

ENERGIUTSKOTT

VETENSKAPLIGA ARGUMENT I ENERGIDEBATTEN NO 2 • JUNI • 2006



Om kärnkraft

Intresset för kärnkraft ökar runt om i världen. En anledning är den kraftigt växande efterfrågan på el, som enligt prognoser kommer att ha fördubblats till år 2050 jämfört med dagens läge. Kärnkraftteknologin har förbättrats sedan den introducerades på bred front under 1970- och 1980-talen. Forskningen kring dagens och nästa generations teknologi sker numera ofta i internationellt samarbete.

KÄRNKRAFTEN UTVECKLADES under 1950-talet efter det att många länder utan inhemska olje-, gas- eller kolresurser hade erfarit svårigheter att få tillgång till energi under krigsåren. I Sverige, som inte hade några fossila fyndigheter men väl stora uranfyndigheter såg man en möjlighet att minska beroendet av importerad olja och kol och satsade på kärnkraft.

Den stora utbyggnaden av kärnkraften ägde rum mellan 1971 och 1987 då dess andel av den globala el-

produktionen steg från 2 till 16 %. Utbyggnaden i västvärlden stagnerade efter reaktorolyckorna vid Harrisburg 1979 och Tjernobyl 1986. Vissa länder, däribland Sverige, genomförde folkomröstningar som ledde till stopp för fortsatt utbyggnad. Utbyggnaden fortsatte emellertid i Sydostasien och som enda västland fortsatte Frankrike sin satsning på kärnkraft.

Kärnkraftens andel av olika länders elproduktion varierar. I Frankrike står kärnkraften i dag för nära

SAMMANFATTNING

- ✘ Världens efterfrågan på energi och el ökar kraftigt, mycket beroende på Kina och Indien.
- ✘ Fossila bränslens negativa miljöeffekter samt stigande energipriser gör kärnkraft till ett alternativ för allt fler länder.
- ✘ Målet för internationell forskning om nästa generations teknologi är att ny, säkrare och billigare kärnkraft ska introduceras på marknaden till 2030.
- ✘ KVA anser att det krävs ökade statliga satsningar på energiforskning och att kärnkraftområdet bör inkluderas i satsningarna.

80 % av elproduktionen och i Sverige för ca 50 %. Japan har 23 % kärnkraft i elproduktionen och USA 19 %. Men många länder, t.ex. Danmark och Norge har ingen kärnkraft alls.

MÅNGA LÄNDER SATSAR på ny kärnkraft. Det finns flera anledningar till detta. Elektricitet som energiform är en grundläggande förutsättning för att ett land ska kunna utvecklas till det vi idag ser som ett modernt samhälle. Fortfarande saknar dock en fjärdedel av jordens befolkning tillgång till el. Många snabbt växande ekonomier avser att bygga ut elproduktionen kraftigt för att fortsätta sin ekonomiska expansion och prognoser till år 2050 pekar på en fördubbling av

efterfrågan på energi, främst elektricitet. Två tredjedelar av elektriciteten i världen produceras för närvarande genom förbränning av fossila bränslen som bland annat ger ökade koldioxidutsläpp. Kärnkraft är då ett alternativ för kontinuerlig elproduktion. En annan anledning till intresset för ny kärnkraft är att reaktorer som tidigt togs i drift behöver ersättas inom en snar framtid. Även åldrande koleldade elproduktionsanläggningar behöver ersättas. Gas ansågs tidigare vara det givna alternativet, men har nu ökat i pris, vilket gör kärnkraften mer konkurrenskraftig. Samtidigt har ekonomin för kärnkraftsanläggningarna förbättrats genom att de kan vara i drift upp till 90 % per år och många uppgraderas med högre effekt. De uranexporterande länderna anses politiskt stabila, urantillgångarna beräknas räcka mycket länge och uranpriset är en liten del av priset för en producerad kilowattimme.

Idag byggs 27 nya kärnkraftreaktorer i världen utöver de 441 som redan finns i ett trettioalvtal länder. Globalt planeras våren 2006 för ytterligare 66 stycken och 113 är på förslag. Kina och Indien, som idag tillsammans har 25 reaktorer, bygger eller planerar 19 reaktorer och har förslag på ytterligare 43 stycken. USA, med drygt 100 reaktorer, förbereder en storskalig utbyggnad och dess regering underlättar företagets investeringsbeslut genom olika former av federala garantier, förenklad myndighetsprövning, ekonomiska satsningar på FoU och stöd till de första årens produktion. Byggstarten förväntas ske 2010, nästan 30 år efter att den senaste anläggningen i USA togs i drift.

HUR OCH VAR det utbrända kärnbränslet ska förvaras, varierar från land till land beroende på avfallets typ och lokala förhållanden. De flesta länder har färdiga system för förvaring av låg- och medelaktivt avfall; antingen lager på markytan eller på måttliga djup under markytan. Syftet med en ca 30 årig mellanlagring är att kyla bränslet och låta strålningen avta.

OM REAKTORTEKNOLOGIER

Det finns två olika teknologier med antingen öppen eller sluten bränslecykel. Lättvattenreaktorer med öppen bränslecykel är vanligast. Uranoxid används som bränsle, men det är endast den klyvbara isotopen uran-235 som är praktiskt användbar i energiproduktionen. Naturligt uran innehåller bara 0,7 % uran-235, (resten är icke-klyvbart uran-238) och halten måste ökas, anrikas, till minst 3 % för att en kedjereaktion ska kunna upprätthållas. Vanligt vatten används som kylmedel och neutronmoderator; vattnet bromsar de från reaktionerna producerade snabba neutronerna till "termiska" hastigheter så att de lättare klyver uranet. Det förbrukade bränslet består av 96 % uran, 2–3 % fissionsprodukter från det utbrända uran-235 och 1 % plutonium & andra aktinider. Allt behandlas som avfall och används inte till fortsatt energiproduktion, därav benämningen "öppen bränslecykel". Avfallet måste förvaras under lång tid (flera 100 000 år) medan radioaktiviteten avklingar. I Sverige ska detta göras i djupförvar i berggrunden.

I bl.a. Frankrike, utvecklas en annan typ av reaktorer – s.k. snabba bredreaktorer (bred, från engelskans breed = avla). Kylning sker med natrium som inte absorberar och bromsar neutroner nämnvärt i motsats till vatten; neutronerna förblir "snabba". Överskottet av neutroner absorberas i stället i uran-238, som därvid omvandlas till mer klyvbart plutonium-239 än vad som förbrukas i de energiproducerande klyvningarna. Det nyproducerade klyvbara plutonet inklusive övriga aktinider återanvänds i en "sluten bränslecykel" tills det är "förbrukat". Behovet av uran blir på så vis endast ca 1 % av det i en "öppen bränslecykel". Därmed minskas drastiskt också avfallsmängden, vars radioaktivitet avtar betydligt snabbare (ca 1 000 år) än vad som är fallet med avfall från öppna bränslecykler. Kärnkraft med bredteknologi blir i praktiken genom den ringa uranförbrukningen en uthållig energikälla. Det finns emellertid ännu potentiella problem med bredreaktorer. Ett är att en säker hantering av plutoniumcykeln krävs, ett annat är konstruktionen med natrium som kylmedel. Vid pumpbortfall krävs en tillförlitlig avstängning av reaktoreffekten för att förhindra natriumkokning och därmed en snabb effektökning, som kan leda till härdsmälta. Dessutom visar erfarenheter med prototypreaktorer på behov av förbättrade driftsegenskaper och lägre kostnad. Därför forskar man om säkrare och bättre design för bredreaktorer, också med andra flytande metaller eller gas som kylmedel.

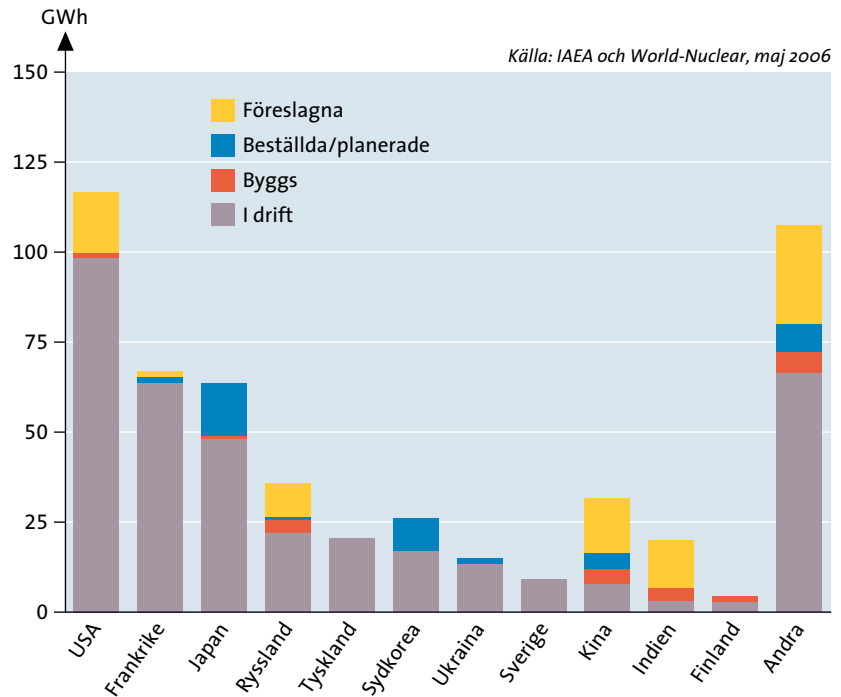
Systemen för slutförvaring är däremot fortfarande under utveckling men ett internationellt samförstånd finns kring att metoderna ska baseras på system med flera barriärer på stora djup i berggrunden. Som första land har Finland tagit beslut om var och hur slutförvaring ska ske; i ett djupförvar 500 meter ner i berggrunden och med samma teknologi som utvecklas för ett svenskt slutförvar.

I USA mellanlagras civilt och militärt avfall vid reaktorerna och sedan ska det direktdeponeras, dvs. placeras i slutförvar utan att bränslet har upparbetats. I Frankrike däremot mellanlagras först den största mängden högaktivt avfall i tre år innan det upparbetas. För att lösa avfallsfrågan på längre sikt studeras tre alternativ: långtidsmellanlagring i 300 år, transmutation och geologisk deponering.

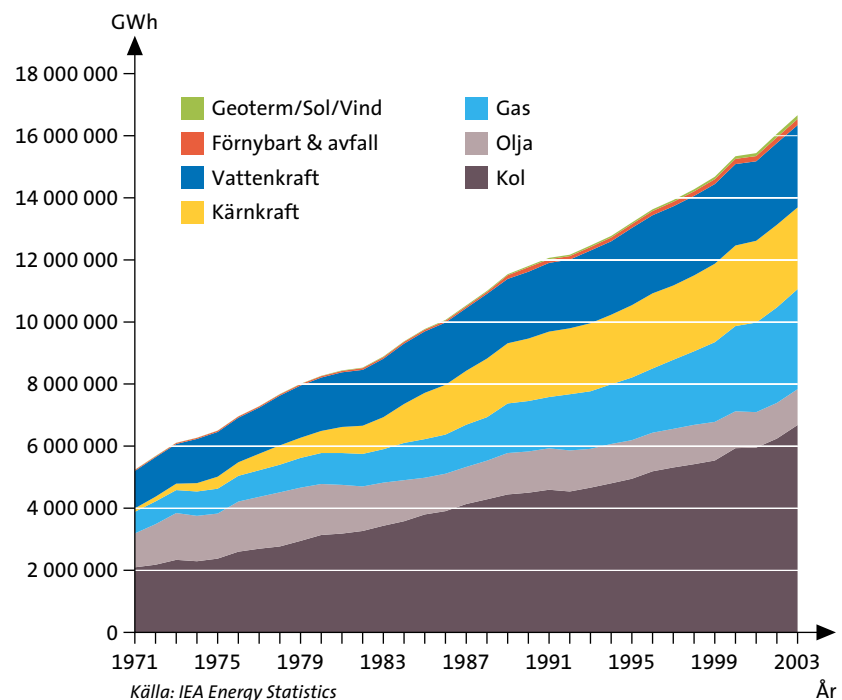
Andra alternativa metoder studeras runt om i världen, bland annat förvaring i borrhål på flera kilometers djup i berggrunden. Svårigheterna kring tekniken har gjort att inget land gått vidare med utveckling av denna metod.

NY REAKTORTEKNOLOGI – Generation III. Många av de nya anläggningarna kommer att tillhöra den så kallade tredje generationens kärnkraftverk som är förbättrade såväl säkerhetsmässigt som driftmässigt och bygger på erfarenheter från dagens lättvattenreaktorer. Reaktorinneslutningen är förstärkt med dubbla väggar och säkerhetssystemen är mindre beroende av operatörerna för att fungera. Generation III-teknologi installeras i Finlands femte kärnkraftverk som nu byggs. Teknologin är utvecklad utifrån en fransk tryckvattenreaktor, i drift sedan många år. Den uppges bland annat ha en ökad säkerhet med lägre risk för härdsmläta, bättre driftsäkerhet med högre effektivitet och högre tillgänglighet samt förbättrad driftsekonomi jämfört med dagens reaktorer.

NY FORSKNING – Generation IV. För att främja utvecklingen av ny kärnkraft-teknologi har USA tagit initiativ till



Figur 1. Installerad effekt och utbyggnadsplaner för olika länders kärnkraft.



Figur 2. Utveckling av världens elproduktion uppdelat på olika energislag, 1971-2003.

ett internationellt samarbete, Generation IV International Forum (GIF). Forumet har hittills 11 medlemmar bland världens kärnkraftnationer. Inom GIF utvecklas såväl teknologin från dagens lättvattenreaktorer som nya koncept. Sex olika reaktortyper specialstuderas: två termiska högtem-

INFORMATION FRÅN KUNGL. VETENSKAPSAKADEMIENS ENERGIUTSKOTT. Med den här informationsserien vill KVA föra ut Energiutskottets syn i aktuella frågor samt betona argument baserade på vetenskaplig forskning som ett oundgängligt inslag i samhällsdebatten.

peraturreaktorer samt fyra snabba bridreaktorer. Målsättningen med forskningsinsatserna är att få ned kapitalkostnaderna för anläggningarna, öka säkerheten i reaktorerna, minska avfallsmängderna samt minimera risken för spridning av material till kärnvapensektorn. Forskningen syftar bland annat till att bränslet, uran eller torium, utnyttjas betydligt effektivare än i dagens reaktorer där mindre än en procent av uranet bidrar till energiproduktionen. De nya reaktorerna kommer att kon-

strueras inte bara för att producera el. De ska också kunna användas för att producera värme och vätgas samt avsalta havsvatten i syfte att få fram dricksvatten. Förhoppningarna är att få den nya teknologin kommersiellt tillgänglig till år 2030.

KVA:S ENERGIUTSKOTT anser att det krävs ökade statliga satsningar på energiforskning och att kärnkraftområdet också bör inkluderas. Sverige kommer att behöva ersätta nuvarande kärnkraft med ny tek-

nik, och då behövs kunskap för att rationella beslut ska kunna tas om framtida elenergiproduktion, rivande av anläggningar och hantering av avfall. En annan anledning är att forskningen kring kärnkraften idag karakteriseras av internationell samarbetsanda och öppenhet. Tidigare skedde utvecklingen ofta parallellt med militär vapenframställning. Oavsett om Sverige i framtiden beslutar om fortsatt nationell kärnkraft eller ej, bör svenska forskare medverka i de internationella samarbeten som nu växer fram. Det är viktigt att vi exempelvis bidrar i arbetet för att förbättra den internationella säkerheten ytterligare, så att risken för spridning av vapenmaterial minimeras. Det är också angeläget att vi följer med i utvecklingen av metoder för att destruera långlivat radioaktivt avfall och säkert hantera det radioaktiva avfall som ändå blir kvar. 

Frågor & svar

VAD ÄR ISOTOPER?

De är olika former av samma grundämne, men med olika massa.

VAD ÄR AKTINIDER?

Aktinider är radioaktiva, mycket långlivade grundämnena som inkluderar torium, uran, plutonium och ännu tyngre ämnen.

MÅSTE KÄRNAVFALLET LAGRAS FLERA HUNDRA TUSEN ÅR?

Lagringstiden skulle kunna kortas till under 1 000 år om de långlivade aktiniderna kunde separeras och förstöras antingen genom att de återinjiceras i reaktorerna och/eller med accelerator driven transmutation.

VAD ÄR ACCELERATORDRIVEN TRANSMUTATION?

En protonstråle från en accelerator skjuts in i ett tungt ämne, exempelvis bly. När protonernas bromsas i blyet genereras ett stort antal neutroner som absorberas i ett omgivande material, främst aktinider innehållande plutonium och americium, som därvid försvinner genom klyvning. Lagringstiden för det utbrända kärnbränslet skulle kunna kortas betydligt, men metoden är på forskningsstadiet.

HUR NÄRA HÄNGER KÄRNKRAFT OCH KÄRNVAPEN SAMMAN?

I anrikningsprocessen ökas halten uran-235 från 0,7 till 3–5 % för användning som bränsle i lättvattenreaktorer. För kärnvapen behöver uranet anrikas till över 90 %. I uppberedningsprocessen separeras plutonium och uran från klyvningsprodukterna i utbränt kärnbränsle för att kunna återanvändas som reaktorbränsle. På liknande sätt kan plutonium separeras för användning i kärnvapen. Processerna är tekniskt mycket komplicerade. De måste övervakas och kontrolleras, en uppgift för IAEA.

RÄCKER URANRESURSERNA?

I jordskorpan finns uran för åtminstone 200 års reaktor användning med dagens lättvattenreaktorer och dessutom ett annat potentiellt kärnbränsle, torium, som uppskattas vara tre gånger vanligare än uran. I havsvatten finns därtill 300 gånger mer uran än nu kända uranreserver i jordskorpan.

information från Kungl. Vetenskapsakademiens
ENERGIUTSKOTT NO 2 • JUNI 2006

SKRIBENT I DETTA NUMMER: Annika Olofsdotter

KUNGL. VETENSKAPSAKADEMIENS ENERGIUTSKOTT: Sven Kullander (ordförande), professor em. i högenergifysik, Uppsala universitet; **Gia Destouni**, professor i hydrologi, hydrogeologi och vattenresurser, Stockholms universitet; **Harry Frank**, professor i innovationsteknik, Mälardalens högskola; **Karl Fredga**, professor em. i genetik, Uppsala universitet; **Bertil Fredholm**, professor i farmakologi, Karolinska Institutet; **Karl Grandin**, t.f. föreståndare, Centrum för vetenskapshistoria; **Peter Jagers**, professor i matematisk statistik, Chalmers tekniska högskola; **Bengt Kasemo**, professor i fysik, Chalmers tekniska högskola; **Rickard Lundin**, professor i rymdfysik, Institutet för rymdfysik; **Karl-Göran Mäler**, professor em. i nationalekonomi, Beijerinstitutet för ekologisk ekonomi; **Kerstin Nilblaeus**, generaldirektör vid Europeiska Unionens ministerråd; **Bengt Nordén**, professor i fysikalisk kemi, Chalmers tekniska högskola

KONTAKTPERSON: Malin Lindgren, tel 08-673 95 00, e-post: malin@kva.se.

Vi uppmanar till ytterligare användning av vår text, men ange gärna källan!

Beställ fler ex från info@kva.se. Skriften kan även laddas ner från www.kva.se.

LAYOUT & GRAFIK: AB Typoform

TRYCK: Stockholms Läns Grafiska AB