

## Uran

För kärnreaktorer och kärnvapen är uran-235 den viktigaste klyvbara isotopen.

Atomnummer: 92  
Täthet: 18,90 g/cm<sup>3</sup>  
Smältpunkt: 1 150 grader C

Naturlig uran är sammansatt av tre olika uranisotoper:  
uran-238: 99,28%  
uran-235: 0,71%  
uran-234: 0,01%

## Förekomst

Det naturliga uranet bildades långt före jordens tillkomst vid fusionsprocesser inuti en stjärna. Det bildas inget nytt uran i dag.

Exempel på halter i bearbetade fyndigheter:  
Key Lake, Kanada: 20 kg/ton (2%)  
Ranger, Australien: 2,5 kg/ton (0,25%)  
Rössing, Namibia: 0,5 kg/ton (0,05%)  
Ranstad, Sverige: 0,3 kg/ton (0,03%)

## Uranets sönderfall

Uranatomens kärna är instabil och faller därför sönder av sig själv. I ett gram av uran-238 faller drygt 12 000 atomer sönder varje sekund. Ändå tar det ca 4,5 miljarder år innan hälften av uranatomerna fallit sönder. Denna tid kallas halveringstiden. Sönderfallet sker på ett mycket bestämt sätt, enligt sönderfallskedjan. Uranmalmen innehåller alla de radioaktiva ämnen som uppstår när uran faller sönder. När uranet utvinns hamnar alla dessa ämnen i processavfallet och sprids till omgivningen via luft och vatten.

## Sönderfallskedjan uran-238

	ISOTOP	HALVERINGSTID
1.	U-238	Uran-238 4 510 000 000 år
2.	Th-234	Thorium-234 24,1 dagar
3.	Pa-234	Protaktinium-234 1,2 minuter
4.	U-234	Uran-234 247 000 år
5.	Th-230	Thorium-230 80 000 år
6.	Ra-226	Radium-226 1 602 år
7.	Rn-222 (radongas)	Radon-222 (radongas) 3,8 dagar
8.	Po-218	Polonium-218 3,1 minuter
9.	Pb-214	Bly-214 26,8 minuter
10.	Bi-214	Vismut-214 19,7 minuter
11.	Po-214	Polonium-214 164 mikrosekunder
12.	Pb-210	Bly-210 21 år
13.	Bi-210	Vismut-210 5,0 dagar
14.	Po-210	Polonium-210 138,4 dagar
15.	Pb-206	Bly-206 Stabil

α = Alfastrålning β = Betastrålning γ = Gammastrålning

## Låg- och medelaktivt avfall

Låg- och medelaktivt avfall uppstår överallt där uran hanteras. Det innehåller i stort sett samma radioaktiva ämnen som det högaktiva avfallet. Avfallens aktivitet kan variera högst betydligt – det kan innehålla allt från nedsmittade handskar och verktyg till filtermassor med hög koncentration av radioaktiva ämnen och t.o.m. kraftigt strålände fragment av bränslestavar. I Sverige uppstår ca 10 000 m<sup>3</sup> sådant avfall varje år. Ett mycket kritiserat "slutförvar", Slutförvaret för radioaktivt driftavfall (SFR), har byggts för detta utanför Forsmark, men en hel del hamnar också på kommunala soptippar. Låg- och medelaktivt avfall tas även in från utlandet och bearbetas i Studsvik utanför Nyköping.

## Högaktivt avfall

Det högaktiva avfallet är det i särklass farligaste avfall människan någonsin skapat och mängden växer i snabb takt. Varje år bildas i världens kärnkraftsreaktorer tillsammans 1 000 gånger så mycket cesium-137 som frigjordes vid Tjernobylolyckan, och plutonium i en mängd tillräcklig för att avliva hela jordens befolkning 1 000 gånger om. Någon säker metod att oskadliggöra det högaktiva avfallet finns inte!

Det dominerande förslaget från kärnkraftsindustrin är att bygga ett förvar nere i berget. Nästan varje gång myndigheterna och industrin har försökt göra provborringar för ett förvar har det mött starka lokala protester, inte bara i Sverige utan i hela världen. Undantag i Sverige är de två kärnkraftskommunerna Oskarshamn och Forsmark.



Första versionen april 1991. Reviderad december 2009. Text: Mats Törnqvist och Miles Goldstick. Bild: Joakim Allgulander. Layout: Alti Brinkmann.

## Luftföroreningar och växthuseffekt

Inte ens en stor utbyggnad av kärnkraften skulle ge någon nämnvärd minskning av växthuseffekten. (Mänksligheten får i dag bara fem procent av sin energi från kärnkraft.)

Dessutom krävs det energi i varje led när kärnbränslet framställs och transporteras och när kärnkraftsavfallet hanteras. Denna energi kommer mest från fossila bränslen som olja, naturgas och kol.

Det släpps ut miljöfarliga gaser när processkemikalier tillverkas och när uranet behandlas kemiskt. På det sättet bidrar kärnkraften också till både förorening och växthuseffekt. Framställning, transport och hantering av 1 kg uranbränsle ger upphov till ca 10 ton koldioxid och omkring 100 kg svavel- och kväveoxider.

## Normalutsläpp

Undersökningar visar att människor som bor i vindriktningen från ett kärnkraftverk är mer utsatta för livshotande hälsoproblem. Varje reaktor släpper vid normal drift ut ett 50-tal olika radioaktiva isotoper till luft och vatten.

I Sverige rör det sig enligt Strålsäkerhetsmyndigheten årligen om i genomsnitt två hundra tusen miljarder (200 000 000 000 000) becquerel per reaktor.

Isotopernas halveringstider sträcker sig från några minuter till flera tusen år. Hur de påverkar miljön i detalj är till stor del okänt, men de utgör en smygande och ständigt ökande radioaktiv förorening.

## Ursprungsbefolkningar

Både kärnkraft och kärnvapen drabbar jordens ursprungsbefolkningar särskilt hårt. Utvinningen av uranet till de svenska kärnkraftverken ödelägger och förgiftar landområden som sedan urminnes tider har bebotts av Kanadas indianfolk, Australiens aboriginer och Afrikas ursprungsbefolkning. Kärnvapenproven har drabbat indianer i USA, Australiens aboriginer, samerna i Skandinavien och Sovjetunionen, och polynesierna i Stilla Havet. Kärnkraftolyckan i Tjernobyll drabbade också just samerna hårdare än övriga skandinaver.

## Kärnkraft och kärnvapen

Uran är den gemensamma råvaran för kärnkraft och kärnvapen. Framställningsprocesserna sker i många fall i samma anläggningar. Ur det använda bränslet kan man utvinna plutonium för att framställa atombomber. Det kallas uppberedning av bränsle. Den "civila" kärnkraften har gjort det möjligt för länder som t.ex. Indien och Pakistan att skaffa sig kärnvapen. Den civila och den militära användningen av atomenergin är med andra ord hårt och intimt sammanflätade.

## Reaktorolyckor

Varje kärnkraft reaktor kan haverera och orsaka en fruktansvärd förorening vilka försiktighetsmätt man än vidtar.

Tjernobylolyckan gjorde 10 000 km<sup>2</sup> (ett område ungefär så stort som Skåne) obebodligt, och ett tio gånger så stort område otjänligt för jordbruk. Det kan ta många hundra år innan dessa områden åter kan tas i bruk. Därtill kommer de dödsfall, skador, sjukdomar och annat mänskligt lidande som reaktorhaveriet orsakar.

## 1 Uranbrytning

Uranbrytning sker oftast i stora dagbrott. Malmen transporteras till uranverket som brukar ligga i närheten. Den krossas och mals till fin sand som sedan behandlas med kemikalier, vanligen stora mängder svavelsyra. Man får uranföreningen U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> som kallas yellowcake.

För varje kilo yellowcake bildas också tusentals kilo avfalls-slam som läcker ut och förgiftar grundvatten, floder och sjöar. Slammet är radioaktivt och fullt med kemikalier och tungmetaller. Det gör stora områden obebodliga för tusentals år framåt. Gruvarbetarna drabbas av sjukdomar och dödsfall. I Sverige bryts inget uran sedan 1969, av miljöskäl och ekonomiska skäl. De 10 svenska reaktorerna förbrukar ca 1 100 ton uran per år. Det importerar från Kanada, Australien, Niger, Gabon, Namibia, USA och Kina.

## 2 Konvertering till uranhexafluorid

Yellowcake från uranverket går vidare till en konverteringsanläggning. Där omvandlas det till uranhexafluorid genom behandling med bl.a. salpetersyra och fluorvätesyra. Här sker utsläpp till miljön av nitrater, fluorider och radioaktiva ämnen.

Uranhexafluoriden är mycket aggressiv. I kontakt med luft bildas ett giftigt moln som innehåller fluorvätesyra. Därför måste den transporteras i speciella stålbehållare. Det uran som används i svenska reaktorer konverteras i bl.a. Ryssland, Kanada, Kina, Holland och Frankrike.

## 3 Anrikning

I anrikningsverket höjer man halten av uran-235 i det material som ska användas till kärnbränsle och kärnvapen. Man skiljer mellan:

- låganrikat uran (0,7–20% uran-235)
- höganrikat uran (> 20% uran-235)
- utarmat uran (< 0,7% uran-235)

Låganrikat uran används t.ex. i svenska kärnkraftverk. Höganrikat uran används bl.a. i forskningsreaktorer och kärnvapen. Det utarmade uranet används också i kärnvapen, och i plutoniumproducerande reaktorer, bl.a. brytreaktorer. Dessutom används utarmat uran för tillverkning av pansarbrytande ammunition och för andra militära konstruktionsändamål. Bränslet till de svenska reaktorerna anrikas utomlands, bl.a. i Ryssland, Kina, och Frankrike. Detta sker i samma anläggningar som levererar uran till dessa länders atomvapen.

## 4 Kärnbränsle

Det låganrikade uranet (3–5%) går från anrikningsanläggningen till bränslefabriken där det omvandlas till urandioxidpulver (UO<sub>2</sub>), som pressas till bränslekulsar. Kulsarna travas i långa rör som sätts ihop till bränsleelement.

Även vid denna hantering sker utsläpp av radioaktiva ämnen till luft och vatten samtidigt som radioaktivt avfall uppstår. I Sverige finns en bränslefabrik, Westinghouse i Västerås.

## 5 Kärnkraftsproduktion

Kärnbränslet förvandlas i reaktorn till högaktivt avfall. Avfallens radioaktivitet är ca 3 miljoner gånger högre än det färska bränslets!

Efter 1 000 år är strålningen fortfarande 5 000 gånger högre. Endast några få procent av uranet blir nyttigt energi. Hela 2/3 av den frigjorda energin försvinner som spillvärme ut i havet. Via luft- och kylvattenutsläpp läcker regelbundet ett 50-tal olika radioaktiva isotoper ut i kraftverkets omgivning. I kraftverket uppkommer även stora mängder låg- och medelaktivt avfall.

nonuclear.se