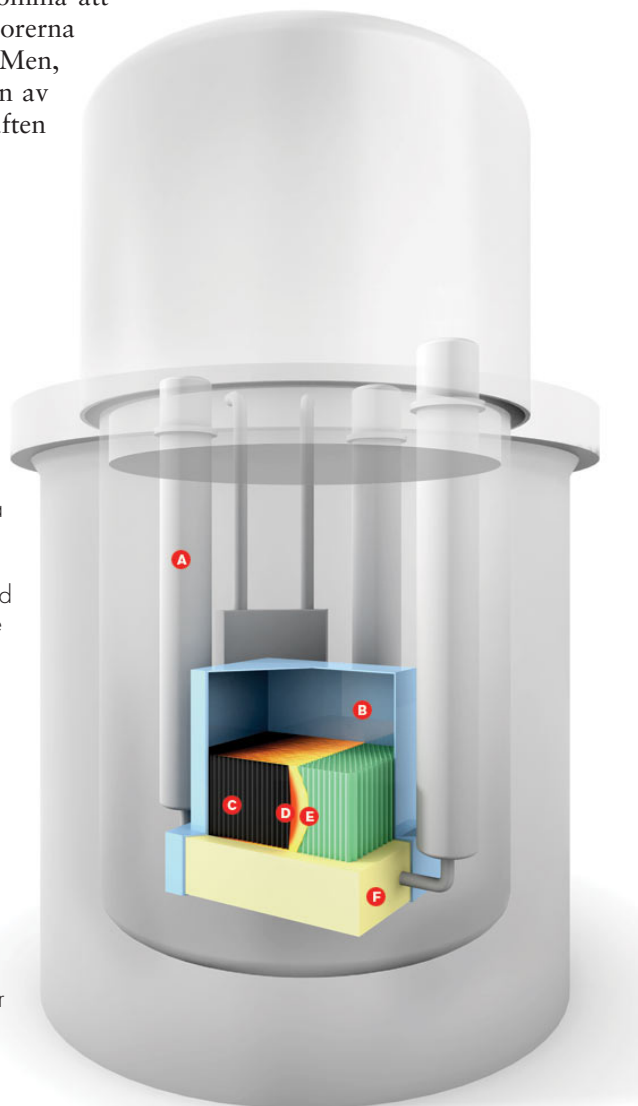
Bild: Technology Review

gjorde att trycket på urantillgångarna uteblev och att snabbreaktorprogrammen framstod som mindre akuta att genomföra.

I öst fortsatte dock utvecklingen. Det japanska och det indiska arbetet på snabbreaktorer har i princip aldrig stannat av (se även notisen om Indien). Det ryska arbetet, som i princip stått stilla sedan Sovjetunionens fall, har åter tagit fart. I Kina har snabbreaktorutvecklingen de senaste åren mognat i och med bygget av en forskningsreaktor och beslutet att importera en rysk natriumkyld fullskalareaktor.

I väst har det franska programmet tagit ny fart och man har utannonserat att en prototypreaktor, Astrid, skall stå färdig under tidigare delen av 20-talet. Frankrike stängde så sent som förra året sin prototyp Phénix som varit i drift sedan 1973. Höjdpunkten i det franska programmet var

forts.→



forts. →

drifttagandet av fullskaleprototypen Superphénix (1200 MWe) 1986. Driften av Superphénix kantades dock av problem, praktiska så väl som ekonomiska och politiska, och reaktorn stängdes för gott redan 1996.

MORGONDAGENS SNABBREAKTORER

Den gemensamma nämnaren för de historiska snabbreaktorprogrammen är att man har satsat på natriumkylda reaktorer. I dag finns erfarenhet från över 300 års sammanlagd drift av de reaktorer som byggts. Alla de nu pågående nationella snabbreaktorprogrammen arbetar vidare på natriumtekniken. Idag finns snabbreaktorer i drift i Ryssland, Japan och Indien. I Kina, Indien och Ryssland pågår byggen och i Frankrike pågår planeringen för fullt.

Runt om i världen finns idag väldigt stora lager av så kallat utarmat uran. Det är väsentligen uran-238 som blivit över vid den isotopanrikning av uran-235 som krävs för produktionen av lättvattenreaktorbränsle. Det utarmade uranet utgör en utmärkt råvara för att producera snabbreaktorbränsle. Således innebär införandet av snabbreaktorer att behovet av att bryta mer naturligt uran minskar kraftigt för lång tid framöver. Till exempel skulle det utarmade uranet som finns lagrat i Frankrike kunna försörja en snabbreaktorpark av samma storlek som dagens franska lättvattenreaktorpark med bränsle i flera tusen år.

Den senaste tiden har två försök till kommersialisering av snabbreaktorteknik presenterats. I det ena fallet handlar det om en rysk blykyld reaktor, SVBR-100, där man planerar att utnyttja erfarenheterna från ubåtsreaktorerna för att konstruera en civil, kraftproducerande reaktor. Finesen med den här reaktorn är att den byggs liten, 100 MWe, med tanken att kunna användas på avlägsna platser eller i områden med svaga elnät. Strax innan årsskiftet upprättade ryska Rosatom och En+ samarbetsbolaget AKME Engineering. De kommer nu att utveckla en prototyp av reaktorn som planeras stå klar 2019.

Det andra initiativet marknadsförs av Bill Gates. "Travelling Wave Reactor" som konceptet kallas baseras på att plutonium bridas på plats i reaktorn. Reaktorn "tänds" i ena änden.

Neutronerna från kärnklyvningen bridar kontinuerligt nytt plutonium och bygger därigenom hela tiden upp nytt bränsle längre fram i reaktorn. Kärnreaktionen flyttar sig sedan sakta framåt varefter nytt bränsle byggs upp. Reaktorn är i grunden en natriumkyld snabbreaktor. Skillnaden mot de klassiska konstruktionerna är att man inte behöver separera bränslet kemiskt för att utvinna det plutonium som byggts upp. Man behöver heller inte byta bränsle i reaktorn. Det bränsle man sätter in från början räcker i 60 år. Det stora hindret för att bygga den här typen av reaktor är dock de stråldoser som materialerna utsätts för. För att reaktorn över huvud taget skall komma att fungera krävs stål som klarar mer än dubbelt så höga strålnivåer som dagens bästa stål. För optimal drift krävs ännu mycket bättre stål. Utvecklingen av stål för snabbreaktorer har länge varit en viktig del av snabbreaktorutvecklingen som sådan och fokus har hela tiden legat på att hitta mindre strålkänsliga stål. Därför verkar det osannolikt att man inom en nära framtid skulle göra så stora genombrott som det här reaktorkonceptet kräver. I den amerikanska politiska kontexten där man uteslutit uppärbetning av kärnbränsle är emellertid idén om att kunna använda samma bränsle i sextio år attraktiv.

Utvecklingen av snabbreaktorer idag liknar väsentligen den som bedrevs under 1960- och 70-talen. Den stora skillnad som faktiskt finns är att man idag inte bara är intresserad av att optimera urananvändningen, utan även tittar på kärnkraftens restprodukter. I en snabbreaktor har man möjligheten att klyva långlivade tunga ämnen, så kallade transuroner, som annars skulle göra avfallet starkt radioaktivt för lång tid framåt. Därigenom kan man kraftigt förkorta tidsskalan för kärnkraftens avfallsproblematik.

Dagens relativt modesta utbyggnadstakt av kärnkraft globalt, i kombination med de rikliga förekomsterna av lättillgängligt uran, föranleder inte något omedelbart behov av att sluta kärnbränslecykeln och ta snabbreaktorer i bruk. Men, om kärnkraften skall ha någon betydande roll för energiförsörjningen på lång sikt är snabbreaktorer helt avgörande. ■

REDAKTION

Anna-Maria Wiberg
Vattenfall Research & Development AB
162 87 Stockholm
anna-maria.wiberg@vattenfall.com
08-699 89 15

Daniel Westlén
Vattenfall Research & Development AB
162 87 Stockholm
daniel.westlen@vattenfall.com
08-739 53 96

KONTAKT:

Lars Wrangensten
Elforsk AB
Programområde El- och Värmeproduktion
101 53 Stockholm
08-677 26 77
lars.wrangensten@elforsk.se
www.elforsk.se

LAYOUT:

Mio Nylén, formiograf
mio@formiograf.se
www.formiograf.se
073-406 78 00

VATTENFALL 

e-on

Fortum

SKELLEFTÅ
Kraft 

 **ENERGI**
karlstadsenergi.se