



# Inkapsling

När, var, hur och varför?





# Inkapsling

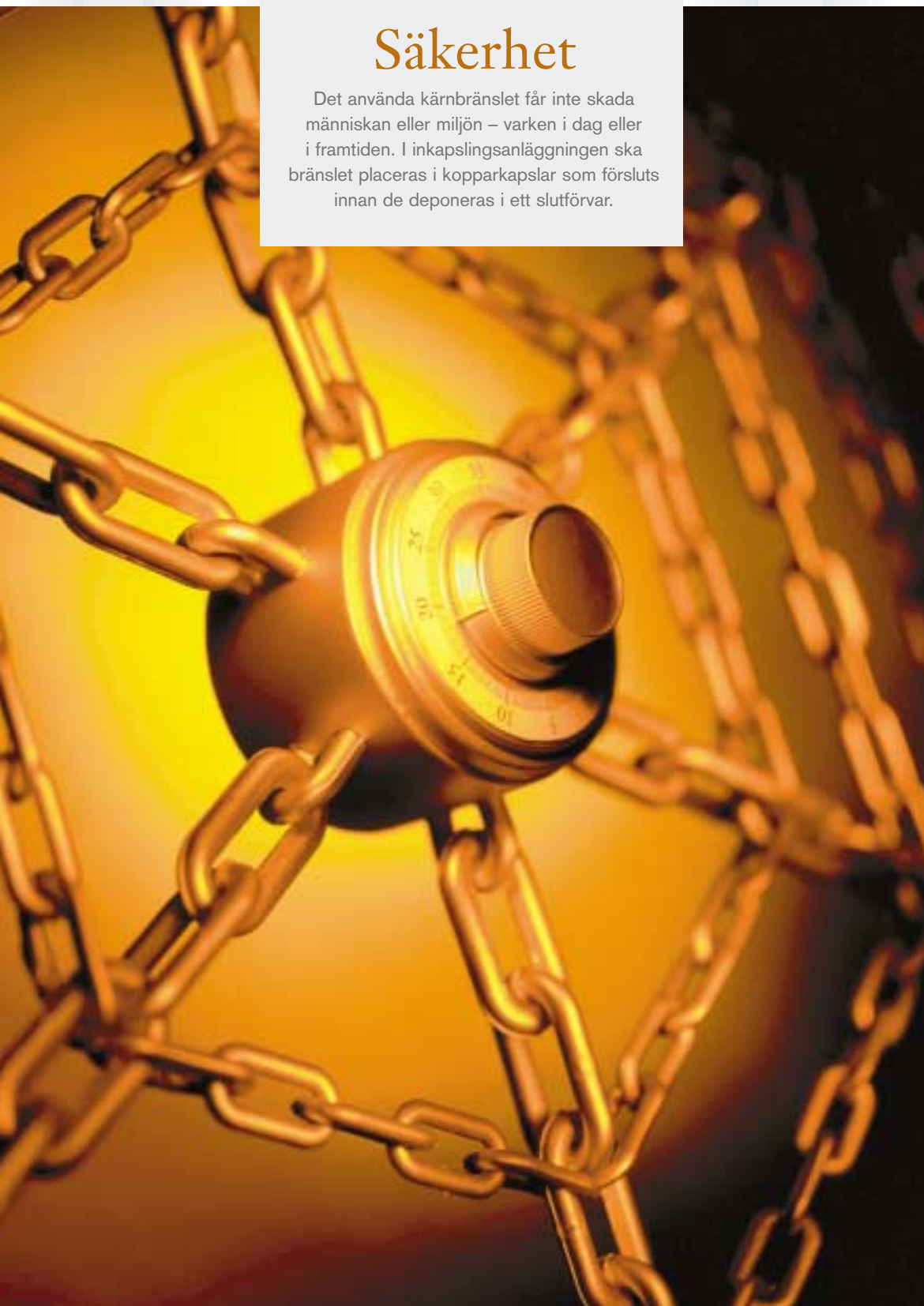
När, var, hur och varför?

## Innehåll

<b>Säkerhet</b>	3
Vi bygger säkra system	4
Säkerhet och miljö i främsta rummet	7
Vad ska kapslas in?	11
Varför ska bränslet kapslas in?	18
Varför järn och koppar?	22
Höga krav på kopparkapslarna ...	26
... och på anläggningen	33
Kvalitetskontroll	36
<b>Effektivitet</b>	43
En kapsel om dagen	44
Hyvä Suomi	49
Valfrihet viktig vid tillverkning ...	51
... och vid förslutning	61
Vad kostar det?	65
Blir det några nya jobb?	67
<b>Lyhördhet</b>	69
Dialogen	70
Den demokratiska processen	73
Den goda cirkeln	76
Dina åsikter är viktiga	78

# Säkerhet

Det använda kärnbränslet får inte skada människan eller miljön – varken i dag eller i framtiden. I inkapslingsanläggningen ska bränslet placeras i kopparkapslar som försluts innan de deponeras i ett slutförvar.



# Vi bygger säkra system

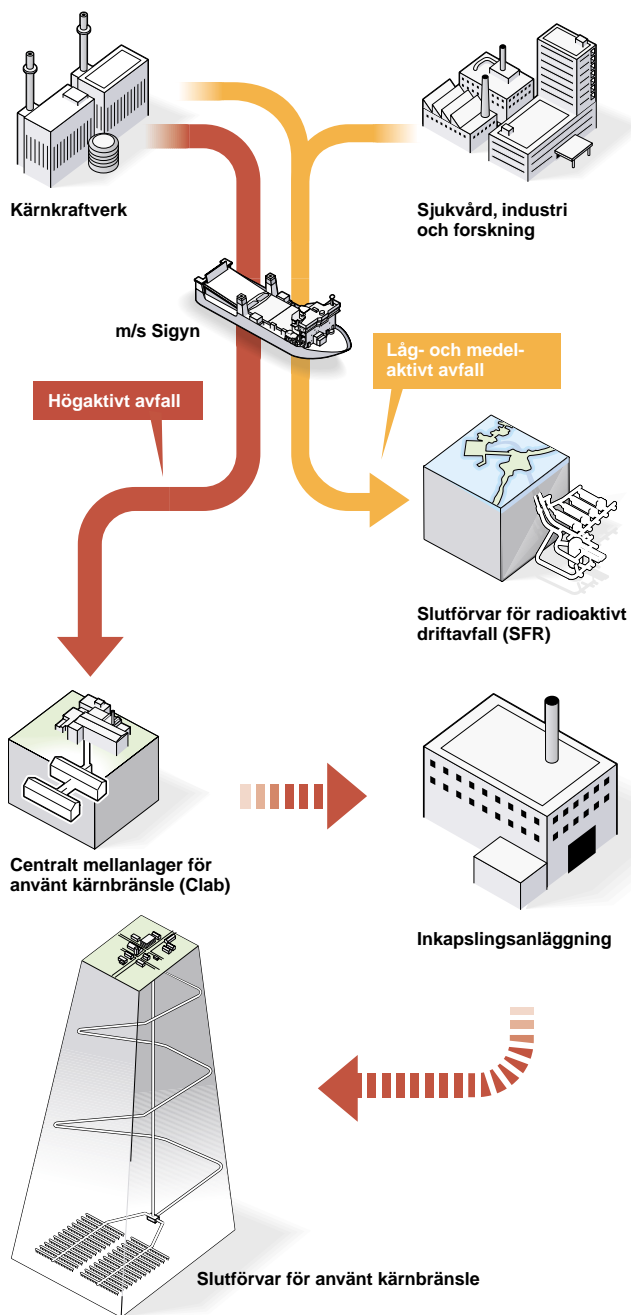
Tre decenniers intensivt arbete har gett Sverige ett säkert system för att ta hand om radioaktivt avfall. Inkapslingsanläggningen är en viktig komponent i detta.

Sverige har producerat el med kärnkraft i över 30 år. Kärnkraften svarar för nästan hälften av elförsörjningen. Det innebär att i stort sett varannan glödlampa, varannan spis och varannan dator drivs med kärnkraftsel. El som ger ljus, kraft och värme, men som också ger upphov till använt kärnbränsle. Det använda bränslet finns och måste tas om hand på ett säkert sätt. Oavsett hur Sveriges framtida energiförsörjning ser ut och oavsett om folkviljan är för eller mot kärnkraft. Hur bränslet tas om hand är en viktig miljö- och hälsoskyddsfråga. Det måste hanteras på ett säkert sätt för att skydda människor och miljö från skador.

## Industrins ansvar

Kärnkraftsindustrin fick redan på 1970-talet i lag ansvaret för att ta hand om allt radioaktivt avfall från sina anläggningar. Ägarna till kärnkraftverken bildade därför tillsammans Svensk Kärnbränslehantering AB, SKB. En fond för att klara finansieringen instiftades också några år senare. Det blev SKB:s uppdrag att organisera arbetet med att ta hand om avfallet. Under tre årtionden har vi byggt upp ett system för att ta hand om olika typer av radioaktivt avfall på ett säkert sätt. Vi har ett specialbyggt fartyg för att frakta avfallet, ett slutförvar för olika typer av driftavfall (SFR) i Forsmark och ett mellanlager för använt kärnbränsle (Clab) i Oskarshamn.

Fyra viktiga kuggar saknas dock för att systemet ska bli komplett. Vi måste ta fram en kapsel och bygga en inkapslingsanläggning för att kapsla in det använda bränslet, ett slutförvar för att deponera kapslarna i och senare även ett förvar för det långlivade avfall som bland annat uppkommer när kärnkraftverken en gång rivs. Driften av SFR och Clab har gett oss många värdefulla erfarenheter av att driva kärntekniska anläggningar. Många små förbättringar av de dagliga rutinerna har gett goda resultat. Denna erfarenhet är något vi kommer att ta med oss när de nya anläggningarna byggs och tas i drift.



*SKB ansvarar för att det radioaktiva avfallet från kärnkraftverken hanteras på ett sätt som är säkert för både människa och miljö. SFR och Clab är i drift, medan inkapslingsanläggningen och slutförvaret för använt kärnbränsle väntar på att få byggas.*



*Transporten av det använda kärnbränslet från kraftverken till Clab sker i specialbyggda behållare, som dämpar strålningen.*

### **Ansöker om tillstånd**

Sedan år 2003 driver SKB Projekt Inkapsling. Målet för projektet är att ta fram allt underlag som behövs för att kunna söka tillstånd för inkapslingsanläggningen. År 2006 ska vi enligt planerna lämna in en ansökan enligt kärntekniklagen om att få bygga anläggningen. Två år senare är det dags att lämna in ansökningar om att få bygga slutförvaret i antingen Forsmark eller Oskarshamn. Då ansöker vi också om att pröva inkapslingsanläggningen enligt miljöbalken.

Vi vill att inkapslingsanläggningen ska ligga i Oskarshamn i anslutning till Clab, där bränslet mellanlagras i dag. Detta gäller oberoende av var slutförvaret byggs. Det är också denna placering som vi kommer att söka tillstånd för 2006.

# Säkerhet och miljö i främsta rummet

SKB:s mål är att inkapslingsanläggningen ska bli en säker och miljövänlig anläggning. Arbetsmiljön för de anställda ska vara bra och driften ska påverka omgivningen så lite som möjligt.



*SKB vill bygga inkapslingsanläggningen i direkt anslutning till Clab, det centrala mellanlagret för använt kärnbränsle.*

Ute på Simpevarpshalvön nära Oskarshamn ligger Clab, det centrala mellanlagret för använt kärnbränsle. Den ansökan som SKB planerar att lämna in 2006 om att få bygga inkapslingsanläggningen baserar sig på att denna byggs samman med Clab. Ett sådant läge ger många fördelar. På så sätt kan vi utnyttja Clabs system för till exempel el- och vattenförsörjning. Den befintliga hamnen i Simpevarp kan användas för transporter. Vi får också tillgång till den stora kunskap och erfarenhet, som personalen på Clab och det intill liggande kärnkraftverket har av hur man hanterar använt kärnbränsle på ett säkert sätt.

### Kärnteknik i fredligt syfte

En annan viktig fördel med att placera inkapslingsanläggningen i anslutning till Clab är att safeguardskontrollen (icke-spridningskontrollen) blir enklare. Sverige har genom ett antal internationella överenskommelser förbundet sig att bara använda kärnkraften i fredligt syfte. I överenskommelserna ingår också att allt använt kärnbränsle ska övervakas och redovisas, så att ingenting kommer på avvägar och riskerar att hamna i orätta händer. Hanteringen och redovisningen kontrolleras regelbundet av Euratom och IAEA (internationell nivå) samt av Statens kärnkraftinspektion (nationell nivå).

I Clab håller man i dag till exempel reda på ursprunget hos varje bränsleelement, vilken typ av bränsle det rör sig om, var det är placerat i bassängerna samt hur mycket klyvbart material det innehåller. Vid inkapslingen kommer bränsleelement med olika effekt att kombineras så att temperaturen på kapselns yta inte blir för hög.



*Så här ser området runt Clab ut i dag.*

Det gäller alltså dels att hålla reda på vilka bränsleelement som finns i vilken kapsel, dels att skilja de olika kapslarna åt. Varje kapsel kommer att få en unik identitetsmärkning, som är möjlig att se med blotta ögat. De förslutna kapslarna placeras i transportbehållare i väntan på transport till slutförvaret. Även varje transportbehållare har en unik identitet som kopplas till vilken kapsel den innehåller.

### Enklare administration

I safeguardssammanhang talar man om begreppet MBA (Material Balance Area). Om inkapslingsanläggningen byggs samman med Clab skulle anläggningarna tillhöra samma MBA. Detta skulle i sin tur underlätta såväl vår egen administration av uppgifterna om bränslet och kapslarna som myndigheternas kontroll.

Inkapslingsanläggningen kommer, liksom alla stora byggprojekt, att påverka miljön både under bygge och drift. SKB:s ambition är att i varje moment göra dessa störningar så små som möjligt. Runt Clab finns asfalterade ytor. Dessa kan utnyttjas för baracker och andra provisoriska byggnader, som kan behövas under byggskedet. Vi kommer också att behöva använda en del områden nord och nordväst om Clab som lagringsplats för byggmaterial. Dessa områden är i dag täckta av skog. Om områdena tas i anspråk kommer de att i största möjliga utsträckning återställas när bygget är klart. Skogsridån runt Clab och industriparken berörs troligen väldigt lite.



*Att Clab och inkapslingsanläggningen tillhör samma Material Balance Area kommer att förenkla rutinerna vid in- och utpassering.*



*En stor hägerkoloni häckar på södra Simpevarp.*

## Miljöpåverkan under bygget

På södra Simpevarp finns en av Kalmar läns största kolonier av häckande hägrar. Även andra fåglar häckar längs kusten. Bullret och vibrationerna när anläggningen byggs skulle kunna störa fåglarna.

Vi utreder för närvarande hur stora störningarna blir. Vårt mål är att störa fåglarna så lite som möjligt.

När vi bygger anläggningen måste vi pumpa bort det regnvatten som läcker in i de utsprängda utrymmena. Vattnet blir då lätt förorenat av kväve, olja och partiklar och måste därför renas på plats innan det släpps ut. Reningen blir dock så effektiv att vi kan släppa ut det bortpumpade vattnet i Östersjön utan att det ger några negativa miljöeffekter.



*Miljöstörningar under driften av inkapslingsanläggningen blir betydligt mindre än under bygget.*

## Drift stör mindre

Miljöstörningarna under driften av anläggningen blir betydligt mindre än under bygget. Såväl buller som antalet transporter minskar. I inkapslingsanläggningen ska det använda bränslet lyftas över från bassängerna i Clab till kopparkapslarna som sedan försluts. Det är en i grunden okomplicerad verksamhet, som dock måste ske med stor omsorg eftersom vi befinner oss i en radioaktiv miljö.

SKB har lång erfarenhet från driften av Clab och vi vet vilken miljöpåverkan en sådan verksamhet ger. Strålningen påverkar inte hälsan hos de anställda eller hos dem som bor i närheten. Utsläppen av radioaktiva ämnen från inkapslingsanläggningen kommer att bli av samma storleksordning som utsläppen från Clab. Nivåerna för utsläppen från Clab ligger i dag på några tiotusendelar av vad som tillåts från en kärnteknisk anläggning. Årsdoserna till personal och entreprenörer är också de mycket låga och var under 2004 de lägsta sedan anläggningen togs i drift 1985.

Kylvattnet från inkapslingsanläggningen ansluts till Clabs kylvatten och släpps ut till Östersjön via kylvattentunneln från Oskarshamn 1. Behovet av kylvatten är betydligt mindre i inkapslingsanläggningen än i Clab.

# Vad ska kapslas in?

Det finns all anledning att ha respekt för det använda kärnbränslet. Under lång tid kommer bränslet att innehålla radioaktiva ämnen som är farliga för både människa och miljö.



*Bränsleelement från en reaktor.*



*Uran finns naturligt i jordskorpan. På vissa ställen bryts uranmalm i gruvor och dagbrott. Bilden visar ett dagbrott i Brasilien.*

Bränslet i ett kärnkraftverk består av urandioxid, en förening mellan uran och syre. Uran är ett mycket tungt grundämne som förekommer i berggrunden över hela världen i form av mineralet uraninit. På några ställen är koncentrationerna så höga att det är ekonomiskt lönsamt att utvinna uranet. Det uran som används i svenska kärnkraftverk bryts i dagbrott och gruvor i bland annat Kanada och Australien.

Urandioxiden pressas samman till små centimeterstora kutsar, som sintras ihop i ugnar vid hög temperatur till ett material som liknar keramik. Kutsarna packas därefter i ungefär fyra meter långa kapslingsrör gjorda av zirkaloy, en zirkoniumlegering som ska skydda det omgivande vattnet i reaktorn från att förorenas av radioaktiva ämnen som frigörs från bränslet. Rören försluts med täta svetsar och monteras ihop till bränsleelement. Antalet rör i varje bränsleelement varierar beroende på hur reaktorn är utformad. En reaktor drivs med 450–700 bränsleelement. Det motsvarar ungefär 20 miljoner bränslekutsar.



### Olika antal neutroner

Uranatomerna i bränslet har olika kärnsammansättningar. Atomkärnan innehåller alltid 92 protoner (positivt laddade kärnpartiklar). Antalet neutroner (oladdade kärnpartiklar) kan däremot variera. Naturligt uran består främst av två former: uran-235

*Bränslet i ett kärnkraftverk består av urandioxid som har pressats samman till centimeterstora kutsar.*

(0,7 procent) och uran-238 (99,3 procent). Dessutom finns ytterst små mängder av uran med andra kärnsammansättningar.

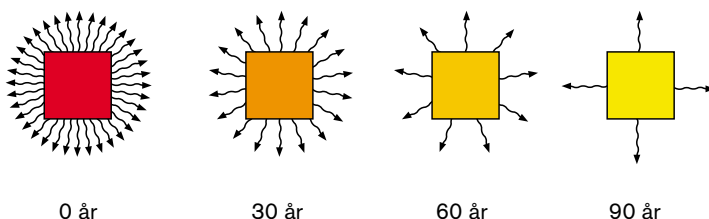
Innan uranet kan användas som bränsle i en reaktor måste halten av uran-235 höjas genom anrikning. Svenska lättvattenreaktorer behöver kärnbränsle med en halt av upp till fem procent uran-235. De olika formerna av uran bidrar till energiproduktionen i reaktorn på olika sätt: uran-235 klyvs, medan uran-238 tar upp en neutron. När uran-235 klyvs stöts delarna ifrån varandra med våldsam kraft. Bindningsenergi som tidigare höll ihop atomerna förvandlas till rörelseenergi, som i sin tur omvandlas till värmeenergi när delarna bromsas upp vid kollisioner med andra atomer. Värmeenergin kan sedan utnyttjas för att hetta upp vatten till ånga och driva generatorer.

### Många nya ämnen

Klyvningen av uran-235 kan ske på ett trettiotal olika sätt. Vid klyvningen bildas ett sextiotal olika atomkärnor, så kallade klyvnings- eller fissionsprodukter. De olika fissionsprodukterna förekommer i olika mängder och har olika egenskaper. En del är så kortlivade att de i stort sett försvinner i samma ögonblick som reaktorn stängs av. De flesta av klyvningsprodukterna stannar dock kvar där de bildades i bränslets uran-syre-struktur. Några frigörs emellertid och vandrar i gasform genom bränslet. Exempel på fissionsprodukter är olika former av jod, cesium och strontium.

Fission är en självunderhållande reaktion. Vid varje klyvning frigörs två eller tre neutroner, vilka i sin tur kan starta nya klyvningsprocesser. Neutronerna kan också fångas in av uran-238. När neutronen tas upp av urankärnan omvandlas den till en proton. Eftersom varje grundämne har ett unikt antal protoner uppstår nu ett nytt grundämne – plutonium. Successiva neutroninfångningar ger allt tyngre ämnen, så kallade transuraner. Neptunium, americium och plutonium tillhör transuranerna. De tunga ämnen som bildas vid reaktordriften tillhör tillsammans med uran en grupp av ämnen som kallas aktinider.

Neutroner kan också fångas in av vissa av de metaller som bränsleelementen består av. Därigenom blir dessa också radioaktiva. Några exempel är kobolt, nickel, niob och zirkonium. Sådana ämnen som blivit radioaktiva genom att de utsatts för neutronstrålning kallas aktiveringsprodukter.



När radioaktiva atomer sönderfaller till nya stabila ämnen finns färre radioaktiva atomer kvar. Därför avtar aktiviteten. Figuren illustrerar ett ämne med 30 års halveringstid.

## Byts efter fem år

Ett bränsleelement används i drygt fem år i reaktorn, sedan byts det ut. När reaktorn stoppas och bränslet tas ut avstannar reaktionerna. Sönderfallet fortsätter däremot. Bränslet är som farligast just när det tagits ut ur reaktorn. Många av de ämnen som bildas har kort halveringstid. Med halveringstid menas den tid det tar tills hälften av alla radioaktiva kärnor av ett ämne har fallit sönder.

Sedan minskar farligheten med tiden. Det finns inte något entydigt svar på frågan om vilka ämnen som är farligast i det använda bränslet. I det korta tidsperspektivet är de kortlivade ämnena farligast, eftersom det är dessa som avger mest strålning. Det är också strålningen från de kortlivade ämnena som de anställda vid kärnkraftverk och kärnavfallsanläggningar i första hand måste skydda sig mot. När de kortlivade ämnena är borta finns de långlivade kvar. Speciellt plutonium och americium har långa halveringstider. Dessa är skadliga framför allt om man får i sig dem genom att andas in dem eller via mat och dryck. Plutonium är dessutom en tungmetall och har kemiska egenskaper som gör den giftig.

Uran – 238	$\alpha$	4,5 miljarder år
Torium – 234	$\beta$	24 dagar
Protaktinium – 234	$\beta$	1,2 min
Uran – 234	$\alpha$	246 000 år
Torium – 230	$\alpha$	75 400 år
Radium – 226	$\alpha$	1 600 år
Radon – 222	$\alpha$	3,8 dagar
Polonium – 218	$\alpha$	3,1 minuter
Bly – 214	$\beta$	27 minuter
Vismut – 214	$\beta$	20 minuter
Polonium – 214	$\alpha$	163 mikrosekunder
Bly – 210	$\beta$	22 år
Vismut – 210	$\beta$	5 dagar
Polonium – 210	$\alpha$	138 dagar
Bly – 206	$\alpha$	Stabil

*Sönderfallsserien för uran-238. I tabellen finns också typen av sönderfall ( $\alpha$ - eller  $\beta$ -strålning) och halveringstider angivna.*

## Omständigheterna avgör

Det exakta innehållet av olika radioaktiva ämnen i använt kärnbränsle beror på vilken typ av bränsle det rör sig om, driftförhållandena och bränslets ålder. Sammansättningen och fördelningen mellan de kort- och långlivade ämnena styrs av utbränningsgraden och den specifika effekten.

Med utbränningsgrad menas den totala mängd energi som utvunnits ur varje bränsleelement. Denna är speciellt betydelsefull för fördelningen av långlivade ämnen i det använda bränslet. Om utbränningsgraden är hög har en stor andel av bränslets uran-235-kärnor kluvsits. Det har också många plutoniumkärnor gjort. Totalt sett blir antalet radionuklider fler. För fördelningen av kortlivade ämnen är den specifika effekten, dvs den energi som utvinns varje sekund under drift, viktigare.

När det använda kärnbränslet har tjänat ut i reaktorn lagras det under cirka ett år i kärnkraftverkens egna bassänger. Under denna tid minskar radioaktiviteten med ungefär 90 procent och värmeutvecklingen avtar. Sedan förs bränslet till Clab och mellanlagras där i cirka 30 år innan det ska kapslas in i inkapslingsanläggningen och deponeras i slutförvaret. Vid deponeringen återstår ungefär en procent av radioaktiviteten jämfört med när bränslet just tagits ut ur reaktorn. Under förutsättning att reaktorerna drivs i 40 år kommer det svenska kärnkraftsprogrammet att ge upphov till 9 300 ton bränsle (räknat som uran). Det motsvarar 4 500 kapslar. I dag finns drygt 4 000 ton bränsle lagrat i Clab.



*Innan bränslet används i reaktorn är det inte speciellt radioaktivt och kan hanteras utan skyddsutrustning.*

## SÅ SKADAR STRÅLNINGEN KROPPEN

De radioaktiva ämnena i kärnbränslet avger fyra typer av strålning: alfa-, beta-, gamma- och neutronstrålning. Neutronstrålningen upphör i stort sett i samma ögonblick som reaktorn stängs av. Alfa- och betastrålning har kort räckvidd. Alfastrålning stoppas av ett tunt papper och kan inte tränga igenom huden. Betastrålning når längre, men glasögon och tjocka kläder ger tillräckligt skydd.

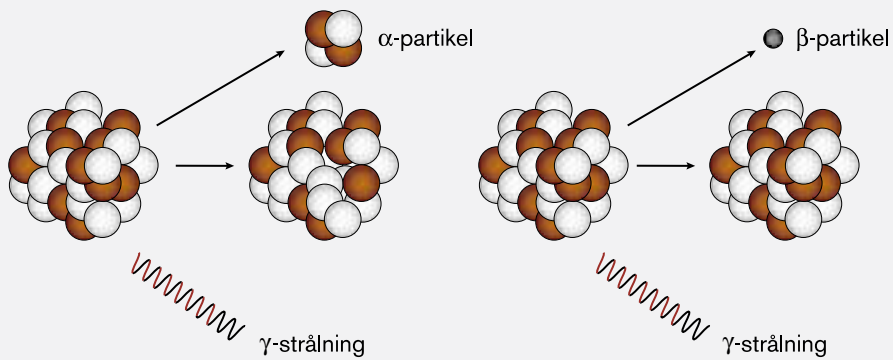
Det är först när alfa- och betastrålande ämnen kommer in i kroppen med inandningsluften eller via mat och dryck som de blir skadliga för hälsan. Då kan de orsaka skador på arvsmassan i cellerna. Inuti kroppen finns ju inga skyddsbarriärer i form av hud eller kläder.

Strålning med lång räckvidd kallas gammastrålning. De som arbetar med radioaktivt avfall måste i första hand skydda sig mot denna strålningstyp. Gammastrålning kan tränga igenom kläder och hud och skada vävnaderna, även om strålkällan finns utanför kroppen. Skadorna blir desamma som vid alfa- och betastrålning. För att stoppa gammastrålning krävs strålskärning. I tekniska anläggningar består normalt denna av vatten, betong eller bly.

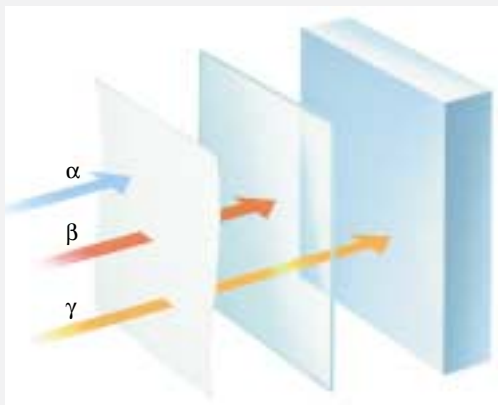
För människan kan höga stråldoser under kort tid leda till döden på grund av skador bland annat på det centrala nervsystemet, matsmältningsorganen eller benmärgen. Arvsmassan i en cell består av DNA-kedjor. Dessa styr dels hur den enskilda cellen fungerar, dels bär de på en komplett arkitekturritning av hela kroppen. Den vanligaste skadan som orsakas av strålning är att vattnet i cellen bildar joner (elektriskt laddade partiklar) som angriper DNA-kedjorna. I värsta fall kan detta leda till cancer eller ärftliga förändringar.

Några meter vatten eller tjocka betongväggar räcker för att göra arbetsmiljön säker. Alla som arbetar vid kärntekniska anläggningar i Sverige har utrustats med personliga dosimetrar som visar hur stor stråldos han eller hon utsatts för under en viss tid.

Stråldoser mäts i enheten sievert (Sv). Enheten är ett mått på skadeverkan i kroppens celler. Eftersom det är en mycket stor enhet använder man sig vanligen av millisievert (mSv). Årsdosen för en genomsnittssvensk uppgår till ungefär 4 mSv. En dödlig stråldos är ungefär 5 000 mSv, om den erhålls vid ett och samma tillfälle. Lägre stråldoser kan framför allt orsaka cancer och skador på arvsmassan. Sannolikheten för att man drabbas av dödlig cancer är ungefär fem procent om man utsätts för en stråldos av 1 000 mSv.



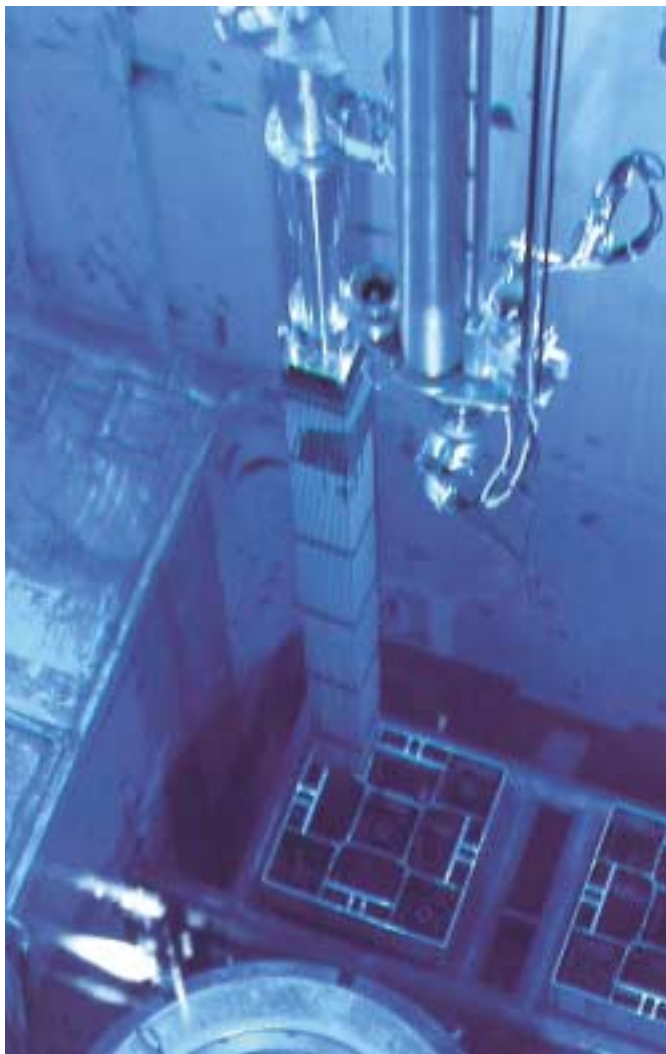
Radioaktivt sönderfall kan ske på flera sätt. Alfa sönderfall innebär att den sönderfallande atomkärnan sänder ut en partikel bestående av två neutroner och två protoner och ett ämne med lättare atomkärna bildas. Vid betasönderfall övergår en neutron till en proton eller tvärtom. Samtidigt sänds en elektron ut från kärnan. Vid båda typerna av sönderfall bildas gammastrålning.



Olika typer av strålning har olika genomträngningsförmåga. Alfastrålning stoppas av ett papper och betastrålning av glas. Gammastrålning är däremot så energirik att det krävs tjocka betongväggar eller flera meter vatten för att stoppa den.

# Varför ska bränslet kapslas in?

I dag finns ingen teknik för att i stor skala oskadliggöra använt kärnbränsle. I stället måste vi inrikta oss på att se till att ingen kommer i kontakt med det.



*Bassängerna i Clab är en säker förvaringsplats för det använda kärnbränslet, men hur länge?*

Livet är fyllt av risker. Det är omöjligt att veta vad som väntar bakom nästa gathörn. Vissa händelser kan man skydda sig mot genom att teckna försäkringar, ändra sitt beteende eller helt enkelt undvika att utsätta sig för sådant som man uppfattar som farligt. Andra risker får man helt enkelt leva med. Vem som helst kan utan egen förskyllan bli drabbad av en invalidiserande sjukdom eller bli påkörd av en rattfyllerist.

Begreppet risk består av två delar; farligheten och exponeringen. Farligheten beskriver konsekvenserna. Om tvååriga Kalle äter maskindiskmedel är farligheten ett mått på vilken skada diskmedlet gör, dvs hur frätande det är. Exponeringen beskriver hur ofta, hur mycket eller under hur lång tid en person utsätts för det farliga. I Kalles fall är exponeringen ett mått på hur lätt det är för honom att få tag i det och hur mycket han får i sig. Multiplicerar man farligheten och exponeringen får man risken för att Kalle ska skadas.

## Byt eller göm

Kalles föräldrar kan reducera risken på två sätt. De kan minska farligheten genom att byta till någon inte fullt så frätande produkt. De kan också fortsätta att använda maskindiskmedlet, men minska exponeringen genom att göra det otillgängligt, dvs förvara det i en barnsäker förpackning eller inlåst i ett skåp där Kalle inte kommer åt det.

Detta resonemang kan också tillämpas på det använda kärnbränslet. För att minska risken för att någon skadas kan man antingen göra bränslet mindre farligt, se till att folk inte kommer i kontakt med det eller en kombination av båda dessa åtgärder. I förra kapitlet kunde vi konstatera att använt kärnbränsle är mycket farligt. Eftersom det inom överskådlig tid förmodligen inte kommer att finnas något praktiskt genomförbart sätt att göra det använda kärnbränslet mindre farligt, måste vi koncentrera oss på att minska risken för att någon skadas genom att se till att människor helt enkelt inte kommer i kontakt med det. Att deponera bränslet i ett slutförvar långt nere i berggrunden är ett sådant sätt.

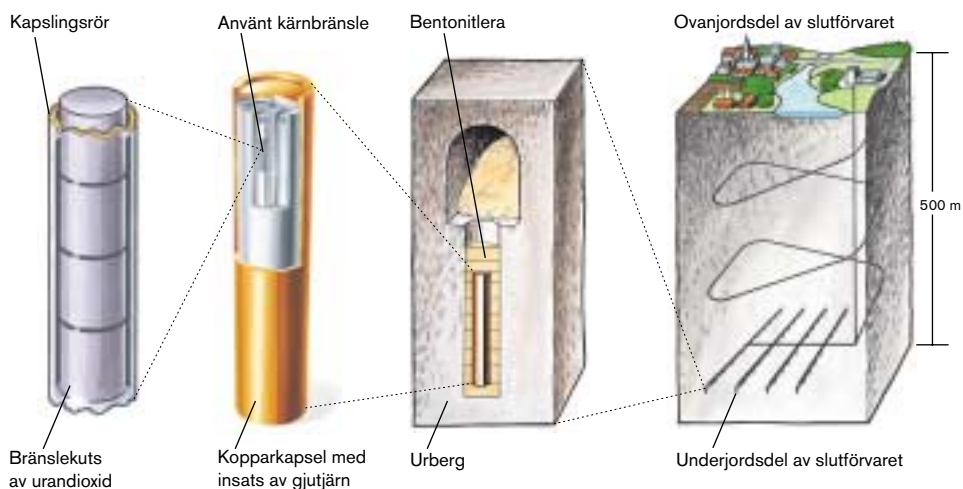
I jämförelse med andra farliga ämnen har de radioaktiva en fördel i och med att radioaktiviteten klingar av. Tidsperspektivet blir långt, men inte oändligt. Slutförvaret ska fungera i åtminstone 100 000 år. Ungefär så lång tid tar det för radioaktiviteten i det använda bränslet att klinga av till sådana nivåer som är jämförbara med radioaktiviteten i den mängd uranmalm som bränslet en gång tillverkades av. I våra säkerhetsanalyser har vi ett ännu längre perspektiv – en miljon år. Därför måste vi använda oss av en metod som fungerar både i dag och i framtiden.

## Ingen långsiktig lösning

Mycket kan hända under så lång tid. Att fortsätta lagra det använda bränslet i Clab är ingen långsiktigt säker lösning. Clab är visserligen en säker anläggning som fungerar alldeles utmärkt för dagens behov. Men anläggningen slits och blir omodern med tiden. Maximalt kan vi räkna med att Clab kan fungera i några hundra år, under förutsättning att anläggningen regelbundet underhålls och moderniseras.

För att en övervakad anläggning som Clab ska fungera krävs att samhället är stabilt – politiskt och ekonomiskt. Bara för att Sverige är ett lugnt och välordnat land i dag finns det inga garantier för att situationen förblir densamma i framtiden. Den stora faran på lång sikt ligger i att Clab av något skäl – till exempel krig – överges och lämnas åt sitt öde. Stora mängder radioaktiva ämnen kan då så småningom spridas i miljön. Man ska heller inte underskatta risken för en framtida ekonomisk nedgång eller instabilitet i samhället. Därför tycker vi att det är extra angeläget att lösa kärnavfallsfrågan så snart som möjligt i en tid då vi vet att finansieringen är ordnad och vi inte behöver kompromissa med säkerheten av ekonomiska skäl.

Det viktigaste i ett långt tidsperspektiv är att se till att bränslet inte löses upp och radioaktiva partiklar kommer upp till markytan via grundvattnet. Ett slutförvar för använt kärnbränsle är en lösning som minimerar riskerna för att radioaktiva ämnen ska spridas i miljön. Vi undersöker möjligheten att bygga ett slutförvar i antingen Forsmark eller Oskarshamn. SKB har genom lång tids forskning kommit fram till att bränslet ska kapslas in i kopparkapsel och bäddas in i bentonitlera på ungefär 500 meters djup i urberget.



*I slutförvaret hindrar kapseln, bufferten och berget radioaktiva ämnen från att föras upp till markytan.*



*Kapselns hölje består av fem centimeter tjock koppar.*

### **Kapseln isolerar**

För att det använda bränslet ska kunna lösas upp och spridas krävs vatten. Bränslet består av urandioxid och är ett keramiskt material. De starka kemiska bindingarna mellan uran och syre gör att bränslet är mycket svårslösligt i vatten. Med tiden skulle dock radioaktiva ämnen långsamt kunna lösas ut och spridas vidare med grundvattenströmmarna.

I slutförvaret gäller det därför att se till att det använda bränslet hålls inneslutet i en tät behållare till dess att radioaktiviteten klingat av till låga nivåer. Slutförvaret består av ett system av barriärer (kapsel, buffert och berg) som tillsammans ska hindra de radioaktiva ämnena i bränslet att nå markytan. Om en barriär inte fungerar som det är tänkt ska de andra barriärerna ändå garantera säkerheten. Närmast bränslet är kapseln. Det är den barriär som i första hand ska isolera bränslet från omgivningen. Kapselns uppgift i förvaret är att helt innesluta det använda bränslet under mycket lång tid. Så länge kapseln är tät kan inga radioaktiva ämnen nå markytan.

Förvaret är utformat på ett sådant sätt att det är möjligt för framtida generationer att ta upp bränslet igen. Detta skulle kunna bli aktuellt om de kommer på ett sätt att göra det mindre farligt eller om de vill utnyttja energiinnehållet. De kan då göra en ny riskbedömning utifrån sina förutsättningar.

# Varför järn och koppar?

Kapseln ska hålla tätt under mycket långa tidsperioder. Därför måste vi konstruera den så att den klarar både korrosion och höga belastningar.

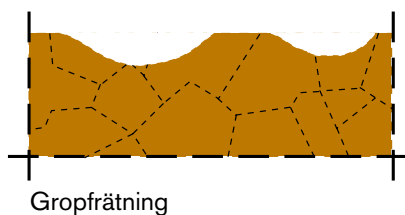


*Kapseln har ett hölje av koppar och en insats av gjutjärn. Tillsammans skyddar de mot korrosion och ger hög hållfasthet.*

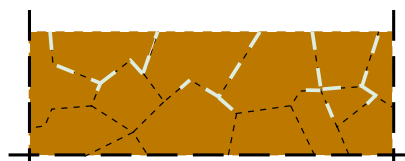
Kapseln är nästan fem meter lång och har en diameter på drygt en meter. Höljet består av fem centimeter tjock koppar. Inuti finns en insats av segjärn, ett slags gjutjärn, för att öka hållfastheten. När kapseln är fylld med använt bränsle väger den mellan 25 och 27 ton.

Det som kan begränsa kapselns livslängd i slutförvaret är korrosion eller att den skadas av de mekaniska krafter som uppstår när berget rör sig. Under en istid kan istäcket bli upp till tre kilometer tjockt. Kapseln ska också klara den extra last som detta innebär.

Låt oss börja med att granska de mekanismer som styr korrosionen. När en metall korroderar avger den elektroner. Man säger att metallen oxideras. För att detta ska kunna ske krävs ett oxidationsmedel som tar upp elektroner. Syre är ett typiskt oxidationsmedel. Klorid-, sulfat- och nitratjoner är andra ämnen som kan oxidera metaller. Beroende på korrosionsangreppens karaktär skiljer man mellan olika typer av korrosion. Jämn korrosion – eller allmänkorrosion – sker med ungefär samma hastighet över hela angreppsytan. Gropfrätning eller punktkorrosion sker med ojämn hastighet och leder till att det bildas gropar på metallytan. Spänningskorrosion uppstår om kapseln samtidigt utsätts för dragspänningar och korrosionsangrepp från kväveföreningar. Den sistnämnda typen av korrosion är helt försumbar i slutförvaret.



Gropfrätning

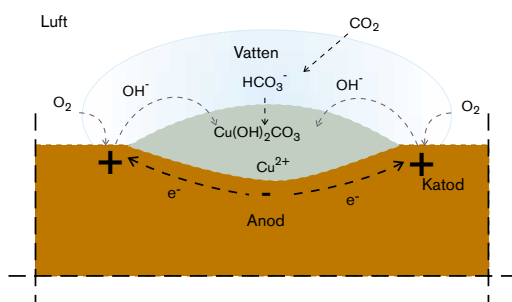


Korngränsfrätning

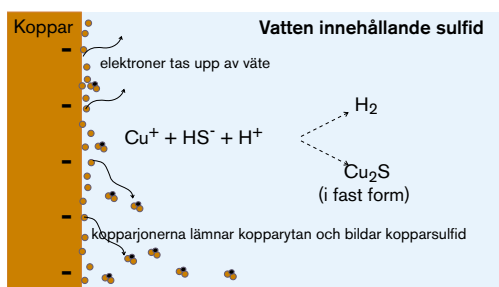


Spänningskorrosion

Olika typer av lokala korrosionsangrepp på metaller.



Korrosionscell under en vattendroppe på en ärgad kopparplåt.



Kopparjonerna närmast ytan bildar kopparsulfid som fälls ut.

## Koppar motståndskraftigt

Vi har valt att tillverka kapselns ytterhölje av koppar, eftersom det är ett ämne som är mycket motståndskraftigt mot korrosion i den miljö som råder i ett slutförvar. Koppar korroderar inte i rent vatten; det krävs att det finns korrosiva ämnen lösta i vattnet. Normalt är grundvattnet fritt från syre på 500 meters djup. Däremot finns det en rad olika ämnen lösta i grundvattnet. Av dessa är det bara sulfid- och kloridjoner som under vissa omständigheter orsakar korrosionsangrepp på kapseln.

Den viktigaste processen är sulfidkorrosion. I slutförvaret är den av typen allmänkorrosion. Sulfid – i form av mineralet pyrit – kan finnas både som förorening i bentonitbufferten (den tätpackade lera som omger kapseln i förvaret) och naturligt i berggrunden. Om det förekommer sulfidjoner i grundvattnet drar de till sig kopparjoner i skiktet närmast metallytan. Det bildas då kopparsulfid, som faller ut i vattnet. Sulfidkorrosionen kan dock aldrig få en sådan omfattning att det går håll på kapseln under den tid som förvaret ska fungera. Beräkningar visar att det med fem centimeters kopparklocklek skulle ta ungefär tio miljoner år innan det går håll på kapseln.

## Bakterier möjlig sulfidkälla

Teoretiskt finns det också en tredje sulfidkälla, förutom bentonitleran och berget. Nere i berget lever underjordiska bakterier som kan framställa sulfid. För att dessa ska kunna hota kapseln krävs att de kan leva i bentoniten, närmast kapseln. Så är emellertid inte fallet. Försök både i laboratorium och i fält har visat att bentoniten inte är någon lämplig miljö för bakterierna, eftersom tillgången på vatten är alltför knapp. Inplanterade bakteriestammar dör av uttorkning efter endast en kort tid.

Ett annat ämne som skulle kunna tänkas orsaka korrosionsskador på kapseln är klorid. Koppar och kloridjoner bildar den mycket stabila föreningen kopparklorid. Men för att reaktionen ska ta fart krävs dels mycket höga kloridkoncentrationer (över 100 gram per liter), dels sur miljö (pH lägre än 3). Vanligt vatten är neutralt och har pH 7. I slutförvaret bidrar bentonitbufferten till att pH i vattnet runt kapseln aldrig sjunker så lågt som till 3, utan ligger mellan 7 och 11. Kloridkorrosionen blir därför så långsam att man kan bortse ifrån den.

## Normalt syrefritt

Grundvattnet på 500 meters djup är normalt fritt från syre. Men när förvaret byggs pumpas det inströmmande vattnet bort och tunnarna fylls med luft. Vid förslutningen kommer en liten del av detta syre att bli kvar och lösa sig i det grundvatten som på nytt strömmar in och åter fyller förvaret. Små mängder syre kan också bli instängda i luftfickor. Syre kan även tillföras grundvattnet på andra sätt. När isen täcker en plats under en istid kan syrerikt smältvatten tränga djupt ner i berggrunden.

Försök i fält och i laboratorium har visat att mineral och framför allt bakterier har en stor förmåga att snabbt förbruka tillfört syre. Framför allt är det bakterierna som står för syreförbrukningen. I fallet med ett nyligen förslutet förvar visar försök och beräkningar att allt syre i grundvattnet kommer att vara borta inom ett år. Under denna tid blir korrosionsangreppen på kapslarna i stort sett försumbara både när det gäller allmänkorrosion och punktkorrosion.

Kapselns fem centimeter tjocka kopparhölje ger således en oerhört stor marginal mot korrosion under de första 100 000 åren som förvaret ska fungera. Beräkningar visar att bara bråkdelar av en millimeter av höljet kommer att ha korroderat bort efter 100 000 år under normala förhållanden i ett slutförvar. Om man tänker sig ett sämre fall där de kemiska förhållandena i slutförvaret i stället gynnar korrosionen kommer mindre än fem millimeter att korrodera bort.

### Klarar trycket

Koppar är således ett utmärkt material för att skydda mot korrosion i en sådan miljö som råder i slutförvaret. Däremot räcker inte hållfastheten till för att klara de mekaniska påfrestningar som kapseln kommer att utsättas för nere i förvaret. Kapseln har därför försetts med en insats av segjärn (ett slags gjutjärn).

Nere i slutförvaret kommer kapseln att utsättas för många olika slags belastningar. Först och främst ska kapseln klara vattentrycket på upp till 700 meters djup (vilket är det dimensionerande djupet för förvaret). När bentonitleran sväller kommer den att utöva ytterligare tryck på kapselns yta. Kapseln måste också tåla eventuella snedbelastningar som kan uppstå om bentonitleran av någon anledning sväller ojämnt eller om deponeringshållet borrar snett.

Under en istid kan påfrestningarna på kapseln öka ytterligare. Istäcket kan bli upp till tre kilometer tjockt. Isens tyngd trycker ner berggrunden och innebär givetvis en extra belastning på kapseln. Det kan också uppstå höga vattentryck under en istid. När isen sedan drar sig tillbaka höjs marken igen. Stora jordbävningar kan då inträffa. Effekterna av dessa kan minimeras genom att vi tar hänsyn till stora sprickzoner när vi placerar in och utformar förvaret. De rörelser som kan förekomma vid stora skalv sker huvudsakligen i redan befintliga sprickzoner. I deponeringshållet är det i första hand bufferten som ska dämpa bergrörelserna, så att påfrestningarna på kapseln inte blir så stora. Kapseln är också dimensionerad för att tåla en förskjutning av bergväggen på tio centimeter i ett deponeringshål. Detta motsvarar de rörelser som en jordbävning av magnitud 7 på Richterskalan ger upphov till på en kilometers avstånd.

## Höga krav på kopparkapslarna ...

Kraven på kapseln är höga. Den ska vara tät i minst 100 000 år och samtidigt tåla det höga tryck som uppstår djupt nere i berget.



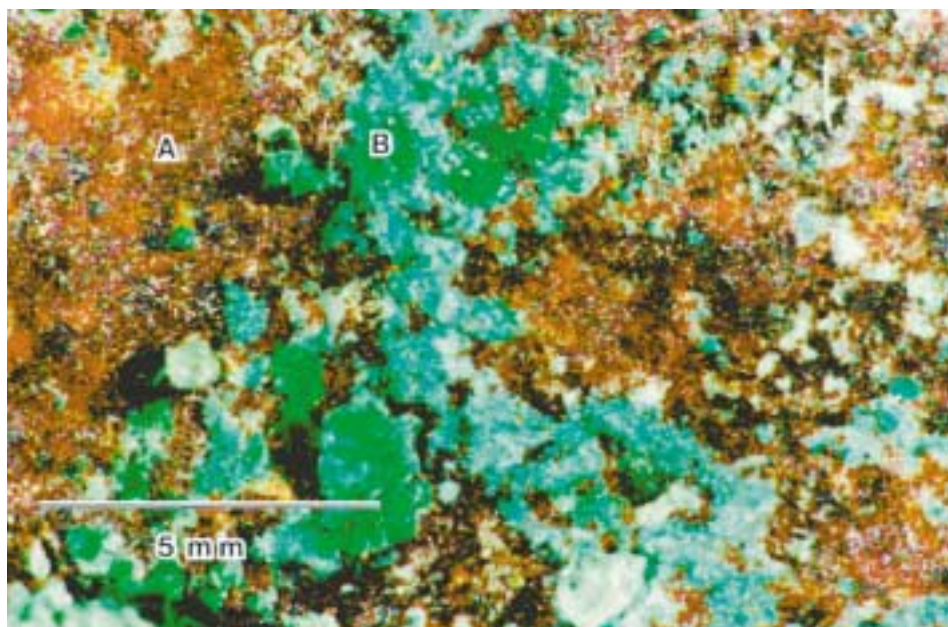
*Koppar kan förekomma som ren metall i naturen. Bilden visar en klump koppar från Arizona, USA.*

Både utformningen av kapselns olika delar och valet av material i de olika komponenterna baserar sig på konstruktionsförutsättningarna för kapseln. Med konstruktionsförutsättningar menas de övergripande krav som vi ställer på kapselns funktion. Dessa ligger i sin tur till grund för hur kapselns olika delar är utformade i detalj. I korthet innebär konstruktionsförutsättningarna följande:

- Kapseln ska motstå alla kända korrosionsprocesser så att den bedöms förbli intakt i ett slutförvar under minst 100 000 år.
- Kapseln ska konstrueras för att klara de mekaniska påfrestningar som uppstår i ett slutförvar i granitiskt berg till 700 meters djup.
- Vid dimensioneringen ska vi också ta hänsyn till de belastningar som kan förväntas under en istid.

### Stor kunskap om korrosion

I förra kapitlet berättade vi varför vi valt koppar som material för kapselns hölje. Förutom att koppar är mycket motståndskraftigt mot korrosion har det också den egenskapen att det påverkar de övriga barriärerna i förvaret mycket lite. Under många år har vi bedrivit en intensiv forskning om kopparkorrosion, där vi genomfört olika typer av korrosionsförsök både i laboratorium och i fält. Experimenten har skett vid universitet och forskningsinstitut runt om i världen. Förutom den



Bilden visar hur koppar som omges av saltvattenmättad bentonitlera korroderar. Ett underliggande skikt av oxid (A) täcks av ett lager utfällda salter (B).



*Så här såg provkapseln ut efter att ha utsatts för ett tryck av 135 MPa. Kopparhöljet hade deformerats upp till 20 millimeter på sina ställen, men kapseln var fortfarande hel.*

utvändiga korrosionen har vi studerat spänningskorrosion och galvanisk korrosion.

Undersökningar av olika fynd av ren koppar i naturen har också gett viktiga pusselbitar till helhetsbilden av under vilka omständigheter och med vilken hastighet koppar korroderar. Det är inte ovanligt med miljöer där korrosionen är mycket låg. Koppar är nämligen en av de få metaller som man kan hitta i naturen i ren form. Under normala omständigheter i ett slutförvar kommer bara några millimeter av kopparhöljet att korrodera bort under de 100 000 år som förvaret ska fungera.

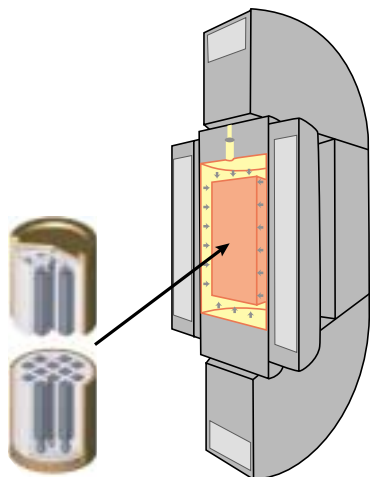
I dag vet vi egentligen allt vi behöver veta om korrosion för att kunna konstruera kapseln och få ett förvar som är säkert under en mycket längre tid än 100 000 år. Vår forskning är numera inriktad mot att förstå mekanismerna bakom spänningskorrosion. Detta är dock inte en avgörande fråga, eftersom spänningskorrosion är en försumbar process i förvaret. Vi gör också en del ytterligare undersökningar av hur syreförbrukningen i förvaret sker över tiden, något som i förlängningen styr korrosionshastigheten.

### Kapseln står emot trycket

Studierna av koppars olika egenskaper har kompletterats med undersökningar av insatsens hållfasthet.

Vi har utvecklat beräkningsmodeller som visar att insatsen klarar belastningen under en istid.

För att kontrollera att beräkningarna stämmer med verkligheten har vi också genomfört två tryckprov, där vi successivt ökat belastningen. Både belastningsproven och beräkningarna visar samma resultat. Kapseln kommer inte att skadas under en istid och den tål tre gånger högre tryck än vad den kommer att utsättas för. Vid tryckproven placerade vi en modell av en kapsel i en så kallad isostatpress, lade på ett högt tryck och försökte trycka sönder kapseln. Den provkapsel vi använde var konstruerad som en ”riktig” kapsel med insats, kapselrör och lock. Provkapseln var dock bara 70 centimeter lång – större fick inte plats i pressen. Längden har emellertid inte någon betydelse i det här fallet.

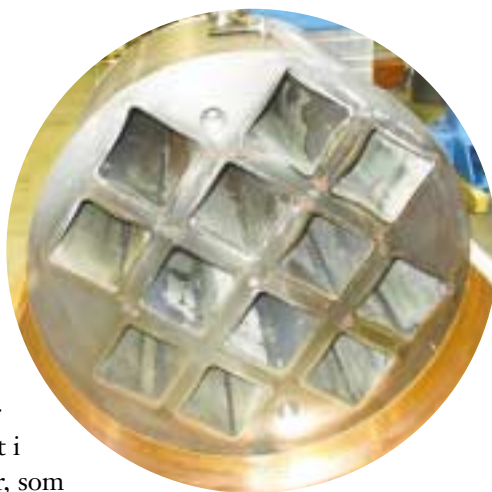
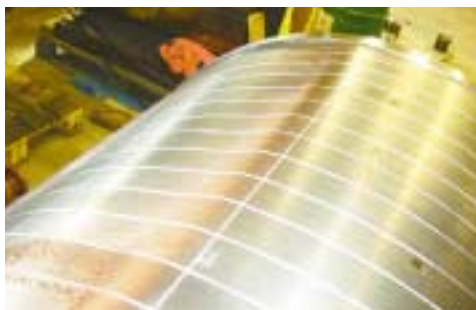


*Principen för tryckprovning i en isostatpress.*

*Bilderna visar hur insatsen har tryckts ihop något vid provtryckningen. Även stålprofilerna som bildar kanalerna för bränslelementen har deformerats.*

Beräkningar visar att det inte spelar någon större roll om kapseln är 70 centimeter lång eller om den är nästan fem meter. Storleken på den last vid vilken kapseln kollapsar varierar inte så mycket mellan de olika fallen. Vid tryckprovet belastades provkapseln gradvis upp till 135 MPa. Resultatet visar att kapseln klarade trycket. På vissa ställen var den intryckt upp till två centimeter, men kopparhöljet var fortfarande tätt.

Många års materialteknisk forskning och utveckling ligger bakom den lyckade provtryckningen. Insatsen består av segjärn, ett slags gjutjärn. Karakteristiskt för gjutjärn är att det har en kolhalt som överstiger två procent. Kolet finns i form av grafit i gjutjärnet. Grafiten kan ha olika former, som sinsemellan har stort inflytande på materialets egenskaper. I segjärn är grafiten kulformad, vilket gör segjärnet lätt att gjuta och maskinbearbeta. Grafitens form, storlek och fördelning kan styras genom att vissa ämnen tillsätts smältan, till exempel magnesium. Gjutjärnets egenskaper kan också påverkas av olika halter legeringsämnen i järnet, exempelvis mangan, nickel, krom och koppar.



### Långsam töjning

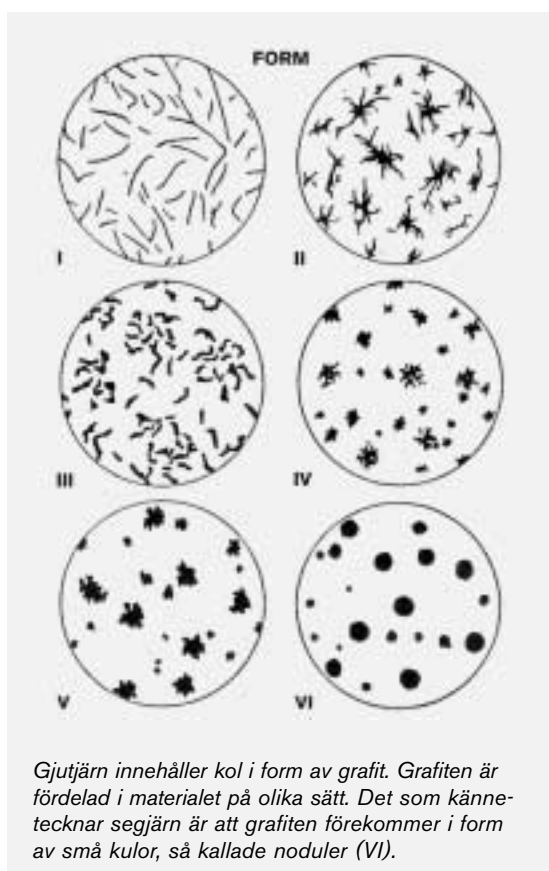
Av tillverkningstekniska skäl måste det finnas ett spelrum på några millimeter mellan kopparhöljet och kapselns insats. Detta innebär att kapselns hölje kan deformeras plastiskt upp till fyra procent i slutförvaret. Att ett material deformeras plastiskt innebär att deformationen blir kvar, även om belastningen lättar. Precis som när man knådar en klump modellerar. I huvudsak sker deformationen genom krypning. Krypning är en långsam plastisk deformation. Koppar har hög duktilitet (tänjbarhet) och är därför – sett ur denna aspekt – ett lämpligt material att tillverka höljet av. Krypduktiliteten hos koppar kan ökas ytterligare genom att små mängder fosfor tillsätts. Väte och svavel har en negativ effekt och halterna av dessa måste därför vara så låga som möjligt.

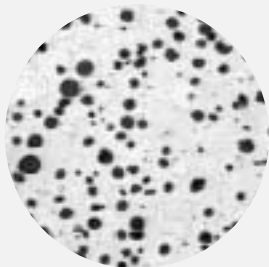
## Skiftande egenskaper

Det är viktigt att materialets egenskaper inte varierar för mycket från kapsel till kapsel. I början kunde vi konstatera att materialegenskaperna skiftade ganska mycket mellan olika insatser. I många insatser varierade grafitkornens rundhet. Håligheter och slaggpartiklar gjorde också att egenskaperna kunde skilja sig åt. Genom att simulera gjuttekniken hos de olika gjuterierna där tillverkningen av insatser sker med hjälp av datorer, har vi kunnat få bättre kontroll över gjutningsförloppet. Detta och gjuteriernas egna bedömningar beträffande olika processparametrar har gett ledtrådar till hur vi kan gå tillväga för att få jämnare materialegenskaper.

Vi testar segjärnets mekaniska egenskaper genom att bland annat undersöka hållfastheten då provstaven utsätts för drag- respektive tryckkrafter. Provingen sker genom att provstavar tas ut ur insatsen. Detta kan ske på i princip två olika

sätt. En metod är att använda vidgjutna provstavar. Provkroppar med lämplig storlek gjuts då som utskjutande delar på insatsen och sågas därefter bort. Denna metod har fördelen att den gjutna komponenten inte skadas. De utskjutande delarna har stelnat och svalnat tillsammans med resten av gjutgodset och tanken är att de därigenom ska få en struktur som liknar den gjutna komponentens. Från de bortsågade delarna kan man sedan tillverka provstavar för exempelvis dragprovning. En annan metod är att tillverka provstavarna direkt ur den gjutna komponenten. Insatsen görs då lite längre än normalt och överskottet kapas upp i skivor. I några fall har dock större delen av insatsen kapats upp, så att vi kunnat göra en mer omfattande materialprovning.

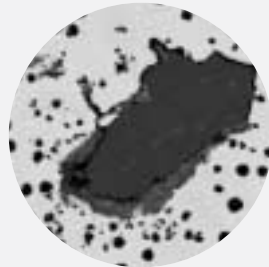




*Segjärn utan defekter.*



*Ibland bildas porositeter (håligheter) vid gjutningen.*



*En annan defekt som kan förekomma är slagginneslutningar.*

### **Baserad på sannolikhet**

Det är svårt att få enhetliga resultat vid traditionell dragprovning med provstavar som tagits från olika delar av en insats. Vissa provstavar ger betydligt lägre värden än sådana som motsvarar den verkliga hållfastheten. Den dominerande belastningen i slutförvaret är dessutom inte dragspänning utan tryckspänning. Vi har därför genomfört ett utvecklingsprojekt med målet att kunna beskriva insatsernas egenskaper med hjälp av probabilistisk (sannolikhetsbaserad) analys. Analysen grundar sig på ett stort antal provstavar som var och en utsätts för dragprovning, tryckprovning och brottseghetsprovning. Därefter undersöks brottytorna noggrant. Undersökningarna ger upphov till en stor mängd data som används för att beräkna sannolikheten för att insatsen inte ska hålla, samt hur stora defekterna i materialet högst får vara. Resultaten kontrolleras sedan genom tryckprov i den tidigare nämnda isostatpressen.

Den probabilistiska analysen kommer att vara till stor hjälp för att fastställa de tillåtna gränserna för vilka variationer i materialegenskaper som vi kan tillåta utan att säkerheten äventyras. Vilka typer av defekter kan accepteras och hur stora får de vara? Sådana kriterier ska ställas upp för kapselns alla olika delar. Det gäller också locksvetsarna. Att en kapsel håller sig inom de tillåtna gränserna ska kunna visas med hjälp av oförstörande provning, till exempel röntgen och ultraljud.

## VAD HÄNDER OM KAPSELN ÄR OTÄT?

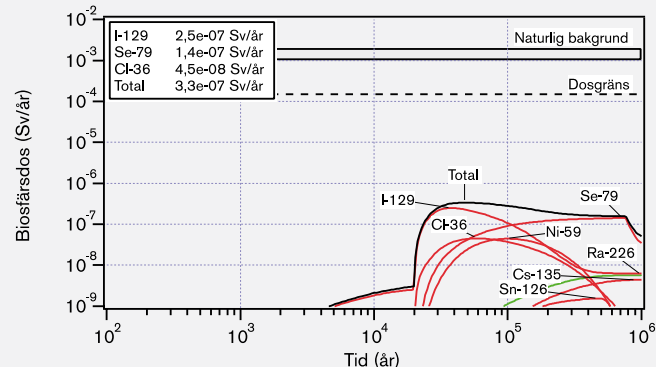
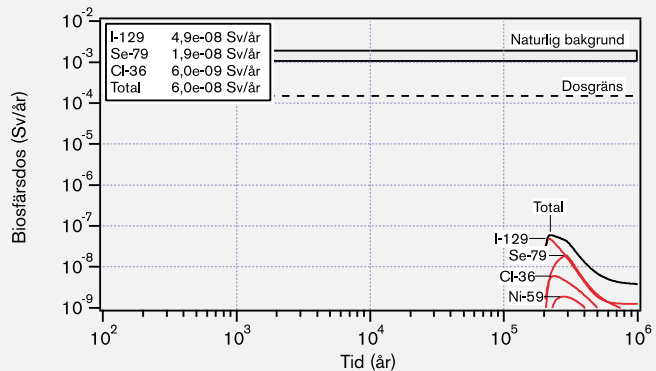
Kapseln kommer i normalfallet att vara tät under mycket långa tidsperioder. En förutsättning för detta är att kapseln är tät när den placeras i förvaret. I säkerhetsanalyserna räknar vi på vad som händer om en kapsel inte är tät. Om det går hål på kopparkärlöjet kan vatten ta sig in i kapseln. För att radioaktiva ämnen ska kunna frigöras måste vattnet först ta sig igenom insatsen och sedan även forcera bränslerören av zirkaloy. Därefter måste radioaktiva ämnen lösas ut ur bränslets uran-syre-struktur och vattnet slutligen ta sig ut ur kapseln igen tillsammans med de lösta radioaktiva ämnena. För att de radioaktiva ämnena ska påverka miljön på ytan krävs att de tar sig igenom bufferten och transporteras upp till ytan med grundvattenströmmarnas hjälp.

I vår förra säkerhetsanalys, SR 97, kunde vi konstatera att även en trasig kapsel i stor utsträckning hindrar de radioaktiva ämnena från att ta sig ut. De flesta radioaktiva ämnen sönderfaller inuti kapseln även i detta fall. I SR 97 räknade vi på vad som händer om en eller flera kapslar har ett genomgående hål på en kvadratmillimeter vid deponeringen. Resultaten visar att dosen vid markytan blir drygt 10 000 gånger mindre än dosen från den naturliga bakgrundsstrålningen. Detta inträffar ungefär 200 000 år efter det att kapseln har förslutits. Med det pessimistiska antagandet att flera kapslar blivit otäta blir dosen ungefär 1 000 gånger mindre än den naturliga bakgrundsstrålningen.

Framför allt är det utsläpp av jod-129 som bidrar till dosen. Andra ämnen som kommer ut i ekosystemet är selen-79, klor-36 och nickel-59. Många av de allra farligaste radionukliderna, till exempel plutonium, americium och torium syns inte i redovisningen eftersom de är mycket svårlösliga och inte förs ut ur kapseln ens om bränslet löses upp.

De mycket små mängder av dessa ämnen som ändå tränger ut fastnar i stor utsträckning i bentonitbufferten.

I den säkerhetsanalys, SR-Can, som pågår har vi ett annat och mer realistiskt angreppssätt. Där har kapseln inte något genomgående hål vid deponeringen, utan vi utgår från det högst troliga antagandet att det är lättare att upptäcka stora defekter i materialet än vad det är att upptäcka små defekter. Resultaten från SR-Can kommer att presenteras hösten 2006.



## ... och på anläggningen

Konstruktionen och driften av inkapslingsanläggningen styrs av en rad krav. Det rör sig både om krav som vi formulerat själva och om krav från myndigheterna.



*Inkapslingsanläggningen ska konstrueras så att den passar SKB:s transportsystem. Här visas den typ av transportbehållare som bränsle transporteras i.*



*Driften och säkerheten vid Clab får inte påverkas av bygget av inkapslingsanläggningen.*

Inkapslingsanläggningen ska självfallet uppfylla de krav som ställs i lagstiftningen. I Sverige finns särskilda lagar och myndigheter som reglerar och kontrollerar kärnteknisk verksamhet och hanteringen av radioaktivt material. Statens kärnkraftinspektion (SKI) är den myndighet som ger ut föreskrifter och kontrollerar kärnteknisk verksamhet, medan Statens strålskyddsinstitut (SSI) är den myndighet som ger ut föreskrifter inom strålskyddsområdet. Utöver den svenska lagstiftningen finns det också internationella överenskommelser som Sverige har förbundit sig att följa. Inom området kärnteknik och strålskydd är det FN:s internationella atomenergiorgan IAEA som upprättar sådana överenskommelser.

Utsläppsgränser och andra villkor som kommer att gälla för inkapslingsanläggningen fastställs vid den tillståndsprövning som görs av miljödomstolen. Själva tillåtligheten, dvs om anläggningen alls får byggas på den avsedda platsen, avgörs av regeringen.

## Många egna krav

SKB:s krav på anläggningen kan sammanfattas i följande huvudpunkter:

*Kapacitet.* En försluten kapsel om dagen ska lämna inkapslingsanläggningen. Denna kapacitet motsvarar en produktionstakt av 200 kapslar per år. Anläggningen ska kunna vara i drift i minst 60 år.

*Bränsletyper.* Förutom bränsle från de fyra kärnkraftverken finns det i Clab också en del andra bränsletyper, till exempel från den nedlagda reaktorn i Ågesta. Tanken är att även detta bränsle ska kunna kapslas in, utan att konstruktionen av kapseln ska behöva ändras. På samma sätt som man använder distansstycken i transportbehållarna vid transporter till Clab, kan man anpassa utrymmet i insatsernas kanaler med hjälp av distansstycken i kapslarna.

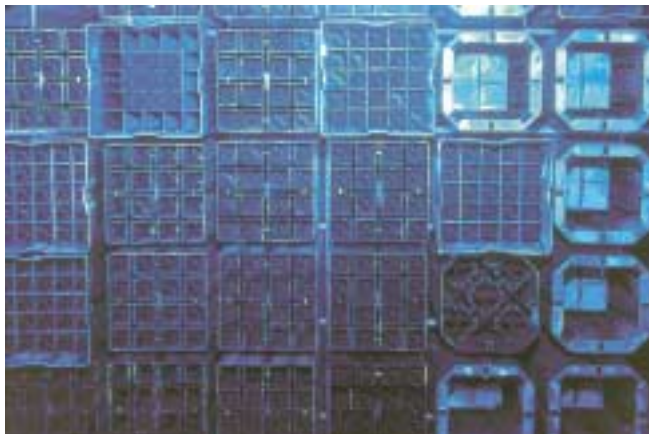
*Kapselns ytemperatur.* Bränsleelementen i en kapsel ska kombineras på ett sådant sätt att den maximalt tillåtna effekten i varje kapsel är 1 700 watt. Eftersom utbränning och kyltider varierar innebär detta krav att innehållet i varje kapsel måste planeras noggrant för att vi ska kunna utnyttja utrymmet på bästa möjliga sätt. Mot slutet av inkapslingsanläggningens drifttid kan det ändå bli så att man väljer att inte fylla kapslarna helt.

*Integrering med Clab.* Alla tekniska system ska i största möjliga utsträckning kunna byggas samman med motsvarande system på Clab. Samtidigt får inte bygget av inkapslingsanläggningen påverka säkerheten eller driften av Clab.

*Fysiskt skydd.* Inkapslingsanläggningen ska konstrueras, projekteras och byggas med bibehållen säkerhet och fysiskt skydd (bevakning etc) i Clab. När inkapslingsanläggningen tas i drift ska det fysiska skyddet vara gemensamt med Clab. För transporter finns ett fungerande system för fysiskt skydd.

*Transporter.* Inkapslingsanläggningen ska konstrueras så att den passar SKB:s transportsystem (transportbehållare, lastbärare och transportfordon).

*Besöksverksamhet.* Inkapslingsanläggningen ska utformas för att klara 3 000–4 000 besökare per år.



Alla typer av bränsle som finns i Clab ska kunna kapslas in i inkapslingsanläggningen.

# Kvalitetskontroll

Det räcker inte att kunna tillverka kapselns olika delar och svetsa på locket. Vi måste också visa att det inte finns några defekter som kan äventyra säkerheten.



*Röntgenutrustning för att kontrollera svetsar på Kapsellaboratoriet.*

Minst 4 500 kapslar kommer att produceras under 25 års tid. Hur kan vi garantera att det bland alla dessa kapslar inte finns någon som är behäftad med fel? Och vad händer om någon enstaka kapsel blir otät i förvaret?

För att besvara dessa frågor bedriver SKB ett omfattande arbete med att undersöka hur tillförlitliga de produktions- och kontrollmetoder, som vi använder oss av, är. Vi undersöker även vilka effekterna blir av fel som påverkar kapselns funktion i förvaret.

Låt oss börja med metoderna för kvalitetskontroll. Det är naturligtvis synnerligen viktigt att dessa är pålitliga. Under många års tid har vi arbetat med att anpassa dem för kapslarna. Tillsammans med externa experter genomför vi också testprogram för att övertyga oss om att tillförlitligheten är hög.

Även produktionsmetoderna måste motsvara högt ställda krav. Vi genomför därför testserier och utvärderar resultaten noga. Som tidigare nämnts har vi beräknat och provat kapselns hållfasthet. Hållfastheten kommer emellertid att variera mellan olika insatser och mellan olika delar av samma insats. Genom en omfattande statistisk bearbetning av resultaten har vi kunnat visa att risken för att en kapsel ska kollapsa vid istid är mindre än en på miljonen.

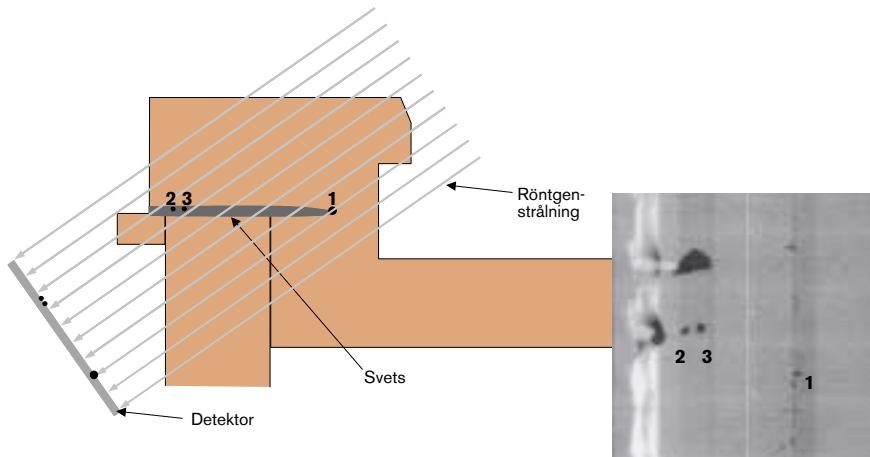
Oförstörande provning är nyckeln till att kontrollera om kapslarna håller måttet. Denna typ av provning är precis vad den låter som: kapseln undersöks med sådana metoder, till exempel röntgen och ultraljud, som inte gör någon åverkan på den. Att kontrollera kapselns kvalitet genom att använda olika metoder för oförstörande provning är att beträda delvis okänd mark. Erfarenheten att använda olika metoder för oförstörande provning på så stora föremål som kopparhöljet till en kapsel är inte så stor. Dessutom är de mindre detaljerna till kopparkapseln (lock, botten och insats) specialtillverkade. Det finns således ingen kunskap att falla tillbaka på när det gäller serietillverkning och kontroll av dessa. I många avseenden har SKB fått börja från början med att bygga upp erfarenhet vid både tillverkning och provning. Vi har utgått från de metoder som används i industrin, utvärderat dem och slutligen anpassat vissa av dem för våra egna behov.

### **Fokus på insats, rör och svets**

För SKB handlar oförstörande provning om att visa att tillverkningsprocesserna fungerar som de ska. Vi måste kunna visa att vi kan tillverka och försluta kapslar som kan antas vara täta i ett mycket långt tidsperspektiv. Arbetet bedrivs främst vid Kapsellaboratoriet i Oskarshamn.

Viktigast är insatsen, kopparröret samt lock och botten. Vissa mindre detaljer till kapseln, exempelvis stållocket till insatsen och bultar, är standardprodukter och möjliga att köpa med tillhörande kvalitetscertifikat. Några extra utvecklingsinsatser behövs därför inte för dessa. Det är också nödvändigt att kunna svetsa fast lock och botten på kapseln med svetsar som motsvarar kvalitetskraven.

Vi har inlett ett program för att ta reda på hur tillförlitliga de olika kontrollmetoderna är. Frågor som vi vill ha svar på är hur stor sannolikheten är för att vi ska upptäcka defekter och andra oregelbundenheter i materialet, vilka typer och



*Principen för röntgen av en svets gjord med elektronstrålesvetsning. Siffrorna visar läget för olika defekter.*

storlekar det rör sig om samt hur stor sannolikheten är för att en defekt kapsel kommer att levereras från inkapslingsanläggningen till slutförvaret.

### Kristall ändrar tjocklek

Låt oss fortsätta med att ta en titt på kapselns insats. Den består av två delar: kanlröret där bränsleelementen placeras och den gjutna delen. Den komplicerade geometrin gör att det är svårt att bara använda en enda undersökningsmetod vid provningen. Godstjockleken gör att det inte går att använda röntgen. I stället får vi koncentrera oss på olika varianter av ultraljud.

En piezoelektrisk kristall är en central komponent i en utrustning för ultraljudsundersökningar. När en sådan utsätts för en elektrisk stöt förändrar den sin tjocklek. Kristallen börjar svänga med en egenfrekvens som främst beror av tjockleken. Fenomenet kallas piezoelektrisk effekt och kan användas för att omvandla elektriska svängningar till mekaniska och tvärtom. Om den vibrerande kristallen läggs på en yta av ett annat material ger den upphov till ultraljudsvågor i materialet. Ultraljudsvågorna har så kort våglängd att det mänskliga örat inte kan höra dem. Vågorna sprider sig, studsar tillbaka när de träffar oregelbundenheter och återvänder slutligen till kristallen. När en våg träffar kristallen ger den upphov till en elektrisk signal som kan mätas. Ljudets hastighet i ett medium beror på hur likformigt materialet är. Om det finns oregelbundenheter, som sprickor eller håligheter, studsar ultraljudsvågen mot dessa och kommer tillbaka tidigare än om den fått passera ostört genom hela materialet.

## Besvärligt mellan kanalerna

Området mellan kanalrören är särskilt besvärligt att kontrollera. I vissa positioner går det inte att få någon användbar signal med konventionella ultraljudsmetoder. Dessutom är segjärnet svårt att undersöka. Vissa defekter kan vara orienterade på ett sådant sätt att de reflekterar bort ultraljudsvågorna och är därför svåra att upptäcka. För att undersöka området mellan kanalerna har vi provat en ny metod – transmission av ultraljud. Om materialet är fritt från defekter kan ultraljudsvågorna passera mellan kanalen och signalen registreras på motsatta sidan av en mottagare. I annat fall når signalen aldrig fram till mottagaren. Försöken visar att metoden har möjligheter att hitta ganska små defekter. Däremot vet vi ännu inte hur känslig metoden är. Generellt kan man säga att det är lättare att hitta ansamlingar av defekter som ligger i samma plan än det är att hitta defekter som ligger spridda i djupled.

## Lättare kolla koppardelarna

När det gäller kapselns koppardelar har vi ett betydligt enklare utgångsläge. Geometrierna är inte lika komplicerade. Det finns dessutom tidigare erfarenhet av att detektera defekter med hjälp av ultraljud i liknande föremål av stål. Däremot är materialet i kombination med godsets tjocklek en utmaning. Ultraljud är ovanligt vid provning av kopparkomponenter med så tjocka väggar som en kopparkapsel. Utgångsläget är dock gott, även om utrustningarna kan behöva modifieras. Vi måste också ta fram krav på vilka typer av defekter som utrustningarna ska klara av att detektera och med vilken noggrannhet detta ska ske. Ett sätt att arbeta med sådana frågor är att ta fram referensproppar för kapselns olika delar med kända fel på olika djup i materialet och sedan undersöka dessa. Det kan röra sig om hål med olika diametrar och spår av olika djup. Vid mätningarna kan vi kontrollera att utrustningen klarar av att upptäcka defekterna.



*Ultraljudsmätningar i olika riktningar.*

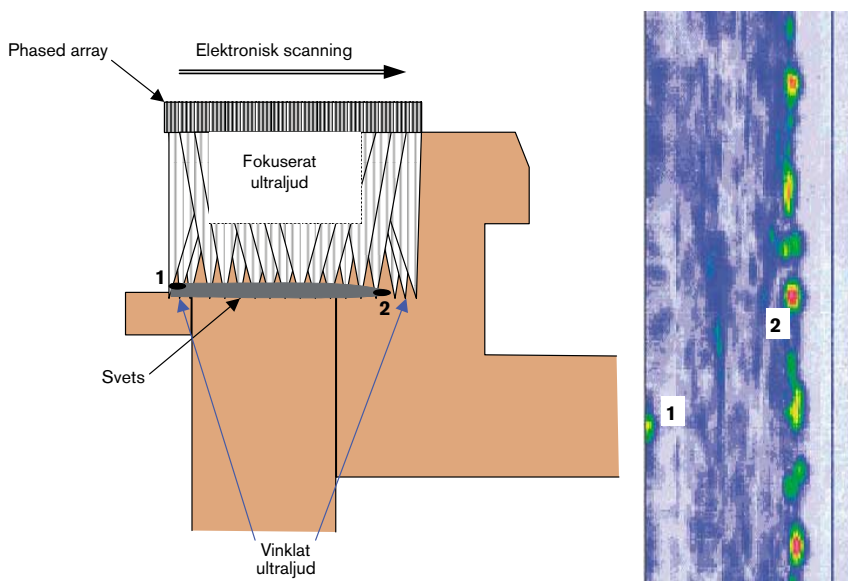
## Måste veta storlek och typ

Det är också viktigt att kunna kartlägga vilken rumslig utbredning olika fel har. Samtidigt vill vi kunna avgöra hur stora de är och vilken typ av defekt det rör sig om. För att kunna göra detta krävs mer avancerade ultraljudsmetoder där mätningen omväxlande fokuserar på olika djup i materialet samtidigt som den sveper över det område som ska undersökas. Tekniken kallas phased array. Eftersom en sådan utrustning redan finns på Kapsellaboratoriet kommer vi att undersöka om det går att utveckla metoden vidare.

Arbetet med oförstörande provning på Kapsellaboratoriet har hittills mest varit inriktat på att undersöka kvaliteten hos den svets som fäster locket vid kapselröret. Här använder vi oss av såväl digital radiografering (röntgen) som ultraljud med phased array och induktiv provning. SKB har utvecklat två svetsmetoder parallellt: elektronstrålesvetsning och friction stir welding. De olika metoderna skiljer sig åt när det gäller svetsarnas egenskaper och kvalitet. Metoderna för oförstörande provning måste därför specialanpassas beroende på om det rör sig om svetsar som är gjorda med elektronstrålesvetsning eller med friction stir welding. Friction stir welding är referensmetod i inkapslingsanläggningen.

## Simulerade röntgenundersökningar

Fram till ansökan om att få bygga inkapslingsanläggningen kommer vi att arbeta intensivt med att kartlägga hur tillförlitliga de olika metoderna för oförstörande provning är. Projektet kallas NDT Reliability. Förkortningen NDT står för den



*Principen för ultraljudsprovning av en svets gjord med elektronstrålesvetsning. Siffrorna motsvarar kända fel i svetsen.*

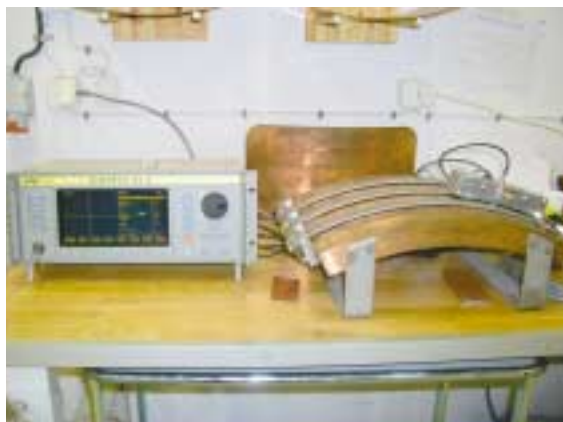
engelska översättningen av oförstörande provning: Non-Destructive Testing. Bland annat kommer vi inom projektet att genomföra röntgenstudier. När vi har röntgat svetsar gjorda med elektronstrålesvetsning har vi hittills använt 35 graders infallsvinkel för röntgenstrålning. Mätningarna har gett bra resultat, men vi vill gå vidare och simulera om flera eller andra infallsriktningar kan göra att vi till exempel kan lägesbestämma ett fel. Detta är intressant för svetsar som har gjorts med friction stir welding.

En annan del av NDT-projektet handlar om att bestämma hur tillförlitliga de olika metoderna för oförstörande provning är. Liksom när det gäller insatstillverkning arbetar vi med provkroppar. I ett antal locksvetsar har vi medvetet låtit parametrarna vid svetsningen variera långt utanför det tillåtna intervallet för respektive svetsmetod. På så sätt uppkommer flera olika typer av fel. Svetsarna undersöks och de verkliga resultaten matchas mot de uppmätta. Genom att bearbeta data statistiskt kan man beräkna sannolikheten för att ett fel ska upptäckas.

Förutom röntgen och ultraljud har vi också provat en tredje metod för oförstörande provning: induktiv provning eller virvelströmsprovning. Denna fungerar bäst för att upptäcka defekter på eller nära kapslarnas yta. Metoden ger lika bra resultat oavsett om det rör sig om svetsar eller kopparrör. Den är också oberoende av felets form. I inkapslingsanläggningen kommer vi inte att använda oss av induktiv provning. De feltyper som denna metod kan detektera förväntas inte leda till några problem för den långsiktiga säkerheten i förvaret.

### Certifiering och kvalificering

Hela arbetet med kapseltillverkning är en del av SKB:s övergripande kvalitetssystem, som i sin tur är certifierat enligt ISO 9001 och ISO 14001. I en handbok för kapseltillverkning finns en översikt av alla tillverkningsritningar, tekniska specifikationer, rutinbeskrivningar och blanketter för olika ändamål. De tekniska specifikationerna innehåller bland annat materialkrav, samt krav på provning, eventuell maskinbear-



*Utrustning för induktiv provning.*



betning, dokumentation och vissa leveransbestämmelser. I kvalitetsarbetet ingår också att vi gör regelbundna revisioner hos våra leverantörer. Kvalitetssystemet uppdateras kontinuerligt, allt eftersom ny kunskap kommer fram.

Alla metoder som används vid tillverkning, svetsning och oförstörande provning ska kvalificeras. Med kvalificering menas dokumenterade undersökningar, som säkerställer att alla förslutna kapslar uppfyller de grundläggande krav som ställs på kapseln i slutförvaret. För varje delprocess ska specificerade krav utarbetas. Kvalificeringen sker sedan mot dessa krav. Ett program för kvalificering ska tas fram och redovisas som ett underlag till ansökan för inkapslingsanläggningen.

# Effektivitet

Tidsplanen för att bygga  
inkapslingsanläggningen och slutförvaret  
är satt både av moraliska och tekniska skäl.

Tekniken finns. Pengarna finns.

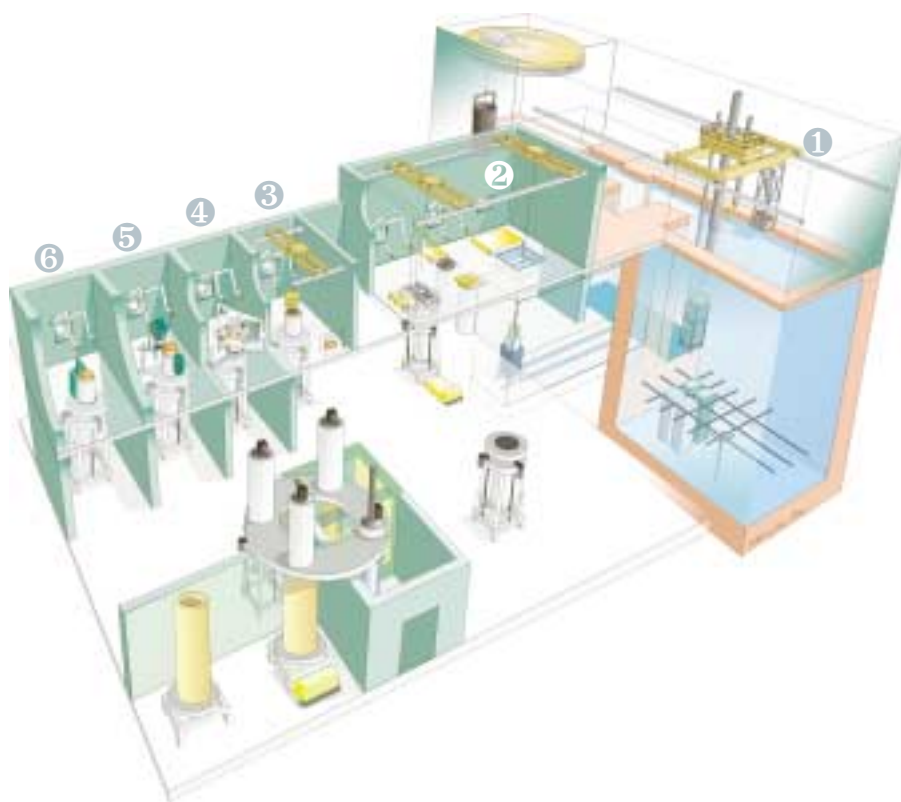
Viljan finns. Ansvaret finns.

För att lyckas krävs också samhällets stöd.



# En kapsel om dagen

I inkapslingsanläggningen finns ett antal stationer för olika arbetsmoment. All hantering av det använda bränslet sker fjärrstyrt. En försluten kapsel om dagen ska kunna lämna anläggningen.



*Inkapslingsanläggningen är sammanbyggd med Clab. Inuti finns flera stationer för olika arbetsmoment vid inkapslingen. Siffrorna hänvisar till beskrivningen i texten.*

Tidigare i denna skrift har vi kunnat konstatera att den bästa lösningen från säkerhetssynpunkt är att bygga samman inkapslingsanläggningen med Clab. Detsamma gäller från effektivitetssynpunkt. I våra kravspecifikationer lägger vi stor vikt vid att alla tekniska system i största möjliga utsträckning ska kunna byggas samman med motsvarande system på Clab. Samtidigt får inte bygget av inkapslingsanläggningen påverka driften av eller säkerheten i Clab. Totalt beräknas cirka 4 500 kapslar fyllas och förslutas i inkapslingsanläggningen. Antalet kapslar baseras på nuvarande planer för driften av kärnkraftverken. Produktionskapaciteten ska uppgå till en kapsel per dag (motsvarande 200 kapslar per år).

Arbetet med att projektera inkapslingsanläggningen startade 1993. Anläggningen har sedan dess vidareutvecklats och förändrats. Att bygga anläggningen i Oskarshamn i anslutning till Clab har dock hela tiden varit vårt huvudalternativ. Vi har emellertid också studerat möjligheten att bygga inkapslingsanläggningen i Forsmark. En förutsättning för detta är att också slutförvaret placeras där. Den största tekniska skillnaden mellan en inkapslingsanläggning vid Clab och en i Forsmark är att det använda bränslet lagras under torra förhållanden i Forsmark i väntan på inkapsling.

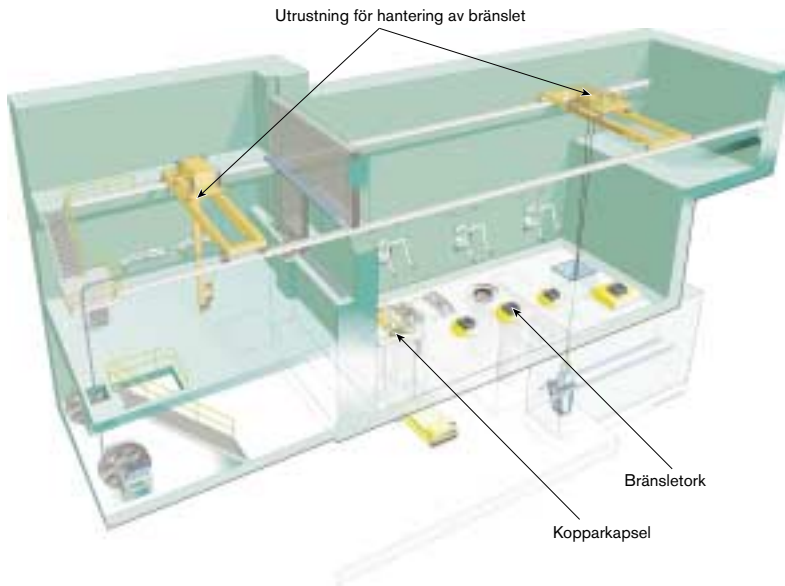
### Fjärrstyrd hantering

I inkapslingsanläggningen finns ett antal stationer för olika arbetsmoment. All hantering av bränslet sker fjärrstyrt från en arbetsplats som är belägen utanför det strålskärmade området där bränslet hanteras. Inkapslingsanläggningen använder sig av den befintliga bränslehissen i Clab. Bränslekassetten placeras i hissens vattenfyllda hissorg och lyfts upp till inkapslingsanläggningen. Kassetten förs vidare till inkapslingsanläggningens bassänger. Dessa ligger i direkt anslutning till bränslehissen.

I hanteringsbassängen (1) flyttas bränsleelementen över från förvaringskassetten till en transportkassetten. Omflyttningen görs av flera skäl. Förvaringskassetten innehåller fler bränsleelement än vad som ryms i en kapsel, medan transportkassetten har lika många positioner som kapseln. Här kombineras bränsleelementen så att den maximala effekten högst uppgår till 1 700 watt i varje kapsel. På varje bränsleelement mäts gammastrålningen, utifrån vilken resteffekten kan beräknas. Samtidigt kontrolleras identiteten hos varje bränsleelement.

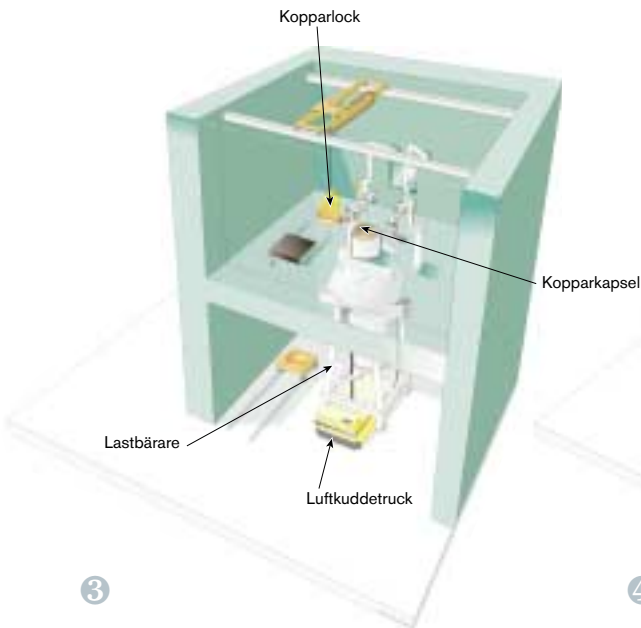


*I hanteringsbassängen flyttas bränsleelementen över från en bränslekassetten till en transportkassetten. Elementen kombineras på ett sådant sätt att den totala effekten inte överstiger 1 700 watt.*



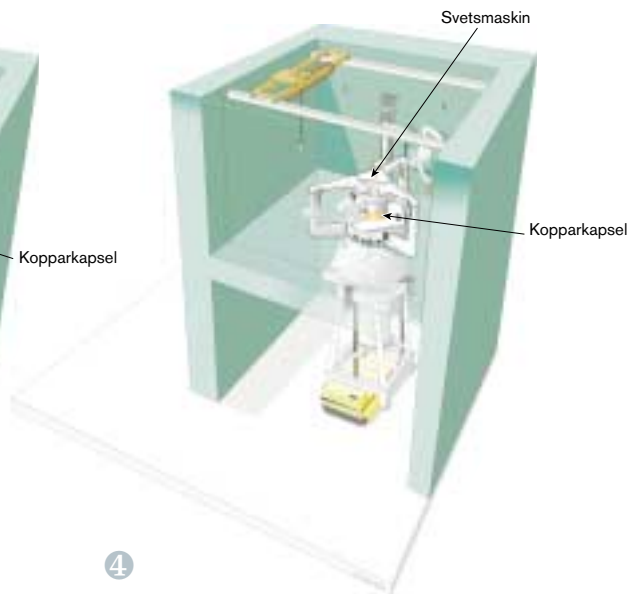
2

*I hanteringscellen torkas bränslet och bränsleelementen lyfts över till kapseln.*



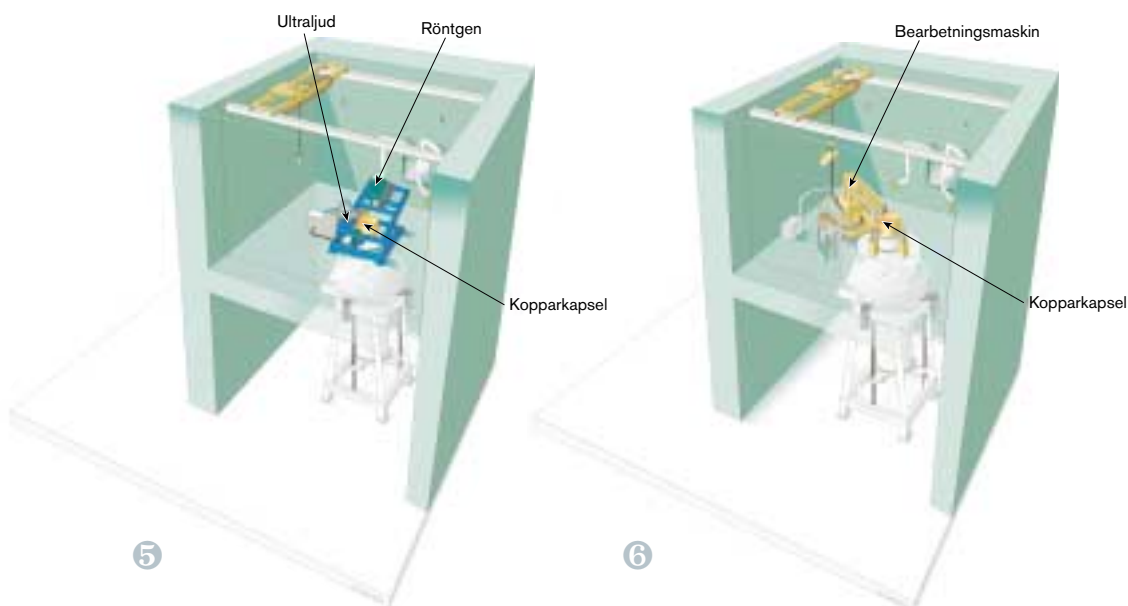
3

*Luften i kapseln byts delvis ut mot argon.*



4

*Kapslarna försluts med friction stir welding.*



5

*Svetsarna kontrolleras med hjälp av ultraljud och röntgen.*

6

*Efter svetsningen maskinbearbetas ojämnheter bort.*

## Skydd vid lastning

Transportkassetten lyfts upp ur bassängen in i den strålskärmade hanteringscellen (2) där bränsleelementen torkas. Därefter lyfts elementen över ett i taget till en kapsel. Kapseln står i en strålskärmad lastbärare, som är dockad underifrån till en annan del av cellen. Under ilastningen av bränsleelementen är kapselns överkant försedd med ett skydd, så att den inte ska skadas. En skada skulle kunna leda till problem när kopparlocket svetsas på. I hanteringscellen skruvas också ett lock av stål fast på insatsen till den fyllda kapseln. Den tomma transportkassetten förs slutligen tillbaka till hanteringsbassängen.

Mellan och under de olika cellerna finns en transportkorridor. Längs denna förflyttas kapseln stående i en lastbärare med hjälp av en luftkuddetruck. Trucken består av en plattform, som hålls upp av ett antal luftkuddar. Lastbäraren består av en ställning som är försedd med en strålskärm. Skärmen har två teleskopiska delar. Den övre är fast monterad och försedd med en rörlig strålskärmade lucka upptill. Den nedre strålskärmen kan röra sig i höjdlid så att kapseln kan höjas och sänkas. I botten finns ett vridbord för att rotera kapseln, vilket krävs vid maskinbearbetning och oförstörande provning.

## Argonblandning ersätter luft

I stationen för atmosfärsbyte (3) förbereds kapseln för svetsning. Kapseln dockas underifrån på liknande sätt som i hanteringscellen. Via en genomföring i kapselns stållock ersätts en del av luften i kapseln med argon. Detta gör vi för att undvika

att vatten, som eventuellt blivit kvar i bränslet efter torkning, bildar salpetersyra tillsammans med luftens kväve. Salpetersyran skulle i så fall kunna orsaka korrosionsangrepp på kapselns insats. Här kontrollerar vi även att stållocket är tätt och att kapselns överkant är ren. Om så är fallet lyfts kopparlocket ner och läggs på kapseln.

Kapseln är nu klar för att svetsas. Detta sker med hjälp av friction stir welding i svetsstationen (4). Kraftiga plattor håller kapseln på plats medan svetshuvudet roterar runt kapseln. Därefter flyttas kapseln till stationen för oförstörande provning (5). Där kontrolleras svetsens kvalitet med ultraljud och röntgen. Om svetsen blir godkänd transporteras kapseln vidare till stationen för maskinbearbetning (6). Kapseln jämnas till så att ytan blir slät. Därefter tar vi prov på kapseln för att försäkra oss om att ytan inte är kontaminerad med radioaktiva ämnen. Finns det radioaktiva ämnen på kapselns yta rengörs den. Slutligen lastas kapseln i en transportbehållare för vidare färd till slutförvaret.



# Hyvä Suomi

Sverige och Finland ska slutförvara det använda kärnbränslet med samma metod. Att samarbeta om utformningen och förslutningen av kapseln är en naturlig följd.



*Undersökningar av borrhäror i Olkiluoto, platsen för det finska slutförvaret.*

Sverige och Finland har samma förutsättningar när det gäller slutförvaring av det använda kärnbränslet. Berggrunden är ungefär densamma och båda länderna planerar att använda samma metod. Mot den bakgrunden har SKB och vår finska motsvarighet Posiva avtalat om ett ingående samarbete om frågor som rör kapseln. Det gäller såväl tillverkning som förslutningsteknik. Den viktigaste gemensamma frågan är att göra tillverkningsprov med olika metoder hos olika leverantörer.



*Tvårs över Östersjön, räknat från Forsmark, ska det finska slutförvaret byggas. Även Finland använder sig av KBS-3-metoden.*

## Valfrihet viktig vid tillverkning ...

Det viktigaste är inte med vilken metod tillverkningen av kapslar sker, utan att de färdiga kapslarna uppfyller våra och myndigheternas krav.



*Kassetten för bränsleelementen placeras i gjutformen.*

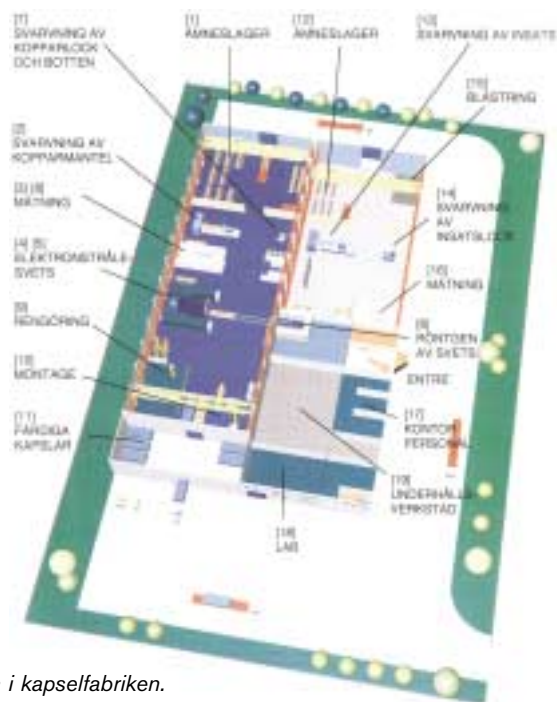
SKB tänker inte tillverka de olika delarna till kapseln i egen regi. Vår kompetens ligger främst i att hantera bränslet på ett säkert och miljövänligt sätt. All tillverkning kommer i stället att läggas ut på underleverantörer. Det är ett uppdrag som ställer höga krav på leverantörerna i fråga om leveranssäkerhet och kvalitetsstyrning. I och med att vi under flera år har provtillverkat kapselkomponenter har vi också fått en ingående kännedom om branschen och byggt upp ett omfattande kontaktnät. Vi vet vilka aktörer som finns på marknaden och hur de klarar av att uppfylla våra krav.

### Sätter själva ihop delarna

Som tidigare nämnts ska 200 förslutna kapslar per år lämna inkapslingsanläggningen. Vi måste alltså försäkra oss om motsvarande leveranser när det gäller insatser, kapselrör, lock och bottenar. Vi vill ha fullständig kontroll över sammansättning och kvalitet och planerar därför att bygga en egen fabrik för detta, den så kallade kapsel-fabriken.

Några bränsleelement kommer aldrig att finnas i kapsel-fabriken. Den är därför ingen kärnteknisk anläggning, utan en vanlig mekanisk industri där färdigtillverkade komponenter sätts samman till en färdig kapsel, så när som på fastsvetsningen av locket. I fabriken sker maskinbearbetning av samtliga komponenter och kapselns botten svetsas på.

Den seriemässiga produktionen av kapslar måste vara igång ungefär ett år innan inkapslingsanläggningen tas i drift.



Kapslarna sätts samman i kapsel-fabriken.

## Två linjer

SKB har utformat ett förslag till hur kapselfabriken kan se ut. Den tänkta fabriken är uppbyggd med två bearbetningslinjer: en för bearbetning av koppar och en för bearbetning av stål och gjutjärn. Tanken med att hålla isär de två metallerna är att det blir lättare att hantera de metallspån som uppkommer vid bearbetningen.

I bearbetningslinjen för koppar svarvas kopparrör, lock och bottenar. Därefter kontrolleras kapselkomponenternas kvalitet med ultraljudsprovning. Efter kontrollmätning svetsas botten på och svetsen kontrolleras med ultraljud och röntgen. Om svetsen blir godkänd svarvas svetsområdet ned till färdigt mått. Kopparröret högttryckstvättas och torkas därefter. I den andra bearbetningslinjen svarvas insatser och stållock, varefter de kontrolleras i en särskild mätstation. Därefter blästras samtliga kanaler rena. Vid det sista momentet i tillverkningskedjan placeras insatsen i kopparröret. Den färdiga kapseln placeras därefter i en särskild transportvagna och levereras tillsammans med insatslock och kopparlock till inkapslingsanläggningen.



*Gjutformen fylls med smält järn.*

## Erfarenheter styr utformning

De erfarenheter vi får vid provtillverkning av de olika delarna till kapseln kommer att påverka kapselfabriken utformning. Arbetet med att utveckla utrustning för svetsning och provning av kapslarna kommer att vägas in i utformningen av fabriken och vid beräkningen av investeringskostnaderna. En utredning av fabriken miljöpåverkan och en riskanalys kommer också att göras. Hela kapselfabriken får en yta



*Maskinbearbetning av insats.*

av ungefär 6 000 m<sup>2</sup>. Fabriken beräknas kosta omkring 200 miljoner kronor och sysselsätta cirka 25 personer.

Låt oss backa ett steg i tillverkningskedjan och titta närmare på hur kapselns olika delar framställs. Principen och tekniken för att tillverka kapselinsatser är klara. Provtillverkning har skett hos tre gjuterier: Åkers Sweden AB, Guldsmedshytte Bruk AB och Metso Foundry AB. I korthet ser tillverkningsprocessen ut så här: Kapselinsatsen gjuts i ett stycke i segjärn. Kanalerna där bränsleelementen ska placeras är tillverkade av kvadratiska stålrör, som är sammansvetsade till en kassett. Profilrören fylls först invändigt med packad sand för att inte stålfilerernas väggar ska deformeras av trycket från smältan vid gjutningen.



*Färdig insats till kapseln.*

## Kan fyllas från två håll

Formen fylls därefter med smält järn. Detta kan ske på två sätt: Antingen genom fallande gjutning då smältan fylls på från toppen rakt ner i formen eller genom stigande gjutning då smältan leds genom en kanal till botten av formen och sedan stiger uppåt inuti formen. Vi har inte observerat någon skillnad i kvalitet mellan de olika metoderna. Järnet tränger in och fyller mellanrummen mellan kanalerna och bildar även ett skal av järn runt kassetten. Efter gjutningen får insatsen svalna i formen några dygn. Insatsen tas sedan ur formen, rensas och maskinbearbetas. Det är viktigt att kanalerna är raka så att bränsleelementen kan föras ned i dem utan problem.

För att ytterligare kunna förbättra materialegenskaper och tillverkningsmetoder har vi genomfört ett projekt i samarbete med Svenska Gjuteriföreningen. I projektet har vi modellerat gjutsystem, formfyllnad och svalningsförlopp med hjälp av datorsimuleringar. Resultaten ska användas vid kommande provtillverkningar.

## Fyra metoder

Hittills har SKB testat fyra metoder för att tillverka kopparhöljen till kapslarna:

- Rullformning
- Extrudering
- Dornpressning
- Smide

Samtliga tillverkningsätt har visat sig vara framkomliga vägar. De tre sistnämnda alternativen har dock den fördelen att de inte ger några skarvar på röret och kallas sömlösa tillverkningsmetoder.

Rullformning innebär att tjocka kopparplåtar valsas så att tvärsnittet bildar en halvcirkel. Två halvor sammanfogas sedan med längsgående svetsar till ett kopparrör. Vid de tillverkningsprov som SKB har genomfört har svetsningen skett med



*Koppargöt för extrudering.*



*Smide av kopparkapsel.*

elektronstrålesvetsning. Totalt har vi låtit tillverka sammanlagt 13 kopparrör i full storlek med denna metod. Att använda sig av rullformning innebär dock att vi får tio meter extra svetsskarv på varje rör och därmed också en inte helt obetydlig extra arbetsinsats för att kontrollera skarvarnas kvalitet. Under de senaste åren har vi därför i stället koncentrerat oss på de sömlösa tillverkningsmetoderna extrudering, dornpressning och smide. Samtliga dessa metoder är så kallade varmförningsmetoder, där kopparn värms upp till omkring 700 °C för att bli lättare att bearbeta.

### **Utgår från koppargöt**

Vår referensmetod för framställning av kapselrör är extrudering. Vid tillverkningen utgår man då från ett homogent cylindriskt koppargöt. Götet värms upp och placeras i en press där det trycks samman så att längden minskar samtidigt som diametern ökar. Med hjälp av en dorn görs sedan ett hål rakt genom centrum. Cylindern placeras därefter i en extrusionspress och extruderas i ett steg tills den får sina slutliga dimensioner.

Alla extruderade kopparrör har tillverkats vid Wyman Gordon Ltd i Skottland som har tillräckligt stora pressar (30 000 tons presskraft) för att klara sådana rördimensioner som det här är fråga om. Extruderingen ger kopparröret en finkornig



*Smide av kopparkapsel på Scana Steel Components.*

materialstruktur. Röret blir emellertid inte automatiskt rakt och kan därför behöva riktas upp efteråt. Ibland blir heller inte rundheten perfekt från början.

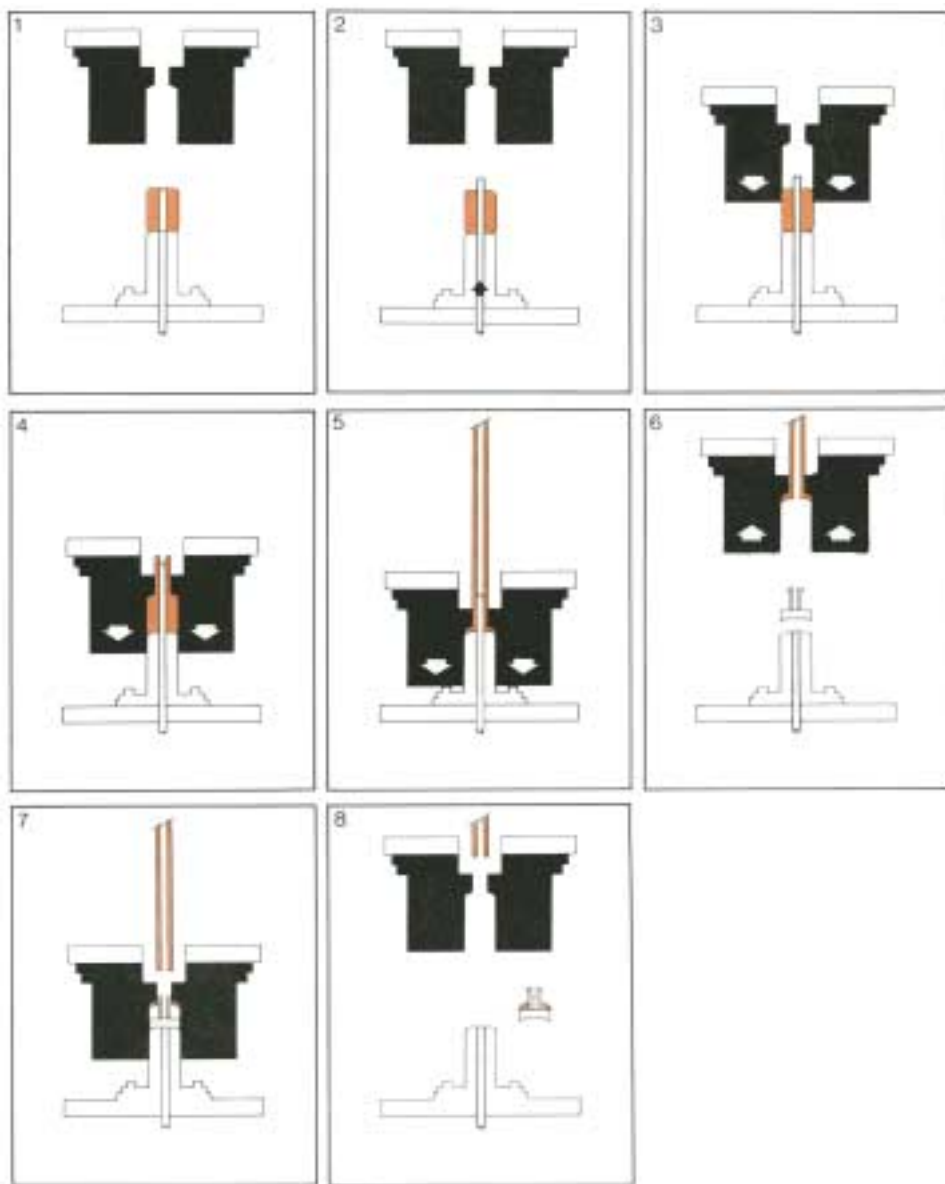
### **Hålar och drar**

Vi har också provat att tillverka kapselrör genom dornpressning. Även vid denna metod utgår man från ett homogent cylindriskt koppargöt, som värms upp till omkring 700 °C och placeras i en press där det trycks samman så att längden minskar samtidigt som diametern ökar. Cylindern placeras därefter i en press (4 000 ton) och hålas med hjälp av en dorn. Hålet blir dock inte genomgående utan röret får en integrerad botten, som hänger ihop med rörets sidor.

Därefter vidtar ett antal dragningar i en horisontell 1 500 tons press, där olika verktyg används varje gång. Under dragningarna ökar hålets innerdiameter samtidigt som ytterdiametern reduceras och röret blir längre. Röret måste värmas på nytt mellan varje dragning. All tillverkning har skett vid Vallourec & Mannesmann i Tyskland.

### **Finkornig struktur nödvändig**

SKB utreder för närvarande möjligheten att behålla den integrerade botten på röret. För att lyckas med detta måste processparametrarna optimeras så att materialet i botten uppfyller samma krav på struktur som rörets väggar. Även om vi inte lyckas med att tillverka rör med integrerad botten kommer dornpressning att



*Principen för tillverkning med hjälp av extrudering. Det extruderade röret pressas vertikalt uppåt då pressverktyget trycks nedåt.*



*Principen för dornpressning. I det första steget gör en dorn hål i koppargötet. Sedan dras götet uppåtgående i en horisontell press så att röret blir längre och hålets diameter allt större.*



*Vid dornpressning formas kopparröret genom en serie av successiva expansionssteg och dragningar. Den övre bilden visar en expansion och den undre en dragning som förlänger röret.*



*Verktøy for att smida lock och botten till kapseln.*

kunna användas för att tillverka rör som är öppna i båda ändar.

Under de senaste åren har vi tillverkat några kapselrör med hjälp av smide. Tillverkningen har skett vid värmländska Scana Steel Components. Försöken visar att smide är en framkomlig väg att tillverka sömlösa kopparrör. För att uppnå rätt dimensioner på röret behöver vi dock utveckla verktyg och smidesteknik.

Processen börjar med att götet värms och placeras stående i en press. Götet trycks sedan samman för att få en större diameter. En dorn pressas därefter ned i centrum av götet så långt pressen orkar. Götet vänds och dornen pressas ned på motsvarande vis från motsatta sidan så att hålet blir genomgående. Därefter träs kopparstycket upp på en vals och själva smidet börjar.



*Smide av lock till kapseln.*

## ... och vid förslutning

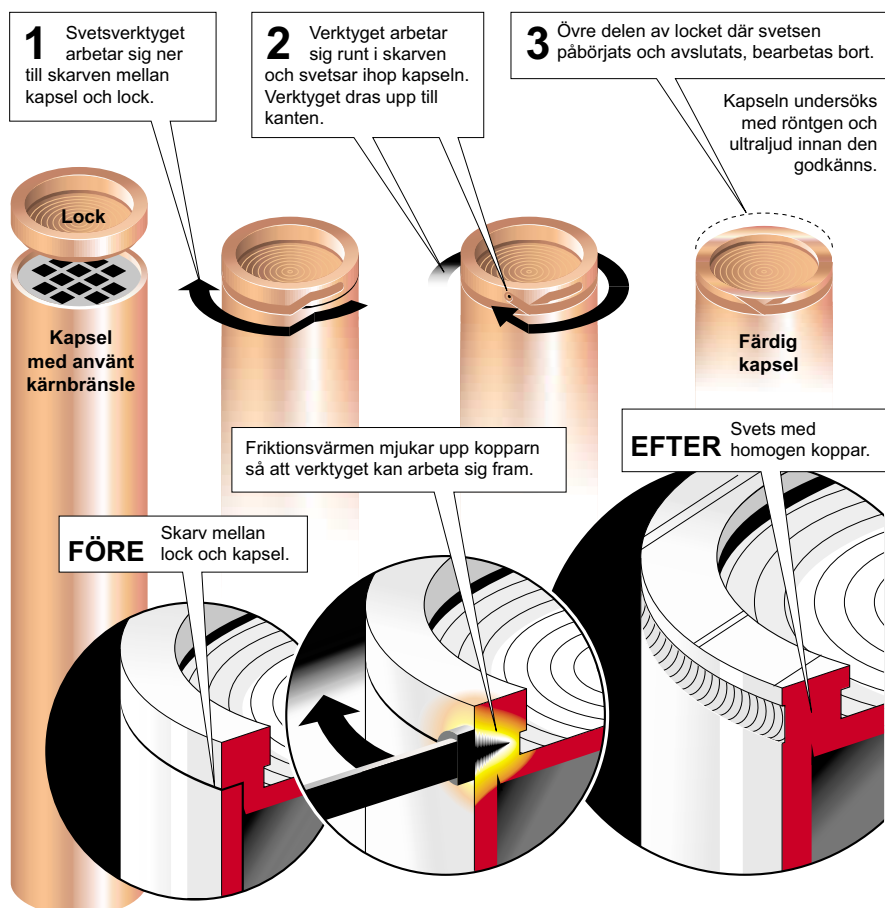
Kopparkapslarna ska förslutas med friction stir welding. Det sista stora tekniska frågetecknet inför ansökan om att få bygga en inkapslingsanläggning har därmed rätats ut.



*Försöksutrustning för friction stir welding i Kapsellaboratoriet.*

SKB har under många år utvecklat två svetsmetoder parallellt: elektronstråle-svetsning och friction stir welding. De dubbla utvecklingsinsatserna har skett med anledning av att vi vill vara absolut säkra på att vi kan ta fram en metod som fungerar även under fabriksmässiga förhållanden. I inkapslingsanläggningen är referensmetoden för att svetsa fast kapselns lock friction stir welding. Vi har valt denna metod, eftersom den – i det utvecklingsläge vi befinner oss i – är driftsäkrare och ger svetsar av hög kvalitet under produktionsliknande förhållanden. Utvecklingsarbetet på Kapsellaboratoriet fortsätter emellertid med båda metoderna.

Friction stir welding är en form av friktionssvetsning. Principen är förhållandevis enkel. Ett roterande verktyg pressas in i fogen mellan de delar som ska svetsas. Materialet runt verktyget värms upp av friktionen till cirka 850 °C och går då att forma. Därefter förs verktyget fram i fogens riktning. Verktygets rotation rör om kopparmaterialet på båda sidor om fogen och binder samman de två metalldelarna. Resultatet blir en svets med nära nog identiska egenskaper jämfört med grundmaterialet.



## Nära samarbete

Metoden utvecklades i början av 1990-talet av brittiska TWI, ett av världens mest framstående forsknings- och utvecklingsinstitut i svetsbranschen. I dag används den industriellt inom bland annat båt-, flyg, rymd- och bilindustrin. Tillämpningarna när det gäller svetsning av koppar är däremot inte så många. SKB och TWI har under flera år haft ett mycket nära samarbete när det gäller förslutning av kopparkapslarna.

Under 1998–1999 byggdes en försöksrigg för svetsning upp på TWI. Denna fungerade så bra att SKB gick vidare och införskaffade en egen svetsutrustning på Kapsellaboratoriet.

Uppdraget att konstruera, tillverka, installera, prova och driftsätta anläggningen gick till Esab AB. Företaget är världsledande inom friction stir welding och har tidigare levererat ett flertal utrustningar för detta till bland annat Boeing.

Vid friction stir welding bildas ett utgångshål när svetsningen avslutas och verktyget avlägsnas. Utgångshålet får inte finnas kvar när kapseln deponeras. Efter att hela varvet runt kapseln har fullbordats förs verktyget därför uppåt till kapsellockets övre del, så att utgångshålet uppstår i ett parti som tas bort vid maskinbearbetningen av kapseln.



*Temperaturen vid friction stir welding uppgår till ungefär 850 °C.*



*Svets gjord med friction stir welding.*



*Svetskammaren för elektronstrålesvetsning i Kapsellaboratoriet.*

### **Elektronstråle smälter samman**

Elektronstrålesvetsning innebär att kopparmaterialet i kapselröret och locket smälts ihop när det träffas av en kraftig ström av elektroner. Hela processen sker i vakuum. Elektronerna accelereras upp till två tredjedelar av ljushastigheten med hjälp av en elektronkanon.

Ett av många viktiga moment vid svetsningen är att fokusera elektronstrålen. Är strålen för bred rinner kopparen, är den för smal uppstår lätt defekter i svetsen. Fördelningen av elektroner i elektronstrålen styr också svetsens kvalitet. Genom att oscillera elektronstrålen förbättras resultatet. En utrustning för elektronstrålesvetsning finns på Kapsellaboratoriet sedan 1998. Det har varit svårt att få utrustningen att fungera under produktionsliknande förhållanden och det är en av anledningarna till att vi valt friction stir welding som referensmetod i inkapslingsanläggningen.



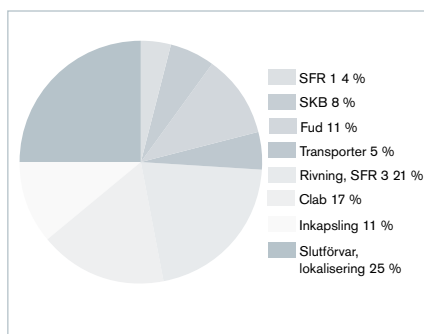
*Svets gjord med elektronstrålesvetsning.*

## Vad kostar det?

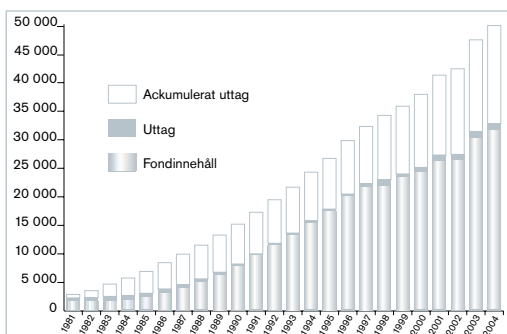
Våra efterkommande ska inte behöva betala för att ta hand om det avfall som dagens elkonsumention gett upphov till.

Ägarna till kärnkraftverken avsätter därför pengar till detta.





Totalkostnaderna för hanteringen av kärnavfall i dagens penningvärde uppgår till 70 miljarder kronor.



Diagrammet visar fondinnehåll och ackumulerade uttag för finansieringen av avfallshanteringen.

Kostnaderna för att ta hand om det radioaktiva avfallet finansieras genom särskilda avgifter, totalt omkring ett öre per kilowattimme. Avgifterna fastställs varje år av regeringen och grundar sig på kostnadsberäkningar som SKB lämnar in till Statens kärnkraftinspektion. Kostnadsberäkningarna utgår från att de kvarvarande tio kärnkraftverken drivs i 40 år. Avgifterna varierar från ägare till ägare. Storleken beror på hur länge reaktorerna vid de olika verken varit i drift.

Pengarna betalas in till Kärnavfallsfonden och placeras hos Riksgälden. Kärnavfallsfonden innehöll vid årsskiftet 2004/2005 nästan 32 miljarder kronor.

Vi räknar med att de totala utgifterna för att ta hand om allt radioaktivt avfall från kärnkraftverken uppgår till cirka 70 miljarder kronor i 2004 års penningvärde. Av dessa är lite mer än 17 miljarder kronor förbrukade. De framtida kostnaderna uppgår till drygt 52 miljarder kronor. Av denna summa går omkring elva procent till inkapslingsanläggningen och kapsselfabriken. Då ingår också kostnaden för att tillverka själva kapslarna inklusive kopparmaterialet. I detalj fördelar sig kostnaderna för inkapslingsanläggning och kapsselfabrik så här inklusive tidigare nedlagda kostnader (miljoner kronor), se tabellen nedan.

<b>Inkapslingsanläggning</b>	
Investering	2 280
Drift och underhåll	1 960
Rivning	190
<b>Summa</b>	<b>4 430</b>
<b>Kapsselfabrik</b>	
Investering	225
Kapslar, drift och underhåll	3 550
<b>Summa</b>	<b>3 775</b>

## Blir det några nya jobb?

Ett slutförvar eller en inkapslingsanläggning är en möjlighet för en kommun. Det handlar om mycket mer än bara arbetstillfällen.



*Inkapslingsanläggningen kommer enligt planerna att ge ungefär 30 nya arbetstillfällen.*

Många alternativ öppnar sig för en aktiv kommun med klara visioner om framtiden. En kommun med en vilja att växa och utvecklas har en unik chans att profilera sig nationellt och internationellt. Slutförvaret och inkapslingsanläggningen ger var för sig en utmärkt bas för utvecklingen inom en rad olika områden. Hur detta ska se ut i detalj är det kommunens egen vision om framtiden som bestämmer. SKB medverkar gärna i denna process.

Flest arbetstillfällen kommer naturligtvis slutförvaret att ge. Även inkapslingsanläggningen bidrar till att öka sysselsättningen. Våra uppskattningar visar att den kommer att ge omkring 30 nya arbetstillfällen.

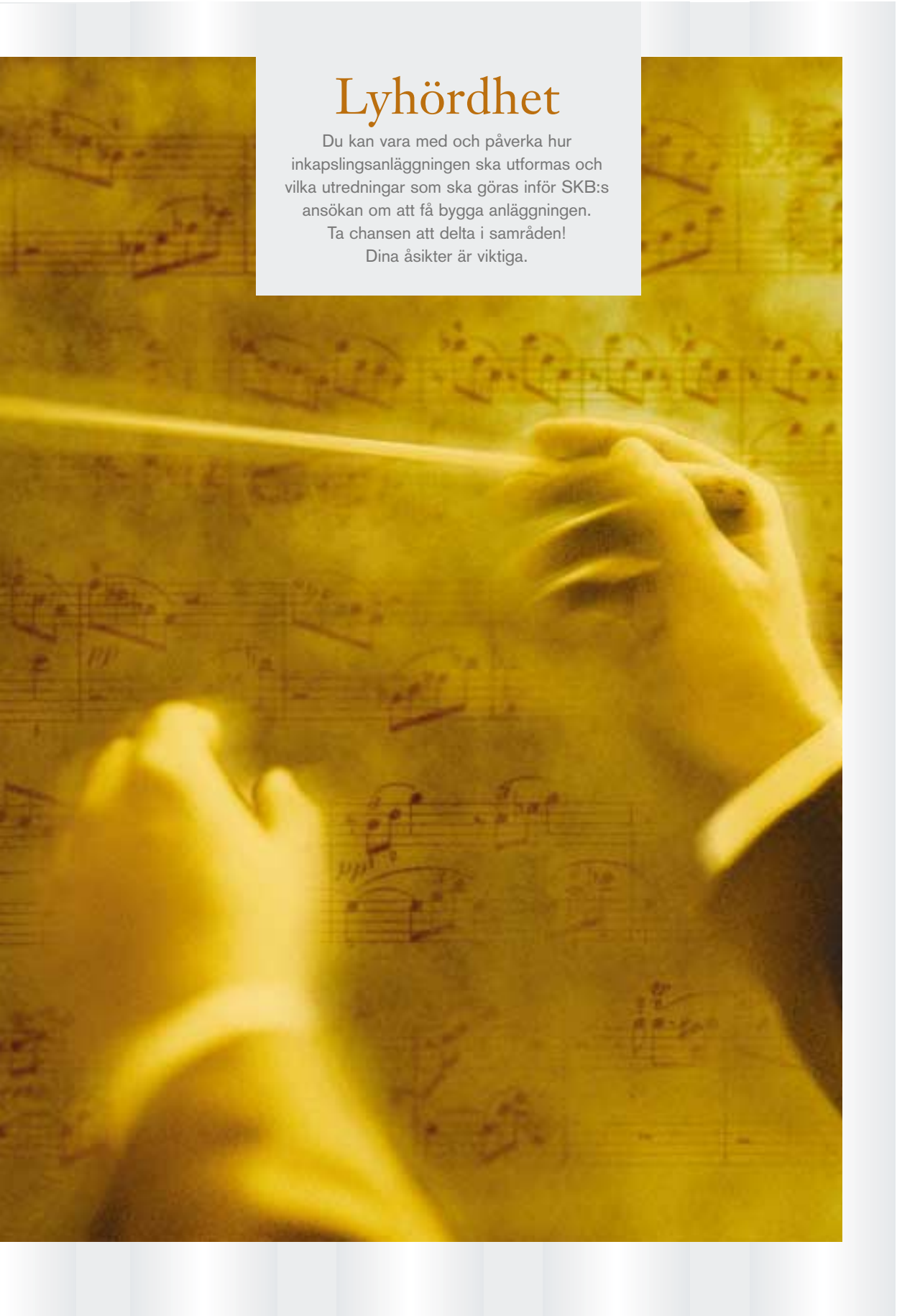
Kapsel fabriken kan byggas som en fristående enhet i den kommun eller region där inkapslingsanläggningen ligger. Den kan också ligga i anslutning till någon av de metallindustrier som redan finns eller vid inkapslingsanläggningen. Det behövs ungefär 25 personer för att driva kapsel fabriken.

# Lyhördhet

Du kan vara med och påverka hur  
inkapslingsanläggningen ska utformas och  
vilka utredningar som ska göras inför SKB:s  
ansökan om att få bygga anläggningen.

Ta chansen att delta i samråden!

Dina åsikter är viktiga.



# Dialogen

För SKB är dialogen viktig. Ju tidigare den startar, desto bättre är det. Det är i mötet mellan människor som tankar föds, frågor får svar och möjligheter öppnas.



*Genom att delta i samråden får du tillfälle att påverka både utformningen av inkapslingsanläggningen och slutförvaret.*



*På samrådsmötena kan du göra din stämma hörd.*

En grundpelare i samtalet mellan oss och invånarna i Forsmark och Oskarshamn är det så kallade MKB-arbetet. Förkortningen MKB står för miljökonsekvensbeskrivning. För att inkapslingsanläggningen och slutförvaret ska få byggas krävs tillstånd enligt både kärntekniklagen och miljöbalken.

Till ansökningarna ska ett MKB-dokument bifogas. Som framgår av namnet är MKB-dokumentet en beskrivning av alla upptänkliga konsekvenser för människan och miljön som en inkapslingsanläggning respektive ett slutförvar kan ge samt hur de kan begränsas och förebyggas. Dokumentet ska också innehålla en redogörelse för de samråd som har hållits.

### **Pågående samtal**

Samrådet är ett ständigt pågående samtal med alla berörda parter. MKB-dialogen har börjat tidigt på såväl lokal som regional och nationell nivå. För att kunna få ett helhetsperspektiv har vi valt att ha gemensamma samråd där båda anläggningarna diskuteras. Enligt SKB:s uppfattning är huvudsyftet med samråden att ge kommuninvånare, intresseorganisationer och myndigheter en möjlighet att påverka inkapslingsanläggningens och slutförvarets utformning samt MKB-dokumentets innehåll och omfattning. Samråden ger också SKB möjlighet att få ta del av deltagarnas kunskaper och erfarenheter. Ambitionen är att resultatet ska bli en väl förankrad miljökonsekvensbeskrivning.

Att ta fram en miljökonsekvensbeskrivning innebär många utredningar, undersökningar och inventeringar. Under samråden är alla välkomna att lämna synpunkter, ställa frågor och diskutera med SKB och övriga deltagare. SKB skriver anteckningar från varje möte. Anteckningarna ska sammanställas i en samrådsredogörelse som lämnas in med MKB-dokumenterna och ansökningarna.

## Flera nivåer

Samråden sker på flera nivåer. Tidigt samråd ska enligt miljöbalken hållas med länsstyrelsen och med de enskilda personer som antas bli särskilt berörda av anläggningarna. Vi har genomfört tidiga samråd i både Forsmark och Oskarshamn. Detta skedde under 2002–2003. År 2003 började de utökade samråden. De kommer att fortsätta fram till 2008, då ansökningarna enligt miljöbalken lämnas in. Där deltar även vissa statliga myndigheter och de organisationer som är berörda.



Det kan till och med bli aktuellt att samråda utanför landets gränser. Sverige har undertecknat Esbokonventionen. Det är en överenskommelse som reglerar miljökonsekvensbeskrivningar vid gränsöverskridande miljöpåverkan. Enligt Esbokonventionen ska Naturvårdsverket ”informera det landets ansvariga myndighet om den planerade verksamheten eller åtgärder och ge den berörda staten och den allmänhet som berörs där möjlighet att delta i samrådsförfarandet om ansökan och miljökonsekvensbeskrivningar”. SKB har väckt frågan hos Naturvårdsverket och väntar på besked om samråd ska genomföras med andra länder och i så fall vilka och i vilken form.

SKB ger varje år ut skriften ”Utökat samråd enligt miljöbalken”. Där finns en mer detaljerad beskrivning av vilka samråd som genomförts under året och även utdrag ur protokoll och mötesanteckningar.

# Den demokratiska processen

Att fatta beslut som får konsekvenser tiotusentals år in i framtiden är svindlande. Sådana tidsperspektiv ställer också extra höga krav på den demokratiska processen.



*Välkommen på besök i någon av våra anläggningar! Vi berättar gärna mer om våra planer inför framtiden.*

För att bygga inkapslingsanläggningen och slutförvaret behöver SKB ha samhällets och de enskilda människornas stöd. För vi tänker bara bygga anläggningarna på platser som är säkra och där människorna accepterar det. Kommunen har makt att fatta beslut om att avbryta samarbetet när som helst. Frivilligheten är emellertid inte kravlös. Tvärtom. Den ställer stora krav på den enskilde kommuninvånaren, på beslutsfattarna, på medierna och på kritikerna. Alla måste skaffa sig kunskap i en svår fråga för att kunna ta ställning.

Som lekman har man kanske svårt att ha en åsikt i tekniska frågor som till exempel hur tjock en kopparkapsel ska vara. Men det finns flera saker som man kan ta ställning till, sådant som har att göra med ens egna värderingar och uppfattningar om vad som är rätt eller fel. I grunden handlar det om två enkla frågor: Vi eller de? Nu eller sedan? Ska vi i Sverige ta hand om vårt eget avfall eller ska människor i ett annat land göra det åt oss? Ska vi strunta i att engagera oss nu men ställa krav på dem som lever om 100 år att fatta beslut åt oss?



*Avfallsfrågan berör flera generationer. Här diskuterar elever från Oscarsgymnasiet i Oskarshamn om vi ska ta hand om andra länders avfall eller inte.*

## Engagemanget finns

Med frivilligheten som förutsättning och princip kan SKB lösa sin uppgift bara om många människor skaffar sig kunskap och tar ställning och om flertalet av de politiska partierna säger ja. Glädjande nog finns engagemanget där. Både Oskarshamns och Östhammars kommuner engagerar sig i arbetet med inkapslingsanläggningen och slutförvaret. Båda kommunerna har bildat grupper med vilka vi kan föra fruktbara diskussioner.

Oskarshamns kommun bedriver det så kallade LKO-projektet. Förkortningen LKO står för Lokal Kompetensuppbyggnad i Oskarshamn. Uppgiften är att ta fram och presentera ett beslutsunderlag för kommunfullmäktige inför ansökningarna om att få bygga inkapslingsanläggningen respektive slutförvaret. Projektet leds av en heltidsanställd tjänsteman och ytterligare en person arbetar halvtid med kärnavfallsfrågan. Arbetet sker huvudsakligen inom ramen för MKB-processen och bekostas med medel ur Kärnavfallsfonden.

Östhammars kommun följer arbetet med den alternativa placeringen av inkapslingsanläggningen vid kärnkraftsblock 3 genom Lokala MKB-gruppen i Östhammar. Gruppen består av både politiker och tjänstemän och har till uppgift att förse kommunstyrelsen med underlag inför olika beslut och yttranden.

# Den goda cirkeln

Både Oskarshamn och Östhammar är så kallade kärnkraftskommuner. I decennier har kraftverken varit stora arbetsplatser med många kvalificerade anställda.



*Projekt Inkapslings chef Anders Nyström har lång erfarenhet av använt kärnbränsle. Under många år arbetade han på Clab. Här tillsammans med Kapsellaboratoriets Mikael Tigerström.*

Att lära av sina egna och av andras erfarenheter är en viktig del i arbetet inom alla branscher, inte minst inom kärnavfallsbranschen. Utbyte av erfarenheter av såväl misstag som bra arbetssätt, leder till väl utbildad personal som arbetar efter bra rutiner. Vi försöker med alla medel att tillämpa detta synsätt vid arbetet med inkapslingsanläggningen och slutförvaret.

### **Ständiga förbättringar**

Allt eftersom arbetet fortlöper kommer vi att sammanfatta, utvärdera och ta tillvara den kunskap som framkommer. Kapsellaboratoriet kommer att vara ett viktigt kunskapscentrum även i framtiden. Där kan vi testa nya idéer och utbilda och vidareutbilda personal. Genom detta arbetssätt hoppas vi uppnå en god cirkel där ständiga förbättringar tillhör vardagen.

De erfarenheter vi redan gjort vid utvecklingsarbetet av kapseln och svetsmetoderna kommer till exempel att tas tillvara vid utformningen av inkapslingsanläggningen. Vi tar också tillvara kunskapen och erfarenheten av hantering av använt kärnbränsle genom att ta in personer från kraftverken och andra delar av den kärntekniska industrin i projektet.

### **Myndigheterna ser oss**

Under hela kärnavfallsprogrammet granskar myndigheterna SKB. Verksamheten prövas dessutom av regeringen vart tredje år. Inför prövningen måste vi redovisa våra resultat och våra planer för forskning och utveckling.

## Dina åsikter är viktiga

Var med och påverka! Dina åsikter är viktiga. Den uppmaningen riktar projektchef Anders Nyström till alla som blir berörda av inkapslingsanläggningen.



*Anders Nyström, projektchef för inkapslingsanläggningen.*

Nu är vi nästan vid målnöret. Om mindre än ett år ska ansökan enligt kärntekniklagen om att få bygga inkapslingsanläggningen lämnas in. Två år senare – år 2008 – är det dags för motsvarande ansökan enligt miljöbalken. Jag vill därför ta tillfället i akt att uppmana alla att ta chansen att vara med och påverka beslutsprocessen genom att delta i de samråd som genomförs. Självklart är du också välkommen att kontakta mig och mina medarbetare direkt. Just dina synpunkter och erfarenheter samt din lokalkännedom är viktiga för oss på SKB. Tillsammans kan vi utforma en bättre anläggning som påverkar omgivningen så lite som möjligt.

Samråden är gemensamma för slutförvaret och inkapslingsanläggningen. Hittills har vi fått många konstruktiva synpunkter. En del handlar om teknik, miljö och säkerhet medan andra behandlar den demokratiska processen om hur besluten ska fattas. För mig personligen har det varit både svårt och stimulerande att i en öppen dialog utväxla uppfattningar och synpunkter i komplicerade frågor. I diskussionerna blandas kunskapsaspekter med känslor och rena teknikfrågor med funderingar om ansvar.

### Lokal lösning nödvändig

Ytterst handlar kärnbränslefrågan om ansvar: SKB:s ansvar, den enskilde medborgarens ansvar och nationens ansvar. Det är vi som lever i dag som har skapat energibehovet och konsumerat elenergin. Och det är Sverige som nation som har dragit nytta av energiproduktionen. Kärnavfallsfrågan är en nationell angelägenhet som kräver en lokal lösning. Inkapslingsanläggningen är en del av denna lösning.

De flesta pusselbitar när det gäller den tekniska utformningen av inkapslingsanläggningen har redan fallit på plats. I maj 2005 fattades det sista stora avgörande beslutet. Då bestämde vi oss för att satsa på att svetsa fast locken på kapslarna med svetsmetoden friction stir welding. Vi tror mycket på denna teknik. I Kapsellaboratoriet har de försöksserier vi gjort uppvisat mycket goda resultat. Svetsarna blir av mycket hög kvalitet.

Vi har också arbetat parallellt med att utveckla en förslutningsmetod som bygger på elektronstrålesvetsning. Även med denna teknik går det att svetsa fast lock så att svetsarna håller mycket hög kvalitet. Men friction stir welding är den metod vi i nuläget bedömer fungerar bäst vid svetsning i stora serier. Vårt jobb i inkapslingsprojektet är nu att anpassa arbetsstationerna i anläggningen till metoden.

### Lång erfarenhet

Till min hjälp i inkapslingsprojektet har jag ungefär ett dussin kompetenta medarbetare. Vi har alla lång erfarenhet av arbete i kärntekniska anläggningar. En utmaning för oss alla är att få till den torra hantering av det använda kärnbränslet som ska ske i inkapslingsanläggningen. Torr hantering i produktionsmiljö är nytt för Sverige – som bekant mellanlagras ju i dag allt använt kärnbränsle i vattenfyllda bassänger i Clab. Även våra projektörer har stor erfarenhet av att rita och bygga kärntekniska anläggningar. I projektet anlitar vi Westinghouse Electric

Sweden AB, som till sin hjälp har British Nuclear Group och Ramböll Sverige AB. Projekteringen är i första hand inriktad på att bygga en anläggning i anslutning till Clab, men vi undersöker även möjligheten att bygga inkapslingsanläggningen vid Forsmark. Detta kan endast bli aktuellt om även slutförvaret byggs där.

Men vi behöver din hjälp. Tillsammans blir vi ännu bättre. Ta chansen att påverka du också genom att delta i samråden eller kontakta oss direkt!

Anders Nyström  
Projektchef





**Svensk Kärnbränslehantering AB**  
Box 5864, 102 40 Stockholm  
Telefon 08-459 84 00 [www.skb.se](http://www.skb.se)