



Vid korrespondens åberopa  
FOI beteckning

Datum  
2008-03-19

Nr  
07-1686:4

Statens Kärnkraftinspektion  
106 58 Stockholm

STATEN KÄRNKRAFTINSPEKTIONEN
2008-03-20
DNR SKI 2007/1218
OBJ.

Er referens  
SKI 2007/1218  
Övind Toverud

Vår referens  
Lars-Erik De Geer  
Kämnvapenfrågor

## Remiss, SKB:s FUD-program

Bifogat återfinns FOI:s remissyttrande över SKB:s Program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall, inklusive samhällsforskning (Fud-program 2007).

Avdelningen för Försvars- och säkerhetssystem

Nils Olsson  
Bitr. avdelningschef

Lars-Erik De Geer

Bilaga: Remissyttrande

FOI, Totalförsvarets forskningsinstitut  
Avdelningen för Försvars- och säkerhetssystem

Postadress

164 90 Stockholm

Besöksadress  
Gullfossgatan 6

Telefon  
08-55 50 30 00

Fax  
08-55 50 33 97

Hemsida  
www.foi.se



Remiss, SKB:s åttonde Fud-program (2007)

KÄRNRENSNING INSPEKTION
2008-03-20
DNR
...

## Bakgrund

Enligt kärnteknikförordningen skall ägarna till kärnkraftsverken redovisa program för allsidig forsknings- och utvecklingsverksamhet gällande slutförvar vart tredje år i september. Det åttonde programmet redovisades 28 september 2007. Ägarna uppdrar åt Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) att utarbeta programmen som går under namnet Fud-program: program för Forskning, Utveckling och Demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av utbränt bränsle.

Fud-programmen är den ram inom vilken SKB arbetar mot en slutlig lösning av den svenska kärnavfallsfrågan utgående från de för närvarande planerade drifttiderna vid de olika reaktorerna (Barsebäck 25 respektive 28 år, Ringhals och Forsmark 50 år och Oskarshamn 60 år). Totalt planeras förvarsutrymme för 12000 ton utbränt bränsle. Alltsedan Fud-programmens start i mitten av 1980-talet har utvecklingen baserats på den s.k. KBS-3 metoden där ungefär två ton icke upparbetat bränsle innesluts i en fem cm tjock kopparkapsel som stadgas upp av en seg gjutjärnsinsats. Hela kapseln har en diameter av drygt en meter och en längd av nästan fem meter. Kapslarna deponeras sedan vertikalt i borrhål i tunnlar drivna på ca 500 meters djup i lämpligt berg. Kapslarna omsluts av en buffert av 35 cm (50 cm i botten och 1.5 m på toppen) bentonitlera som när den sväller håller kapslarna på plats och skyddar dem mot vattenflöden och måttliga rörelser i berget. Tunnlarna drivs och återfylls vartefter, och när allt bränsle deponerats omkring år 2070 så återfylls hela anläggningen upp till jordytan och blir på så sätt helt försluten. En grundläggande princip är att avfallet skall tas om hand av de generationer som dragit nytta av den utvunna energin och man vill därför inte invänta koncept som tar mycket lång tid att utveckla. Man håller dock öppet för möjligheten att återta bränslet i det fall man inom en rimlig tid skulle komma fram till nya effektiva metoder, t.ex. separation och transmutering, för att en gång för alla göra sig av med de mycket långlivade aktiviteterna, som utgör ett svåranalyserat och i alla fall moraliskt/filosofiskt problem för hela kärnkraftsindustrin.

Fud-programmen har genom åren fokuserat på olika problemområden vartefter de aktualiserats av utvecklingen. Redan från början arbetade man med referensalternativet KBS-3 men följde även upp andra metoder som transmutering och djuphålsförvar (nedemot fem km). Man projekterade och byggde en försöksanläggning (Äspö) till ett djup av 460 m norr om Oskarshamn där bl.a. nuklidtransport studerades i verklig skala och demonstrationsdeponeringar gjordes. Man byggde ett kapsellaboratorium i Oskarshamn och förra året invigdes ett bentonitlaboratorium i anslutning till Äspö-laboratoriet. Under 1990-talet tittade man på möjliga och optimala lokaliseringar av ett slutförvar och det gjordes platsundersökningar i Storuman och Malå. Kommuninvånarna röstade dock emot en etablering så mot slutet av decenniet fokuserade man på kommuner där kärnreaktorer redan fanns i drift och där det folkliga stödet kunde antas vara större. Två områden mycket nära verken i Forsmark och Oskarshamn valdes då ut med respektive kommuns samtycke för närmare platsundersökningar. Dessa undersökningar har nu slutförts med för SKB nöjaktigt resultat och processen för att välja ett av dessa alternativ kommer att starta under det här året.

Planen är att en ansökan om att bygga ett slutförvar skall lämnas in i slutet av 2009. Fud-programmen har därmed blivit mer och mer konkreta med tiden. Så låg t.ex. fokus för det

sjätte programmet (2001) på den viktiga säkerhetsanalysen och för det sjunde (2004) på tillverkning och förslutning av kapslarna. En säkerhetsanalys, SR-Can, har redan genomförts och förberedelsearbetet för SR-Site, den säkerhetsanalys som skall bifogas ansökan, är i full gång.

Det åttonde programmet (2007), som nu är föremål för remissförfarande från granskningsmyndigheten SKI, är en grundlig genomgång av vad som uppnåtts och vad som fortfarande kvarstår att göra när det gäller säkerhet, planering, projektering, konstruktion och bygge av ett slutförvar. Avsikten är att nästa Fud-program (2010) skall inriktas på det s.k. Loma-programmet (Loma = Låg- och medelaktivt avfall) och rivning. Ett kortare avsnitt om detta finns dock med redan i Fud 2007.

## Bedömning

Rapporten som beskriver Fud 2007 är en imponerande genomgång på 500 sidor (plus mängder av referenser och forskningsrapporter) av planer, teknikutveckling, säkerhetsanalys och forskning. En ambition har funnits att inom de olika områdena beskriva nuläget men också vad som gjorts under den senaste tre åren, på eget initiativ och som svar på synpunkter som kommit in efter granskningen av Fud 2004. Intrycket är att man ärligt försöker beskriva situationen också när vissa delar är osäkra och att man t.o.m. hänvisar till att vissa förhållanden inte går att säkerställa förrän anläggningsarbetet är i full gång och särskilt inte förrän man nått ner till den aktuella förvarslokalen. Det gäller sådant som utbredning och lägen av geologiska formationer och deformationszoner men också hydrauliska egenskaper och geokemiska förhållanden i aktuella strata.

Man har delat in problemkomplexet i ett antal s.k. produktionslinjer; berg, buffert, bränsle, kapsel, återfyllning och förslutning. Inom berglinjen är det injektering (spricktätning) och utveckling av, och kontrollmetoder för, uppkomna sprickzoner som man anser inte vara tillräckligt kända. Buffertlinjen omfattar många processer som man behöver behärska. Även om de viktigaste uppgifterna för bentonitbufferten är att täta mot vatten och att vara ett mekaniskt skydd så fungerar den också som ett fördröjningselement om radionuklider skulle läcka ut ur kapseln. Därför är processer som värmetransport, frysning, vatten- och gastransport, gaslösning, erosion, advektion, diffusion, osmos, jonbyte, sorption och mikrobakterietillväxt av stort intresse. Inom kapsellinjen behövs viss teknikutveckling för oförstörande provning samt utveckling av specialmaskiner för hantering av kapslarna vid deponeringen. För återfyllningslinjen återstår teknikutveckling när det gäller installation av bentonitblock i deponeringshål och deponeringsorter samt för tätning av undersökningsborrhål. Här pågår dock arbete i det nybyggda bentonitlaboratoriet och i samarbete med Posiva, SKBs motsvarighet i Finland. Några avgörande svårigheter är inte att vänta.

Vad gäller den för avståndet mellan deponeringshålen dimensionerande värmeledningsanalysen framgår det inte om hänsyn tagits till att värmeutvecklingen i kapseln är en funktion av utbrändheten och därmed av höjden inom kapseln. Om detta inte beaktats, kan det innebära att det planerade avståndet på 6 meter mellan hålen är för litet, eftersom värmegenereringen är större på halva höjden än den är som snittvärde över hela kapseln.

En detalj som inte färdigutvecklats är de intrångshinder som slutligen skall installeras nära marknivå vid de öppningar som funnits under drift till ramp, schakt och borrhål. FOI anser att detta är en viktig del för att försvåra för oönskade grupper i senare generationer att komma åt det plutonium som finns i förvaret. Dock finns här ett inbyggt motsatsförhållande mellan att

hindra oönskad åtkomst och att hålla öppet för ett möjligt återtag i syfte att tillämpa nya och mer effektiva metoder.

Just risken för att plutoniet skall komma på avvägar var FOI:s huvudsakliga invändning vid analysen av Fud 2004. Fokus i FOI:s remissvar den gången riktades på de risker som uppkommer särskilt i samband med transporter av kapslar mellan inkapslingsanläggningen och slutförvaret. Fud 2007 reagerar inte på detta, vilket kanske har att göra med att man inte ser någon större skillnad mellan dessa transporter och de transporter som redan sker mellan verken och det centrala mellanlagret Clab i Oskarshamn.

En rimlig slutsats är att inkapslingsanläggningen och slutförvaret bör samförläggas (helst också med Clab) för att minimera transporterna totalt. Då skulle man även kunna driva en tunnel mellan inkapslingsanläggningen och en grunt underjordsförlagd mottagningsstation vid slutförvaret.

Den tanken kan också utvecklas till en fråga varför SKB egentligen förordar en ramp för transporterna ner till förvaringsnivå. Man vill helt klart minimera negativ påverkan i form av sprickbildning av sprängnings och brytningsverksamhet och då borde det vara stora fördelar med att rejält minska detta genom att nöja sig med ett lodrätt schakt där utrustning och i ett senare skede kapslarna kan hissas ner till det centrala området för mottagning på förvaringsdjup. Deponeringsmaskiner och annan utrustning för användning på förvaringsnivå bör kunna konstrueras så att de kan tas ner i delar genom ett schakt och sedan slutmonteras på plats.

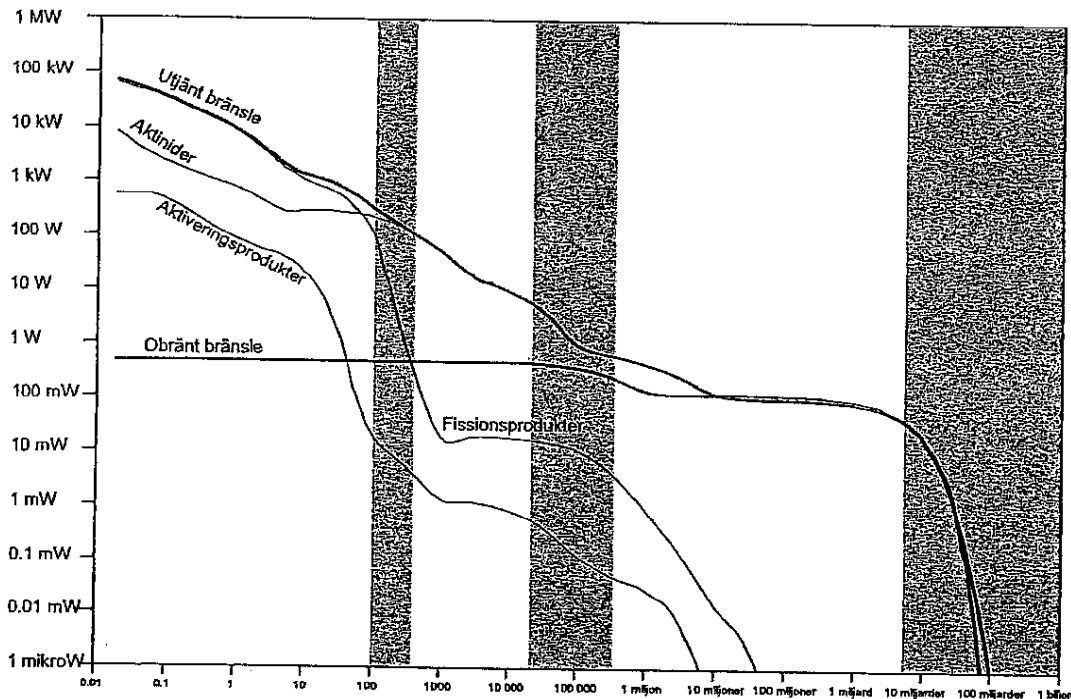
Man har i Fud 2007 inte funnit anledning att revidera radionuklidinventarier och dess utveckling in i framtiden. Man påpekar dock att detta bör göras för de väsentligt utökade utbränningsgrader man nu räknar med att använda inom svensk kärnkraftsindustri (uppemot 60 MW<sub>t</sub>/kgHM istället för ca 30 MW<sub>t</sub>/kgHM för de tidiga svenska kraftreaktorerna) eftersom det kan ha betydelse för resteffekter och möjlig kriticitet. Detta stöds av FOI.

Ett klassiskt problem när det gäller slutförvaret av uttjänt kärnbränsle är vilken tidsskala man bör beakta för eventuellt menliga effekter. Det är i hög grad ett moraliskt/filosofiskt problem som dessutom lider av svårigheten att förutse biosfärens och levande individers och befolkningars utveckling fram till, i extremfallet, att jorden slukas i samband med att solen övergår till en röd jätte om ungefär 7000 miljoner år. Fud 2007 begränsar sin ambition till att försöka spänna över ett antal glacialer (nedisningsperioder) som brukar uppträda med en period av ungefär 0.1 miljoner år. Ju längre fram i tiden man försöker se blir naturligtvis osäkerheterna större men å andra sidan "kallnar" bränslet samtidigt och det kan ibland vara svårt för en intresserad lekman att värdera betydelsen av osäkerheterna under olika tidsperioder.

Figuren nedan försöker därför ge en relation mellan kärnkraftsdriftens förfång och människans framtidsperspektiv. Den avser den svenska modellen utan upparbetning och utan eventuell transmatering. Tre epoker är särskilt markerade, först en som motsvarar en någorlunda överskådlig framtid från ett fyllt och förslutet förvar och några hundra år framöver, sedan en period där man kan förvänta sig ett antal nedisningar, ca 20000 till en miljon år från nu, och till sist tiden efter ca 7000 miljoner år då jorden har upphört att existera. Genom att jämföra med det obrända bränslet får vi ett mått på kärnkraftsdriftens menliga effekt under olika perioder. Vi ser att samtidigt som osäkerheterna i framtidsbeskrivningarna ökar i samband med att en första nedisning kan förväntas, så har stråleffekten i det uttjänta bränslet gått ner fyra storleksordningar till att vara ca tio ggr effekten i utgångsmaterialet. Förhållandet reduceras sedan

ytterligare under 10 miljoner varefter det uttjänta bränslet kommer att stråla aningen mindre än motsvarande mängd oanvänt bränsle under flera miljarder år.

I sin helhet bedömer FOI att från det att förvaret förslutits så balanserar de osäkerheter som nödvändigtvis uppkommer den samtidiga reduktionen i bränslets aktivitet. En del osäkerheter påtalas också för drifttiden men då kan problem åtgärdas eller i värsta fall hela konceptet överges.



Energiutvecklingen i form av utsänd strålning i obränt och uttjänt (38 MWd/tonU i en svensk BWR reaktor) bränsle (motsvarande 1 ton färskt uran anrikt till 3.5%) som funktion av tiden i år. För det uttjänta bränslet ges också en uppdelning i fissionsprodukter, aktinider och aktiveringsprodukter. Vi ser att den senare kategorin alltid ligger väsentligt lägre än de andra två medan fissionsprodukterna dominerar de första 50 åren och aktiniderna från ungefär 100 år. Det kan också vara intressant att notera att under drift energiutvecklingen är ungefär 30 MW<sub>t</sub>/tonU. (Data från SCALE 4.3 beräkningar fram till tiden 300 000 år (R. Håkansson, Studsvik Nuclear, 2000). Bateman utvecklingar för den följande tiden fram till 1 biljon år har gjorts vid FOI.)

Något som inte alls beaktas i Fud 2007 är konsekvenserna av en eventuell utbyggnad av svensk kärnkraft. I vad mån finns utrymme och möjligheter för att utvidga ett slutförvar för ett väsentligt längre utnyttjande av fissil energi i Sverige? En sådan analys skulle kunna ha en ytterligare inverkan på det förestående förläggningsbeslutet.