

## Kärnkraft och värmeböljor

Kärnkraften är generellt okänslig för vädret, men det händer att elproduktionen behöver minska när det är varmt i havet. Det skulle gå att bygga om reaktorerna så att de kan drivas vid full effekt även vid höga vattentemperaturer. Temperaturbegränsningarna som finns är resultatet av en ekonomisk optimering där risken för att förlora elproduktion varma somrar har vägts mot de ökade kostnaderna för att konstruera kraftverket för högre havsvattentemperaturer.



Foto: Christoffer Ågstrand

Elproduktionen i ett kärnkraftverk varierar hela tiden även när reaktoreffekten hålls konstant. Det beror på att verkningsgraden i turbinanläggningen är beroende av temperaturen i havet. Turbinen arbetar effektivare när den kyls med riktigt kallt vatten. Elproduktionen är därför som högst på vintern trots att reaktorn körs vid samma effekt året om.

Den här texten handlar istället om den avsiktliga minskning av reaktorns effekt som görs när det är blir riktigt varmt i havet.

## **Varför minskar man elproduktionen i reaktorerna när det är varmt i havet?**

När en reaktor stoppas fortsätter bränslet att utveckla värme, den så kallade resteffekten. Resteffekten beror av den effekt kärnreaktionerna (fission) utvecklade innan reaktorn stoppades. Ju högre reaktoreffekten var, desto högre blir resteffekten. Värmen som utvecklas av resteffekten måste hela tiden kunna kylas bort. Reactorerna är därför utrustade med en rad system som – oberoende av varandra – har uppgiften att föra värmen från bränslet, via värmeväxlare till havet.

Hur effektiv bortförseln av värmen blir beror av kapaciteten i pumpar och värmeväxlare. Dels har det betydelse hur mycket vatten som kan pumpas runt, dels beror kapaciteten på temperaturskillnaden mellan havsvattnet och vattnet i reaktorsystemen. När havet är kallt har värmeväxlarna mycket stor kapacitet att kyla reaktorvattnet, men när havet är varmt blir kapaciteten lägre.

När havsvattentemperaturen börjar stiga minskar kapaciteten i reaktorns kylsystem. Till slut nås den gräns där kylkapaciteten har sjunkit så mycket att kyleffekten närmar sig resteffekten. Då måste reaktorns effekt och därmed elproduktionen sänkas för att på så sätt minska den resteffekt som behöver kylas bort om reaktorn skulle behöva stoppas. Hos vissa reaktorer kan det vara annat som sätter gränsen, till exempel systemen för att kyla reaktorns reservkraftdieslar. Principen är dock densamma. Genom att sänka reaktoreffekten minskar behovet av kylning om reaktorn måste stoppas och därmed kan varmare kylvatten accepteras.

I instruktionerna i kontrollrummet i varje reaktor finns ett diagram som beskriver vilken som är den högsta tillåtna reaktoreffekten vid olika havsvattentemperaturer. Det ser olika ut för olika reaktorer, men vid någon temperatur strax över 20 grader börjar reaktoroperatören trappa ner reaktorns effekt. Då minskar flödet av ånga till turbinen och elproduktionen går ner. Om havet fortsätter att bli varmare sänks reaktoreffekten (och elproduktionen) ytterligare. Men så fort havsvattentemperaturen vänder börjar kontrollrumspersonalen återigen att höja effekten.

## **Varför är det så här?**

När reaktorerna konstruerades fattades en rad beslut om hur stora värmeväxlare och hur kraftiga pumpar som skulle sättas in i kylsystemen. Stora värmeväxlare och pumpar har hög kapacitet, men är dyra och tar mycket plats. Små värmeväxlare och pumpar klarar däremot inte av hela behovet när havsvattentemperaturen är hög.

Dimensioneringen av kylkedjorna är ett resultat av en ekonomisk optimering där man vägt risken för att tvingas minska elproduktionen till följd av varmt havsvatten mot investerings- och underhållskostnaderna för större komponenter. Som underlag för att bedöma produktionsbortfallet hade man statistik över den historiska havsvattentemperaturen.

Förr var också efterfrågan på el låg på sommaren. Produktionsförluster då fick inte så stora konsekvenser. Men, varefter andelen vind- och solelproduktion i det nordiska kraftsystemet har ökat så har det här förändrats. Genom att elproduktionen numera är mer beroende av vädret så är det inte alls ovanligt med elpriser sommartid som tidigare bara förekom kalla vinterdagar. Ett bortfall av kärnkraftsproduktion kan därmed bli mer ekonomiskt kännbart för reaktorägarna nu än tidigare.

När jordens medeltemperatur stiger ökar sannolikheten för att havet blir varmt. De historiska temperaturdata som användes när reaktorerna konstruerades ger inte längre någon bra bild av de framtida vattentemperaturerna. I kombination med de förändrade elpriserna sommartid så gäller nu delvis nya förutsättningar för optimeringen av reaktorernas kylkedjor. Möjligen är kylkedjornas dimensionering inte längre ekonomiskt optimal.

## **Vad kan man göra?**

Det finns väsentligen tre saker att göra för att kunna köra reaktorerna vid full effekt även vid höga havsvattentemperaturer.

- Det första som kan göras är att se över de beräkningar som ligger till grund för bedömningen av kapaciteten i kylkedjorna. Sedan reaktorerna byggdes har det utvecklats bättre beräkningsverktyg som kan ge mer detaljerade svar än tidigare. Det finns också många års drifterfarenhet att stödja sig på vilket gör att vi nu vet hur komponenter och system beter sig i verkligheten. När reaktorerna konstruerades gjordes i många fall antaganden med väl tilltagna

säkerhetsmarginaler. Sådana säkerhetsmarginaler måste användas när man saknar riktiga data från drift av utrustningen. Drifterfarenheten gör att det nu går att använda mer realistiska indata i beräkningarna. Att göra noggrannare beräkningar är ofta det billigaste sättet att ändra temperaturgränsen.

- Det andra som kan göras är att installera större värmeväxlare i de system där det uppstår flaskhalsar. När de komponenter som sätter gränsen byts ut blir genast något annat gränssättande, men gränsen för vilken havsvattentemperatur som kan accepteras flyttas uppåt. Genom att byta ytterligare komponenter kan gränsen flyttas ytterligare. Den här typen av åtgärder har gjorts många gånger vid de svenska reaktorerna. De innebär dock ombyggnader och ett omfattande arbete med att göra nya beräkningar för att förutsäga hur reaktorn kommer att bete sig efter ombyggnaderna. Det här gör den här typen av åtgärder kostsamma.
- Att dimensionera upp kylkedjorna genom att byta ut komponenter angriper problemet genom att bättra på kapaciteten i kylningen så att mer vatten kan kylas. Ett annat sätt att höja kapaciteten är att skaffa fram kallare vatten. Längs de svenska kusterna finns alltid kallt vatten att få tag i om det hämtas tillräckligt djupt. Att bygga ett djupvattenintag är dock det dyraste sättet att hantera temperaturbegränsningarna men det är också den mest långtgående åtgärden då den har förutsättningar att helt och hållet eliminera frågan.

Huruvida något av det här borde göras vid de svenska reaktorerna är helt och hållet en fråga om ekonomisk optimering. Det är trots allt ganska lite elproduktion som faller bort idag eftersom reaktorerna styrs ner relativt sällan. Samtidigt är investeringarna stora. Det finns också en generell sund ovilja att göra ombyggnationer i reaktorernas säkerhetssystem. Det krävs därför sannolikt att den ekonomiska vinsten av en ombyggnation är betydande för att den ska genomföras.

### ***Hur ser det ut i andra länder?***

Reaktorer som ligger vid havet och kyls med havsvatten har väsentligen samma förutsättningar som de svenska. Om de ligger vid ett varmt hav är de givetvis dimensionerade för högre havsvattentemperaturer från början. Men begränsningar i kylvattentemperaturen finns överallt.

Reaktorer som kyls med flodvatten har helt andra förutsättningar. Driften av de här reaktorerna styrs av miljödomar som reglerar hur mycket de får värma upp floden. Om kylvattnet som släpps ut närmar sig det legala gränsvärdet måste effekten sänkas för att inte floden ska bli varmare än vad som är tillåtet. I det fallet är nedstyrningen alltså inte kopplad till att reaktorn ska kunna drivas säkert. I stället är reaktorns påverkan på den lokala miljön (floden) som sätter gränsen. Det här är ingen fråga i Sverige där alla reaktorer kyls av havsvatten. Havets temperatur påverkas inte mer än lokalt oavsett hur varmt kylvatten som släpps ut. Däremot har det stor påverkan på driften av reaktorerna på kontinenten.

En del reaktorer har kyltorn och använder därmed atmosfären istället för havet eller en flod för att göra sig av med värme. Även de har sina kylkedjor optimerade mot någon maximal lufttemperatur. Blir luften varmare behöver man sänka reaktoreffekten.

***Författare: Daniel Westlén, Vattenfall***

***Granskning: Claes Halldin, Uniper***