

# KÄRNAV FALLSRÅDET

Detta är ett informationsblad som handlar om kapitel 5 *Utveckling av barriärerna – kunskapsläget avseende kopparkapselns integritet* i SOU 2020:9, *Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2020. Steg för steg, Var står vi? Vart går vi?*

## Frågor om barriärerna som fordrar mer forskning

**Hur mycket kan kopparkapseln korrodera utan att säkerheten i slutförvaret för använt kärnbränsle minskar? Riskerar gjutjärnsinsatsen att bli spröd, och hur mycket påverkar den radioaktiva strålningen korrosionen? Fortfarande finns obesvarade frågor som SKB måste forska vidare kring och ge svar på.**

Slutförvaret för använt kärnbränsle ska skydda människor och miljön från det radioaktiva materialet i minst 100 000 år. Kärnkraftsbolagens företag Svensk kärnbränslehantering AB (SKB) har sedan 1970-talet utvecklat ett slutförvarskoncept för det använda bränslet enligt KBS-3-metoden. Konceptet innebär ett förvar med flera olika skyddsbarriärer: en gjutjärnsinsats i en kopparkapsel som i sin tur omges av bentonitlera 500 meter ner i urberget. Tanken är att om en barriär skulle skadas, ska de andra barriärerna vara tillräckligt robusta för att hindra radioaktivt material från att nå ut till människans livsmiljö.

Viss forskning har emellertid visat att de material som barriärerna är tillverkade av kan påverkas mer av den omgivande miljön än vad som tidigare varit känt.

### *Forska mer om barriärerna*

Efter att SKB lämnade in sin ansökan 2011 om att få bygga och driva ett slutförvar för använt kärnbränsle i Östhammars kommun, har Mark- och miljödomstolen vid Nacka tingsrätt analyserat ansökan utifrån miljöbalken, och Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) har bedömt SKB:s

ansökan utifrån kärntekniklagen. Nu är det dags för regeringen att ta beslut i frågan.

Mark- och miljödomstolen ansåg att SKB skulle komplettera ansökan på ett antal punkter.

– Kärnavfallsrådet har dessutom invändningar mot den alltför grunda förståelsen för hur gjutjärnsinsatsen kan komma att påverkas på lång sikt. Här behövs mer forskning, för att vi ska kunna vara säkra på att slutförvaret inte riskerar att bli en fara för människors hälsa och miljön på grund av läckage av radioaktivt material, säger Ingmar Persson, professor i oorganisk och fysikalisk kemi vid Sveriges lantbruksuniversitet och ledamot i Kärnavfallsrådet.

I sin Kunskapslägesrapport 2020 ägnar Kärnavfallsrådet ett kapitel åt en vetenskaplig sammanfattning av var forskningen står idag när det gäller såväl kopparkapseln som gjutjärnsinsatsens hållfasthet.

### *KBS-3-förvarets barriärer*

Innan det använda kärnbränslet kan deponeras i slutförvaret måste det mellanlagras. Det går till så att de fyra till fem meter långa bränsleelementen monteras ur en reaktor för att först kylas i vattenfyllda bassänger vid kärnkraftverken i cirka ett år.

Därefter lagras de i mellanlagret Clab:s bassänger i Oskarshamn för att radioaktiviteten ska minska och dämpa temperaturen. Först efter cirka 40 år kan det använda kärnbränslet forslas till slutförvaret eftersom strålningsflödet då minskat till en tusendel av vad det var när elementen monterades ur.

Enligt SKB:s föreslagna metod ska använt kärnbränsle slutförvaras i insatser av massivt gjutjärn, fyra till tolv bränsleelement i varje gjutjärnsinsats beroende på om de använts i tryck- eller kokvattenreaktorer. De placeras i en meter breda kapslar av 5 cm tjock koppar och locken svetsas igen. Kapslarna deponeras i borrhåll deponeringshål i berget, varpå de stabiliseras i hålen med hjälp av en särskild lera, bentonit, som även den ska skydda kapslarna. Bentonitens förmåga att vara en skyddande barriär beror till stor del på att den mätts av vatten som rinner fram ur sprickor i det omkringliggande berget. När leran sväller kommer den till slut att fullständigt omsluta kopparkapseln.

SKB planerar att bygga och fylla förvaret under minst 70 år innan det försluts. Med dagens planerade kärnkraft i ytterligare cirka 20 år kommer förvaret att innehålla cirka 5400 kopparkapslar med använt kärnbränsle när det slutligen ska förslutas för omvärlden.

#### *Omgivningen påverkar barriärerna*

En grundläggande förutsättning för att SKB:s metod ska fungera är att kopparkapseln och dess gjutjärnsinsats kan motstå kemisk och fysisk påverkan från omgivningen. Ingmar Persson beskriver att omgivningen exempelvis består av mineral som finns i bergarterna, grundvatten som sipprar fram genom sprickor i berget och bakterier, som till viss grad kan påverka kopparkapseln genom kemiska reaktioner. Fysisk påverkan kan innebära vatten som rinner ur sprickor i berget, istider, eller tryck från den mycket långsamma förflyttningen av berggrunden som ständigt sker och som under ett slutförvars långa livstid kan bli betydelsefull.

– Sannolikheten för att vi ska få jordbävningar i närheten av slutförvaret är låg, men även här spelar den långa tidsrymden roll, säger Ingmar Persson.

#### *Syre i förvaret de första åren*

Kapseln är gjord av metallisk koppar, en halvdel

metall. Som sådan korroderar den inte lätt, dvs. den fräts inte sönder och omvandlas inte lätt genom kemiska reaktioner.

– Vi kan jämföra med en mer lättkorroderad metall som järn som rostar när den kommer i kontakt med vatten och syre. Men vissa typer av föreningar som finns i miljön i ett slutförvar kan göra att koppar trots allt reagerar, säger Ingmar Persson.

När ett deponeringshål med kopparkapsel och bentonit stängts, kommer syre att finnas kvar under den första tiden, vilket kan innebära att kopparn kan korrodera, likt ärgning av ett koppartak som utsätts för luftens syre och regnvatten. Syret i slutförvarets stängda tunnlar tar snabbt slut, vissa studier säger två veckor, medan konservativa resultat hävdar tiotals år.

– Oavsett vilket, handlar det om en mycket begränsad period sett till slutförvarets livslängd, säger Ingmar Persson.

#### *Svavelföreningar påverkar i syrefri miljö*

När syret i slutförvaret är slut, kommer svavelföreningar att få större betydelse som ämnen som kan påverka kopparkapseln långsiktiga hållbarhet. Svavelhaltiga mineraler finns allmänt i det svenska urberget, exempelvis pyrit, eller kattguld som vi vanligtvis säger. Svavel kan genom kemiska reaktioner ombildas till vätesulfid och vätesulfidjoner, antingen som gas eller löst i vatten. Dessa föreningar uppkommer på två sätt. Vätesulfid blir till genom att vissa bakterier i berget behöver syre för sin överlevnad, och har förmåga att omvandla syreinhållande svavelföreningar, som t.ex. sulfat, för att komma åt dess syre. Salterna ombildas då till vätesulfid, kanske mer känt som svavelväte, en gas som luktar ruttna ägg. Källan till joner av vätesulfid är svavelhaltiga mineraler, framför allt pyrit, som löses upp av grundvattnet.

Svavlet i vätesulfiden kan reagera med kopparn och bilda en ny förening, kopparsulfid.

Ingmar Persson säger att ytan på kapseln som består av metallisk koppar får sitt yttersta atomlager omvandlat till kopparsulfid genom reaktionen, vilken lägger sig som en film över ytan.

– Reaktionen kan under vissa omständigheter fortsätta och filmen bli tjockare.

Eventuellt blir skiktet grövre på vissa ställen och

därmed bildas gropar i kopparkapselns yta, så kallad gropkorrosion. Finns tillräckligt många djupa gropar blir metallen försvagad och sprickor kan bildas. Under den långa tid det är frågan om, kan kapseln utsättas för tryck från berget, eftersom det sakta rör sig. Kapseln kan då försvagas eller spricka än mer.

Något som talar emot att korrosionen skulle bli allvarlig, är att bentonitleran kommer att skydda kopparytan från frätning, när leran väl mättats av vatten och sluter tätt kring kapseln. Då upphör transporten av vätesulfid och vätesulfidjoner och korroderande processer stannar av.

– Problemet är att det kan ta upp till flera tusen år för bentoniten att mättas av vatten, säger Ingmar Persson, och pekar på att den korrosionsskada som då skett inte går att reparera.

Han säger att kopparkapseln emellertid är fem centimeter tjock och att korrosionen det handlar om kan räknas i en millimeter eller mindre.

– Men om ytan på kopparkapseln ändras, finns ändå en risk att den mekaniska hållfastheten försämras.

SKB forskar sedan lång tid på kopparkorrosion. Ingmar Persson säger att det pågår akademiska diskussionerna runt om i världen om vilka konsekvenser korrosionen får på kapselns mekaniska hållfasthet, dvs hur hållbar kapseln är när den utsätts för krafter eller förflyttningar. Kärnavfallsrådet anser att SKB måste fortsätta studera om kopparsulfidfilmen som bildas är aktiv eller passiv. Det kan nämligen finnas omständigheter där filmen istället för att fräta på kopparkapseln kan sägas skydda ytan från korrosion.

#### *Joniserande strålning förstärker korrosionen*

Strålning från det starkt radioaktiva använda kärnbränslet i kopparkapseln transporteras till viss del ut genom kapseln i en dos som är mycket hög för människans hälsa och miljön. Strålningen domineras av det radioaktiva sönderfallet av cesium-137 som har en halveringstid på 30 år. Det innebär att doshastigheten snabbt minskar men är betydande

de första 300 åren. (Doshastigheten är ett mått som används om den energi som kroppsvävnaderna absorberar under en viss tid, om människan skulle nås av strålningen.) Den joniserande strålningen från kärnavfallet i intakta kopparkapslar kommer emellertid inte ut i vår livsmiljö.

– Bentonitleran och 500 meter berg ovanför kapseln bromsar effektivt strålningen från att nå oss, säger Ingmar Persson.

Problemet är att den joniserande strålningen, tillför hög energi till de kemiska reaktionerna som sker i och runt om kopparkapseln. Det innebär att reaktionerna kan få andra förlopp än med samma kemikalier med mindre energitillförsel. Intensiv strålning slår sönder vattenmolekylerna och bildar fria radikaler som i sin tur är reaktiva och kan påskynda processer. Dessutom bildas vätegas och syrgas. Kopparen kan direkt ta upp vätet och därmed bli sprödare. De fria radikalerna leder också till att kopparytan blir mer tillgängligt för korrosionsprocesser i grundvattenmiljön.

– Kärnavfallsrådet vill att SKB gör studier på hur mycket joniserande strålning påverkar kopparkorrosionen. SKB bör även se hur processerna påverkar töjbarheten hos kopparmaterialet säger Ingmar Persson.

#### *Kopparkapseln måste kunna töjas när berget trycker på*

Krypduktilitet eller krypförmåga handlar om ett materials förmåga att tänjas utan att gå sönder. Denna förmåga är viktig för kopparkapseln eftersom berggrunden mycket sakta rör sig, och kan trycka på med olika hastighet på olika delar av kapseln, så kallad skjuvning. Tidigare planerade SKB att producera kapslarna av en ren koppare, men krypegenskaperna var inte tillräckligt goda.

– Forskning visar att om man tillsätter mellan 50 och 100 vikts-ppm fosfor i kopparen så förbättras töjbarheten. Men vi vet inte varför det blir bättre, säger Hannu Hänninen, professor i materialvetenskap och maskinteknik vid

**Joniserande strålning** är en gemensam benämning för alla strålningstyper som kan åstadkomma kemiska förändringar i det bestrålade materialet genom att slå loss elektroner från atomer och därmed förvandla atomerna till joner. Den joniserande strålningen i detta sammanhang är gammastrålning från sönderfall av radioaktivt material.

Aalto universitetets tekniska högskola i Finland och sakkunnig i Kärnavfallsrådet.

Han betonar vikten av att förstå mekanismerna bakom varför fosfor ger kopparn bättre egenskaper, bland annat för att veta hur mycket fosfor som bör tillsättas.

– Vi behöver veta att materialegenskaperna inte ändras, och att kopparkapseln är lika hållbar under olika belastningar under långa tidsperioder, säger han.

#### *Fastsvetsning av kopparlocket kan orsaka problem*

Ett annat problem är själva fastsvetsningen av kopparkapseln lock. Syret i luften bildar då oxider i själva svetsfogen. Dessa oxidpartiklar kan absorbera väte, vilket gör kopparmaterialet sprödare.

– Därför måste man tillsätta ett gasskydd under själva svetsningen, som gör att syret inte kommer åt svetsen och orsakar problem, säger Hannu Hänninen. Han nämner att SKB utvecklar teknik för att det ska gå att genomföra svetsningen utan att oxider uppstår.

– Dessutom måste SKB undersöka effekten av svetsning på fosforns goda inverkan på töjbarheten i kopparn. Krypegenskaperna kanske förändras när kopparlocket svetsas fast, säger han.

#### *Få studier om gjutjärnsinsatsen hittills*

Gjutjärn är inte lika segt och töjbart som koppar, och även gjutjärnsinsatsen måste klara stora påfrestningar som kan uppstå till följd av jordbävningar eller istider. När det gäller kapseln finns inte lika mycket forskning kring gjutjärnsinsatsen som det finns om kopparkapseln.

När insatsen tillverkas uppstår ofta variationer i hur mycket väte som gjutjärnet kommer att innehålla. När gjutjärnsinsatsen fylls med bränsleelement följer lite vatten med eftersom dessa inte är helt torra. SKB räknar med att det, i de vattenfyllda bassängerna i mellanlagret Clab, finns skadade bränsleelement med mycket små hålrum, där vatten kan stanna kvar även efter att bränslet

torkats.

Hannu Hänninen förklarar att eftersom det inte finns något syre inne i kapseln, kan vattnet orsaka syrefri korrosion av gjutjärnet och då bildas vätgas. Forskning visar att detta tillskott av väte kan vandra in i gjutjärnet, vilket gör att den sammanlagda mängden väte ökar, med risk för att gjutjärnet blir sprött och lättare kan spricka.

Därför vill Kärnavfallsrådet att SKB ska överväga att sätta ett lägre gränsvärde för hur mycket vatten som maximalt ska vara tillåtet i en försluten kopparkapsel för att gjutjärnsinsatsens, och eventuellt kopparns, mekaniska egenskaper inte ska påverkas negativt.

– Dessutom tillkommer den starka joniserande strålningen, som också förstärker reaktionerna inne i kapseln, precis som den gör utanför kapseln, säger Hannu Hänninen.

Han betonar att Kärnavfallsrådet vill se svar på osäkerheterna kring försprödning av gjutjärnsinsatsen. Om insatsen skulle spricka är det nämligen möjligt att också kopparkapseln spricker. Det kan resultera i utsläpp av radioaktiva ämnen, som med tiden skulle kunna förflytta sig med grundvattnet genom sprickor i berget för att slutligen komma ut i människans livsmiljö. Detta är en anledning till att metoden bygger på flera barriärer. Även bentonitlagret ska skydda och fördröja ett eventuellt utsläpp av radioaktivt material.

– Det finns alltså en rad frågor kring korrosion och kring de mekaniska egenskaperna hos såväl kopparkapseln som gjutjärnsinsatsen som måste få svar, säger Hannu Hänninen.

Fortsatt forskning och utvecklingsarbete behövs för att reducera osäkerheterna när det gäller de kvarstående frågorna om barriärerna. Rådet anser att SKB bör prioritera frågorna i sina kommande forsknings- och utvecklingsprogram (Fud) och att de ska vara tydliga kravpunkter i Strålsäkerhetsmyndighetens fortsatta stegvisa prövning om regeringen ger SKB tillstånd och tillåtlighet att bygga och driva ett slutförvar för använt kärnbränsle.

Läs om *Utveckling av barriärerna – kunskapsläget avseende kopparkapseln integritet* i Kunskapslägesrapport 2020, SOU2020:9:

<https://www.karnavfallsradet.se/sou-20209-kunskapslaget-pa-karnavfallsområdet-2020-steg-for-steg-var-star-vi-vart-gar-vi>