

Använt kärnbränsle – resurs eller avfall?

Klyvbart material produceras i reaktorer under drift

De flesta av världens reaktorer är lättvattenreaktorer. Till allra största delen använder de bränsle som består av uran. Naturligt uran består av två isotoper, uran-238 är helt dominerande och utgör 99,3 % av uranet i naturen. Det är bara 0,7 % som utgörs av uran-235. Det är den senare som är klyvbar och som går att använda som bränsle i reaktorerna.

För att en lättvattenreaktor ska fungera behöver halten uran-235 i bränslet höjas till någonstans mellan två och fem procent. I den här anrikningsprocessen får man stora mängder uran-238 över. Det används inte idag.

I reaktorn utsätts bränsleelementen för ett intensivt neutronflöde. Neutronerna som träffar bränslet startar nya kärnklyvningar och håller kedjereaktionen igång, men de fångas också in av icke-klyvbara ämnen i reaktorn. En del neutroner fångas av uran-238 som då genom en rad kärnreaktioner omvandlas till plutonium-239. Plutonium är ett utmärkt kärnbränsle och börjar så snart det har bildats att bidra till kärnklyvningarna i reaktorn och drygar på så sätt ut bränslet.

När bränslet tas ur reaktorn har mängden uran-235 minskat kraftigt. Istället har det byggts upp ämnen tyngre än uran, huvudsakligen plutonium och ämnen lättare än uran som bildas i klyvningen och i andra kärnreaktioner. Halten plutonium i använt bränsle brukar när bränslet tas ur härden ligga kring en procent, något beroende på hur reaktorn har körts och hur hög anrikningen av uran-235 var från början.

Kraftproducerande reaktorer är ofta byggda för att producera omkring 1000 MW el. Härden består då av ungefär 100 ton uran. Om bränslebyten görs årligen som är det vanliga i Sverige och bränslet används i fem år, vilket också är vanligt, så byts 20 ton bränsle ut per år och reaktor. En procent plutonium ger 200 kg plutonium per reaktor och år.

Lättvattenreaktorer behöver hela tiden förses med nytt klyvbart material. Även om de bygger upp plutonium under drift så bildar de för lite plutonium för att det ska räcka för att tillverka tillräckligt med nytt bränsle för att driva reaktorn.

Bridreaktorer producerar mer bränsle än de förbrukar

Det finns reaktorer som är utformade så att de bygger upp mer klyvbart material än de konsumerar. Sådana reaktorer kallas bridreaktorer. De svenska reaktorerna kyls av vanligt – om än väldigt rent – vatten. Men, för att öka produktionen av klyvbart material behövs andra kylmedel, till exempel flytande natrium eller bly. Det är också optimalt att använda plutonium som klyvbart material i bridreaktorer då det maximerar neutronproduktionen i kärnklyvningarna.

Genom att en bridreaktor definitionsmässigt producerar mer klyvbart material än den förbrukar så behöver den bara tillföras bränsle när den startas. Därefter kan de klyvbara materialet föras tillbaka till reaktorn. Små mängder uran-238 behöver också tillföras för att kompensera för det som ombildats till plutonium, men den mängden är bara någon procent av den mängd bränsle en lättvattenreaktor behöver. Dessutom tas det här uranet från det som lades åt sidan när man en gång anrikade naturligt uran till lättvattenreaktorerna. Faktum är att de lager som finns av uran-238 räcker för att driva en flotta av bridreaktorer lika stor som dagens kärnkraft i flera tusen år. Bridreaktorerna är inte beroende av uranbrytning.

För att starta en bridreaktor av samma storlek som en typisk lättvattenreaktorer (1000 MW el) behövs ungefär 10 ton plutonium. Fem ton behövs för starthärden. Ytterligare fem ton behövs till de bränslebyten som behöver göras innan man hunnit ta hand om det första bränslet som gick in i reaktorn så att det plutonium som har bildats kan användas för att producera nytt bränsle.

I Sverige finns idag strax över 6000 ton använt bränsle i lager i väntan på slutförvar. Då runt en procent är plutonium innehåller bränslet 60 ton. Det är tillräckligt för att starta sex bldreaktorer. Dessutom producerar reaktorerna i drift hela tiden nytt plutonium. För närvarande tar det sex år att bilda 10 ton plutonium. När Ringhals 1 och 2 stänger minskar takten något och det kommer att ta åtta år att bilda plutonium nog för att starta ytterligare en bldreaktor.

Resurs eller avfall

I kärnkraftens barndom trodde man att det var ont om naturligt uran samtidigt som man räknade med en mycket kraftig kärnkraftsexpansion. Bldreaktorerna skulle då behöva ut byggas i stor skala och man såg framför sig att plutonium skulle bli en bristvara. Idag är situationen helt annorlunda. Även om Sverige skulle starta ett storskaligt bldreaktorprogram så skulle vi ha tillräckligt med plutonium för våra behov. Situationen ser likadan ut i alla länder som byggde ut kärnkraften på 1970- och 80-talen. Det finns gott om plutonium.

Samtidigt kommer även bldreaktorerna att ge upphov till avfall som behöver slutförvaras. Klyvningsprodukterna har vi ingen användning för och de behöver hållas åtskilda från biosfären åtminstone under 1000 år. Det svenska slutförvarskonceptet med kopparkapslar omslutna av bentonitlera långt ner i graniten fungerar konceptuellt även för avfallet från bldreaktorerna.

En framtida utbyggnad av bldreaktorer skulle vara beroende av att det fanns ett fungerande slutförvar. Allt använt bränsle som har producerats av lättvattenreaktorerna kommer heller sannolikt inte att behövas för de bldreaktorer vi kan komma att bygga.

En god strategi är därmed att börja deponeringen av använt bränsle i slutförvaret som planerat. Om det i framtiden skulle visa sig att vi har behov av plutonium och att plutoniumproduktionen i de reaktorer som då är i drift är otillräcklig så kan deponeringstakten i slutförvaret sänkas så att bldreaktorernas får det plutonium de behöver.

Författare: Daniel Westlén, Vattenfall och Analysgruppen

Granskning: Carl Hellesen

Läs mer

Energiforsks rapport 2016:317 "[Fjärde generationens kärnkraft](#)" om bldreaktorer och fjärde generationens kärnkraft.

Analysgruppens Bakgrund nr 2, 2009 "[Kärnkraftens bränslecykler – från urangruvan till slutförvaret](#)" (pdf) om dagens hantering av kärnbränsle.