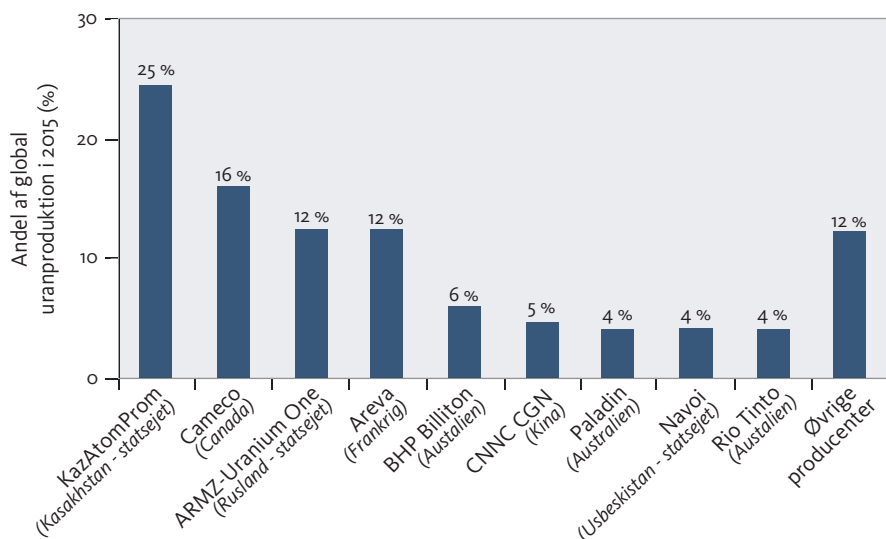


Oplysninger om mængden af uran der bliver brugt til militære formål er ikke offentligt tilgængelige, så anvendelsesområderne for uran i overstående diagram er anslået.



Markedsandele for de største producenter af uran.
Kilde: World Nuclear Association.

Det Internationale Atomenergiagentur (IAEA) og det Europæiske Atomenergifællesskab (EURATOM) blev begge oprettet med det formål at sikre en fredelig anvendelse af kernekraft, og herudover at sikre fuld kontrol med al uran fra det brydes og i alle efterfølgende procestrin, for at forhindre at uran udnyttes til terrorformål. Dette gøres gennem en lang række konventioner og sikkerhedsstandarder, som medlemslandene skal følge. Desuden foretager disse organisationer løbende inspektioner af alle led i processen. Et land der ikke er medlem af IAEA eller EURATOM, kan ikke købe uran af et land, der er medlem af en af disse organisationer.

Forarmet uran, som er det restprodukt, der fremkommer ved fremstilling af uran til kernekraft, er et meget stærkt og svært gennemtrængeligt metal. Langt størstedelen af forarmet uran bliver deponeret, men en mindre del bliver brugt til militært udstyr, fx til fremstilling af specielle projektiler og til armering af panserkøretøjer. Forarmet uran bliver også brugt til afskærmning af kraftige røntgen-, gamma-

og neutronstråler, fx ved stråleterapi, diagnostiske medicinske undersøgelser og til transport af højradioaktivt materiale.

Geologi og ressourcer

Der kendes mere end 200 forskellige mineraler, som indeholder uran, og derfor findes uran i mange forskellige geologiske miljøer. Det er dog kun få uranmineraliseringer, der er tilstrækkeligt store og lødige til, at det er økonomisk rentabelt at udvinde dem. Høje urankoncentrationer kan både være dannet i forbindelse med bjergarternes dannelse, men kan også være dannet efterfølgende, fordi uran er meget mobilt i naturen og derfor kan koncentreres til forekomster ved sekundære geologiske processer over tusindvis af år. I kommerciel uranmalm varierer uranindholdet meget – fra ca. 0,03 til 20 %. Det er blandt andet mængden af uran, lødighed og bjergarterne, som uranmineralet sidder i, som bestemmer, hvilke metoder der anvendes til at udvinde uran.

Den samlede globale påviste uranressource er ca. 4,6 mio. ton uran, hvoraf Australien

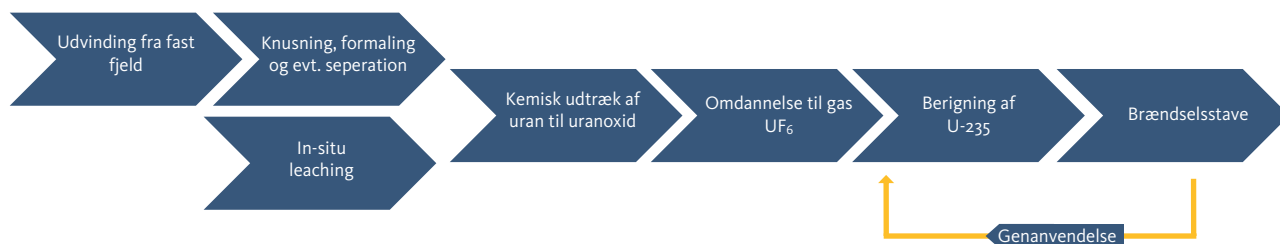
råder over den største andel (26 %), efterfulgt af USA (10 %), Canada (10 %) og Kasakhstan (8 %). Medregnes de ressourcer, som ikke er helt så sikkert bestemt, udgør den samlede mængde 7,6 mio. ton uran. Her er det stadig Australien, der råder over størstedelen (29 %), men efterfulgt af Kasakhstan (12 %), Rusland (9 %) og Canada (8 %).

I Grønland kendes mange forekomster af uran, men kun ved Kvanefjeld i Sydgrønland er der en forekomst, der lever op til kravene om påviste ressourcer. Forekomsten indeholder omkring 100.000 ton uran. Derudover er der en skønnet ressource på 38.000 ton, og yderligere to zoner i nærheden på tilsammen 86.000 ton uran. Kvanefjeld svarer til ca. 2 % af verdens kendte uranressourcer.

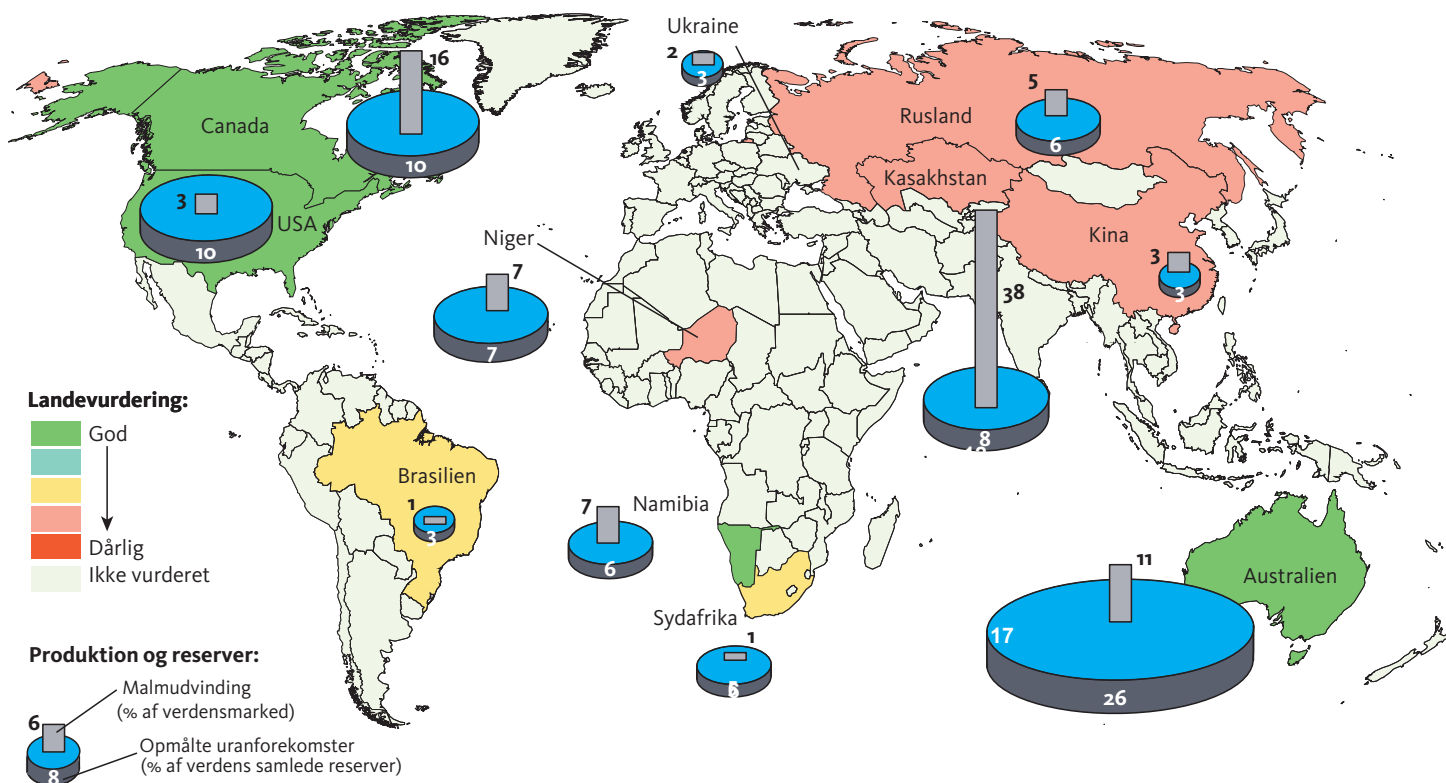
Produktion

Uran brydes både i åbne brud og i underjordiske miner og kan desuden under særlige forhold 'udludes' nede i jorden, hvorefter det opløste uran pumpes op som en væske; denne metode kaldes in-situ leaching. Det foregår ved, at en væske pumpes ned i undergrunden og dér opløser uran i de uranholdige mineraler. Herefter pumpes den uranholdige væske op til overfladen til et behandlingsanlæg, hvor uran udfældes. Tidligere var åbent brud og underjordisk minedrift de dominerende produktionsformer, men efter at in-situ leaching blev udviklet, har denne produktionsform været stigende og er i dag den dominerende, især på grund af de meget lavere driftsomkostninger. In-situ leaching er især brugt i Kasakhstan og USA.

Uranmalm fra underjordiske eller åbne miner bliver knust til pulver. Pulveret tilføres syrer, som opløser de uranholdige mineraler, og uranen kan udfældes. Resultatet er et produkt af uranoxid, der oprindeligt blev kaldt yellowcake, fordi det



Produktionskæde for uran der illustrerer de vigtigste trin, uran gennemgår fra udvinding til brug.



Reserver og produktion i de 11 lande, der har ~90 % af verdens kendte reserver og produktion (BGS 2014, OECD/NEA 2014). Landevurderingen viser de lande, som efterforsknings- og mineselskaber vurderer som gode henholdsvis dårlige for minedrift; vurderingen er baseret på udvalgte faktorer (retssystemet, handelsbarrierer og politisk stabilitet) fra Fraser Institute (2014).

var gult. Yellowcake er stadig en brugt betegnelse, på trods af at produktet ikke altid er gult. Farven er bestemt af renheden af uranoxidproduktet, og de renere former er brune eller sorte. Uranoxid fremstilles i de fleste tilfælde af det mineselskab, der bryder malmen, og er en handelsvarer i modsætning til uranmalm. Inden uranoxid kan bruges i de konventionelle reaktorer, skal det først konverteres til uranhexafluorid (UF_6). Denne proces kan udføres på otte særlige anlæg, som ligger i henholdsvis Canada, England, Frankrig, Kina, Rusland og USA. Uranhexafluorid er en gas, og det er denne gas, der beriges i uran-235.

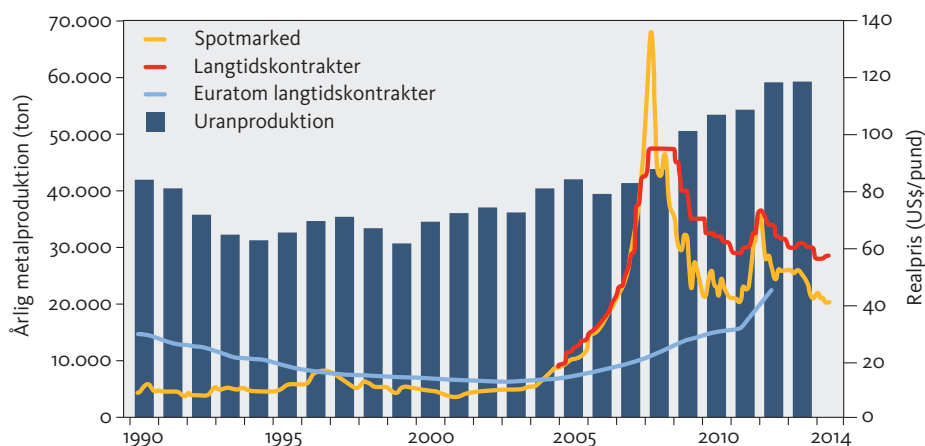
Der findes en række forskellige berignings-teknikker, bl.a. gasdiffusion, gascentrifugering og laserseparation. Berigningen foregår under streng kontrol af bl.a. IAEA. Berigning kan kun udføres på ca. 15 fabrikker i verden beliggende i Frankrig, Tyskland, England, USA, Rusland, Kina, Holland, Pakistan, Indien, Argentina, Brasilien og Iran. Når uran er beriget til et niveau, hvor det indeholder 3-5 % uran-235, kan det bruges til fremstilling af uranbrændsel – ofte omtalt som brændselstav. Brændselstavene fremstilles specifikt til forskellige reaktortyper.

Hvis uranen derimod bruges til kernevåben, skal det beriges til indholdet af uran-235 er omkring 90 %.

Der findes en reaktortype, tungvandsreaktorer, som bruger ikke-beriget uran som brændsel. Ca. 5 % af verdens kernereaktorer er af denne type. Grunden til at der er så få, skyldes, at de er betydeligt dyrere at bygge og har mindst samme driftsomkostninger.

Genanvendelse og substitution

Der er i dag store lagre af radioaktivt affald fra minedrift og brugt brændsel fra atomkraftværker. Affaldet er lagret både under og over jorden. Det brugte brændsel kan beriges igen og genbruges, men det er i dag kun Frankrig, der genbruger ca. 80 % af sit brugte brændsel; alle andre lande deponerer det. En ny type kernereaktor er under udvikling, kaldet "Generation 4". Denne type er langt bedre til at udnytte



Prisudvikling for yellowcake (spotpris og langtidskontrakter) samt produktionsudvikling af uran (metal) i ton fra 1990 til 2014.



Kernkraftreaktorer, i daglig tale kaldet atomkraftværker, producerer i dag 11 % af verdens elektricitet.
Foto: Shutterstock.

uranen, ligesom den kan bruge atomaffald som brændsel. Ud over de civile lagre af beriget uran er der også lagre af højt beriget uran i de militære depoter.

Marked og priser

Uran handles både på langtidskontrakter (op til 15 års leveringsaftaler) og på et spotmarked. Spotmarkedet vurderes at udgøre omkring 15 % af markedet. Der har traditionelt ikke været store forskelle mellem priserne på de to markeder, men i 2007 blev priserne afkoblet på grund af spekulative opkøb af uran. Spotmarkedspriserne steg voldsomt til 135 USD/pund, men faldt hurtigt igen og lå i 2009 nede på omkring 50 USD/pund. Efter Fukushima-ulykken faldt prisen yderligere. Uranpriserne er stadig lave i dag, og det gør, at kun de mest rentable miner kan opretholde produktionen.

Forsyningsrisiko

De globale uranressourcer er meget store – estimeret til ca. 7,6 millioner ton uran – og er anslået til at kunne række til mere end 150 års produktion. Derudover skønner IAEA, at der findes yderligere ressourcer, som endnu ikke er identificeret. Samtidig forudsiger IAEA dog, at der vil opstå en mangelsituation inden for de næste 10-30 år, hvis ikke nye uranminer bliver åbnet. Flere lande er i dag afhængige af energi fra atomkraftværker og har ikke umiddelbart noget alternativ; det gælder eksempelvis Frankrig, Sydkorea og Japan. Derfor er Japan nu i gang med at genstarte sine kernereaktorer, som har været lukket ned siden Fukushima-ulykken.

Referencer

International Atomic Energy Agency
<http://www.iaea.org>

International Panel on Fissile Materials
<http://fissilematerials.org>

Kalvig, P., Thrane, K. & Hanghøj K. 2014:
Uran – fra efterforskning til efterspørgsel.
Mima rapport 2014/2

Uranium 2014: Resources, Production and Demand (The Red Book). A Joint Report by the OECD Nuclear Energy Agency and the International Atomic Energy Agency.
<http://www.oecd-neo.org/ndd/pubs/2014/7209-uranium-2014.pdf>

British Geological Survey
<http://www.bgs.ac.uk/mineralsuk/statistics/wms.cfc?method=searchWMS>

Vestergaard, C. 2015. Governing Uranium.
DIIS

World Nuclear Association
<http://www.world-nuclear.org/>