

Moderna reaktorer

2:a omarbetade upplagan

Världens två första kommersiella kärnkraftverk startade i USA år 1960. Nu, drygt femtio år senare, finns mer än 400 kraftproducerande reaktorer i drift. De svarar för 14 % av världens elkraftproduktion. Drygt 60 nya reaktorer håller på att byggas och planer finns för omfattande utbyggnadsprogram i flera länder. En rad länder har ambitiösa program för att bygga ny kärnkraft. Det rör sig både om nya kärnkraftländer, som i dagsläget inte har reaktorer för elproduktion, och om "gamla kärnkraftländerna" där många reaktorer snart behöver ersättas av åldersskäl.

De reaktorer som byggs och planeras idag är generellt större än de som finns i drift. Kontinuerliga förbättringar har gjorts i små steg genom åren, vilket har lett till modernare och på flera sätt säkrare reaktorer. Precis som tidigare kommer nästan alla reaktorer som byggs att vara så kallade lättvattenreaktorer.

De stora internationella reaktorleverantörerna finns kvar på marknaden även för de nya moderna reaktorerna. Några nya leverantörer har tillkommit och en rad samarbeten vad gäller utveckling och marknadsföring har inletts.

I den här Bakgrundsrapporten beskrivs olika trender i den snabbt ökande kärnkraftutbyggnaden världen över.



Nystart för kärnkraftsutbyggnaden i världen

Elproduktionen i världen är ungefär 20 000 TWh per år, varav cirka 150 TWh i Sverige. Det globala behovet ökar med några procent per år. Två tredjedelar av världens elproduktion sker i fossileldade kraftverk (kol, olja och gas). För att minska befärad framtida klimatproblem finns en tydlig ambition och inriktning att ersätta fossilbaserad produktion med koldioxidfri kraft. Därför finns det i många länder ett ökat intresse för ny kärnkraft. I första hand efterfrågas så moderna reaktorer som möjligt (de ska ju användas i 60 år).

Ett stort antal kärnkraftsreaktorer beställdes från mitten av 1960-talet till omkring 1980. Över hundra av dessa beställdes i USA. Den 28 mars 1979 inträffade reaktorolyckan i Three Mile Island-1, Harrisburg, USA. Det dröjde ända till i år, 2012, innan någon ny reaktor erhöill kombinerad konstruktions- och driftlicens i USA efter olyckan. Även i Europa minskade intresset kraftigt, men i Sydostasien (Indien, Japan, Sydkorea, Kina och Taiwan) fortsatte utbyggnaden.

Reaktorolyckan i Fukushima i Japan mars 2011 ledde till ytterligare tveksamheten. I Japan har utbyggnaden avstannat helt och i början av maj 2012 var samtliga kärnkraftreaktorer i landet avstängda, åtminstone tillfälligt.

Andelen kärnkraft av världens elproduktion har sjunkit från 17 % (1998) till 14 % (2008). Men just nu pågår en ganska kraftig nybyggnation i flera länder. I skrivande stund är 62 nya reaktorer under uppförande. I Kina byggs 26, i Ryssland 10 och i Indien 7 men även i t ex Finland och Frankrike byggs nytt.

USA

I USA finns drygt 100 reaktorer i drift. Intresset för ny kärnkraft har ökat väsentligt och för närvarande (april 2012) planeras ett trettiotal nya reaktorprojekt. Av de 20 reaktorbyggen som är under licensiering hos myndigheten har fyra erhållit en kombinerad konstruktions- och driftlicens.

Fem reaktorer av ny typ är av intresse på den amerikanska marknaden: ABWR, ESBWR, AP1000, APWR, och EPR (Evolutionary Pressurised Reactor). De första tre offereras av de traditionella amerikanska reaktorleverantörerna General Electric och Westinghouse i

en del fall i samarbete med japanska företag. Mitsubishi marknadsför APWR och EPR marknadsförs av det franska företaget Areva.

De fyra första nya reaktorerna planeras stå klara under andra halvan av tiotalet.

Finland och Frankrike

I Finland beställdes 2005 efter hård internationell budgivning landets femte kärnkraftsaggregat. Det är en EPR på 1600 MW levererad av Areva. Bygget är flera år försenat och driftstart beräknas ske 2014. Något senare beställdes en liknande anläggning av EdF i Frankrike.

Ytterligare en reaktor vid Olkiluoto har fått ett positivt principbeslut på uppförandet av finska regeringen. Även en reaktor i norra Finland, vid Pyhäjoki, har erhållit principbeslut. Skälen till kärnkraftsutbyggnaden i Finland är klimathänsyn och viljan att bli oberoende av energiimport från Ryssland.

Storbritannien

I Storbritannien finns närmare ett tjugotal små och ålderstigna kärnkraftsreaktorer som svarar för 16 % av elproduktionen. De två äldsta planeras stängas 2012 respektive 2014. Sedan 2006 finns ett kraftfullt stöd för ett program att bygga nya reaktorer som ersättning för de gamla. Inom industrin är inriktningen att öka andelen inhemsk kärnkraftsproduktion till 40 % år 2030. I november

2011 beslöt parlamentet att godkänna industrins utbyggnadsplaner.

För att minska startsträckan har regeringen tagit initiativ till att inbjuda utländska kraftföretag med solid kärnkraftserfarenhet att etablera sig på den engelska marknaden. Franska EdF finns redan på plats och de första beställningarna väntas inom något år.

Övriga länder

Flera länder i Europa har aktiverat de kärnkraftsprogram man haft i malpåse sedan många år. Flera länder som hittills inte haft någon kärnkraftsproduktion har också visat intresse för nya anläggningar, det gäller bl.a. Polen. Den polske premiärministern Donald Tusk har tillsammans med Frankrikes president Nicolas Sarkozy meddelat att Polen med franskt stöd kommer att bygga fyra reaktorer.

I Litauen har det funnits två reaktorer av Tjernobylytyp, Ignalina 1 och 2, men EU har krävt stängning av dem som en förutsättning för medlemskap i EU. Den ena stängdes 2004 och den andra vid årsskiftet 2009/2010. Enligt beslut i parlamentet ska två nya reaktorer byggas på en plats nära Ignalina, Visaginas. En reaktor har beställts från General Electric Hitachi. Det är en ABWR på 1350 MW. Driftstart planeras till 2020.

Även i flera av de oljerika Gulfstaterna finns konkreta planer på kärnkraft. Detta gäller framförallt Förenade Arabemiraten som har högst konkreta



Bild 1. Olkiluoto 3. Reaktorinneslutningens kupol lyfts på plats. Bilden togs september 2009.

planer. Där planeras för fyra koreanska APR-1400.

Flera reaktorer av de ny moderna typerna har beställts i Sydostasien, närmare bestämt i Japan, Sydkorea, Kina och Taiwan. I Japan har några avancerade BWR (ABWR) varit i drift i flera år (de första startade 1997). Även några andra länder i regionen är på väg att bli kärnkraftsländer. Längst har Vietnam och Indonesien kommit. I Japan finns det dock en osäkerhet om utbyggnaden av ny kärnkraft.

Kärnkraftsutbyggnaden på sikt

Åsikterna om hur mycket som kommer att realiserats av olika planer går kraftigt isär. Det internationella branschorganet World Nuclear Association (WNA) har sammanställt utbyggnadsplanerna i alla länder och bedömningen är att den installerade kärnkraftskapaciteten i världen kommer att vara nästan dubbelt så stor år 2030 jämfört med 2010. Detta är också i

linje med en färsk rekommendation från FNs atomenergiorgan i Wien, IAEA, att kärnkraften till år 2030 ska öka med närmare 80 procent.

Men, det finns också bedömare som menar att den låga utbyggnadstakt vi sett under senare år utgör trenden och att kärnkraften kommer att minska i betydelse när äldre reaktorer så småningom börjar stängas. Reaktorolyckan i Fukushima kan få långsiktiga följder för kärnkraftsutbyggnaden i världen.

Reaktorutvecklingen

Lättvattenreaktorer dominerar helt världens kommersiella kärnkraft. Två reaktortyper förekommer, tryckvattenreaktorer (PWR) och kokvattenreaktorer (BWR). Det finns ungefär tre gånger så många PWR som BWR – i Sverige gäller det omvända, här finns tre PWR och sju BWR. Även de reaktorer som nu projekteras (med några enstaka undantag) är lättvattenreaktorer. PWR dominerar helt nybyggnationen.

Alla de här förbättringarna (se faktabrutå) syftar till att antingen ytterligare minska risken för att någon oförutsedd händelse skulle kunna skada reaktorn, personalen eller omgivningen eller till att göra reaktorn effektivare. En del av förbättringarna leder både till ökad säkerhet och till förbättrad ekonomi.

För de moderna nya reaktorer som nu och inom överskådlig framtid är aktuella för beställning kan man definiera övergripande mål och funktionella krav. Här några exempel:

- Förbättrad verkningsgrad
- Bättre bränsleutnyttjande
- Standardiserade komponenter
- Flexiblare driftcykler
- Minskad stråldos till personalen.
- Längre livstid
- Ökad tillgänglighet
- Förenklade system
- Ökad säkerhet

Nya reaktorer, en överblick

Ett antal nya reaktormodeller marknadsförs inför den väntade utbyggnaden av kärnkraften runt om i världen. De är alla vidareutvecklingar av gammal beprövad teknik. Man utgår från teknik som man vet fungerar och som man litar på. Det är helt naturligt att utvecklingen ser ut så. Att bygga en reaktor innebär en mycket stor investering som skrivs av under lång tid och en viktig målsättning är att minska den finansiella risken. Man undviker att bygga något oprövat, men samtidigt vill man ha moderna system som kan användas med god ekonomi i 60 år.

Det går att identifiera några gemensamma drag hos de nya reaktorerna, men några nyheter har också införts.

Moderniseringar

De nya reaktorerna är modernare än dagens i en rad bemärkelser; styr- och reglersystemen är digitala och reaktorerna är redan från början tänkta att få en drifttid på 60 år. Man har också genom en mängd förbättringar höjt reaktorernas verkningsgrad. Därigenom utnyttjar man den utvecklade värmen i reaktorn bättre och kan producera mer el ur en given bränslemängd.

Dagens reaktorer konstruerades till allra största delen under 60- och 70-talen och bygger i grunden på den teknik som fanns tillgänglig då. Sedan dess har en omfattande teknikutveckling ägt rum. De befintliga reaktorerna har visserligen

successivt uppgraderats med modern teknik, men i de nya modellerna är den moderna tekniken integrerad redan från början.

Större reaktorer

Generellt är de nya reaktorerna större än de vi har i drift i dag. De första reaktorerna hade en eleffekt på 200 MW, men de största som beställs nu är på drygt 1 500 MW. Det finns ekonomiska skalfördelar i att öka effekten. Många funktioner behövs både på en stor och en liten reaktor och om man kan dela upp kostnaden för dem på en större elproduktion så blir den producerade elen i genomsnitt billigare.

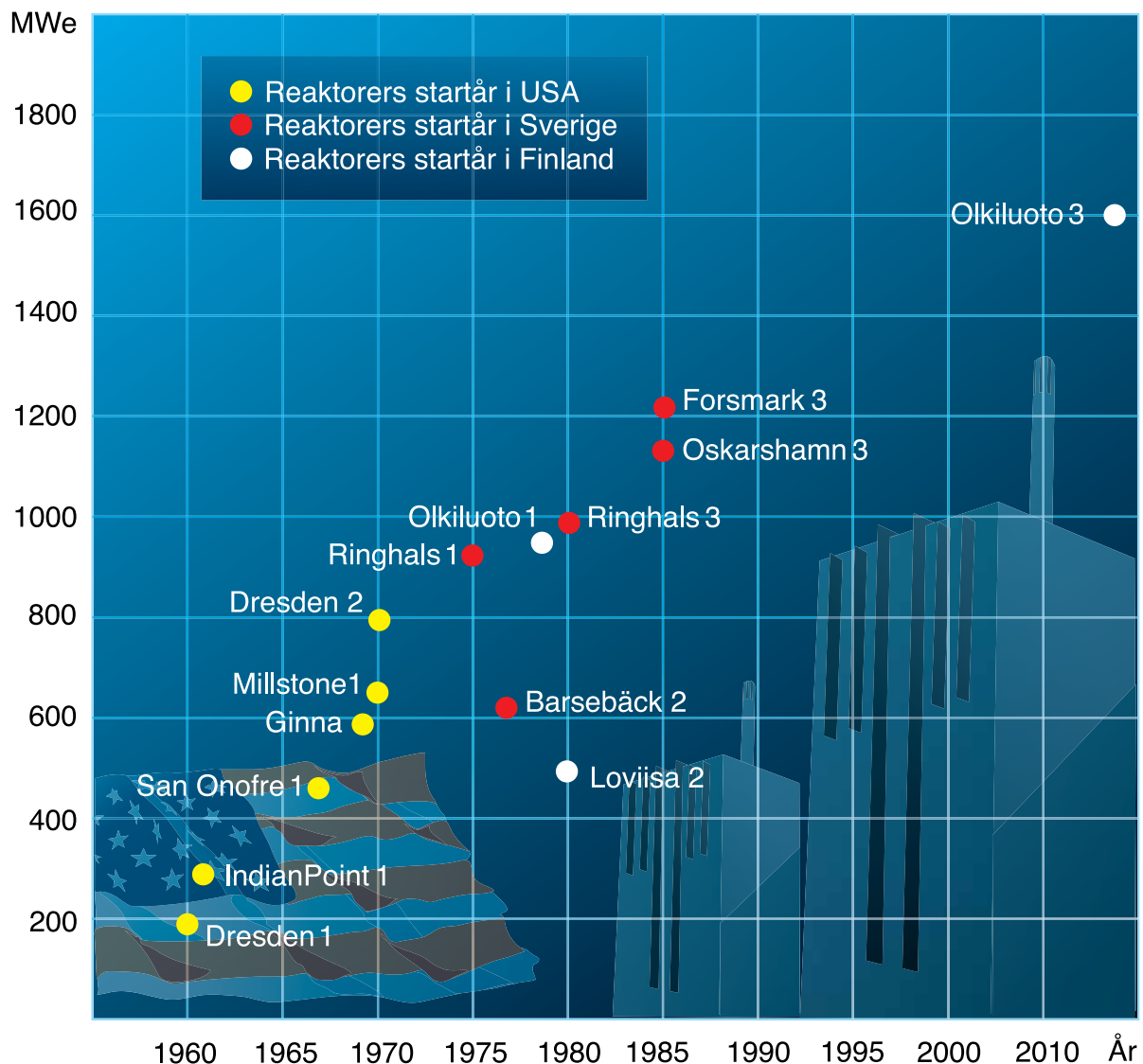


Bild 2. Reaktoreffekt och startår för kommersiell drift.

Det som tekniskt begränsar reaktorernas storlek är framförallt hur stora smidda komponenter man kan tillverka. Det tryckkärl, reaktortanken, som omsluter härden är en viktig begränsande parameter. De största reaktortankarna kan idag bara tillverkas av Japan Steel Works, men flera andra producenter är på väg att skaffa sig samma kapacitet.

Det kan dock finnas problem med att bygga stora reaktorer. En stor reaktor ställer större krav på elnätet än en mindre. Det krävs annan produktionskapacitet i beredskap för det fall att reaktorn skulle snabbstoppas. Att bygga om elnätet och att hålla reservkraft i beredskap kostar stora summor och det är därför inte alltid säkert att en stor reaktor blir billigare än en något mindre. Detta gör att man kan se en framtid även för små och

medelstora reaktorer. Inte minst viktigt är att en mindre reaktor utgör en mindre finansiell risk.

Förenklingar och standardisering

En tydlig strävan när man utvecklat de nya reaktormodellerna har varit att göra dem billigare att bygga, driva och på sikt att avveckla. Man har förenklat reaktorerna så mycket som möjligt. Men, man har också försökt standardisera reaktorerna så långt det går.

När dagens reaktorer byggdes var det vanligt att man för varje ny reaktor införde någon förändring. Kanske hade kunden något speciellt önskemål, eller så hade man dragit någon lärdom av tidigare byggen och ville förbättra reaktorn.

Konsekvensen av den här filosofin är att vi idag ser många olika reaktormodeller. Nackdelen med det är att det krävs mer specialkunskap för att sköta och underhålla reaktorerna än vad som hade varit fallet om alla varit av samma typ. Men, det finns också en fördel. Om man upptäcker något generiskt fel hos en standardmodell kan man hamna i en situation där man tvingas stänga många reaktorer samtidigt för att åtgärda felet. Med ett diversifierat reaktorprogram är det mindre sannolikt.

Förenklingsfilosofin är särskilt utpräglad i AP1000 som utvecklats av Westinghouse i USA. Den har mindre byggnadsvolym och innehåller betydligt färre komponenter än tidigare jämförbara reaktorer. Men, även övriga moderna modeller är förenklade jämfört med de äldre. Genom att reaktortanken består

av färre men större delar än tidigare har man kunnat minska antalet svetsar. Det i sin tur leder till mindre omfattande inspektioner, vilket spar tid och pengar vid det återkommande underhållsarbetet, samtidigt som stråldosen till personalen minskar.

Ett sätt att förenkla byggprocessen är att sätta samman reaktorn av prefabricerade moduler som tillverkas någon annanstans än på byggplatsen. Byggtiden förkortas eftersom fler moment kan utföras parallellt. Dessutom får man bättre kontroll över bygget. Osäkerheterna minskar och en lång rad felkällor minimeras genom att bygget blir mer förutsägbart. Återigen är det i AP1000 som detta koncept dragits till sin spets. EPR, till exempel, byggs på ett mer traditionellt vis. Westinghouse hävdar att de kan bygga en AP1000 på 36 månader räknat från den första betonggjutningen till bränsleladdningen. Men, detta återstår att bevisas då ingen AP1000 ännu är färdigbyggd.

Säkerhetsförbättringar

De nya modellerna har några gemensamma säkerhetsförbättringar. En totalförstörd härd är något man har räknat

med som ett scenario vid konstruktionen av reaktorerna. Reaktorerna har därför system som tar hand om en smält härd och håller den under kontroll i det fall att det värsta skulle inträffa. Ett exempel på ett sådant system är den så kallade härdfångare som finns på EPR. Det är ett utrymme under reaktortanken där en eventuell härdsmälta ska samlas upp och hållas kyld på ett kontrollerat sätt. Direktträffar av trafikflygplan mot reaktorbyggnaden finns nu med bland de konstruktionsstyrande haverifallen. De har tidigare ansetts vara för osannolika för att styra konstruktionen.

Även säkerhetssystemen har förändrats. Det är regel att de nya reaktorerna har fyra av varandra oberoende system för att kyla härden efter en avstängning. Vart och ett av dessa fyra är ensamt tillräckligt.

Man förlitar sig också mer på passiva säkerhetssystem där funktionen är beroende enbart av naturlagarna, till exempel styrs de av gravitation eller temperaturutvidgning snarare än av operatörskommandon och aktiva komponenter.

Särskilt uttalad är den här filosofin i ESBWR, som klarar av kylningen uteslutande med passiva system, till och

med utan elbatterier. I både ESBWR och AP1000 kyls reaktorinneslutningen passivt med vatten och luft. ESBWR använder sig av stora mängder vatten som sakta tillåts koka bort. AP1000 är konstruerad så att luft cirkulerar genom byggnaden enbart på grund av temperaturskillnader. Man strilar vatten över reaktorinneslutningen och den fuktiga luften transporterar då undan tillräckligt mycket värme för att kyla reaktorn. Temperaturen inne i byggnaden kan i båda reaktorerna hållas under kontroll helt passivt vid en allvarlig incident, det vill säga även om den externa vattentillförseln hindras och om anslutningen till den externa elförsörjningen bryts.

I EPR förlitar man sig helt på aktiva system, som i dagens reaktorer, men man menar att de fyra parallella systemen ger tillräcklig säkerhet.

Resultatet av de här förbättringarna är att den förväntade frekvensen av allvarliga skador på härden är betydligt lägre än den redan låga siffran för dagens reaktorer. Dessutom har man genomfört förbättringar i reaktorinneslutningen, till exempel olika arrangemang för att hantera en smält härd. Därigenom är risken för utsläpp av radioaktivitet till

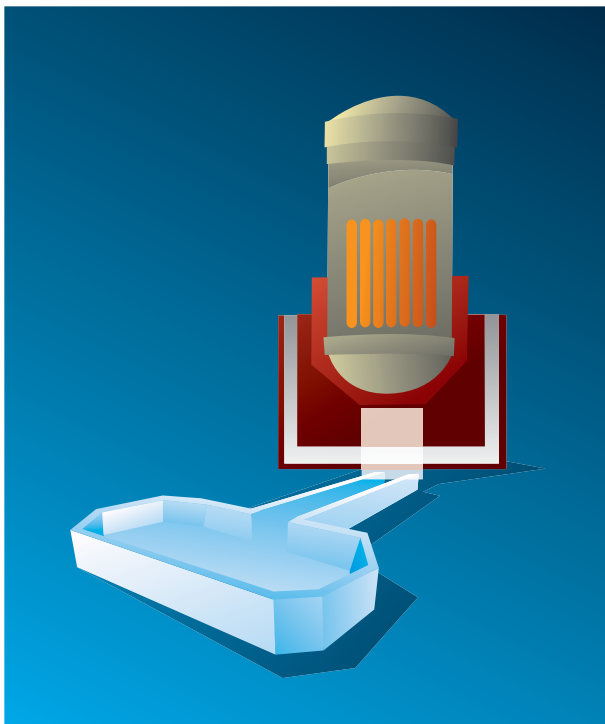


Bild 3. Principen för härdfångare.

Aktiv/passiv säkerhet

Aktiv säkerhet

Aktiv reaktorsäkerhet innebär att man använder sig av aktiva tekniska system för att garantera att reaktorhärden alltid hålls kyld. Man förlitar sig på komponenter som behöver både en startsignal och elförsörjning för att fungera. Säkerheten garanteras i de aktiva systemen främst genom redundans och diversifiering. Man har för varje kritisk säkerhetsfunktion flera parallella system som fungerar på olika sätt. EPR är ett exempel på en reaktor som förlitar sig på aktiva säkerhetssystem. Här har man fyra parallella, av varandra oberoende, system av vilka det är tillräckligt att ett fungerar. Aktiva säkerhetssystem dominerar fullständigt i de reaktorer som finns i drift idag.

Passiv säkerhet

I ESBWR och i AP1000 förlitar man sig i hög utsträckning på passiva säkerhetssystem. Grundtanken är att det inte ska behövas några åtgärder från driftpersonalen eller någon elförsörjning för att garantera att härden hålls kyld. Man förlitar sig då på fysikens lagar i form av till exempel gravitation eller temperaturskillnader för att aktivera och driva säkerhetsfunktionerna. ESBWR är den reaktor som i störst utsträckning förlitar sig på passiva system. Här behövs inga batterier för att skicka signaler till olika system. Vid ett totalt elavbrott ställer sig en rad ventiler i ett sådant läge att vattnet cirkulerar och härden hålls kyld.

omgivningen än lägre än för de befintliga reaktorerna. Den stora förändringen i säkerhetsfilosofin är att man trots den låga risken räknat med att härden kan bli överhettad och smälta och konstruerat reaktorn så att detta är en situation som kan hanteras utan några utsläpp av radioaktiva ämnen till omgivningen.

Förutom reaktorsäkerhetsförbättringar har man arbetat mycket med att konstruktionsmässigt begränsa stråldosen till personalen vid reaktorn. Redan i dag är de doser som kärnkraftspersonal får lägre än för många andra yrkesgrupper, så som till exempel flygbesättningar. Men, man har gjort vad man kan för att ytterligare begränsa dosen.

Tillgänglighet

Ytterligare ett led i att förbättra anläggningarnas drifekonomi har varit att redan i konstruktionen planera för ökad tillgänglighet. De flesta av de nya modellerna klarar av att byta bränsle så sällan som vart annat år. Man har också gjort det möjligt att utföra en större del av underhållet under drift. Därigenom kan man korta ner underhållsstoppen och öka drifttiden.

Tillverkarna hävdar att deras reaktorer ska kunna nå tillgänglighetssiffror kring 92 % i genomsnitt över sina 60-åriga livstider. Så höga siffror får antagligen anses vara optimistiska, då de bygger på att i princip inga längre oplanerade stopp ska komma att behövas under hela reaktorns livstid. Men, det

Leverantörer

Att bygga en reaktor är ett stort projekt med många tusen människor inblandade. Att bygga en hel serie reaktorer, varav kanske flera samtidigt på olika håll i världen, kräver stora organisationer med omfattande resurser. Det är mot den bakgrunden inte så konstigt att det har bildats ett fåtal konsortier som marknadsför reaktorer. Det är en fördel om leverantörskonsortiet kan erbjuda alla de komponenter som ingår i reaktorn. Detta leder till mer standardiserade och därmed förhoppningsvis billigare anläggningar än vad som annars skulle ha varit fallet.

Reaktorers tillgänglighet

För ett kraftverk brukar man ange ett mått på produktionstillgängligheten. Vanligtvis använder man sig då av energitillgängligheten per år. Den beräknas som den verkliga elproduktionen under året dividerad med den el som skulle ha producerats om kraftverket hade gått vid full effekt under årets alla timmar, uttryckt i procent.

Ett kärnkraftverk kan inte uppnå 100 procent tillgänglighet över tid eftersom anläggningen behöver tas ur drift för bränslebyte och underhåll.

FNs atomenergiorgan IAEA presenterar på sin hemsida kontinuerlig statistik över tillgängligheten för kärnkraften i världens olika länder. Medelvärde för energitillgängligheten vid världens alla reaktorer under deras livstid till och med 2009 anges till 72 %. Under år 2010 var medelvärdet 81 %. Det bästa landet i världen var Finland med en energitillgänglighet på 91 % över reaktorernas livstid. För de svenska reaktorerna var siffran 80,0 %.

ska sägas att det finns reaktorer i drift i dag som upprätthåller så här höga tillgänglighetssiffror.

Flexibilitet

Man har arbetat för att göra reaktorerna mer flexibla för att bättre passa kundernas önskemål. Ett exempel är att man tänker sig driftcykler på allt från 12 till 24 månader.

De nya reaktorerna ska också klara att ta ut mer energi ur varje given mängd bränsle. Den så kallade utbränningen av bränslet begränsas framför allt av materialegenskaper, speciellt hos bränslet självt. En del av reaktorerna är också gjorda för att kunna drivas helt och hållet med så kallat MOX-bränsle, där plutonium återanvänds som klyvbart material. I dagens reaktorer är andelen

MOX begränsad till en tredjedel av den totala mängden bränsle. Man har också sett till att reaktorerna ska klara av bränsle innehållande uran som tagits om hand vid upparbetning av använt bränsle.

Möjligheten att låta reaktoreffekten följa efterfrågan har blivit bättre. Vanligen används kärnkraften som baslast. Reaktorerna går då så mycket som möjligt vid full effekt, medan andra kraftslag till exempel vattenkraften används för att reglera produktionen mot efterfrågan. Men, i vissa länder som har en stor andel kärnkraft i systemet, till exempel Frankrike, behöver man även använda kärnkraften för lastföljning. Flera av de nya reaktormodellerna är bättre anpassade för lastföljning. EPR, till exempel, klarar att gå från 25 % effekt till full effekt på 30 minuter.

Areva

Areva är ett franskt statligt företag med verksamhet inom hela kärnbränslekedjan. Man driver allt från urangruber till upparbetningsanläggningar. Dessutom tillverkar och underhåller företaget reaktorer. Areva samarbetar med japanska Mitsubishi Heavy Industries, sedan oktober 2006 i ett gemensamt bolag, Atmea, genom vilket man marknadsför reaktorn Atmea1 som är en tryckvattenreaktor med en elektrisk effekt om 1 100 MW. Men, Areva och Mitsubishi är också konkurrenter då Mitsubishis APWR och Arevas EPR är två ungefär lika stora

reaktorer som konkurrerar om samma marknad.

Areva marknadsför också en något mindre kokvattenreaktor, Kerena.

GE

General Electric och Hitachi bygger reaktorer i det gemensamma bolaget GE Hitachi Nuclear Energy. Bolaget bildades 2007 genom att Hitachi köpte 40 % av General Electrics kärnkraftsverksamhet. Samarbetet inleddes dock redan tidigare. Man har hittills färdigställt fyra ABWR tillsammans i Japan. Ytterligare två är under uppförande i Japan och två i Taiwan.

Westinghouse

Toshiba och Westinghouse gick samman 2006 i och med att Toshiba köpte 77 % av Westinghouse. Resterande 23 % ägs huvudsakligen av den amerikanska ingenjörsfirman Shaw. Westinghouse agerar som ett autonomt företag, men har samma styrelseordförande som Toshiba.

Från Toshibas sida såg man att Westinghouse med sin starka kompetens inom tryckvattenreaktorer väl skulle komplettera Toshibas kunnande inom kokvattentekniken. Det ska, förutom viljan att bli en starkare spelare, ses som ett huvudmotiv till affären.

Sydkorea

Utöver de tre stora konsortier som nämns ovan finns ett konsortium av koreanska

företag som bygger APR-1400. De sydkoreanska reaktorerna är baserade på Westinghouse System 80-reaktor och har vidareutvecklats under en licens från Westinghouse. APR-1400 konstrueras i sin helhet av sydkoreansk industri, men Westinghouse äger rättigheterna till 5 % av komponenterna i reaktorn. Konsortiet, som utvecklat APR-1400, leds av kraftbolaget Korea Hydro and Nuclear Power Company, KHNP, som också äger de 20 befintliga reaktorerna i Sydkorea. Utvecklingen av reaktorn var ett nationellt projekt med inblandning från industriministeriet. De tunga smidda komponenterna levereras av koreanska Doosan Heavy Industries.

KHNP har nu avslutat sitt formella samarbete med Westinghouse.

Reaktorer

EPR

European pressurized water reactor eller Evolutionary pressurized water reactor, EPR, är fransk-tyska Arevas stora tryckvattenreaktor, med en elektrisk effekt på upp till 1 700 MW. Reaktorn är utvecklad ur den franska reaktormodellen N4 och ur de tre modernaste tyska reaktorerna, Siemens Konvoi-modell.

EPR har fyra primärkretsar, det vill säga fyra parallella ånggeneratorer, och fyra av varandra oberoende säkerhetssystem. Säkerhetssystemen är aktiva. Filosofin är att liksom i dagens reaktorer arbeta med flera parallella aktiva system snarare än passiva.

Areva försökte redan i slutet av 1990-talet förmå det franska kraftbolaget EDF att beställa en EPR, men det dröjde ända till 2005 innan den första EPR började byggas i finska Olkiluoto. Sedan dess har en andra EPR börjat byggas i franska Flamanville samt en tredje och fjärde i kinesiska Taishan. Ytterligare en EPR har beställts till franska Penly. Därutöver finns för närvarande konkreta planer på att bygga EPR i Indien, Storbritannien och USA.

AP1000

Westinghouse marknadsför framförallt sin tryckvattenreaktor AP1000 (Advanced Passive). Reaktorn är en vidareutveckling av den tidigare modellen AP600. I AP1000 är effekten upp till ungefär 1 200 MWe.

Konstruktionen karaktäriseras av för-enklingstanken – en enklare konstruktion krånglar mindre än en komplicerad.

Modulariseringen har också drivits till sin spets i AP1000. Ingen annan reaktor är i så stor utsträckning uppbyggd av prefabricerade moduler. Det är framförallt reaktorn och andra komponenter som behöver kunna stå emot en jordbävning som är modulariserade. Övriga delar byggs mer konventionellt.

Den passiva säkerheten hos AP1000 består huvudsakligen i att anläggningen inte behöver någon elförsörjning, med undantag av det som kan klaras av med batterier, för att kunna föras till ett stabilt säkert läge. Det vanliga är att en reaktor behöver el från yttre nät eller nöddieslar för att cirkulera kylvatten genom härden. I en AP1000 sker kylningen av härden passivt. Reaktorbyggnaden är konstruerad så att det uppstår ett kraftigt luftflöde runt reaktorinneslutningen om temperaturen där börjar stiga. Så länge man sprinklar reaktorinneslutningen med vatten är det här luftflödet, som enbart drivs av temperaturskillnader, utan pumpar, tillräckligt för att kyla reaktorn. Efter en tid behöver anläggningen mer vatten, men det rör sig om förhållandevis små mängder som kan klaras av med mobila pumpar. Dessutom finns det gott om tid att ordna med vattentillförseln om inte anläggningens egna system för detta skulle fungera. Ett skäl till att anläggningen är så robust är att man bygger

AECL

Det statliga kanadensiska företaget Atomic Energy of Canada Limited, AECL, har länge utvecklat och byggt de så kallade Candu-reaktorerna. Reaktorerna modereras med tungt vatten snarare än med vanligt vatten som är det vanligaste. Tungvattenlinjen representerar ett helt eget utvecklingsspår som Kanada och Indien idag är ensamma om.

Under 50- och 60-talen hade även Sverige ett ambitiöst program för tungvattenreaktorer. Två reaktorer byggdes, Ågesta och Marviken. Den senare togs dock aldrig i drift.

reaktorinneslutningen så att den tolererar högre temperatur och tryck än vad som är vanligt i dagens reaktorer.



Bild 4. AP 1000 med passiv kylning av reaktorhärden.

Ett arv från den mindre AP600-reaktor är själva byggnaden som inrymmer AP1000. Den jordbävninganalys och det efterföljande konstruktionsarbete som gjordes för AP600 var mycket omfattande. Man har därför inte velat ändra konstruktionen av byggnaden i utvecklingen av AP1000. Konsekvensen är att reaktorn knappt får plats i byggnaden och att det är trångt invändigt. Detta skulle kunna leda till underhållsproblem då vissa komponenter kan vara svåra

att komma åt. I dag finns inga färdiga AP1000, även om fyra är under konstruktion i Kina. Man vet således inte helt säkert hur servicebehoven kommer att se ut för en AP1000 och det är därför svårt att överblicka vad de trånga byggnaderna kommer att ha för effekt på underhållskostnaderna.

ESBWR

General Electrics Economic Simplified Boiling Water Reactor är en vidareutveckling av ABWR. Utvecklingen av ESBWR började redan under 1990-talet då man arbetade med en kokvattenreaktor som kallades SBWR, där S betyder "simplified", förenklad. När det stod klart att SBWR skulle bli en för dyr reaktor, lade man om projektet mot den större reaktorn ESBWR, som bättre skulle möta de ekonomiska målen. Man ägnade sedan runt tio år till att konstruera en 1550 MW-reaktor utifrån förlagan om 670 MWe.

ESBWR är unik så till vida att den inte är beroende av cirkulationspumpar överhuvudtaget. Även under normala driftsförhållanden drivs kylvattnet helt med naturlig cirkulation. Detta är möjligt tack vare en hög reaktortank i kombination med en låg hårdhöjd. Härden är tre meter hög mot till exempel 3,7 meter i ABWR. Därigenom blir tryckfallet lägre och naturlig cirkulation blir möjlig. Liksom för AP1000 är reaktorsäkerheten oberoende av yttre försörjning av växelström. ESBWR klarar sig även utan batterier. Om all elförsörjning skulle falla ifrån ställer sig en rad fjäderkontrollerade ventiler på ett sådant sätt att härden hålls

kyld. Då kylningen av härden inte är beroende av pumpar faller behovet av flera av de säkerhetssystem vi är vana vid från dagens reaktorer. Därigenom har man lyckats minska byggnadsvolymer.

Liksom flera av de andra moderna reaktorerna klarar sig ESBWR vid en olycka i 72 timmar utan ingripanden från operatörerna. Som jämförelse finns i Sverige idag ett krav som säger att en reaktor ska klara sig själv i minst 30 minuter utan att någon måste ingripa.

ABWR

ABWR utvecklades gemensamt av General Electric, Hitachi och Toshiba. Efter att GE och Hitachi gått samman är det således de två konsortierna GE-Hitachi och Westinghouse-Toshiba som äger rättigheterna till reaktorn. Reaktorn är i sin grundkonstruktion snarlik de svenska reaktorerna Oskarshamn 3 och Forsmark 3.

Fyra ABWR finns i drift i Japan: Kashiwazaki-Kariwa-6&7, Hamaoka-5 samt Shika-2. Ytterligare en, Shimane-3, är under uppförande i Japan och två till i Taiwan. Samtliga är i storleken 1 300–1 400 MWe. Reaktorutbyggnaden stoppades emellertid i Japan efter olyckan i Fukushima-reaktorn. I Taiwan byggs Lungmen 1 och 2, två ABWR, som beräknas starta kommersiell drift år 2015.

ABWR är alltså den enda av de moderna reaktorer som beskrivs här som redan finns i drift. Detta är en konkurrensfördel gentemot de övriga reaktorerna då alla försöker minimera sitt ekonomiska risktagande.

Nästa japanska ABWR, Ohma-1 kommer att vara konstruerad för att kunna laddas enbart med så kallat MOX-bränsle. För att reaktorn ska klara det har man gjort några förändringar. Bland annat har man bättrat på avstängningsmarginalen och höjt det maximala kylmedelsflödet. Avstängningsmarginalen är ett mått på hur mycket marginal man har mot att en avstängd reaktor startar spontant.

MOX-bränsle återanvänder plutonium som bildats i vanligt kärnbränsle. Genom att ladda reaktorn med MOX kommer man att behöva 10 till 15 % mindre mängd uran.

ABWR tillverkas liksom AP1000 i moduler som monteras ihop på byggplatsen. De största modulerna kräver en kran som kan lyfta 1 200 ton 50 meter ut.

APWR

APWR är Mitsubishis tryckvattenreaktor. De två första reaktorerna förväntas byggas vid Tsuruga i Japan. Bygget är dock försenat och har ännu inte påbörjats. I USA marknadsför Mitsubishi en variant av APWR, US-APWR. Den är större, 1 700 MWe mot den japanska modellens 1 538 MWe. Man har sagt att det är US-APWR som kommer att marknadsföras globalt.

Comanche Peak 3&4 i Texas ser ut att bli de första US-APWR som byggs, då kraftbolaget Luminant har ansökt om att få bygga två US-APWR där.

APWR är liksom EPR en reaktor med fyra parallella kylsystem, vilket innebär att man har fyra ånggeneratorer.

Övriga

Enhanced Candu6

AECL har gjort en översyn av sin gamla modell Candu6 och marknadsför nu reaktorn som Enhanced Candu6 (EC6) med en elektrisk effekt om 740 MWe. AECL anger att EC6 ska klara 50 års livslängd med en renovering vid halva tiden. Man har möjliggjort tvååriga driftscykler, vilket kan ge en tillgänglighet om 88 %.

ACR-1000

ACR-1000, Advanced Candu Reactor, med en elektrisk effekt om 1 085 MW är tungvattenmodererad, men kyls med vanligt vatten. På så sätt har man lyckats

åstadkomma vissa säkerhetsförbättringar samtidigt som man minskar behovet av det mycket dyra tunga vattnet. ACR-1000 är designad för 60 års livslängd med en teoretisk tillgänglighet om 93 %.

VVER (AES-92, AES-2006)

VVER-1200 är en större (1200 MWe) vidareutveckling av den ryska tryckvattenreaktorn VVER-1000 som finns i drift i flera länder. AES är varianter av VVER. De första VVER-1200 beräknas starta kraftproduktion år 2014.

APR-1400

Den koreanska APR-1400 med en elektrisk effekt om 1 450 MW är utvecklad ur Westinghouses System 80 reaktor. Byggen av två APR-1400, Shin-Kori 3 och 4, pågår i Sydkorea. Kraftproduktion startar år 2014. Reaktorn kan bli föremål för export kring 2016.

CPR-1000

Den kinesiska tryckvattenreaktorn CPR-1000 är baserad på de franska reaktorerna som byggts i Kina. Kraftproduktion från CPR-1000 startar under 2013. Reaktorn får byggas i Kina, men Areva, som äger orginalkonstruktionen måste lämna sitt

Moderna reaktorer och deras leverantörer

Reaktor	Tillverkare	Effekt*	Reaktortyp	Kommentar
EPR	Areva	1600 MWe	PWR	Under byggnad i Finland, Frankrike och Kina
AP1000	Westinghouse	1200 MWe	PWR	Fyra beställda till Kina
ESBWR	GE-Hitachi	1550 MWe	BWR	
ABWR	Toshiba/GE-Hitachi	1400 MWe	BWR	Fyra i drift i Japan, tre under byggnad
APWR	Mitsubishi	1700 MWe	PWR	Första två troligen i Texas
Enhanced Candu6	AECL	740 MWe	HWR	
ACR-1000	AECL	1100 MWe	HWR	
VVER-1200	Rosatom	1200 MWe	PWR	
APR-1400	Korea Hydro and Nuclear Power	1450 MWe	PWR	Fyra beställda till Förenade Arabemiraten.
CPR-1000	Kinesiska tillverkare	1080 MWe	PWR	
Kerena	Areva	1250–1290 MWe	BWR	
Atmea1	Areva och Mitsubishi	1000–1150 MWe	PWR	

PWR – tryckvattenreaktor *) Samtliga effekter är ungefärliga. Effekten varierar något beroende på lokala förutsättningar för varje enskild reaktor.
 BWR – kokvattenreaktor
 HWR – tungvattenreaktor

godkännande vid en eventuell export. Det anses osannolikt att Areva skulle godkänna att Kina exporterar CPR-1000.

Kerena

Kerena är en kokvattenreaktor som utvecklas av Areva i nära samarbete med E.ON. Eleffekten är 1 250 MW. I grunden är Kerena en vidareutveckling av blocken B och C i Gundremmingen i Bayern.

Atmea 1

Areva och Mitsubishi driver ett gemensamt bolag, Atmea, med uppdraget att utveckla en medelstor tryckvattenreaktor. Resultatet är Atmea 1, som i princip innehåller samma förbättringar som EPR och APWR, men med en elektrisk effekt mellan 1 000 och 1 150 MWe, beroende på konfiguration.

Areva och CGNPC har meddelat att de ska marknadsföra en mindre och billigare PWR som bygger på CPR-1000, men är av Gen III+.

Driften

Driftcykler

I strävan att öka tillgängligheten i reaktorerna har man försökt förlänga driftperioderna mellan bränslebytena. Det vanliga är att man kör reaktorn oavbrutet i 18 månader istället för i 12, som är det vanliga i Sverige. Genom att göra färre stopp för bränslebyten och underhåll åstadkommer man en högre genomsnittlig tillgänglighet. I Sverige och Finland tillämpas 12-månaderscykler. Det beror huvudsakligen på att elförbrukningen i de nordiska länderna går i årscyklar med den högsta förbrukningen på vintern och den lägsta på sommaren. I varmare länder är det vanligt med en förbrukningstopp även under sommaren på grund av den stora elförbrukningen i de många klimatanläggningarna. Man önskar göra bränslebytena när elefterfrågan är som lägst och behovet av reaktorerna är som minst.

De moderna reaktorer vi har beskrivit här är från början konstruerade för längre driftcykler. Vanligtvis förutsätter man bränslebyten vartannat år. Tidigare var reaktorerna generellt konstruerade för

årliga bränslebyten och det har krävt stora ansträngningar att anpassa dem för 18-månaderscykler. Även om det inte behöver göras fysiska förändringar, innebär den här typen av förändringar en hel del ingenjörsarbete, bland annat för att visa att reaktorsäkerheten är garanterad under hela driftperioden.

Utbränning

En generell strävan ända sedan de första reaktorerna byggdes har varit att ta ut mer energi ur varje given mängd bränsle. Hög, så kallad, utbränning är bland annat en förutsättning för långa driftcykler. Det är också väsentligt för höga reaktor-effekter. De höga utbränningarna ställer dock en hel del krav på reaktorn och framförallt på själva bränslet, främst vad gäller materialegenskaper.

Reaktorerna vi redovisat här är konstruerade för höga utbränningar, vilket ger reaktorägaren en större flexibilitet. I dagens reaktorer kan man visserligen ofta visa att det går att nå höga utbränningar, men precis som i fallet med de långa driftcyklerna kräver det mycket arbete.

Kärnkraftens ekonomi

Det finns vitt skilda sätt att se på kostnaden för att bygga kärnkraft och diskussionen om vad som är en riktig uppskattning kan ibland bli högljudd. Det som gör frågan så intressant är naturligtvis de mycket stora investeringarna och de långa avskrivningstiderna. Den som bygger en ny reaktor sätter stora ekonomiska värden på spel. Samtidigt levererar en reaktor väldigt mycket el, vilket innebär att kostnaden för elen inte nödvändigtvis blir hög trots den stora investeringen.

Kostnader

Självva bygget av reaktor och de tillhörande systemen kan generellt uttryckt antas stå för ungefär två tredjedelar av den totala elproduktionskostnaden. Den resterande tredjedelen täcker allt annat, inklusive personal, underhåll, bränsle, rivning och slutförvar av det använda bränslet. För fossila bränslen ser bilden helt annorlunda ut. Där dominerar kostnaden för bränslet, medan kostnaden för att uppföra anläggningen utgör en mindre andel.

Den stora investeringen gör kärnkraften extra känslig för räntenivån och för förseningar i bygget. Den avkastning som investerarna kräver för att ställa upp med finansieringen av ett reaktorbygge är den enskilt viktigaste parametern i totalkostnaden. Skillnaden i de kalkyler som visar att kärnkraften är billig gentemot de som visar att den är dyr är ofta antagandet om vilken avkastning som krävs för att kreditmarknaden ska göra finansieringen tillgänglig.

En försening i bygget leder för kärnkraften till stora fördringar. Skälet är att den ränta som upparbetas på lånen innan man kan börja leverera el blir en väsentlig del av investeringskostnaden. Vid en försening förlängs tiden för vilken man måste betala ränta utan att ha någon intäkt.

När reaktor väl står färdig levererar den el till en låg rörlig kostnad. Kärnkraften, vattenkraften och vindkraften liknar här varandra. Dessa har alla höga fasta och låga rörliga kostnader. Det gör att det är dessa tre kraftslag som kommer att producera även när elpriset är lågt.

För att en reaktor ska vara ekonomiskt intressant krävs dock att elpriset

i genomsnitt är betydligt högre än den rörliga kostnaden. Mellanskillnaden behövs för att betala av de höga byggkostnaderna. Det här gör att reaktorns tillgänglighet blir viktig. När reaktor väl är byggd måste den användas så mycket som möjligt för att betala av sin kapitalkostnad. En reaktor som står still kostar, på grund av ränteutgifterna, nästan lika mycket som en som producerar för fullt. Således gör man allt man kan för att undvika oplanerade stopp och för att göra de planerade stoppen så korta som möjligt.

Ibland lyfts kostnaden för kärnkraftens avfall fram som en stor utgiftspost. Visserligen kommer bygget av slutförvaret, i till exempel Forsmark, att kosta mycket pengar. Men, per genererad kilowattimme blir kostnaden liten. I sammanhanget ska man också komma ihåg att pengarna för slutförvaret fonderas långt innan de behövs. Således hinner de förränta sig högst väsentligt innan de ska användas. I Sverige avsätter man cirka två öre per producerad kilowattimme till den fond som ska betala både för slutförvaret av det använda bränslet och för den framtida rivningen av reaktorerna.

Begränsning av koldioxidutsläpp

Elpriset påverkas även av vilka system som finns för att begränsa koldioxidutsläpp från elproduktionen. Ett system med handel av utsläppsrätter driver till exempel upp elpriset så länge den sist producerade elen kommer från fossilbaserad kraftproduktion. Detta gynnar koldioxidfri produktion, det vill säga förnybara energislag och kärnkraft. Hela syftet med systemet är att teknik som släpper ut mycket koldioxid ska bli dyrare relativt teknik som inte gör det. På så sätt skapas en stark ekonomisk drivkraft för en omställning av kraftproduktionen.

Bygget av nya reaktorer i USA är starkt beroende av hur det amerikanska systemet för att begränsa koldioxidutsläppen kommer att se ut. Eftersom systemets utformning har så stor betydelse för kärnkraftens ekonomi kommer den till stor del att avgöra vilka av de föreslagna reaktorerna där som faktiskt blir av. Men,

även i Europa är priset på utsläppsrätter av fundamental betydelse för alla som överväger att investera i ny elproduktion.

Finansiering

Som vi nämnde ovan är avkastningskravet på de medel som bekostar bygget av en ny reaktor den viktigaste parametern för den totala kostnaden. Vilken avkastning investerarna kräver är nära sammanlänkat med investeringens risknivå. På en del marknader, där elproduktionen i stor utsträckning är baserad på naturgas, till exempel den brittiska och den amerikanska, styrs elpriset huvudsakligen av gaspriset.

Det innebär en lägre risk att investera i elproduktion från naturgas än i kärnkraft. Visserligen finns en risk för kraftigt höjda priser på gas och utsläppsrätter. Men, eftersom det väsentligen är de priserna som styr det rörliga elpriset, kommer kostnadsökningar på kort sikt att kompenseras av elprishöjningar. Investeringens storlek i gaskraftverk är dessutom liten i förhållande till den rörliga kostnaden. Kärnkraften däremot har så låga rörliga kostnader att den i princip alltid kommer att köras.

Reaktorerna stängs inte av när elpriset sjunker. Det gör att kärnkraften inte har så stor påverkan på elpriset. Elmarknaden har därmed ingen inbyggd egenskap som kompenserar kärnkraften för eventuella ökade kostnader. Det här gör den framtida efterfrågan på el, det vill säga elpriset, till den viktigaste osäkerhetsfaktorn i kärnkraftsinvesteringen.

Ett annat osäkerhetsmoment är kärnkraftsinvesteringens långa tidshorisont. Reaktor ska leverera el i sextio år och det kommer att ta årtionden att amortera investeringen. De långa tidsperspektiven leder i sig själva till en ökad osäkerhet. Effekten av att kärnkraften är förknippad med en högre finansiell risk än till exempel gas eller vindkraft är att investerarnas avkastningskrav kan förväntas bli högre för kärnkraft än för mindre investeringstunga kraftslag.

I och med oron på kreditmarknaderna har det också visat sig svårt att hitta finansiering till olika projekt, även om de är lönsamma. I tider av finansiell turbulens kan det vara svårt att få lån överhuvudtaget.

Subventioner och stöd

För att underlätta bygget av infrastruktur med hög kapitalkostnad och lång återbetalningstid har ofta regeringar bidragit med olika typer av subventioner. Kärnkraften har här inte varit något undantag. Synen på stöden skiljer sig dock ganska väsentligt åt mellan olika länder. I Sverige har regeringen uttalat att man gärna ser att de befintliga reaktorerna ersätts av nya, men att detta ska ske på marknadsmässiga villkor. Kärnkraften måste i så fall finansiellt kunna stå på egna ben. I USA har man valt en annan väg. Man erbjuder både statliga lånegarantier och skattelättnader för de nya reaktorerna. I och med de statliga garantierna minskar risken för långivaren avsevärt och därmed avkastningskravet. Resultatet blir något lägre kapitalkostnader. Den amerikanska staten tar dock betalt för

sitt stöd och därför har flera kraftföretag tackat nej.

På de reglerade elmarknaderna i USA finns också vissa möjligheter för kraftbolagen att vältra över den ekonomiska risken på sina elkunder genom att man har rätt att ta betalt för sina kostnader i det fastslagna reglerade priset. I vissa fall kan man till och med börja ta betalt för ett nytt kraftverk innan det byggs.

På en del håll har staterna ansvaret för kärnavfallet. Det kan också ses som en subvention till kärnkraftsindustrin, men arrangemanget ska nog snarare ses som att staterna sett det använda bränslet som en viktig resurs som man velat försäkra sig kontrollen över. Framför allt är det plutonium man har varit intresserad av, då det kan användas som bränsle i kommande avancerade reaktorer.

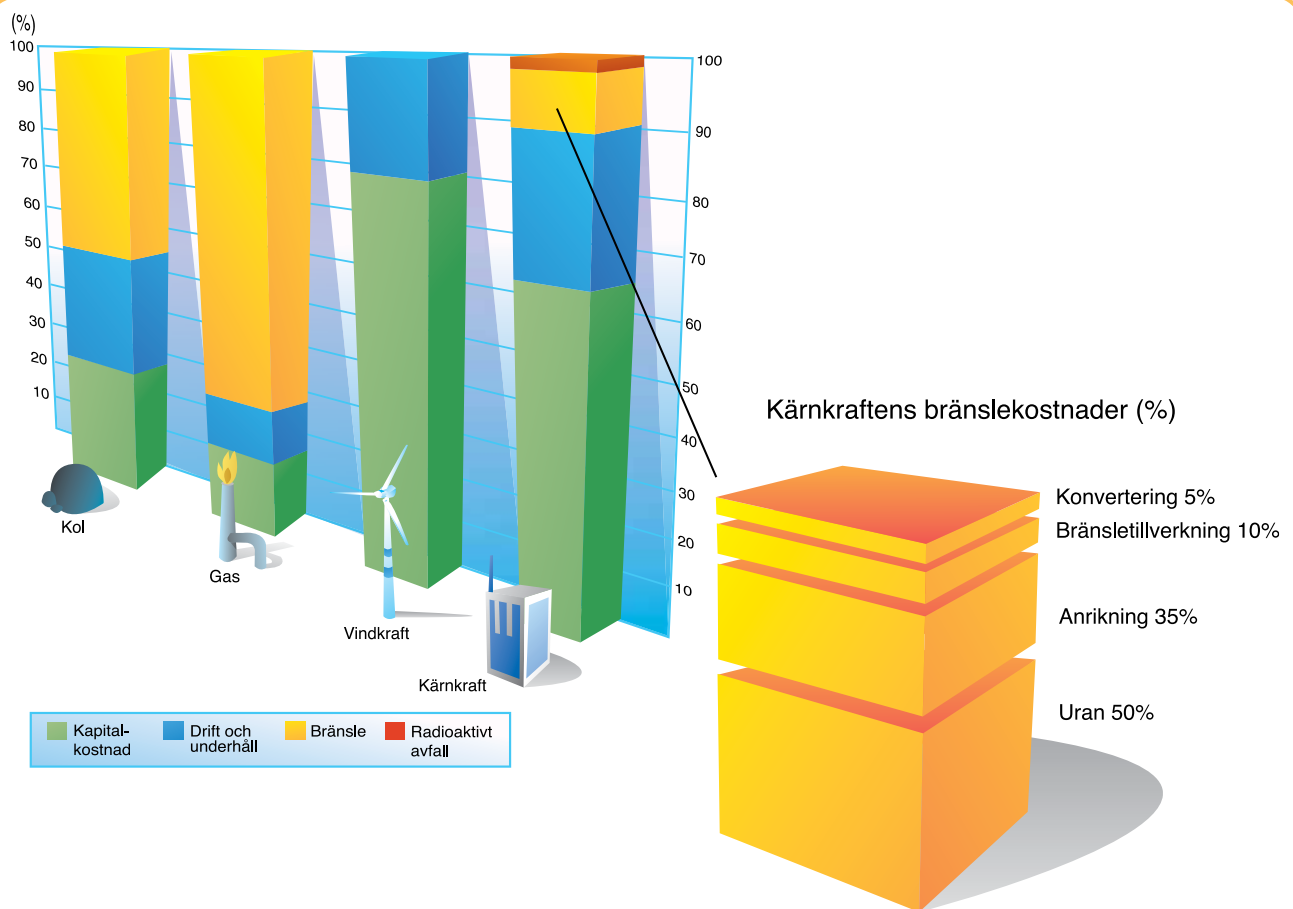


Bild 5. Anläggningskostnaderna är höga och bränslekostnaderna är obefintliga eller låga för vindkraft respektive kärnkraft. För kol och gas dominerar bränslekostnaderna. Stapeln till höger visar bl.a. att av kärnkraftens bränslekostnader utgörs majoriteten av bränsleråvaran, uran. Det exakta förhållandet varierar dock med uranpriset.

Slutord

Kärnkraftverk moderniseras ständigt – därför är det ett vågspel att publicera föreliggande rapport med titeln ”Moderna reaktorer”. Det är inte bara nybyggen som innebär modernisering utan även reaktorer som är i drift förbättras ständigt.

Reaktorleverantörer, kärnkraftverksägare och reaktorsäkerhetsmyndigheter samarbetar med systematisk erfarenhetsåterföring i många olika nätverk med att identifiera svagheter i existerande reaktorkonstruktioner och att åtgärda dem. Detta samarbete avser inte bara reaktorolyckor utan alla signifikanta incidenter i nästan alla världens reaktorer.

I mars 2011 inträffade i Japan en jordbävning med magnituden 9,0 på Richterskalan orsakande en 15 meter hög

tsunamivåg. Närmare 20 000 människor dog och en olycka inträffade i kärnkraftverket Fukushima. Denna olycka ledde inte till några ytterligare offer men radioaktivitet spreds i omgivningarna och tusentals människors liv påverkades.

Fukushima-olyckan har lett till nya säkerhetsanalyser i alla kärnkraftländer och i en del fall till konstruktionsförstärkningar. Generaldirektören för OECDs kärnkraftorgan Nuclear Energy Association, NEA, skrev ett år efter olyckan följande:

- Over the past year, the NEA and its member governments have been making numerous efforts to further reinforce the safety of nuclear energy worldwide. Multiple verification activities and

”stress tests” have been undertaken in the NEA member countries using nuclear power, and follow-up measures are being implemented to ensure that existing nuclear energy facilities are prepared for extreme, multiple risks.

Flera av de i slutet av rapporten nämnda hemsidorna innehåller ständigt aktuella beskrivningar av pågående förändringar och moderniseringar av världens reaktorer. Den särskilt intresserade läsaren hänvisas till dessa hemsidor.

Några användbara hemsidor

Om elproduktionen i världen

International Energy Agency www.iea.org

Om kärnkraften i världen

World Nuclear Association www.world-nuclear.org

IAEA – FN:s atomenergiorgan i Wien www.iaea.org

IAEAs Power Reactor Information System, PRIS a2/ www.iaea.org/programmes/a2/

Om kärnkraften i USA

Nuclear Energy Institute www.nei.org

Om kärnkraften i Europa

The European Atomic Forum, Foratom www.foratom.org

Författare

Daniel Westlén, Vattenfall Research and Development

Carl-Erik Wikdahl, Energikommunikation AB

Tecknare

Lasse Widlund

Analysgruppen

Analysgruppen är en självständigt arbetande expertgrupp som följer samhällsdebatten om kärnkraft och strålning. Genom KSU (Kärnkraftsäkerhet och Utbildning AB) är gruppen knuten till kraftindustrin. Gruppen utser själv sina ledamöter efter vetenskaplig kompetens, bransch erfarenhet och personligt engagemang.

Huvuduppgiften är att sammanställa och analysera fakta kring frågor som kommer upp i samhällsdebatten med anknytning till reaktorsäkerhet, strålskydd, radiobiologi och riskforskning.

Gruppen redovisar resultaten främst genom publikationerna Bakgrund- och Faktaserierna som också är tillgängliga på Internet: www.analys.se

Hemsidan täcker området kärnkraft i Sverige och utomlands och har även ett omfattande länkbibliotek.