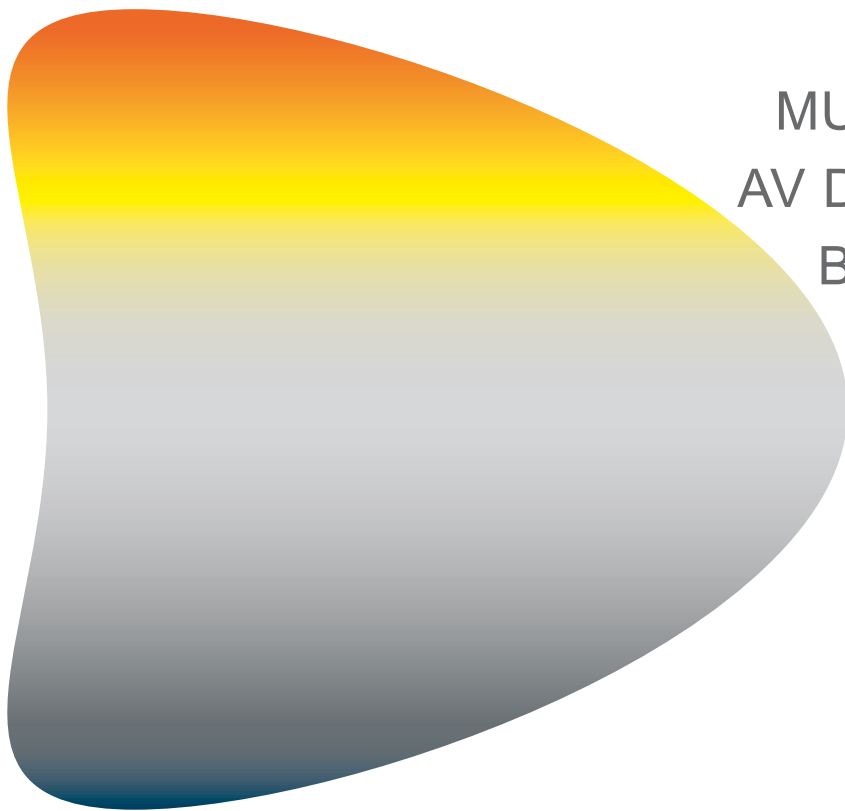
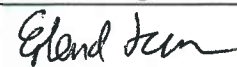
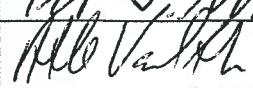


NY BARRIERE MOT
SPREDNING AVATOMVÅPEN?
–IAEA INITIATIV TIL
MULTILATERALISERING
AV DEN KJERNEFYSISKE
BRENSSELSSYKLUSEN



Postadresse	KJELLER NO-2027 Kjeller	HALDEN NO-1751 Halden	
Telefon	+47 63 80 60 00	+47 69 21 22 00	
Telefax	+47 63 81 64 93	+47 69 21 22 01	
Rapportnummer	IFE/KR/E-2008/003		Dato 2009-01-01
Rapporttittel	Ny barriere mot spredning av atomvåpen. - IAEAs initiativ til multilateralisering av den kjernefysiske brenselssyklusen.		Antall sider 58
Prosjekt/Kontraktnummer og navn			ISSN 0333-2039
Oppdragsgiver/Oppdragsgivers referanse	Utenriksdepartementet		ISBN 978-82-7017-700-4 (printed), 978-82-7017-701-1 (electronic)
Referat	<p>På grunn av en ventet økning i kjernekraft på verdensbasis de nærmeste årene, regner man med at nye land vil ønske å bygge opp en tilgrensende industri for produksjon og behandling av reaktorbrensel. Dette representerer en utfordring for det globale ikke-spredningsregimet ved at deler av denne teknologien, spesielt anrikning av uran, også vil kunne brukes til framstilling av høyanriket uran til atomvåpen.</p> <p>For å få flest mulig land til å avstå fra å erverve seg spredningssensitiv teknologi og å bygge opp nasjonale anlegg har IAEA tatt initiativ til en multilateralisering av den globale brenselssyklusen.</p> <p>Denne rapporten beskriver hvordan brenselindustrien er organisert i verden i dag og foreslåtte tiltak for å ivareta forhold som forsyningssikkerhet, konkurranse og forvaltning av nasjonale ressurser samtidig som man reduserer utbredelsen av spredningssensitiv anrikningsteknologi. Til slutt gjennomgås de tiltak som IAEA ønsker å gjennomføre med utgangspunkt i forslagene som har blitt stilt.</p>		
Stikkord:			
	Navn	Dato	Signatur
Forfatter(e)	Erlend Larsen, William Beere Marius Bjørningstad, Håkan Mattson	2009-02-03	
Kontrollert av	Per Ivar Wethe	2009-02-03	
Godkjent av	Atle Valseth	2009-02-03	

Innhold

1	Innledning	4
2	Den kjernefysiske brenselsyklusen	5
2.1	Introduksjon	5
2.2	Utvinning av uran.....	6
2.3	Konvertering	8
2.4	Anrikning	8
2.4.1	Anrikingsteknologi.....	8
2.4.2	Markedet	10
2.4.3	Spredningsrisiko.....	11
2.5	Fabrikasjon av brensel	12
2.5.1	Markedet	12
2.5.2	Spredningsrisiko.....	13
2.6	Bestråling i reaktorer.....	13
2.6.1	Kraftreaktorer	13
2.6.2	Forskningsreaktorer.....	14
2.7	Gjenvinning.....	15
2.7.1	Markedet	15
2.7.2	Spredningsrisiko.....	16
2.8	Lagring.....	16
3	Multilateralisering av brenselssyklusen	18
3.1	Bakgrunn.....	18
3.2	IAEAs initiativ	20
3.3	Forslag til multilaterale ordninger.....	21
3.3.1	USA.....	21
3.3.2	World Nuclear Association	24
3.3.3	”6-landsforslaget”	25
3.3.4	Japan.....	27
3.3.5	Nuclear Threat Initiative	28
3.3.6	Storbritannia.....	30
3.3.7	Russland	31
3.3.8	Tyskland.....	34
3.3.9	Østerrike.....	36
3.4	IAEAs konsept for multilateralisering	37
3.4.1	IAEAs forslag til forsyningsgaranti	37
3.4.2	IAEAs rolle, samt kriterier for deltakelse og bruk av garantien.	38
3.4.3	Internasjonale anrikingsentre.....	39
4	Oppsummering og konklusjon	40
5	Referanser	43
6	Forkortelser	47
7	Ikke-sprednings- og eksportkontrollregimene mot spredning av kjernefysiske våpen	1

7.1	Avtalen om ikkespredning av kjernevåpen.....	1
7.2	Safeguards - IAEAs kontroll med kjernefysiske programmer.....	1
7.3	Eksportkontroll og eksportkontrollssamarbeid.....	4
7.4	Andre resolusjoner, konvensjoner og initiativer.....	5
7.5	Teknologisk utviklingssamarbeid: mer spredningsrobust reaktorteknologi.....	6
7.5.1	International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles (INPRO).....	6
7.5.2	Generation IV International Forum (GIF).....	7

1 Innledning

Økt etterspørsel etter energi og behovet for å redusere utslippene av CO₂ har økt interessen for kjernekraft og nye kjernekraftverk planlegges å tas i bruk i en rekke land i løpet av de nærmeste årene, heriblant Finland, Frankrike, India, Japan, Kina, Storbritannia, Sør-Afrika og Sør-Korea. Samtidig har flere ikke-kjernekraftland gitt uttrykk for intensjoner om anskaffelse av kjernekraftverk, heriblant Hviterussland, Indonesia, Iran, Italia, Polen, Tyrkia og Vietnam.

Økt bruk av kjernekraft vil medføre økt etterspørsel etter reaktorbrensel. I de fleste tilfeller vil denne etterspørselen antas å bli dekket av markedet gjennom eksisterende leverandører. Enkelte land kan imidlertid av ulike årsaker, spesielt i forhold til forsyningssikkerhet, ønske å utvikle egne nasjonale anlegg.

Fra ett ikkespredningssynspunkt vil det imidlertid være ønskelig at de delene av brenselssyklusen - den serien av industrielle prosesser for framstilling og sluttbehandling av reaktorbrenselet som er nødvendig for å fremstille elektrisk kraft fra en reaktor - som medfører risiko for spredning av teknologi eller materiale som kan misbrukes til atomvåpenformål gjennomføres ved et begrenset antall multinasjonale fasiliteter rundt omkring i verden, istedenfor at ulike land utvikler nasjonale anlegg.

Det er på denne bakgrunn det internasjonale atomenergibyrådet (IAEA) har tatt et initiativ til å legge til rette for ekspansjon av kjernekraft i verdenen samtidig som man begrenser spredningen av sensitiv teknologi og kunnskap. IAEA ønsker å styrke kontrollen over av alle sensitive deler av det som kalles den kjernefysiske brenselssyklusen.

Enkelte av disse prosessene i brenselssyklusen er mer spredningssensitive enn andre, fortrinnsvis anriking og gjenvinning. IAEOs initiativ innebærer en multilateralisering, det vil si delt eierskap og kontroll, av brenselssyklusen. Motivet for dette er at risikoen for ikke-deklarerert aktivitet vil måtte antas som lavere i et anlegg under multinasjonalt kontroll enn for et anlegg under nasjonalt, og spesielt statlig, eierskap og kontroll. I tillegg kommer gevinsten i å begrense antallet anlegg totalt sett og således redusere risikoen for spredning av spredningssensitiv teknologi og redusere ressursbehovet knyttet til IAEA verifikasjon.

Denne rapporten er oppdelt i to deler. Den første delen beskriver de ulike trinnene i den kjernefysiske brenselssyklusen: utvinning av uran, konvertering, anriking, bestråling i en reaktor, gjenvinning og lagring. Fokus er lagt på spredningsfaren forbundet med hvert trinn. I rapportens andre del beskrives IAEOs initiativ for å etablere multilaterale ordninger. Her er fokus på forslagene til multilaterale ordninger som ble spilt inn til IAEA i perioden 2005-2007 samt IAEOs egne vurderinger. Rapporten inneholder også et vedlegg til slutt om de mest sentrale avtalene og initiativene innenfor dagens ikkespredningsregime, herunder sentrale utfordringer.

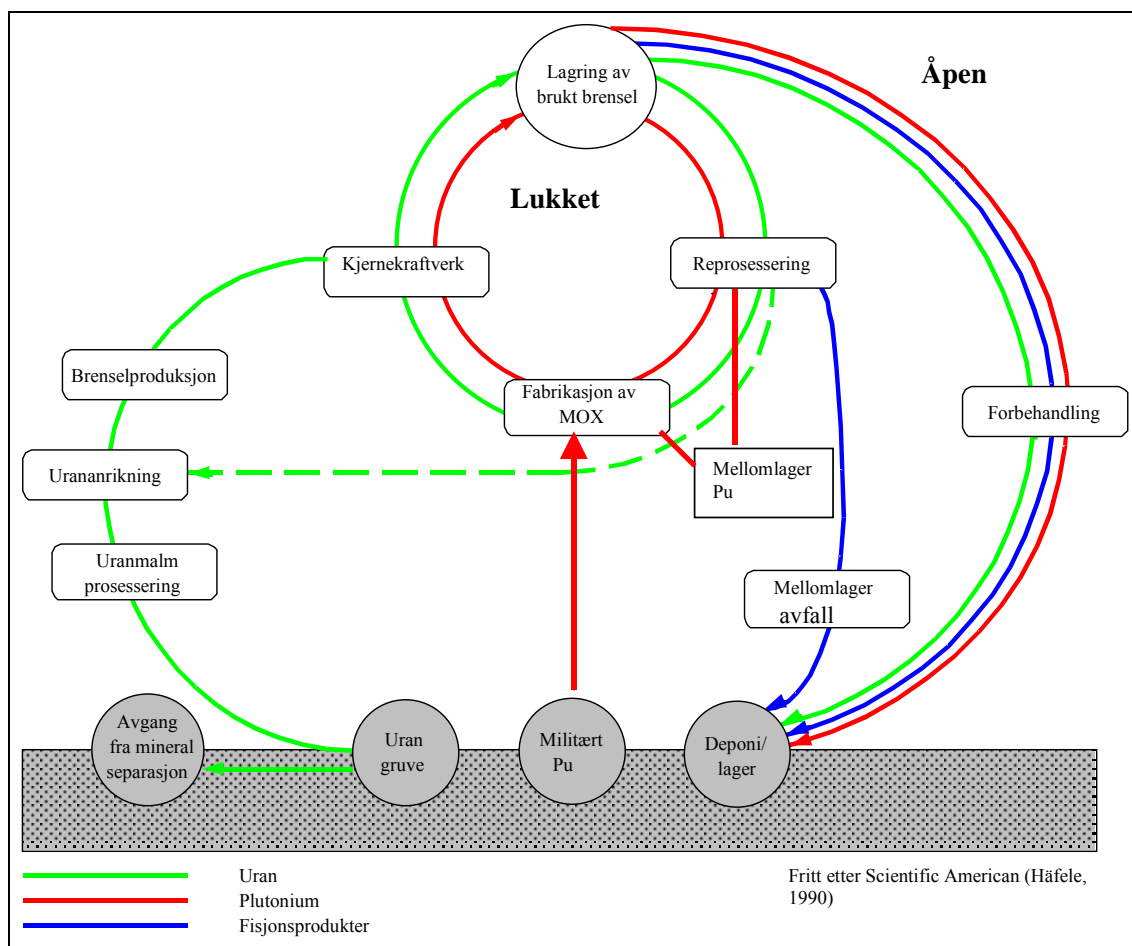
Rapporten er et samarbeidsprosjekt mellom Statens strålevern og Institutt for Energiteknikk (IFE). Den ble skrevet på oppdrag for og med finansiell støtte fra det norske Utenriksdepartementet som ledd i satsingen under det norsk-ledete Syvlandsinitiativet.

2 Den kjernefysiske brenselsyklusen

2.1 Introduksjon

Uran brukes som brensel for å drive atomreaktorer. Uranet gjennomgår en rekke trinn både før og etter at det brukes i atomreaktoren. Veien fra vugge til grav går gjennom utvinning, konvertering, anrikning, brenselframstilling, bestråling, lagring samt eventuelt sluttforvaring og omtales som en brenselssyklus. Brenselssyklusen betegnes som åpen hvis den ender med at det brukte brenselet sluttforvares direkte etter bestråling i reaktoren. Brukt brensel kan også gjenvinnes (reprosesseres) slik at uran og plutonium kan brukes for å produsere nytt brensel. Dette betegnes da som en lukket brenselssyklus. Brenselssyklusens forskjellige trinn er illustrert i Figur 1.

Dette kapitlet beskriver de forskjellige delene av brenselssyklusen. For hvert av trinnene er det lagt hovedfokus på spredningsfaren samt politiske og markedsmessige forhold. De fysiske og tekniske forhold bak prosessene i hvert trinn kommer også til å bli drøftet innimellom selv om dette ikke er hovedfokus i rapporten.

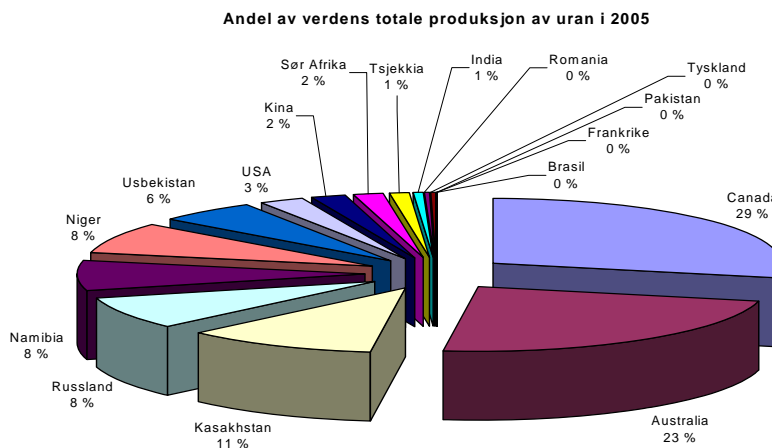


Figur 1: Den kjernefysiske brenselsyklusen

2.2 Utvinning av uran

Uran er i utgangspunktet et grunnstoff som finnes tilnærmevis overalt i jordskorpa. Uranet utvinnes enten gjennom dagbrudd eller gruvedrift. Generelt kan man si at brytning av uran ikke skiller seg stort fra brytning av andre metaller.

I 2005 ble uran produsert i 17 land. Det er imidlertid en trend at produksjonen konsentreres til færre og færre land. Tall fra World Nuclear Association (1) viste at Canada og Australia i 2005 stod for over 50 % av verdens produksjon av uran (Figur 2). Andre store produksjonsland er Kasakhstan, Russland, Namibia, Niger og Usbekistan. Disse syv landene stod i 2005 for 89 % av verdens uranproduksjon. Også uranindustrien har gått mot færre og større aktører, og opp gjennom 1990-tallet gjennomgikk man en omfattende omstrukturering og i 2005 stod 7 firma¹ for 78 % av verdens utvinning av uran. Uran omsettes ikke på det åpne markedet, men gjennom direkte forhandlinger mellom kjøper og selger. Det eksisterer allikevel et system hvor enkelte markedsaktører rapporterer kontrakter, og basert på innrapporteringene kan en markedspris beregnes.



Figur 2: Andel av verdens totale produksjon av uran i 2005

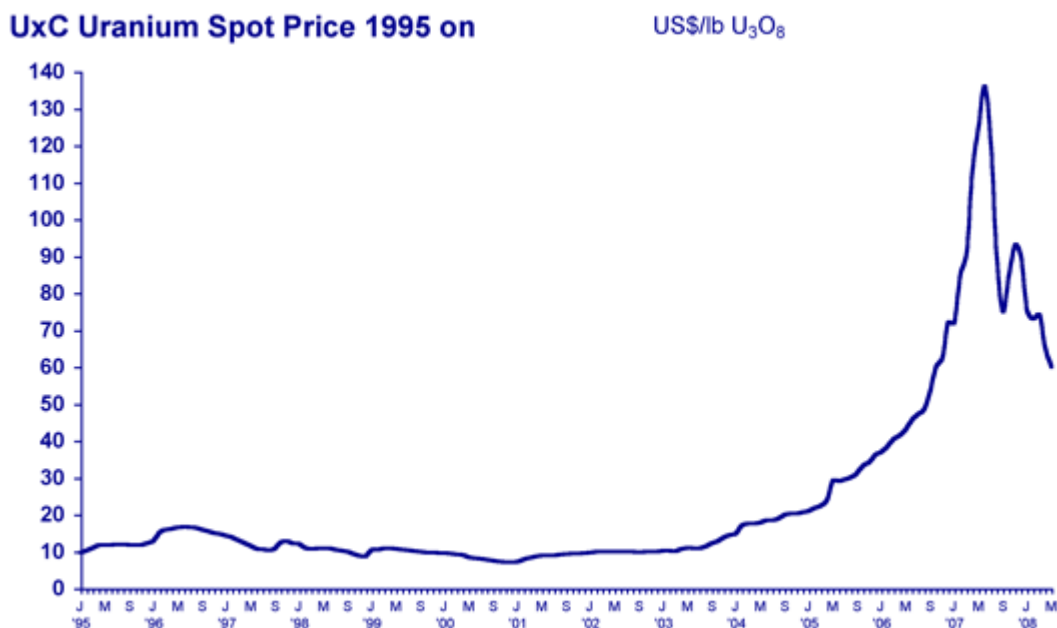
I 2008 vil uran fra primære kilder, uranbrytning, utgjøre 64 % (1) av verdens forbruk av kjernebrensel. Den resterende delen kommer fra sekundære kilder, heriblant gjenvunnet uran og plutonium fra brukt brensel i form av MOX, re-anriket materiale fra tidligere anrikning, HEU av militær og sivil opprinnelse samt militær plutonium. Den mest vesentlige av disse har vært materiale fra russiske atomstridshoder som hadde blitt utblandet til lavanriktet brensel under den russisk-amerikanske HEU-avtalen (2). I henhold til denne avtalen fra 1993 (2) påtok USA seg å kjøpe 500 tonn overskytende HEU fra demonterte russiske stridshoder. Under avtalen blandes uranet ut til lavanriktet uran (LEU) i Russland, fraktes til USA og selges deretter på det internasjonale markedet. I 2006 hadde 275 tonn av materialet blitt blandet ut til LEU (3).

¹ Cameco, Rio Tinto, Areva, KazAtomProm, BHP Billiton, TVEL. Navoi.

² Under. Russiske TENEX og amerikanske USEC implementerer avtalen på oppdrag fra henholdsvis Rosatom og National Nuclear Security Administration.

I følge en prognose fra OECD/NEA om tilgang og etterspørsel av uran frem til 2025 (4) kommer uran fra sekundære kilder også til å spille en viktig rolle i overskuelig fremtid, selv etter at HEU-avtalen utløper i 2013. Totale lagre av HEU i verden var medio 2008 estimert til 1670 ± 300 tonn og 500 tonn separert våpengrad plutonium (5). USA og Russland har erklært at de har HEU som er overflødig for militære formål og dette blendes ned for å produsere LEU. I 2008 gjenstod 217 respektive 500 tonn HEU som var planlagt å blendes ned (5). Kjernekraftreaktorer vil rimeligvis måtte være viktige avtagere for dette materialet, men det er i skrivende stund noe preliminært å spå i hvor stor grad og når dette materialet vil kunne gjøres tilgjengelig.

Da de store mengdene uran ble tilført markedet som følge av HEU-avtalen, presset dette prisene på uran på verdensmarkedet nedover. Uranprisene har økt kraftig de seneste årene (Figur 3), som følge av prognoser for økt etterspørsel etter reaktorbrensel og usikkerhet rundt tilgangen på uran i fremtiden. Den høye uranprisen har økt interessen for å lete etter drivverdige uranforekomster ettersom det blir lønnsomt å utvinne forekomster som ved en lavere pris ikke hadde kommersiell interesse. Ressurser brukt til leting etter drivverdige uranforekomster økte på verdensbasis med 40 % fra 2002 til 2004 (4). Den økte lettevirkosheten medførte at kjente uranressurser utvinnbare for en pris lavere enn 40 US\$/kg økte med 13 % fra 2003 til 2005, og tilsvarende økning gjelder også ressurser utvinnbar til pris lavere enn 80 US\$/kg og 130 US\$/kg. Utviklingen kan føre til at flere land begynner gruve drift etter uran. Dette inkluderer trolig også kjernekraftaspirerende stater med egne uranforekomster:



Figur 3: Utviklingen av spotpriset på uran (U_3O_8). Kilde: UX Consulting Company (6)

2.3 Konvertering

Utvinning av uran (jf. 2.2) resulterer i såkalt "yellow cake", et råstoff som inneholder uran i oksidform (U_3O_8) i tillegg til en rekke forurensninger. Konvertering er neste ledd i prosessen ettersom uranet, for å kunne anrikes i isotopen ^{235}U , må gjøres om til gass i form av uranhexafluorid (UF_6).

Markedet for kommersiell konvertering er i praksis begrenset til sju kommersielle aktører hvor de fem største står for over 98 %. På grunn av driftsproblemer ved flere konverteringsanlegg steg prisene på konvertering med 150 % fra 2003 til 2005. I dag er det balanse mellom tilgang og etterspørsel på markedet men produksjonen øker hvilket ventes å kompensere for økende etterspørsel (15). Konvertering er kjemisk sett ikke en spesielt vanskelig eller krevende prosess og det er derfor neppe vanskelig å øke kapasiteten for denne typen tjenester og med flere aktører.

2.4 Anrikning

Naturlig uran består av to uranisotoper, ^{235}U (0,7 %) og ^{238}U (99,3 %). De fleste av dagens kjernekraftreaktorer bruker uranbrensel som inneholder 3-5 % ^{235}U . Prosessen hvor man øker den relative andelen av ^{235}U til forhold til ^{238}U kalles for anrikning. En rekke anrikningsteknologier er prøvd ut men kun to, diffusjonsteknologi og sentrifugeteknologi, brukes på kommersiell basis. I begge disse brukes UF_6 -gass som utgangsmateriale. UF_6 -molekylene med ^{235}U atomer er omtrent 1 % lettere enn UF_6 -molekyler med ^{238}U , og det er denne masseforskjellen som gjør det mulig å separere.

Kjernekraft har en vesentlig annerledes kostnadsprofil enn andre energikilder: uranbrensel utgjør kun 10 % av kostnadene for elektrisitetsproduksjon, hvor anrikning står for halvparten av dette igjen.

2.4.1 Anrikningsteknologi

Den første anrikningen ble gjennomført som en del av Manhattan-prosjektet i USA under andre verdenskrig og sørget for tilstrekkelig materiale til det amerikanske kjernevåpenprogrammet, deriblant atombomben over Hiroshima 6. august 1945. Teknologien, kalt calutron, bygger på prinsippet om at avbøyningen til ladete partikler i et magnetfelt vil avhenge av partiklenes masse. Slik kan man separere de tyngre (^{238}U) og lettere (^{235}U) atomene. Fordi energiforbruket til den prosessen er formidabelt og utbyttet magert, har det aldri vært energieffektivt å anrike uran til reaktorer ved hjelp av denne metoden. Metode ble imidlertid forsøkt benyttet av Irak i deres skjulte kjernevåpenprogram som ble avslørt på 1990-tallet (7).

Av den grunn begynte man allerede under annen verdenskrig å bygge anlegg basert på diffusjon. Diffusjon bygger på prinsippet om at de lette molekylene i gassform beveger seg raskere enn de tunge og kolliderer hyppigere med veggene i en beholder og derfor vil ha større sannsynlighet for å diffundere gjennom en porøs membran. Teknikken er imidlertid svært energikrevende fordi prosessen må gjentas mange ganger, hvor UF_6 -gass må komprimeres for hvert steg. Diffusjonsteknologi har som storskala kommersiell teknologi

Hovedaktørene i anrikingsindustrien:

TENEX (Tekhsnabexport) er et statlig russisk selskap dannet i 1963. Det hadde i 2006 ca 40 % av verdens anrikingskapasitet og baserer seg på sentrifugeteknologi.

Eurodif er et fransk selskap. Det hadde i 2006 ca 19 % av verdens anrikingskapasitet. Eurodif bruker diffusjonsteknologi. Eurodif ble dannet i 1973 som et *joint venture* selskap mellom Belgia, Frankrike, Iran, Italia og Spania. I dag er det et datterbolag til AREVA som er eid av den franske stat.

Urenco er et nederlandsk-tysk-brittisk selskap. Det hadde i 2006 ca 15 % av verdens anrikingskapasitet. Urenco bruker sentrifugeteknologi. Urenco ble dannet i 1971 og drevet som tre separate nasjonale selskap som arbeidet sammen gjennom et partnerskap. Etter omorganisering i 1993 ble det omdannet til et internasjonalt selskap og i dag eies URENCO av det nederlandsk statlige Ultra-Centrifuge Nederland, tyske Uranit GmbH (som i sin tur eies av RWE og E.ON) og britiske British Nuclear Fuels plc. I 2003 ble URENCO delt opp i Urenco Enrichment Co. og Enrichment Technology Co. AREVA, som eier Eurodif, har kjøpt 50 % av Enrichment Technology Co.

USEC (United States Enrichment Corporation) er et amerikansk selskap. Selskapet har ca

først og fremst hatt sin anvendelse i USA og Frankrike, selv om teknikken også har blitt brukt i andre land. Teknologien antas også i USA å bli faset ut i løpet av de nærmeste årene.

I løpet av 1960-tallet tok Sovjetunionen i bruk sentrifugeteknologi for å anrike uran. Denne teknologien spredte seg snart til resten av verden. Prinsippet er at man lar gass rottere i en sentrifuge hvor sentrifugalkraften separerer de tyngre ^{238}U -atomene fra de lettere ^{235}U -atomene. Ved å koble flere sentrifuger sammen i kaskader kan man øke anrikingsgraden. Energiforbruket er samtidig vesentlig lavere; opp till femti ganger mindre (8) sammenlignet med gassdiffusjon. Sentrifugeteknologien har blitt vesentlig forbedret. Moderne materialeteknologi har tillatt utvikling av sentrifuger med høy rotasjonshastighet og bedre separasjonskapasitet. Anrikingsanlegg basert på sentrifugeteknologi skal også være lønnsomt i liten skala (8), hvilket gjør det mulig for land som ønsker å satse på sentrifugeteknologi å øke produksjonen trinn for trinn. Det sagt, så vil land som ønsker å utvikle sentrifugeteknologi måtte påregne betydelige forsknings- og utviklingskostnader.

Flere andre separasjonsmetoder har også opp gjennom historien blitt prøvd ut, for eksempel aerodynamiske teknikker som i sin tid dannet basis for Sør-Afrikas atomvåpenprogram. Den mest lovende teknologien i dag er laserseparasjon hvor ^{235}U -atomer i gassform ioniseres ved hjelp av laserstråler slik at de blir positivt ladet og lettere kan separeres med hjelp av et elektrisk felt. Utviklingen av denne teknologien skjer primært i Australia, hvor kommersielle krefter mener slike anlegg vil gi store kostnadsreduksjoner for anrikning av uran. Utfordringen, fra et ikke-spredningssynspunkt, er imidlertid at slike anlegg i tillegg til å være billige også er små, og derfor lette og skjule.

2.4.2 Markedet

Markedet for anrikningstjenester består i dag kun av et fåtall aktører, hvor fire selskaper har 95 % av den totale anrikingskapasiteten (8). Størst er russiske TENEX som med sine fire anlegg står for over 40 %. De tre andre er amerikanske USEC (19 %), franske AREVA/EURODIF (18 %) og tysk-nederlandsk-britiske URENCO (15 %). Øvrige aktører finnes i Argentina, Brasil, India, Iran, Japan, Kina og Pakistan men er i stor grad rettet inn mot sine egne nasjonale brenselssykluser.



Figur 4: En kaskade med sentrifuger i anlegget ved URENCOs urananrikingsanlegg Almelo i Nederland. Foto: C. severin Uranit-Werkefoto, 1981

I dag utgjør sentrifuger omtrent 60 % av kapasiteten ved verdens kommersielle anrikingsanlegg. Gassdiffusjon utgjør resten, men de fleste av disse anleggene vil med all sannsynlighet bli faset ut i løpet av de kommende år. Utfasingen av gassdiffusjon medfører at store deler av anrikningsindustrien fornyes. Dette sammenfaller med at mindre materiale trolig vil frigis fra de sekundære kildene (jf. 2.2) og en ventet kjernekraftseksponasjon på verdensbasis.

Det kan derfor ikke utelukkes at forholdet mellom aktørene i markedet endres, eller at det vil komme inn nye aktører. For eksempel har Australia, som er en av de to store uranprodusentene men som ikke har egne kjernekraftverk, sagt at man ikke vil utelukke anlegg for anriking i fremtiden (9) og har investert betydelige ressurser i utviklingen av nye laserbaserte teknikker³. Den andre store uranprodusenten Canada bruker naturlig uran i sine tungtvannsreaktorer og vil derfor neppe anrike uran til eget bruk. I likhet med Australia kan de derimot tenkes å ønske større avkastning fra uranproduksjonen i fremtiden og således søke å etablere en anrikingskapasitet. Andre land med mer begrensede uranressurser vil kunne tenkes å følge Brasils og Argentinas eksempler og utvikle egen anrikingskapasitet, da i første rekke med produksjonsvolum tilpasset eget forbruk. Sør-Afrika er et av mange land som har planer om å bygge nye kjernekraftverk og utforsker i denne forbindelse mulighetene for å gjenoppta anriking, enten ved å utvikle egen teknologi eller i samarbeid med andre (10).

³ Australiske Silex Systems Limited ble i 2006 kjøpt opp av amerikanske General Electrics som bygger et pilot-laseranrikingsanlegg i staten Nord-Carolina i USA.

Kasakhstan har nylig utvidet sitt eksisterende samarbeid med Russland i form av et felles anrikningsanlegg i Angarsk i Sibir (11).

2.4.3 Spredningsrisiko

Anriking er en av de mest sensitive delene av brenselssyklusen ut i fra ikkespredningshensyn. Dette skyldes at anrikningsanlegg som normalt brukes til å produsere lavanriket uran også vil være i stand til å produsere høyanriket uran som kan brukes mer eller mindre direkte i et atomvåpen.

Det er to måter å produsere anriket uran uten at det blir oppdaget, enten ved å drive skjult anriking ved et deklart anlegg, eller ved å etablere et ikke-deklart (skjult) anrikingsanlegg. Måten å drive anriking i skjul ved et anlegg som er underlagt IAEAs safeguards består i at produksjonsbetingelsene i anlegget for en kortere periode mellom inspeksjonene endres slik at anlegget produserer høyanriket i stedet for lavanriket uran. For eksempel kan et anrikingsanlegg med årlig produksjonskapasitet på tjue tonn lavanriket uran (omtrent den mengde som byttes hvert år i en 1000 MW reaktor) bygges om til å produsere HEU nok til 26 kjernevåpen (om man regner med 25 kg med 93 % HEU per våpen) på samme tid. Om det i stedet for naturlig uran benyttes 20 tonn med lavanriket uran (4 %) kan samme anlegg produsere 100 kg høyanriket uran på åtte dager, tilstrekkelig med materiale til å produsere fire våpen (12). For å lykkes å endre produksjonen uten at det blir oppdaget ved IAEAs inspeksjoner kreves det blant annet at operatøren klarer å rense anlegget for alle spor som kan avsløre at ulovlig anriking har skjedd, noe som er svært vanskelig. Et av IAEAs midler ved sine safeguardsinspeksjoner er derfor å ta prøver, både inne i anlegget og i omgivelsen rundt anlegget, hvor uranrikingsgraden kan bestemmes fra svært små prøvemengder.

Den andre muligheten å produsere anriket uran er å etablere et skjult anlegg. Muligheten for at en stat lykkes med dette kommer blant annet an på å i skjul få tilgang til avanserte materialer, komponenter, utstyr og produksjonsfasiliteter. Skjulte anlegg kan også oppdages ved å ta miljøprøver rundt selve anlegget men hvis man ikke vet hvor man skal lete er det liten sannsynlighet for at anlegget vil kunne oppdages på denne måten. En annen måte å oppdage et skjult anlegg på er hvis det blir oppdaget at et land avleder materiale fra et deklart konverteringsanlegg. Det skjulte anlegg kan da oppdages gjennom å følge transporten av det avledete materialet.

Valg av anrikingsteknologi har også betydning når det gjelder mulighet å unndra uran fra IAEAs inspeksjoner. *Gassdiffusjonsanlegg* er store, svært energikrevende og derfor vanskelige å bygge i skjul. Gassdiffusjonsanlegg inneholder store mengder uran, og verifikasjon er derfor avhengig av gode beregninger av mengden uran inne i kaskadene (13). Det vil imidlertid være veldig vanskelig i løpet av kort tid å endre produksjonsbetingelser for å produsere HEU. Diffusjonsteknikk bruker trykk som høyere enn normalt atmosfærisk trykk, noe som medfører at det er vanskelig å unngå lekkasje til omgivelsen. *Sentrifugeanlegg* er lite energikrevende og fungerer ved trykk som er lavere enn normalt atmosfærisk trykk hvilket gjør at utslipp stort sett kan unngås. De kan også bygges langt mindre enn gassdiffusjonsanlegg og er derfor lettere å skjule, for eksempel under bakken. Sentrifuger har også kort gjennomstrømtid og inneholder relativt små mengder uran, noe som i sum gjør det enklere å endre produksjonsbetingelsene. En moderne sentrifugekaskade kan i utgangspunktet omstilles for produksjon av våpengrad-HEU nok til et våpen, for deretter å tilbakestilles, alt i løpet av måneder og innen IAEAs inspektører oppdager det. *Laseranrikingsanlegg* kommer

sannsynligvis, når/om man lykkes å etablere dem i større skala, å kunne bygges i skjul og avgi enda mindre utslipp enn sentrifugeanlegg. Eventuell utvikling av laserteknologi- og utstyr kommer å lede til at spredningsfaren vil øke ytterligere i fremtiden (14).

2.5 Fabrikasjon av brensel

Etter anriking blir urangassen i form av uranheksafluorid (UF_6) konvertert tilbake til urandioksid (UO_2). Neste trinn i prosessen er fabrikasjon av brensel.

Brensel i kjernekraftreaktorer består i de fleste tilfeller av elementer bygget opp av et gitt antall brenselstaver. Brenselstavene er i de fleste tilfeller bygget opp av oksidiske ”pellets” inne i en kapsling bestående av en zirkoniumlegering. I de fleste tilfellene vil selve pelletene bestå av uranoksid anriket til rundt 4-5 %. I tilfeller hvor land har en lukket brenselssyklus (jf. 2.1) vil brenselet bestå av MOX (”Mixed Oxide”)-brensel, som er et blandingsoksid mellom uran og plutonium. I atter andre tilfeller benyttes metallisk brensel, eksempelvis i Magnox-reaktorene i Storbritannia. Før nye brenselstyper tas i bruk må de kvalifiseres, dvs. gjennomgå omfattende tester for å bevise egnethet under de driftsbetingelser det er tiltenkt. Eksempler på egenskaper som testes er varmeledningsevne, svelling og dannelsen av oksidbelegg.

Reaktorbrensel er i liten grad standardisert i henhold til sammensetning og fysiske dimensjoner. Brenselet vil ofte være utviklet for en bestemt reaktortype. Samtidig foregår det en kontinuerlig forbedring til nytt og mer avansert brensel med lengre utbrenning og bedre brenseløkonomi. I dag brukes gjerne brenselelementer hvor elementene har forskjellig anriking og relativt kompliserte brenselmatriser. Bak denne typen avansert brensel ligger omfattende utviklingsarbeid og optimalisering. Utforming og produksjon av slikt brensel vil være beskyttet av regelverk for intellektuelt eierskap og en leverandør kan ikke uten videre levere i henhold til en annen leverandørs spesifikasjoner.



Figur 5: Ferdige brenselstaver i et brenselproduksjonsanlegg. Foto: D. Calma/IAEA

2.5.1 Markedet

For hver enkelt brenselstype vil det i praksis bare være en eller noen få leverandører, og brensel fra eventuelt nye leverandører vil måtte kvalifiseres, noe som vil være både tidkrevende og kostbart. Et konkret eksempel er finske Fortum som en periode på 1990-tallet var bekymret over forsyningssikkerheten for det russiske brenselet og som derfor valgte å kvalifisere brensel fra Westinghouse for sine VVER-440 reaktorene ved Lovisa kjernekraftverk. Dette hadde de positive erfaringer med, til forskjell fra Brasil som fikk et

stort antall brenselseil da de måtte bytte leverandør fordi de ikke lenger fikk kjøpt brensel fra USA. Dette skal ha vært en av årsakene til at Brasil valgte å bygge opp en nasjonal brenselproduksjon.

2.5.2 Spredningsrisiko

Brenselproduksjon er av underordnet betydning for det totale spredningspotensialet knyttet til den sivile brenselssyklusen fordi dette ikke er et trinn som inngår i produksjonen av atomvåpen. Man kan man allikevel se for seg at brenselfabrikker misbrukes til å produsere brenselstaver som inneholder utarmet eller lavanriket uran for udeklart bestråling og senere gjenvinning av plutonium. Slik framstilling av brensel er ikke teknologisk krevende og vil følgelig være vanskelig å gardere seg mot. De etterfølgende ledd som brenselet må gjennomgå - bestråling (jf. 2.6) og gjenvinning, (jf. 2.7) - vil imidlertid være langt enklere å kontrollere.

2.6 Bestråling i reaktorer

Uranbrenselet består av isotopene ^{235}U og ^{238}U (jf. 2.4) og i en reaktor spaltes ^{235}U i uranbrenselet ved bestråling til fisjonsprodukter og det frigis varmeenergi. Ved bestråling av uran dannes det en rekke fisjonsprodukter, plutonium og andre transuraner. Produksjonen av plutonium er spesielt relevant fra et spredningsståsted. Plutoniumet som dannes består av flere isotoper, i første rekke ^{239}Pu . Alt plutonium vil i utgangspunktet kunne brukes til våpenformål, men kvaliteten til våpenet øker med andelen ^{239}Pu , som for det man kaller våpengrad plutonium skal være minst 93 %. Andelen ^{239}Pu vil minke med økt utbrenning av brenselet (lengre bestrålingstid) til fordel for andre plutoniumisotoper (^{238}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu og ^{242}Pu) og brensel med høy utbrenning vil derfor være lite egnet som utgangsstoff for våpenproduksjon. På grunn av liten masseforskjell kan plutoniumisotopene ikke separeres fra hverandre.

Det finnes to hovedtyper av kjernekraftverk, kraftreaktorer og forskningsreaktorer (se nedenfor). Potensialet for misbruk av noen av disse ligger i at ikke-deklarete kvanta av uran kan bestråles og at produsert plutonium kan skilles fra i et gjenvinningsanlegg.

2.6.1 Kraftreaktorer

Kraftreaktorer brukes for energiproduksjon og er i dag et viktig element i elektrisitetsforsyningen i mange land. I slutten av 2007 fantes det 439 kjernekraftverk i verden, fordelt på 30 land. Kjernekraften bygges ut eller planlegges å bygges ut på mange steder i verden og i 2007 ble tre nye kjernekraftverk tatt i drift samtidig som konstruksjon av syv reaktorer ble påbegynt. I slutten av 2007 var totalt 33 kjernekraftverk under oppføring, de fleste i Asia. Til tross for at mange reaktorer kommer å bli tatt ut av drift kommer antallet kjernekraftverk å øke med mellom 33 og 175 frem til 2030 i følge IAEAs prognose pr. 2008 (15).

Kjernekraftverk er i de fleste tilfeller under nasjonalt eierskap enten gjennom statlige eller av større nasjonale energiselskaper. Det finnes flere forskjellige typer kjernekraftverk. Trykkvannsreaktorer og kokvannsreaktorer er de to vanligste typene på verdensbasis og utgjør ca 80 % av alle kraftreaktorene i verdenen. Andre reaktortyper er russiske RBMK, kanadiske CANDU og britiske Magnox. Faren for at et land etablerer skjulte kjernekraftverk må anses

som liten, både på grunn av størrelsen og at kraftverk nødvendigvis må være koblet til et strømførende nettverk som vanskelig kan skjules. For skjult produksjon av plutonium er forskningsreaktorer ofte bedre egnet (jf. 2.6.2).

I trykkvanns- og kokvannsreaktorer byttes typisk mellom $\frac{1}{4}$ og $\frac{1}{3}$ av brenselet ved årlig vedlikeholdsstopp. I disse reaktortypene er brenselsbyttet en relativt komplisert prosess som må utføres når reaktoren er avstengt og de er derfor lite egnet til å drive ikke-deklarerert bestrålingsvirksomhet. I RBMK- og CANDU-reaktorer kan derimot brenselet byttes under drift. Bestrålningstiden kan da varieres, som i sin tur kan nyttegjøres til produksjon av plutonium til våpenformål.



Figur 6: Oskarshamn kjernekraftverk, Sverige. Foto: IAEA

2.6.2 Forskningsreaktorer

Forskningsreaktorer produserer ingen elektrisitet men brukes til en rekke samfunnsnyttige formål, som produksjon av radioisotoper til medisinske formål, materialundersøkelser samt forskning og utdanning. De fleste forskningsreaktorer er enklere enn kraftreaktorer og trenger mindre brensel. Det finnes i dag 284 sivile forskningsreaktorer i verden, fordelt på 56 land (16). I tillegg kommer et betydelig antall reaktorer for militære formål i atomvåpenstatene som ikke er deklarerert til IAEA.

På samme måte som for kraftreaktorer ligger potensialet for misbruk av deklarererte forskningsreaktorer i at uran kan bestråles og at produsert plutonium kan utvinnes i et gjenvinningsanlegg. Forskningsreaktorer er ofte utstyrt med en rekke bestrålingsposisjoner hvor innholdet til stadighet byttes. Hyppige driftsstopp gir i mange tilfeller et driftsregime egnet for produksjon av plutonium til våpenformål samtidig som safeguardskontrollene blir mer utfordrende. Størst spredningsfare er likevel forbundet med muligheten for å bygge skjulte reaktoranlegg, dvs. at anleggene ikke deklarerer og følgelig ikke inspiseres fra IAEA. Alt dette forutsetter rimeligvis at man samtidig har tilgang til gjenvinningsanlegg, noe de absolutt færreste land har (jf. 2.7)

2.7 Gjenvinning

Gjenvinning er et alternativ til direkte lagring og sluttforvaring av kjernebrensel (jf. 2.8). Ved bestråling av uranbrenselet i en reaktor dannes det plutonium og fisjonsprodukter samtidig som ikke alt av det opprinnelige uranet er brukt opp. Gjenvinning innebærer å separere uranet og plutoniumet fra fisjonsproduktene. I den lukkede brenselssyklusen (jf. 2.1) anrikes gjenvunnet uran på nytt mens plutoniumet brukes til å lage MOX-brensel (jf. 2.5) hvilket medfører en risiko at gjenvunnet materialet brukes som våpenmateriale.

Det finnes både fordeler og ulemper med gjenvinning og det berører mange områder, som politikk, økonomi, bruk av naturressurser, naturvern og ikke minst folkeopinionen. Et argument for gjenvinning er at uranressursene brukes mer effektivt, men så lenge uranprisen er lav har dette sannsynligvis å ha liten betydning (jf. 2.2). Et annet argument er at det blir produsert mindre mengde avfall som krever sluttlagring og at avfallet har en form som gjør det lettere å lagre. Til ulempene med gjenvinning må regnes de avfallsproblemer det medfører. Omtrent en tredjedel av alt brukt brensel fra verden kjernekraftverk fram til nå har blitt gjenvunnet (17), det meste i Storbritannia og Frankrike (18).



Figur 7: Cogemas gjenvinningsanlegg i La Hague, Frankrike. Foto: Dean Calma/IAEA (2004)

2.7.1 Markedet

Anlegg for gjenvinning av sivilt reaktorbrensel finnes blant annet i Frankrike, India, Japan, Russland og Storbritannia, og ytterligere ett anlegg er planlagt i Kina (18). I USA har samtlige anlegg blitt faset ut. USA legger imidlertid store ressurser inn i forskning på gjenvinning, da i form av mer spredningsrobust teknologi hvor plutonium ikke skilles fra andre aktinider. (jf. kapittel 3.3.1) Gjenvinningskapasiteten for sivilt kjernebrensel vises i Figur 8.

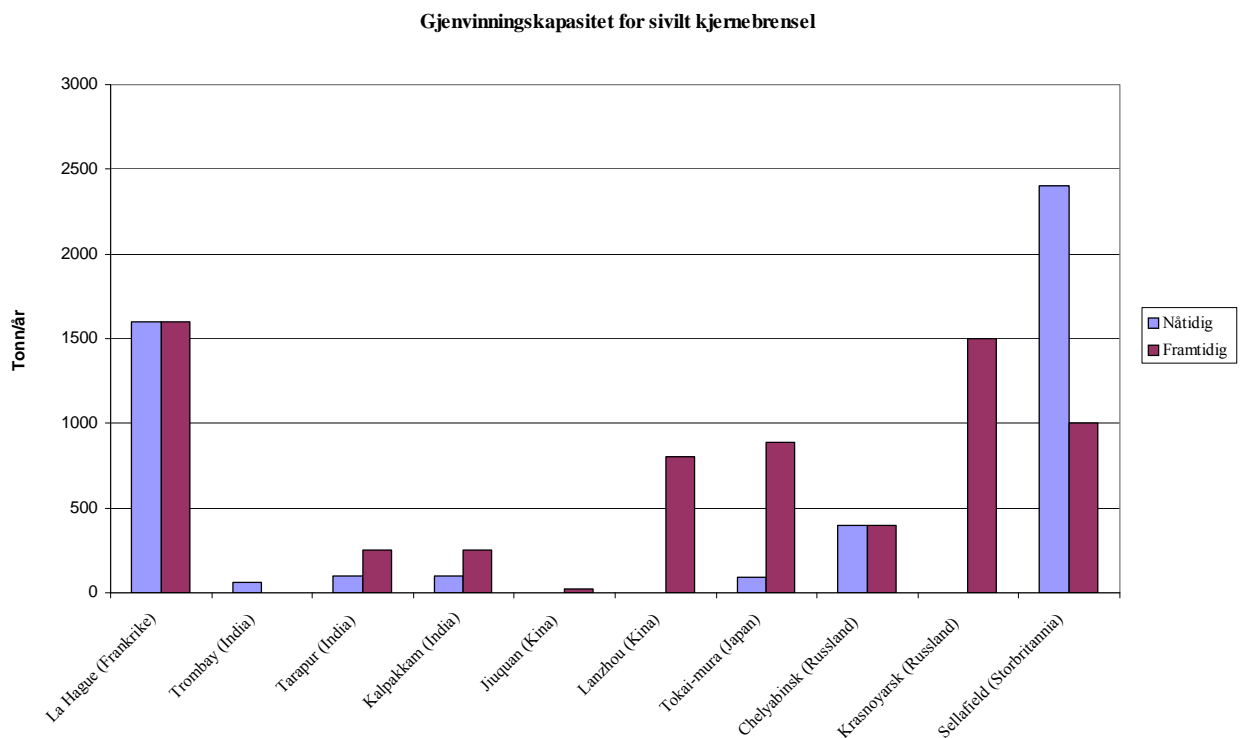
Gjenvinning av reaktorbrensel har historisk sett vært multinasjonal ved at brensel har blitt sendt for gjenvinning på tvers av landegrensene. Deler av kapasiteten ved gjenvinningsanleggene i La Hague, Sellafield og Majak har vært brukt til kontraktsfestet gjenvinning for kjernekraftverk i andre land. Eksempler på land som i større eller mindre grad har nyttegjørt seg disse gjenvinningskapasitetene er Tyskland, Belgia, Japan, Finland, Ungarn, Tsjekkia, Slovakia, Bulgaria, Ukraina, Armenia og Sverige. Uran og plutonium har i stor grad blitt returnert avsenderlandet sammen med vitrifisert (forglasset) høyradioaktivt avfall.

2.7.2 Spredningsrisiko

Spredningsrisikoen i en åpen brenselssyklus er mindre enn i en lukket da materiale fra gjenvunnet kjernebrensel kan brukes for produksjon av kjernevåpen. Den gjenvinningsteknikk som dominerer i dag er PUREX (Plutonium and URanium Extraction). Teknikken ble opprinnelig utviklet for USAs kjernevåpenprogram og er derfor naturlig nok lite spredningsresistent. Akkurat som for anrikingsanlegg kan uran gjenvinnes til militære formål enten gjennom misbruk av deklarete anlegg eller gjennom etablering av skjulte anlegg.

For deklarete gjenvinningsanlegg ligger det hovedsaklige problemet i at det er usikkerheter i beregningen av innholdet i det brukte brenselet som tas inn i anlegget samt at prosessen ikke er forventet å gi et 100 % utbytte. Det er i tillegg store mengder materiale som behandles i anlegget, hvilket gir muligheter for operatøren å unndra materiale som over tid vil kunne utgjøre tilstrekkelige mengder som kan brukes til å produsere atomvåpen. Safeguards for gjenvinningsanlegg er samtidig ressurskrevende. Det er imidlertid få gjenvinningsanlegg for reaktorbrensel i verden i dag (Figur 8). Alle anleggene, med unntak av Tokai-mura i Japan, er samtidig lokalisert i stater som allerede har kjernevåpen og som driver en militære brenselssyklusaktiviteter i tillegg til sivile.

Den andre muligheten er at en stat etablerer skjulte gjenvinningsanlegg. Som ved anriking vil begrensningene ligge i tilgjengelighet som landet har til avanserte materialer, komponenter, utstyr og produksjonsfasiliteter.



Figur 8: Nåværende og fremtidig gjenvinningskapasitet ved sivile anlegg (18).

2.8 Lagring

Etter at det brukte brenselet er tatt ut av reaktoren kan det enten gjenvinnes (2.7) eller lagres for senere å sluttlagres (deponeres). Laring og sluttlagring av brukt brensel har i stor grad blitt

håndtert nasjonalt. De fleste kjernekraftnasjoner har derfor midlertidige lagre for brukt brensel, ofte lokalisert nær kjernekraftverkene. Noen få land er også godt på vei å ta i drift lagre for sluttforvaring av brukt brensel, fremst Frankrike, USA, Sverige og Finland men ingen av disse land kommer sannsynligvis å ta et sluttforvar i bruk før 2020 (15).

Det finnes imidlertid noen eksempler på bilaterale løsninger for håndtering av brukt brensel. Russland har i en årrekke tatt imot brukt brensel fra Ukraina for lagring, og tilbyr nå også håndtering av brukt brensel på det åpne markedet. Både Russland og USA har også tatt imot brukt brensel med høyanriket uran (HEU) fra forskningsreaktorer i andre land. Det har i praksis medført at HEU-brensel sendt til Russland har blitt gjenvunnet, mens HEU-brensel sendt til USA har blitt lagret. Med den nylige endringen i amerikansk politikk til fordel for gjenvinning kan imidlertid også dette endres, blant annet på bakgrunn av USAs Global Nuclear Energy Partnership (jf. 3.3.1).

3 Multilateralisering av brenselssyklusen

Stater som har underskrevet ikke-spredningsavtalen har i utgangspunktet rett å inneha alle steg i brenselssyklusen, også de stegene som betegnes som spredningssensitive. I dag søker enkelte land å utvikle en nasjonal brenselssyklus som også omfatter disse spredningssensitive delene, og det fryktes at flere land ønsker å gjøre tilsvarende i framtiden. Fra et ikke-spredningssynspunkt er dette en lite ønsket utvikling og også bakgrunnen for IAEAs initiativ til multilateralisering, som behandles i dette kapitlet.

3.1 Bakgrunn

Det finnes flere årsaker til at stater ønsker å utvikle sensitive deler av brenselssyklusen innenfor eget land. De viktigste er:

- *Energi- og forsyningssikkerhet:* Energi er avgjørende for en stats økonomiske og industrielle standard og utvikling. For stater som satser på kjernekraft vil risikominimering i forhold til brenselforsyningen være svært viktig, spesielt siden grunnlagsinvesteringene er så store.
- *Økonomiske hensyn:* For stater med store drivverdige uranforekomster kan det i et langt perspektiv lønne seg å utvikle konverterings-, anrikings- og eventuelt brenselproduksjonsteknologi, ettersom det vil øke salgsverdien og dermed gi økte eksportinntekter. Lave produksjonskostnader, egne teknologiske fortrinn og dermed sterk konkurransevne vis à vis andre aktører, vil underbygge en slik kalkyle, liksom prognosene om at det vil fortsatt være høy etterspørsel og dermed høye priser på anriket materiale i fremtiden. Jo høyere priser, jo mer uranforekomster vil være drivverdige og dermed videreforedlbare.
- *Industrielle og teknologiske spin-offs* vil alltid være mulig dersom man virkelig lykkes på et industrielt område. Men de er generelt verken større eller mindre i kjernekraftsindustrien enn for andre industrier.
- *Nasjonal prestisje* kan bidra til at et land ønsker en komplett brenselssyklus: Som bevis på nasjonens teknologiske og industrielle kapasitet kan fremheves at man har lyktes med å utvikle en såpass avansert teknologi som kjernekraftsteknologi. I tillegg kommer selvsagt det militære aspektet at man kan utvikle spaltbart materiale for kjernevåpen dersom man i en krisesituasjon skulle se seg nødt til å gjøre det.
- *Atomvåpen eller atomvåpenkapasitet:* Sist men ikke minst kommer selvsagt atomvåpen eller atomvåpenkapasitet som kan være sterkt motiverende for en stat som ønsker å utvikle en komplett brenselssyklus. Militærstrategisk vil det opplagt utgjøre en stor forskjell for noen stater å ha atomvåpen, eventuelt spaltbart materiale til å produsere det. Om atomvåpen til syvende og sist faktisk medfører økt sikkerhet for slike stater, er et omfattende tema som ikke vil bli drøftet her.

Listen ovenfor er ikke uttømmende, og motivene vil bli vektlagt ulikt i forskjellige land. På grunnlag av dette kan man imidlertid lage en liste med kriterier som (jf. 3.3) må oppfylles for at de vil fremstå som akseptable og interessante for IAEAs medlemmer.

- Multilateralisering bør gi økt forsyningssikkerhet, for eksempel gjennom at selskaper eller stater gir forsikringer om leveranse av brensel.
- Multilaterale anlegg bør gi økonomiske gevinster (eller komme likt ut) for alle deltakende land, både mottakerland og leverandørland. Leverandørlandet bør for eksempel få økt avkastning fra eksport av egne uranressurser. Det bør heller ikke medføre økte priser for mottakerland/kjøperne i markedet. Konkurransen i markedet bør derfor opprettholdes slik at man unnviker at det dannes karteller.
- Eierskap i internasjonale selskaper bør innebære muligheter for annen industriell og teknologisk spin-off, om enn ikke i form av tilgang til sensitiv teknologi.
- Stater som frivillig avstår fra å utvikle anrikings- og gjenvinningsteknologi bør få politisk anerkjennelse for at de ikke bidrar til økte spenninger på ikkespredningsområdet.
- En multilateral ordning bør støtte nedrustning og ikkespredning. For eksempel kan kjernevåpenstatene inngå en avtale om produksjonsstans av spaltbart våpenmateriale, og at anleggene underlegges multilateral kontroll.

Som fremkom i kapittel 2 er særlig anrikings- og gjenvinningsteknologi spredningsrelevante ettersom det gir direkte tilgang til spaltbart materiale som mer eller mindre direkte kan brukes til våpenformål. Anskaffelse av spaltbart materiale er antatt å være det største teknologiske barrieren i fremstilling av atomvåpen. Minst tretten land besitter en eller annen form for anrikningsteknologi i dag⁴. Minst ti land har gjenvinningsteknologi⁵.

Eierskap og andre strukturmessige forhold av brenselssyklusanlegg er sentralt når man diskuterer multilateralisering. Eierskap må for eksempel antas å ha stor betydning for muligheten for at et anlegg kan bli misbrukt til framstilling av atomvåpen. Markedet for de enkelte delene av brenselssyklusen er beskrevet i kapittel 2 og der fremgår det at det finnes både private og statlige aktører men fordelingen mellom privat og statlig eierskap er forskjellig i forskjellige deler av brenselssyklusen. I tillegg finnes det selskaper med delt eierskap og både nasjonale og multinasjonale selskaper.

Den generelle trenden er privatisering av kjernefysiske selskaper samtidig som det går i retning av færre og større selskaper, gjerne med overnasjonalt eierskap. Det kan finnes flere årsaker til at en regjering ønsker å privatisere. Det kan være økonomiske årsaker, som å utvikle selskapets kommersielle potensial eller å rasjonalisere driften, eller det kan være politiske årsaker, eksempelvis i holdningen til statlig eierskap og eller statlig deltagelse i et marked.

Kommersielle markedsaktører har i utgangspunktet helt andre målsetninger enn å sette egne eller andre lands myndigheter i stand til å tilegne seg atomvåpen, og vil måtte svare for egen drift og disposisjoner både mot aksjonærer og eget styre. Det er derfor mindre sannsynligvis at en stat realiserer mulige atomvåpenambisjoner gjennom et kommersielt energiselskap eller en uavhengig forskningsstiftelse enn eksempelvis gjennom et nasjonalt atominstitutt underlagt

⁴ Land som har anrikingsanlegg under IAEA safeguards: Argentina, Brasil, Kina, Tyskland, Iran, Japan, Nederland og Storbritannia. Land som har anrikingsanlegg som ikke er under safeguards: Frankrike, India, Pakistan, Russland og USA.

⁵ Land som hadde gjenvinningsteknologi i 2007: Frankrike, India, Israel, Japan, Kina, Pakistan, Russland, Storbritannia, Sør-Korea og USA.

direkte politisk kontroll. I de fleste land har utviklingen av sivil nukleær energiteknologi skjedd i statlig regi og mange land har fortsatt nasjonalt eierskap i sine kjernekraftverk.

Mot denne bakgrunn vil økt privatisering være et virkemiddel som minker risikoen for at land misbruker sivile anlegg til militære formål. Det må også fremholdes at det med stor sikkerhet alltid finnes virksomheter og grupperinger innenfor kommersielle virksomheter som gjerne tjener gode penger på å framskaffe varer eller teknologi som andre leverandører ikke kan eller vil skaffe. Forskningsreaktorer er som nevnt ofte statlige og det finnes derfor en risiko at de kan brukes til våpenformål. Risikoen for at forskningsreaktorer misbrukes vil minske med tilknytning til internasjonale forskningsmiljøer bidra til å vanskeliggjøre hemmelighold.

3.2 IAEAs initiativ

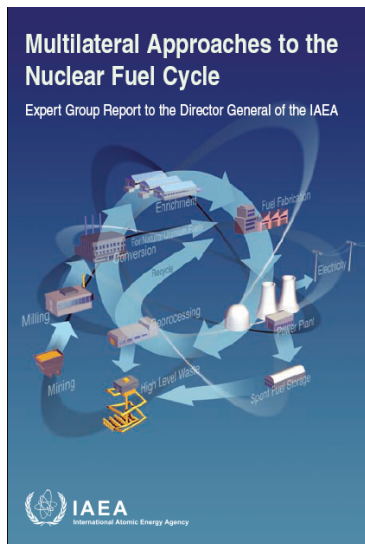
Multilateralisering av brenselssyklusen er ikke en ny idé. Muligheten ble tatt opp til diskusjon av IAEA første gang på 1970-tallet. IAEA gjorde flere utredninger på 1970- og 1980-tallet for å undersøke mulighetene for å etablere slike ordninger ((19), (20), (21), (22), (23)).

Bakgrunnen den gangen var at man på verdensbasis forventet en økt bruk av kjernekraft, blant annet på grunn av oljekrisen. Man så for seg at dette skulle lede til en økt risiko for spredning av sensitivt utstyr, materiale og kunnskap. Den gang var det spesielt uro for spredning av gjenvinningsteknologi. En gjennomgående konklusjon i disse rapportene var at multilateralisering burde være teknisk og økonomisk mulig, men at motforestillingene generelt var politiske. Medlemslandene kunne ikke enes om ikke-spredningsforpliktelser og vilkår for å delta i de forslåtte ordningene. Det var også forskjellig syn blant land som hadde gjenvinningskapasitet versus de som ikke hadde det. Da den forventede ekspansjonen av kjernekraft i verden uteble, uteble også uroen for spredning av gjenvinningsteknologi og interessen for multilateralisering avtok.

I de senere år er det igjen mange land som har ekspansive planer når det gjelder kjernekraft. Dette har ført til en ny uro for spredning av sensitiv teknologi, materiale og kunnskap som igjen har medført at IAEA har satt fokus på multilaterale ordninger. IAEAs Generaldirektør Mohamed ElBaradei advarte allerede i 2003 om at enda flere land vil søke å skaffe seg anrikings- og gjenvinningsteknologi i lys av kjernekraftens renessanse og foreslo en rekke tiltak for å hindre en slik utvikling, deriblant multilateralisering av brenselssyklusen (24). I juni 2004 nedsatte IAEA en uavhengig ekspertgruppe for å vurdere ulike multilaterale ordninger for brenselssyklusen. Ekspertgruppen kom med sin rapport i 2005 som inneholdt fire konkrete anbefalinger (25):

- 1) Å styrke eksisterende markedsmekanismer gjennom langtidskontrakter og mer åpenhet blant produsenter, i tillegg til støtte fra myndighetene.
- 2) Å utvikle internasjonale forsyningsgarantier med støtte fra IAEA
- 3) Å promotere multilateralisering av eksisterende anlegg.
- 4) Å skape, nye multinasjonale og helst regionale anlegg med felles eierskap, drift og trekkrettigheter for anriking, gjenvinning, mellomlagring og sluttlagring.

Ekspertgruppens rapport ble diskutert ved en "Special Event" ved IAEAs generalkonferanse i 2005 (26).



Figur 9: Ekspertgruppens rapport, februar 2005 (25)

3.3 Forslag til multilaterale ordninger

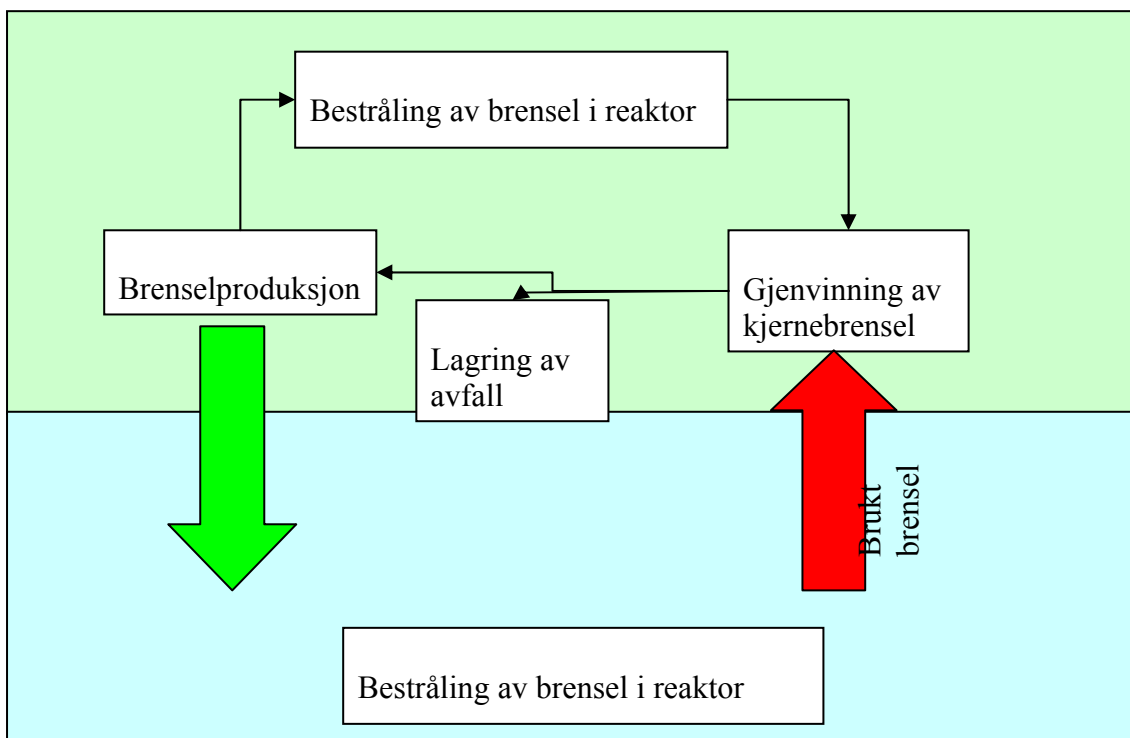
I perioden 2005 – 2007 mottok IAEA ni forskjellige forslag til multilaterale ordninger. Forslagene var ulike i det at noen fokuserte på å styrke eksisterende markedsmekanismer, andre på internasjonale garantier. Noen fokuserte på konvertering av eksisterende anlegg til multilaterale anlegg, andre på bygging av nye multilaterale brenselssyklusanlegg. Felles for mange av forslagene var at de var tilsiktet å styrke ikkespredningsregimet samtidig som retten til fredelig bruk av kjerneenergi ble opprettholdt. Retten til fredelig bruk er en grunnstein i ikkespredningsregimet, nedfelt i blant annet NPT-avtalens artikkel IV og IAEAs statutter. Så godt som samtlige forslag var rettet mot anriking, ettersom denne teknologien var ansett som mest spredningsfarlig. Avfallsbehandling og lagring, særlig hvis dette medførte gjenvinning og mulig plutoniumutvinning, måtte imidlertid kunne innlemmes i ordningene på et eller annet tidspunkt. De foreliggende forslagene vil nedenfor bli gjennomgått i kronologisk rekkefølge.

3.3.1 USA

USAs forslag ble utviklet etappevis. Allerede i februar 2004 foreslo President Bush at NSG-landene skulle vedta en ny retningslinje om å avstå fra å eksportere anrikings- og gjenvinningsteknologi til land som ikke allerede hadde dette, og i stedet utvikle mekanismer for sikker tilgang på anriket brensel (27). I september 2005 annonserte USAs energiminister Samuel Bodman at USA ville tilgodese 17 tonn med høyanriket uran til en fremtidig uranreserve under IAEA verifikasjon. Materiale skulle blandes ut til lavanriket uran for bruk i sivile reaktorer og være disponibelt for land som avstod fra anriking og gjenvinning under en fremtidig multilateral ordning (28). Materialet skulle være tilgjengelig fra 2009.

I februar 2006 lanserte Energidepartementet i USA (DOE) Global Nuclear Energy Partnership (GNEP). I slutten av 2008 hadde 25 medlemsland og tre organisasjoner ansluttet seg til GNEP. Under GNEP ville et konsortium av stater med avansert kjernefysisk teknologi gjennom leasingavtaler gi forsikringer om sikker tilgang til brensel til stater som avstod fra anriking og gjenvinning, samt ta tilbake det brukte brenselet for gjenvinning og lagring. I følge USAs Energidepartement er GNEP ment å (29):

1. Tilrettelegge for økt bruk av kjernekraft på verdensbasis på en miljøvennlig måte;
2. Utvikle, demonstrere og ta i bruk en avansert teknologi for gjenvinning av brukt brensel som ikke produserer rent plutonium som kan misbrukes til våpenformål;
3. Utvikle, demonstrere og ta i bruk mer avanserte reaktorer som kan brenne transuraner fra repressert brensel;
4. Etablere internasjonale forsyningsgarantier for brensel og begrense spredning av anrikings- og represseringsteknologi. Leverandørland leverer ferskt brensel til mottakerland og tar tilbake og represserer det brukte brenselet ("take back").
5. Utvikle, demonstrere og ta i bruk avanserte, spredningsresistente reaktorer som er anpassede til strømmettet i utviklingsland.
6. Videreutvikle safeguards i samarbeid med IAEA.



Figur 10: Global Nuclear Energy Partnerships modellen. Mottakerland får sikker tilgang til kjernekraftsteknologi og -brensel gjennom leasingavtaler med leverandørstater. Når kjernebrenselet er brukt opp vil leverandørstaten ta det tilbake for gjenvinning og lagre det overskytende avfallet.

Formålet med GNEP er altså å legge til rette for økt bruk av kjernekraft på verdensbasis samtidig som man vil styrke ikkespredningsregimet i alle ledd av brenselssyklusen. Et viktig virkemiddel for å begrense spredningen av sensitiv teknologi er troverdige brenselleveranser, hvilket vil fjerne insentiver for land å utvikle anrikingskapasitet, og sikker avfallshåndtering, hvilket vil fjerne insentiver for land å utvikle gjenvinningskapasitet.

USAs forslag innebærer utvikling av ny teknologi både for reaktorer og gjenvinning, samtidig som anlegg basert på dagens teknologi vil måtte antas å ha en relativt lang levetid. Det kan

derfor antas at gjennomføringen av forslaget vil ta mange tiår. Det vil samtidig være noen sentrale problemstillinger i forhold til USAs forslag når det gjelder gjenopptakelse av repressering i USA og hvilken effekt det kan ha internasjonalt, og forholdet mellom USA og IAEAs mulighet til å disponere over materialer som USA stiller til rådighet for det internasjonale samfunn. Til dette siste hører også spørsmålet om hvilken råderett IAEA vil ha til å bestemme utførsel av lavanriktet uran fra et amerikansk anlegg, og hvordan ville dette avstemmes dette med amerikanske eksportkontrollbestemmelser.

Selv om det er gjeldende policy å ikke gjenvinne brukt kjernebrensel, er dette mer økonomisk enn politisk fundert. Bakgrunnen for dette er at president Reagan i 1981 (30) opphevet stansen i gjenvinning av sivilt reaktorbrensel som hadde blitt erklært av presidentene Ford og Carter i henholdsvis 1976 og 1977 (31), på bakgrunn av at amerikansk teknologi hadde blitt misbrukt i indiske atomvåpen. Siden forbudet ble opphevet har uranprisene vært så lave at det ikke har vært kommersielt interessant for amerikanske firma å etablere kapasitet for å gjenvinne reaktorbrensel. Bort sett fra Japan, som har et anlegg under slutføring, er det ingen ikke-atomvåpenstater som i løpet av de siste 30 årene har utviklet anrikningsteknologi. Dette kan tilskrives flere forhold, blant annet økonomi og innenrikspolitik, men det er også verd å merke seg at amerikansk påvirkning i enkelte tilfeller kan ha vært avgjørende (32). Det vil imidlertid kunne være en motsetning i at USA selv utvikler anrikningsteknologi samtidig som de ber andre land avstå fra dette.

Det finnes flere teknologiske og økonomiske spørsmål som må løses før forslaget kan realiseres. Mye av teknologien som GNEP foreslår er ennå ikke utviklet eller har blitt utviklet i laboratorieskala og det gjenstår derfor en del utviklingsarbeid før det tas i bruk i kommersiell skala. Dette gjelder også valg av represseringsteknologi, hvor problemet med PUREX-teknikken som brukes i dag, er at plutonium og uran blir skilt fra hverandre. For å minske spredningsrisikoen ønsker man å bruke teknikker hvor sluttproduktet blir plutonium mikset med uran og andre transuraner, selv om man også her vil ha problem med de foreslåtte metodene i at strålingsnivået fra sluttproduktet blir lavt slik at rent plutonium forholdsvis enkelt kan separeres om det skulle komme på avveier. Alternative forslag er da at gjenvinningsanlegget produserer et produkt som er spredningsresistent og at den siste separasjonen skjer på brensel-fabrikken (32). Fra et ikkespredningssynspunkt vil kravene måtte være at den teknikken man velger ikke bør avvike veldig mye fra sluttlagring når det gjelder spredningsresistens, noe som vil være svært ambisiøst all den tid det i dag ikke finnes det ikke noen teknologi som er vesentlig mer spredningsresistent enn tradisjonell gjenvinningsteknologi (PUREX).

Det amerikanske forslaget baserer seg på at reaktorparken på sikt fases ut til fordel for såkalte hurtigreaktorer eller "breeder"-reaktorer. Dette er en umoden reaktorteknologi hvor man i de reaktorene man har bygget til nå har hatt mange tekniske problemer og lengre driftsavbrudd, noe som har medført at flere reaktor til slutt har blitt stengt av økonomiske årsaker. Samtidig konkluderer en undersøkning av amerikanske forhold at sluttlagring i dag er vesentlig billigere enn gjenvinning (32).

Det finnes også noen uavklarte spørsmål rundt den uranreserven som USA foreslår. Denne skal være plassert på amerikansk territorium, men disponert av IAEA, og det er uklart hvilke føringer dette legger på materialet. Det er særlig naturlig å spørre hvilken råderett IAEA vil ha til å bestemme utførsel av lavanriktet uran fra et amerikansk anlegg, og hvordan ville dette avstemmes dette med amerikanske eksportkontrollbestemmelser.

Det bør også bemerkes at det finnes amerikansk innenrikspolitik bak forslaget. Det er nå mer enn 30 år siden USA senest ga godkjenning for bygging av et nytt kjernekraftverk og et uttalt mål er at USA ønsker å ta tilbake den ledende rolle man tidligere hadde innenfor kjernekraftsektoren. I tillegg er USAs kapasitet for anriking ikke tilstrekkelig for å dekke landets egne behov, man har ingen reprosesseringsanlegg, ingen hurtigreaktorer og man har heller ennå ikke utviklet noe sluttlager for brukt kjernebrensel. Dette er en prosess som kommer å ta lang tid og GNEP må derfor ses som et langsiktig prosjekt. Et annet motiv bak forslaget er at USA ønsker å løse sine egne problemer med brukt kjernebrensel. I dag lagres det midlertidig ved kjernekraftverkene. Arbeidet med å etablere et sluttlager i Yucca Mountain i Nevada ble påbegynt i 1987 men har blitt kraftig forsinket og det drøyer sannsynligvis minst 10 år før den kan tas i bruk. Kjernekraftoperatørene har saksøkt myndighetene for å få brenselet lagret et annet sted og disse søksmål er sannsynligvis en av årsakene til GNEPs forslag. Man ønsker derfor å transportere brenselet fra kjernekraftverkene til reprosesseringsanlegg og videre til reaktorer som kan brenne det gjenvunne plutoniumet. Man må derfor sette spørsmålsteget ved et "take back"-arrangement ettersom USA ennå ikke har ferdigstilt et permanent lager for sitt eget brukte brensel. Selv om man har tenkt å gjenvinne mesteparten av brenselet og bruke det på nytt kommer avfallsmengden som må lagres å øke.

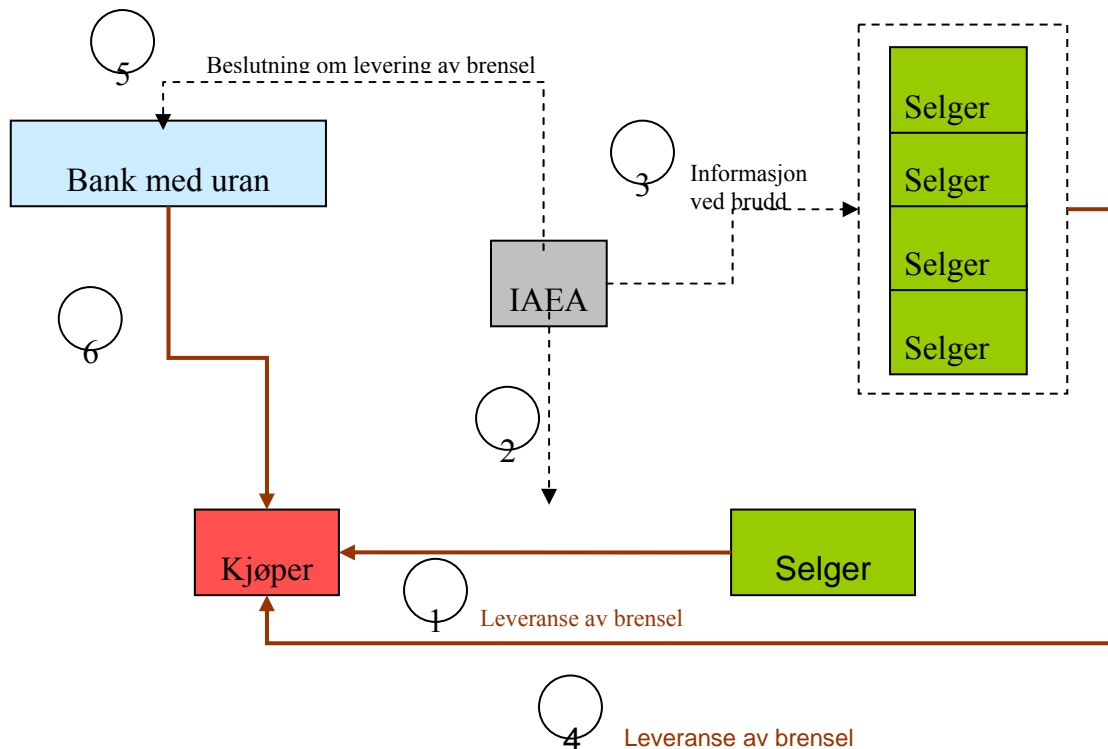
3.3.2 World Nuclear Association

World Nuclear Association (WNA) er en interesseorganisasjon for kjernekraftsindustrien som jobber for bedre samhandling mellom aktørene på markedet og økt forståelse for kjerneenergi i samfunnet for øvrig. I mai 2006 presenterte WNA sitt forslag ført i pennen av de fire største anrikingsselskapene i verden, URENCO, EURODIF/AREVA, USEC og TENEX (33).

WNA fremhevet at markedet i hovedsak fungerer bra og at det allerede finnes markedsmekanismer som fremmer forsyningssikkerhet. Det ble vist til at både kjøpere og leverandører kunne holde lagre med ferdig brensel og mellomprodukter som back-up i tilfelle brudd på forsyningen, og at kjøpere ofte er påpasselige med å opprettholde flere forsyningslinjer fra pålitelige leverandører og å inngå langtidskontrakter med leverandørene. WNAs forslag var å forsterke disse markedsmekanismene samt i tillegg å etablere to nye sikkerhetsnivåer. Det første sikkerhetsnivået skulle være at anrikingsselskapene kunne gå sammen og gi kollektive garantier slik at andre selskap går inn og bidrar i tilfeller hvor et selskap ikke leverer av årsaker som ikke skyldes brudd på ikkespredningsforpliktelser eller kommersielle forhold. Prosedyrene for leveranse av anriket materiale ville være avklart på forhånd med IAEA, som også vil fungere som bindeleddet mellom kjøperen og selskapene. IAEAAs rolle ville også være å kontrollere at ikkespredningsforpliktelsene og øvrige krav var ivarettatt. Det andre sikkerhetsnivået i garantien ville være en reserve med anriket materiale. Denne kunne bestå av overskytende høyanriket uran fra atomvåpenproduksjon slik at det ikke kom i konflikt med konkurransen i markedet. Om reserven skulle være under nasjonal kontroll eller IAEAAs kontroll, ble ikke spesifisert i forslaget, ei heller prosedyrene for anvendelse av materialet.

I WNAs forslag vil anrikingsselskapene gå sammen og gi en kollektiv garanti for leveranse av anriket materiale i tilfelle en stat opplever forsyningssikkerhet men har krav på assistanse. Hensikten er å gi økt forsyningssikkerhet men spørsmålet er om anrikingsselskapenes garantier vil oppfattes som tilstrekkelige og dermed troverdige. Det er ikke klart hvor tungt

kollektive garantier fra selskaper vil veie i tilfeller hvor nasjonale eksportkontrollbestemmelser eller politiske hensyn taler i mot.



Figur 11: WNA's forslag. I utgangspunktet skjer brenselforsyning gjennom regulære kommersielle avtaler mellom kjøper og selger (1). I tilfelle kontraktsbrudd, kontrollerer IAEA om dette ikke skyldtes økonomiske uenigheter/mislighold eller brudd på ikkespredningsforpliktelser (2). Om dette er tilfellet vil IAEA i første hånd ta kontakt med en gruppe selskaper (3) som leverer brensel til kjøper i like andeler (4). Hvis heller ikke dette fungerer vil kjøperen kunne få tilgang til brensel fra en internasjonal reserve under IAEA-kontroll (5 og 6).

Noen sentrale problemstillinger i forhold til WNA's forslag går på IAEAs råderett over materialet. For eksempel bør det avklares i hvilken grad IAEA vil ha råderett over uranreserven og hvordan dette avstemmes mot nasjonale eksportkontrollbestemmelser i vertslandet.

I sitt forslag anførte WNA at uranreserven trolig kun måtte bestå av anriket uranpulver siden ferdigprodusert brensel ville være altfor dyrt. En mulighet som de ikke berørte er imidlertid at også brenselprodusentene kunne gå sammen og gi tilsvarende kollektive garantier liksom anrikingsprodusentene (jf. 3.4.1).

3.3.3 "6-landsforslaget"

På IAEAs styremøte i juni 2006 presenterte Frankrike, Nederland, Russland, Storbritannia, Tyskland og USA – de seks største eksportørene av anriket uran på verdensbasis – sitt konsept (34). 6-landsforslaget er i korthet en garanti om at de seks ville bistå andre land som hadde blitt nektet import av årsaker som hverken skyldtes brudd på ikkespredningsforpliktelser eller

økonomiske forhold (uenighet om pris, mislighold av kontrakter etc.). Hva angikk ikkespredningsbetingelsene for å bli omfattet av garantien gjaldt at mottakeren måtte:

1. Ha fulldekkende safeguardsavtale og tilleggsprotokoll, samt ingen viktige utenstående spørsmål med IAEA;⁶
2. Etterleve Konvensjonen om fysisk sikring av kjernefysisk materiale;⁷ og
3. Erklære at de ikke ville utvikle sensitiv brenselcyklusteknologi slik som anriking og gjenvinning, ei heller forske på det.

I tilfeller hvor et mottakerland påberoper seg garantien ville IAEAs oppgave være å kontrollere at disse betingelsene var oppfylt for deretter å konsultere de seks leverandørlandene om bistand. Leverandørlandene ville så i følge forslaget ”delta aktivt” for å finne en løsning. De ville ”bestrebe seg på å tillate eksport fra sitt territorium”, dog i henhold til nasjonale lover og regler, samt ”i prinsippet” unngå å hindre tilsvarende eksport fra andre leverandører. Den aktuelle staten som på forhånd hadde brutt den kommersielle avtalen om leveranse skulle respektere (ikke hindre eller sanksjonere mot) IAEAs vedtak om iverksetting av mekanismen og andre staters og selskapers beslutninger deretter.

I tilfeller hvor IAEA og de andre *ikke* klarte å identifisere en leverandør innen rimelig tid, ble det henvist til uranreserven som var under utvikling i USA (jf. 3.3.1). Eventuelt kunne det trekkes materiale fra den planlagte IAEA-administrerte uranreserven som var foreslått fra Nuclear Threat Initiative (jf. 3.3.5).

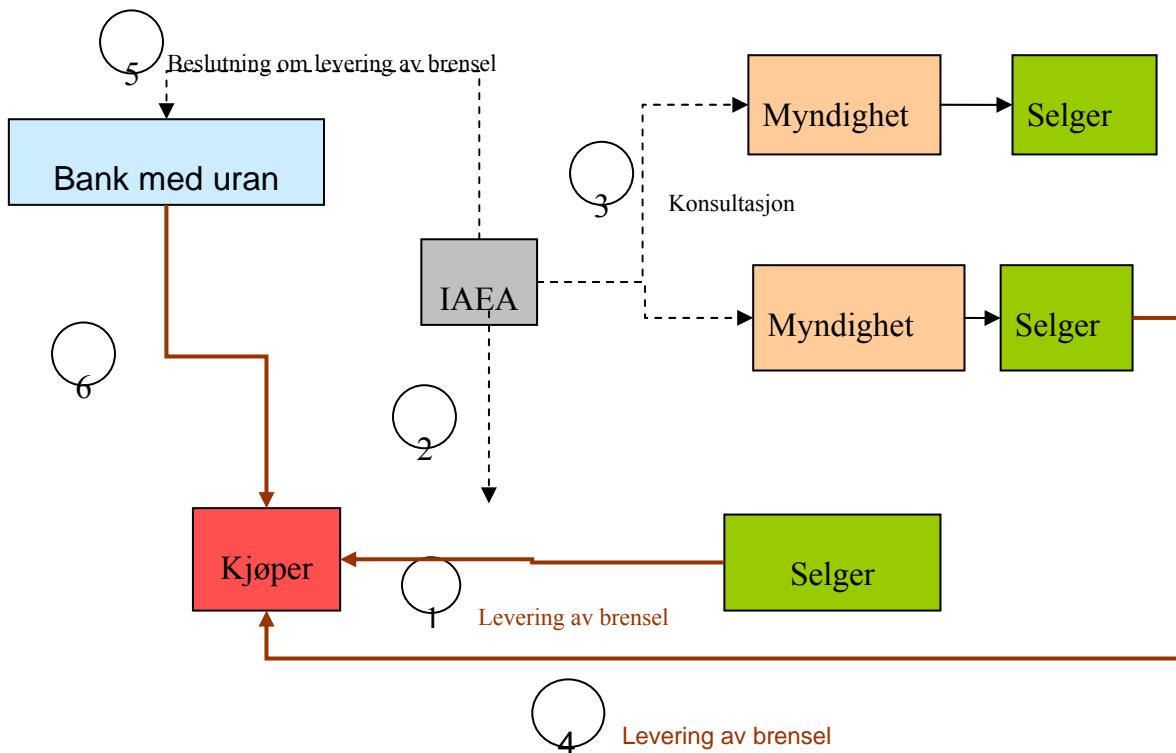
Til slutt ble det understreket at stater som *ikke* ville ha en slik forsyningsgaranti ikke skulle bli forfordelt på det internasjonale markedet. Med andre ord, at det skulle være like legitimt å delta i ordningen, som å ikke delta.

I en vurdering av 6-landsforslaget er det naturlig å peke på at selv om 6-landsforslaget i utgangspunktet styrker WNAs forslag (jf. 3.3.2) gjennom at det bygger på statsgarantier, er det likevel et springende punkt *hva* som blir garantert. Hva betyr det for eksempel å ”bestrebe seg på å tillate eksport fra sitt territorium”, dog i henhold til nasjonale lover og regler? Det er ikke klart om dette simpelthen betyr at nasjonale lover og regler alltid har forrang. Eller impliseres det at enkelte av disse nå må justeres i forkant av ikrafttredelse av ordningen? Og hvilke lover og regler må i så fall endres?

En annen uklarhet gjelder hvilke krav som til syvende og sist skal gjelde for at andre land kan delta i ordningen. På tross av at forslaget er ganske tydelig på dette området, har enkelte representanter for forslagstillerne indikert at det egentlig var ulike syn. For eksempel mente enkelte at avstandtagen fra egen anriking burde være et krav mens andre mente at dette var helt urealistisk.

⁶ Ikkekjernevåpenstatene er under NPT forpliktet til å inngå en heldekkende safeguardsavtale med IAEA. Under denne deklarerer alt råmateriale og spaltbart materiale brukt i alle typer fredelige kjernefysiske aktiviteter på en stats territorium, under dens jurisdiksjon eller kontroll. Tilleggsprotokollen gir IAEA ytterligere informasjon om disse anleggende og aktivitetene og større myndighet til å undersøke dem. Se for øvrig vedlegg.

⁷ Konvensjonen om fysisk sikring av kjernefysisk materiale pålegger statspartene adekvat fysisk sikring av alt kjernefysisk materiale til fredelig bruk i transport, bruk eller på lager på en statsparts territorium eller i internasjonal transport. Den åpner også for internasjonalt samarbeid om gjenvinning av eventuelt stjålet eller smuglet materiale, beredskap i forhold til sabotasje, samt forebygging og bekjempelse.



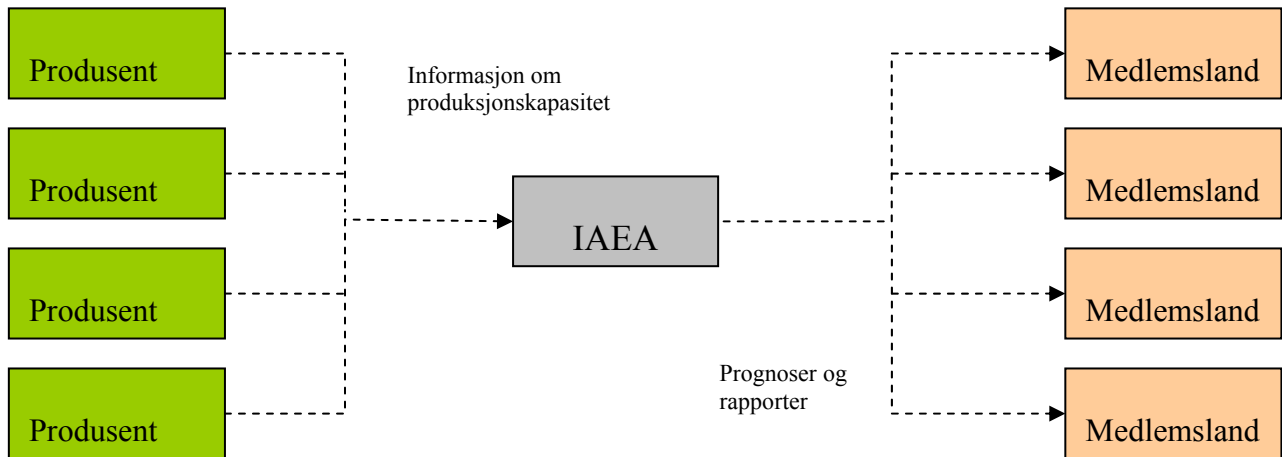
Figur 12: 6-landsforslaget. I utgangspunktet skjer brenselstilforsyning gjennom regulære kommersielle avtaler mellom kjøper og selger (1). I tilfelle kontraktsbrudd, kontrollerer IAEA om dette ikke skyldtes økonomiske uenigheter/mislighold eller brudd på ikkespredningsforpliktelser (2). Om dette er fallet vil IAEA i første hånd konsultere andre leverandørland (3). Disse vil bestrebe seg å "delta aktivt" for å finne en løsning (4). Hvis heller ikke dette fungerer vil kjøperen kunne få tilgang til brensel fra en reserve under IAEA-kontroll eller under nasjonal kontroll (5 og 6).

3.3.4 Japan

I september 2006 la Japan frem et forslag om "IAEA Standby Arrangements System for the Assurance of Nuclear Fuel Supply" (35). Dette innebar i korthet at IAEA kunne ha en database over den til enhver tid gjeldende produksjonskapasitet i markedet; det være seg for utvinning av naturlig uran, konvertering, anriking eller brenselstilvirkning. IAEA ville gjøre denne informasjonen tilgjengelig for medlemslandene. Hensikten skulle være å forhindre usikkerhet om tilgjengeligheten av disse tjenestene i markedet og dermed forebygge at medlemslandene utviklet dem på nasjonal basis. I følge forslagsstillerne stod dette godt i forhold til 6-landsforslaget (jf. 3.3.3): Mens 6-landsforslaget handlet om å lindre konsekvensene av såkalte markedsfeil, så fokuserte Japans forslag på å hindre at det skjedde i utgangspunktet.

Et åpenbart spørsmål ved Japans forslag er om en slik database egentlig er nødvendig. Det må antas at disse selskapene vet å reklamere for sine tjenester og kan gjøre denne informasjonen

tilgjengelig mer effektivt enn en IAEA-dreven database. Det må videre legges til grunn at kommersielle aktører skriver egne prognoser for etterspørsel, prisutvikling o.a. som grunnlag for forhandlinger med kjøperne.



Figur 13: Japans forslag. Produsenter rapporterer til IAEA om og i hvilken grad de har ledig kapasitet i forhold til produksjon av naturlig uran, konvertering, anriking og brenseltilvirkning. IAEA sammenstiller informasjonen til prognoser og rapporter og informerer sine medlemsland.

Det er heller ikke klart hvordan en database vil bidra til forsyningsikkerhet for medlemslandene. Hvis en stat frykter at den kan bli avskåret fra brenselleveranser i fremtiden på grunn av politiske årsaker og dermed vurderer egen brenselcyklus, vil det være til lite nytte å vite om tilgjengelig produksjonskapasitet i markedet som man selv er avskåret fra. Japans løsning er tilsynelatende ikke relevant i forhold til den egentlige problemstillingen.

3.3.5 Nuclear Threat Initiative

Nuclear Threat Initiative (NTI) er en ikke-statlig organisasjon som jobber for å redusere globale trusler forbundet med kjernefysiske, biologiske og kjemiske våpen. På IAEAs Generalkonferanse i september 2006 foreslo NTI å opprette en internasjonal reserve med lavanriket uran, eid og drevet av IAEA, og til støtte for en internasjonal forsyningsmekanisme (36). NTI stilte samtidig \$50 millioner til rådighet for opprettelsen av reserven under forutsetning av at IAEA og dets medlemsstater godkjente forslaget, samt at en eller flere andre stater skøyt inn ytterligere \$100 millioner innen tre år. De fremholdt at spesifikasjonene for lokalisering, rettigheter og forpliktelser ville være opp til IAEAs medlemsstater å avgjøre, men tillot seg likevel å komme med noen forslag.

I NTIs forslag kunne reserven bestå av 50-60 tonn uranheksafluorid (UF_6), tilsvarende én reaktorladning, anriket til 4,9 % i isotopen ^{235}U . Lageret kunne være lokalisert i en stat som

allerede har nødvendig infrastruktur for å håndtere UF₆ – slik at man ikke trengte å bygge noe nytt – og som etterlever nødvendige forpliktelser med hensyn på safeguards, fysisk sikring og sikkerhet. Lageret burde ikke være lokalisert i en av de seks største eksportlandene av anriket uran ettersom dette vil redusere troverdigheten av forsyningsgarantien. Kostnadene forbundet med lagring kunne enten dekkes av IAEA direkte eller av vertslandet som frivillig bidrag.

Hva angikk ikkespredningsforpliktelsene som mottakerland måtte oppfylle, antydte NTI omtrent samme krav som under 6-landsforslaget (jf. 3.3.3) – fulldekkende safeguardsavtale, tilleggsprotokollen, samt etterlevelse av viktige konvensjoner for kjernefysisk sikkerhet og sikring. Det ble ikke angitt som eksplisitt krav at et mottakerland måtte avstå fra å utvikle sensitiv teknolog selv. I stedet ble det lagt vekt på å skape *incentiver* slik at landene selv frivillig ville avstå fra anriking:

“Vårt forslag er ment for å underbygge det suverene valg til stater som ønsker å satse på utenlandske leverandører av brensel.”⁸

I forhold til hvem som burde vurdere om ikkespredningsforpliktelsene var oppfylt eller ikke, ble det kun skissert alternativer. Det kunne være IAEAs Styre eller Generaldirektøren. Eller det kunne være et spesialpanel bestående av representanter og meklere fra involverte parter.

Prisen på uranheksafluorid fra reserven kunne være tilsvarende det kjøperen hadde i avtalen som hadde blitt brutt slik at det ikke oppstod noen kommersielle fordeler eller ulemper ved å bli henvist til reserven. I tilfeller hvor IAEA måtte levere brensel for godt under markedspris kunne medlemmer bli oppfordret til å gi frivillige bidrag slik at IAEA kunne fylle opp reserven igjen.

Videre ble det påpekt at det kunne være fordelaktig om noen brenselfabrikanter ble forhåndslisensiert til å produsere brensel for IAEA i tilfelle de regulære ble nektet å gjøre det.

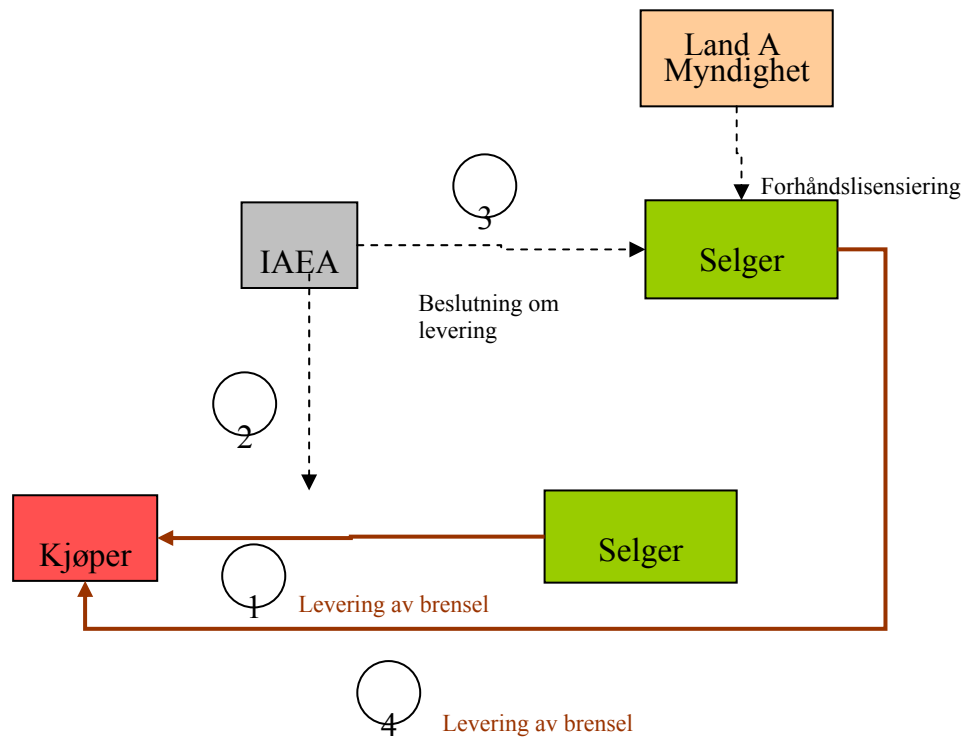
Til slutt ble det notert at vertslandet for reserven ville kunne måtte justere sin nasjonale eksportkontrollavgivning for å kunne garantere effektiv og pålitelig overførsel av IAEAs lavanriket uran. Institusjoner slik som NSG ville også kunne måtte endre sine retningslinjer slik at det var i overensstemmelse med ordningen.

Det første problemet var å finne penger eller eventuelt frivillige bidrag av lavanriket uran til etablering av reserven. I slutten av 2008 hadde det meste av pengene blitt samlet inn gjennom at fire parter har bidratt med 97 av de \$100 millioner som krevdes for å etablere uranreserven: USA (\$50 millioner), EU (opp til €25 million - ca \$32 millioner), De forente arabiske emirater (\$10 millioner) og Norge (\$5 millioner). Det er ennå ikke avklart hvor i verden den skal ligge.

⁸ Strålevernets oversettelse

3.3.6 Storbritannia

På IAEAs Generalkonferanse i september 2006 la Storbritannia frem forslaget om forhåndslisensiering ("Enrichment bond") – at stater med anrikingsindustri kunne forhåndslisensiere eksport av anriket materiale til land som etter IAEAs vurdering hadde krav på det under mekanismen. Forslaget skulle også styrke 6-landsforslaget (jf. 3.3.3), som Storbritannia stod ved, og har også fått Nederlands og Tysklands tilslutning.



Figur 14: Storbritannias forslag. I utgangspunktet skjer brenselforsyning gjennom regulære kommersielle avtaler mellom kjøper og selger (1). I tilfelle kontraktsbrudd, kontrollerer IAEA at dette ikke skyldtes økonomiske uenigheter/mislighold eller brudd på ikke-spredningsforpliktelser (2). Om dette er tilfellet vil IAEA beslutte om leveranse fra en annen selger som er forhåndslisensiert av myndighetene i landet (3).

Hensikten med forhåndslisensiering var å gi mottakere større trygghet om at statsgarantiene ville bli etterlevd og at IAEA hadde myndighet til å bestemme utførsel av anriket materiale når alle betingelsene var innfridd. I et oppdatert innspill som ble oversendt IAEA i mai 2007 stod det følgende:

”For å gi mottakere tilstrekkelig sikkerhet om at leveranser vil bli gjennomført, må leverandørstater på forhånd gi forsikringer om at eksportlisenser vil bli utstedt i tilfeller hvor IAEA beslutter at de spesifikke betingelsene er oppfylt. For å være effektive må slike forsikringer være robuste og sannsynligvis underbygd at juridisk bindende avtaler mellom leverandørene, IAEA og mottakerstatene. De må være i samsvar med internasjonal rett (for eksempel sikkerhetsrådsresolusjoner) og

internasjonale traktater (for eksempel Euratom) og forpliktelser (for eksempel Nuclear Suppliers Group retningslinjer)” (37)⁹

Hva angikk mottakerlandenes forpliktelser for å delta i ordningen stod videre følgende:

- ha fulldekkende safeguardsavtale og tilleggsprotokoll
- etterleve IAEAs retningslinjer for fysisk sikring, samt
- erklære at man ikke ville selge materiale videre, såkalt sluttbrukererklæring¹⁰.

For å virke troverdig skulle disse forpliktelsene og rettighetene nedfelles i juridisk bindende avtaler mellom hver enkelt mottakerstat, IAEA og leverandørstatene på basis av en felles modell. Avtalene måtte også reflektere IAEAs rolle som garantist, at IAEA skulle ta siste beslutning om når betingelsene er oppfylt og en leveranse kan gjennomføres i henhold til ordningen. Til forskjell fra 6-landsforslaget (jf. 3.3.3) var det ikke et krav at en mottaker måtte avstå fra anriking.

Storbritannias forslag går langt i å gjøre statsgarantiene under 6-landsforslaget mer troverdige. Forhåndslisensiering vil trolig utgjøre et viktig element i det fremtidige multilaterale regime. Men viktige detaljer gjenstår: for at forhåndslisensiering skal gjennomføres må trolig en rekke nasjonale lover og regler endres i de aktuelle landene. Ikke minst må IAEA faktisk ha juridisk myndighet til å iverksette mekanismen når betingelsene etter deres vurdering er innfridd. Og det må være en klar prosedyre for dette. Storbritannia har begynt å se på sin egen lovgivning og regelverk. For at forslaget skal bli en realitet må trolig også de andre bak 6-landsforslag gjøre det samme.

3.3.7 Russland

I januar 2007 lanserte Russland at det ville etablere et internasjonalt senter for anrikingstjenester ved *Angarsk Electrolysis Chemical Combine*, et av Russlands fire store anrikingsanlegg lokalisert tredivet kilometer vest for byen Irkutsk i Sibir (38). Forslaget var også tidligere nevnt av president Putin i januar 2006 og hadde sterk støtte i det russiske atometablisementet (39).

I følge forslaget vil senteret ”gi garantert tilgang til anrikingskapasiteter for senterets deltakende organisasjoner”(38). Det skulle i første omgang disponere om lag 300 – 500 000

⁹ Strålevernets oversettelse

¹⁰ Ved eksport av konvensjonelle våpen eller varer, teknologi og tjenester som potensielt kan misbrukes i et massødeleggelsesvåpenprogram, er det vanlig å kreve en såkalt sluttbrukererklæring fra mottaker. I sluttbrukererklæringen erklærer mottaker, enten det er offentlig myndighet eller et privat firma, blant annet at varen skal brukes som forutsatt (spesifiseres) og ikke videreeksporteres. For mer informasjon om norsk eksportkontroll, se UD's hjemmeside www.eksportkontroll.mfa.no.

SWU¹¹. Det skal organiseres som et aksjeselskap, slik at deltakende stater og organisasjoner kunne kjøpe seg inn og dermed få trekkrettigheter fra produksjonen og avkastningen. Det kan bidra til produksjon av en internasjonal reserve av lavanriket uran under IAEA-kontroll, men under russisk eierskap. Uranreserven skal bestå av 120 tonn LEU, nok til 2 reaktorladninger, med en anrikingsgrad på mellom 2,00 og 4,95 % i isotopen ²³⁵U. En prosedyre som ”garanterte” for utførsel av dette materiale etter vedtak fra IAEA var under utvikling.

Angarsk Electrolisis Chemical Combine (AECC) er det minste av Russlands fire anrikingsanlegg og står for ca 10 % av den russiske anrikingskapasiteten. Anlegget ligger nær Irkutsk i Sibir og har ca 6500 ansatte. AECC ble startet i 1957 når 308 diffusjonsanlegg ble tatt i drift for å anrike uran. Et konverteringsanlegg ble tatt i drift i 1960. Det hovedsaklige oppgaven var å ”øke det sovjetiske militære arsenalet” (40). 1962-1985 økte man produksjonen fra anrikingsanlegget 2-3 ganger. Siden 1980-tallet produserer man kun anriket uran for reaktordrift. 1990 tok anrikingsanlegget i drift den første sentrifugen og 1992 ble den siste diffusjonsmaskinen tatt ut av drift.

Videre skulle medeierne ikke få tilgang til de operative deler av senteret (anrikningsteknologi, kaskadehaller med sentrifuger etc.). Det vil ikke foregå forskning på anrikningsteknologi ved senteret. Senteret skal ikke tilby produksjon av ferdig brensel, gjenvinning eller ”take-back”. Hva angikk sistnevnte må dette i så fall utføres ved andre anlegg i nettverket, jf. Putins forslag (41).

Ikkespredningsforpliktelsene for å kunne kjøpe seg inn i selskapet ville være:

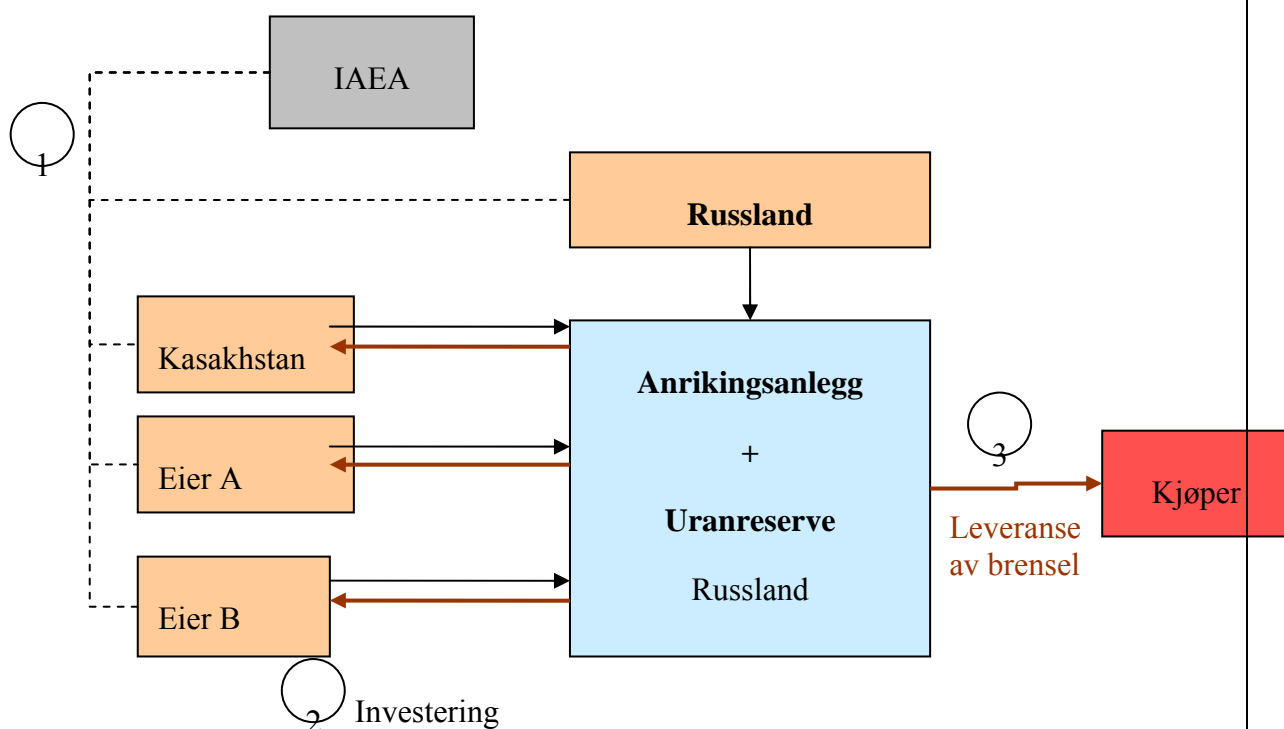
- 1) At vedkommende land bygger kjernekraftverk (eller har til hensikt å bygge);
- 2) At vedkommende etterlever internasjonale ikkespredningsforpliktelser: fulldekkende safeguards med tilleggsprotokoll;
- 3) At vedkommende land ikke driver anrikning på kommersiell skala (forskning vil være tillatt);
- 4) At vedkommende land ikke videreeksporterer anriket materiale uten eksplisitt samtykke fra russiske myndigheter; og
- 5) At medlemslandene er kollektivt ansvarlige for at materiale ikke kommer på avveie eller blir brukt til militære formål.

Rettigheter og plikter vil bli nedfelt i en overgripende, multilateral avtale mellom Russland, deltakende stater og IAEA, samt i bilaterale avtaler mellom den russiske stat og hver av deltakerne. Dertil kan hver(t) stat/selskap som kjøpte seg inn i senteret tegne individuelle samarbeidsavtaler med detaljerte betingelsene for trekkrettigheter, profitt og andre rettigheter. En felles rådgivende komité (Joint Advisory Committee) ville vurdere alle spørsmål som

¹¹ Separative Work Unit (SWU) er en enhet som brukes for å måle hvor mye energi som går åt ved anrikningen. Det er en kompleks enhet som avhenger blant annet av mengden prosessert uran og anrikingsgraden. Mellom 100.000 og 200.000 SWU kreves for å anrike en årlig ladning for en 1000 MW reaktor.

måtte oppstå. Som første medeier (10 %) i senteret inngikk nabolandet Kasakhstan en bilateral avtale med Russland i mai 2007.

Et springende punkt i forslaget er hvilken forsyningssikkerhet dette vil gi for deltakere utover det de allerede kan få gjennom avtaler med andre kommersielle selskaper i markedet - URENCO, Eurodif/AREVA eller USEC. Siden Russland eier og kontrollerer anlegget (herunder sentrifugene) består forskjellen i at andre deltakere, i tilfelle normale leveranser blir brutt, vil kunne få fremføre sin sak til den felles rådgivende komiteen og IAEA. De vil deretter eventuelt også få tilgang til uranreserven som vil være under kontroll av IAEA. Når det gjelder uranreserven, skal som nevnt prosedyrer som ”garanterer” for utførsel av dette materiale etter vedtak fra IAEA være under utvikling, men detaljene er foreløpig ikke kjent. Russland vil ikke donere materialet til IAEA selv om dette trolig ville styrket troverdigheten av mekanismen ytterligere.



Figur 15: Russlands forslag. Et russisk anrikingsanlegg (Angarsk) skal omdannes til multinasjonalt eierskap. Rettigheter og plikter vil bli nedfelt i avtaler mellom Russland, de andre medeierne og IAEA (1). Medeierne investerer penger i anlegget og får i gjengjeld tilgang til kjernebrensel og avkastning fra produksjonen (2). Anlegget vil også inneholde en uranreserve under kontroll av IAEA. For øvrig vil anlegget operere på vanlig kommersiell basis. (3).

Et annet spørsmål vedrører utsiktene for økonomisk avkastning for medeierne og hvordan Angarsk vil klare seg i den skarpe konkurransen med andre aktørene i uranmarkedet. Nye, topp moderne anlegg er under konstruksjon i Frankrike (AREVA m/URENCO-teknologi) og USA (USEC/DOE og LES/URENCO). Russland skal etter sigende installere niendegenerasjons sentrifuger og foreta betydelige investeringer de neste årene, men dette skal hovedsakelig omfatte andre deler av anlegget. Fra russisk hold blir det fastholdt at teknologien er konkurransedyktig og driftsikker, men det vil være begrenset mulighet å kontrollere dette gitt at utlendinger ikke kan få tilgang til kaskadehallene – nettopp av

ikkespredningshensyn. Hvordan man i praksis overbeviser utenlandske medeiere om at anlegget fungerer som forutsatt, samtidig som man skjerner dem mot sensitiv informasjon, er ikke klart.

Et tredje spørsmål har vært knyttet til omfanget av IAEA-safeguards av anlegget og hvem som bør betale for det. Hva angår omfang kom Russland og IAEA forholdsvis tidlig i prosessen til enighet om såkalte anleggsspesifikk safeguards som kontrollerer at det ikke blir brukt til annet enn som forutsatt (jf. 7.2). Det ga ikke mening å innføre fulldekkende safeguards av anlegget siden Russland er en kjernevåpenstat og uansett vil ha atskillige mengder høyanriket uran *utenom* safeguards. Det er vanskelig å se hvorfor man skal kunne unndra lavanriket uran fra produksjonen når man har over tusen tonn høyt anriket uran av våpenkvalitet på lager andre steder. Et annet spørsmål er hvem som skal betale. Sett fra IAEAAs ståsted vil i utgangspunktet safeguards av enda et sentrifugeanlegg i en atomvåpenstat gi nyttige erfaringer for inspektørene, kanskje spesielt i Russland. Russland har til nå ikke hatt anrikingsanlegg under safeguards. På den annen side er det klart at det vil koste å inspisere et anlegg som i sin tid ikke ble designet for safeguards og som ligger utilgjengelig i Sibir. IAEA har allerede trangt med midler for å inspisere viktigere anlegg i andre deler av verden. Det skal være en forståelse mellom IAEA og Russland om at Russland betaler for safeguards av senteret selv. Dette er foreløpig ikke bekreftet av russerne.

Det ventes økt konkurranse fra nye anrikingsanlegg i USA og Frankrike og det haster derfor for Russland å sette i verk tiltak som kan sikre fortsatt høy andel av anrikingskapasiteten i verdenen. I 2005 var denne andelen hele 40 % (jf. 2.4.2) hvor Angarsk-anlegget kun står for 10 % av Russlands kapasitet. Dersom Russland klarer å beholde den høye markedsandelen og fremstår som en sikker leverandør av anriket materiale og brensel, vil dette også bidra til å sikre fremtidige kontrakter for salg av avansert kjernekraftsteknologi.

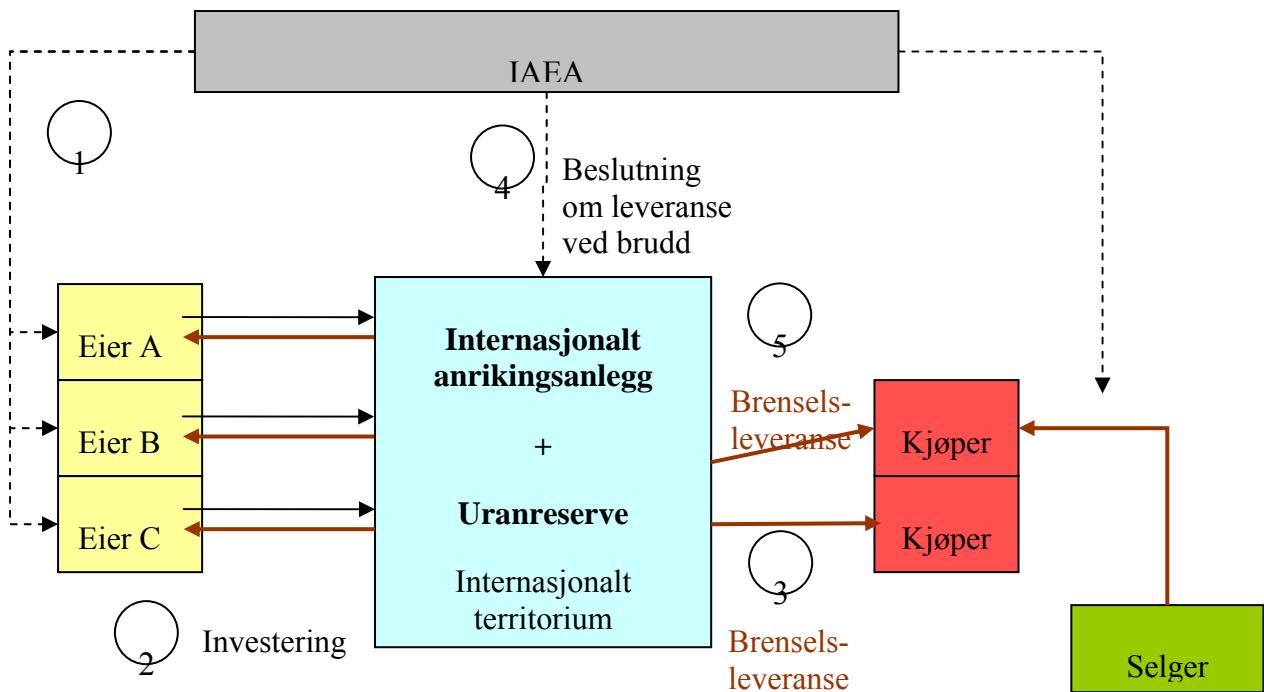
3.3.8 Tyskland

Tyskland står ved 6-landsforslaget (jf. 3.3.3) og Storbritannias forslag (jf. 3.3.6). I mai 2007 kom Tyskland med et eget forslag som gikk ut på å opprette et nytt internasjonalt anrikingscenter under oppsyn av IAEA (42).

I følge forslaget skal et egnet vertsland overgi sine suverene rettigheter til IAEA for et territorium egnet for opprettelse av et internasjonalt anrikingscenter. Herfra får IAEA tillatelse til å eksportere lavanriket uran, samt overvåke etterlevelsen av safeguards og sikkerhetsbestemmelser for anlegget. Disse rettighetene og ansvaret nedfelles i en juridisk bindende avtale mellom vertslandet og IAEA. Vertslandet må videre være akseptabelt for et flertall av det internasjonale samfunn og politisk stabilt. Det må etterleve sine safeguardsforpliktelser under NPT og ha inngått Tilleggsprotokoll med IAEA, samt ha egnet infrastruktur og atkomst (fortrinnsvis kystlinje). Det bør ikke være et av de seks dominerende landene på anrikingsmarkedet nå.

Medeiere vil være et antall interesserte stater og/eller selskaper, ett av hvilke vil besørge, bygge og drive anrikingsanlegget. Medeierne vil som motytelse for sine investeringer i anlegget få trekkrettigheter fra produksjonen og avkastning fra salg av anriket materiale til andre stater og/eller selskaper. De vil også få større forsyningssikkerhet, ettersom anlegget vil ha en reserve med anriket materiale kontrollert av IAEA. De (ei heller IAEA) vil derimot ikke få tilgang til de mest sensitive delene/informasjonene om anlegget. Disse vil kun være

tilgjengelig for og operert av representanter for teknologiinnehaveren. Anlegget vil drives kommersielt og konkurrere på lik linje med andre anrikingselskaper. Det foreligger ingen restriksjoner på utvikling av egen anrikingskapasitet dersom medeierne samtidig ønsker det.



Figur 16: Tysklands forslag. Et nytt internasjonalt anrikingscenter kan etableres på internasjonalt territorium, med flernasjonalt eierskap og etter avtale med IAEA. Anrikingsanlegget eies og administreres av eierne etter avtale med IAEA (1). Eierne investerer penger i anlegget og får trekkrettigheter fra produksjonen og avkastning fra salg (2). Anriket materiale kan selges til andre kjøpere på kommersiell basis (3). Anlegget skal også innholde en brenselsbank som kan levere brensel til en kjøper som ikke får levert brensel i henhold til avtale med selger (4 og 5).

Øvrige av IAEA medlemsstater kan kjøpe anriket materiale fra senteret på kommersiell basis og i tilfelle deres normale leveranser blir brutt av årsaker som verken skyldes økonomiske forhold eller brudd på ikkespredningsforpliktelser. Kriteriene for å motta slik assistanse vil bli fastsatt av IAEAs styre. IAEAs Generaldirektør vil på grunnlag av disse kriteriene vurdere anmodninger om leveranse i hvert enkelt tilfelle. I tilfeller hvor dette ikke er mulig, for eksempel ved produksjonsstans, vil Generaldirektøren også kunne bruke av uranreserven.

*"I tillegg til garantien om økt forsyningssikkerhet tilbyr dette forslaget økonomiske fordeler gjennom bruk av gjennomprøvd og pålitelig anrikningsteknologi, men medfører ikke overføring av sensitiv teknologi. Med tanke på ikkespredning oppfordrer det stater til ikke å gi seg i kast med kostbart og usikkert økonomisk og teknologisk utviklingsarbeid. Derfor bidrar dette forslaget, som er uten forbud og restriksjoner og utelukkende basert på økonomiske hensyn, både til ikkespredning av sensitiv teknologi og forsyningssikkerhet."*¹² (42)

¹² Strålevernets oversettelse.

Tysklands forslag er på mange måter mer ambisiøst og tar et lengre sted i retning av multilateralisering enn de foregående. Som sådan virker det trolig også mer attraktivt for mottakerne. På den annen side, nettopp fordi det er så vidt ambisiøst, innebærer det betydelig politisk og økonomisk koordinering mellom en rekke stater og private selskaper.

Det finnes noen uavklarte spørsmål rundt Tysklands forslag. Et åpenbart spørsmål er hvilken stat som frivillig vil overgi en del av sitt territorium til IAEA. I denne forbindelse har det blitt vist til internasjonale organisasjoner som er opprettet på tidligere suveren jord i for eksempel New York, Genève og Wien. Men i dette tilfellet er det snakk om et kjernefysisk anlegg hvor IAEA i tillegg tar ansvaret for safeguards og sikkerheten av anlegget. Så denne parallellen er ikke uten videre åpenbar. Det er ellers få erfaringer å vise til på dette området. Et annet spørsmål er hvilket anrikingselskap som vil bidra til å etablere av en ny konkurrerende aktør på anrikingsmarkedet. Siden Tyskland som medeier i URENCO forslagsstiller, kan det tolkes dit hen at URENCO i det minste ikke er motvillige. Men betingelsene (kompensasjonen) som URENCO vil kreve for å være med på dette er imidlertid så langt ikke kjent.

3.3.9 Østerrike

I mai 2007 foreslo Østerrike en ny mekanisme som ville sikre mer åpenhet om kjernefysiske programmer samt opprettelse av et nytt internasjonalt brenselcyklusregime (43). Parallellen som ble vist til var opprettelsen av Kull- og stålfabrikasjonen i 1951 hvor europeiske land besluttet å legge viktig teknologi og varer som i utgangspunktet var til sivil bruk, men som kunne misbrukes, under multilateral kontroll.

I det østerrikske forslaget skal medlemsstatene for det første rapportere til IAEA og hverandre alle eksisterende kjernefysiske programmer og planer for fremtidig utvikling, herunder alle relevante aktiviteter samt eksport av kjernefysisk materiale, utstyr og teknologi. Denne økte åpenheten rundt kjernefysiske programmer og planer ville gi økt klarhet om intensjonene til den enkelte medlemsstat og virke tillitsbyggende. Selv om det ikke ble nevnt spesifikt, minnet dette mye om ikkekjernevåpenstatenes forpliktelser under tilleggsprotokollen (jf. 7.2). Tilleggsprotokollen gir IAEA store muligheter til å verifisere at kjernefysiske programmer utelukkende har fredelige formål i de stater (ikkekjernevåpenstater) som tilslutter seg den. Det er fremdeles en rekke ikkekjernevåpenstater som motsetter seg slik økt kontroll i dag, blant annet fordi de ikke aksepterer økt kontroll så lenge kjernevåpenstatene langt på vei går fri. Det østerrikske forslaget ser ut til å fremme tilslutning til tilleggsprotokollen, om enn ikke ved navns nevning. Selv om dette er prisverdig ut i fra et ikkespredningsperspektiv, vil det antakelig ha liten effekt på de som uansett motsetter seg økt kontroll.

Østerrike foreslår også at all handel med kjernefysiske varer og tjenester skal plasseres under overoppsyn av en ”internasjonal brenselbank”. Banken skal besørge sikker og rettferdig distribusjon av kjernefysiske varer og tjenester fra blant annet anrikings- og gjenvinningsanlegg. Hensikten er at det på sikt vil være unødvendig for medlemsstatene å utvikle egen nasjonal anrikings- og gjenvinningskapasitet. Detaljene rundt etableringen av en slik brenselbank er, som påpekt i forslaget, høyst uklare. Veldig mange detaljer vil måtte avklares før dette kan bli en realitet, for eksempel hva for slags institusjon det skal være og hvilken myndighet den skal ha. Det er heller ikke klart hvordan ulike anlegg skal innlemmes i banken og hvordan dette kommer til å påvirke det eksisterende markedet.

3.4 IAEAs konsept for multilateralisering

Alle forslagene som frem til våren 2007 hadde blitt spilt inn til IAEA ble sammenfattet i en rapport til IAEAs Styre (44). Rapporten la vekt på at bruken av kjernekraft ville fortsette å øke men at multilateralisering var en måte å forsikre at dette ikke skjedde på bekostning av ikkespredningsregimet. Et multilateralt regime måtte være mangfoldig, i tråd med medlemsstatenes interesser også ville være ulike. Det var derfor bra at forslagene var ulike.

Gitt spredningsfaren forbundet med anrikingsteknologi, er det foreløpig fokusert på forsyningsgaranti for anriket materiale. Dette vil imidlertid i fremtiden kunne utvides til andre sensitive deler av brenselsyklusen, spesielt gjenvinning. Det multilaterale regimet bør derfor ses i et lengre perspektiv. IAEA la også vekt på at det under statuttene var bemyndiget til å bistå medlemslandene med brenselsyklustjenester og dessuten hadde erfaring med dette tidligere.

3.4.1 IAEAs forslag til forsyningsgaranti

I sammenstillingen ble forslagene organisert i matrise med ulike typer forsikringer som til sammen ville gi kjøper økt forsyningsikkerhet. Tankegangen var et sikkerhetsnett med ulike nivåer som garanterte for kjøperne at hvis én type forsikring ble brutt eller ikke kunne oppfylles, ville andre forsikringer slå inn. I tillegg til lavanriket uran, omfattet den også i noen grad forsikringer om leveranse av ferdig brensel.

Denne matrisen har tre nivåer (Tabell 1).

Nivå 1 tilsvarer anrikings- og brenselsproduksjonsmarkedene slik de fungerer i dag. IAEA la til grunn at det finnes en balanse mellom tilbud og etterspørsel på anrikingsmarkedet, og at eksisterende selskaper vil øke sin produksjonskapasitet i takt med en eventuell økende etterspørsel i fremtiden. Kjøperne har flere muligheter for å sikre leveranser, blant annet backup-avtaler med flere anrikings-selskaper. Dette gjelder også for avtaler med brenselsproduksjonsselskapene, om enn i mindre grad, på grunn av utviklingskostnadene og sikkerhetshensynene dette medfører. Likevel er jevnlig leverandørbytter vanlig for å opprettholde konkurransen i markedet. Mange av disse vurderingene er i tråd med blant annet WNA's forslag.

Nivå 2 henviser til backup-garantier fra anrikings-selskapene og myndighetene om at i tilfelle en leveranse under en kommersiell avtale ikke kan gjennomføres, kan de øvrige selskapene gå inn og oppfylle samme leveranse under samme betingelser og i like andeler. Ansvarlige myndigheter vil garantere alle nødvendige eksport- og transporttillatelse ut av landet. De vil også være forpliktet til ikke å forsøke å presse andre myndigheter til å bryte avtalen ("non-retaliation"). For brensel vil det trolig forholde seg litt annerledes i og med at verken selskapene eller myndighetene kan gi backup-garantier (blant annet på grunn av designspesifikasjoner). Myndighetene kan imidlertid forplikte seg til å avstå fra å hindre andre i å bistå. Alle forpliktelser vil være nedfelt i internasjonale avtaler mellom myndigheter og anrikings-selskaper med IAEA som depositar. IAEAs Styre forhandler frem og bestemmer vilkårene for iverksettelse av nivå 2, og Generaldirektøren vil i hvert tilfelle kunne bestemme om disse er oppfylt. Forslagene i nivå minner mye om forslagene spilt inn av WNA, 6-landsforslaget og Storbritannia.

Nivå 3 henviser til en eller flere fysiske eller virtuelle reserver med lavanriktet uran som, i tilfelle et selskap eller myndighet ikke kan eller vil oppfylle backup-garantien (nivå 2), kan benyttes fritt av IAEA. Fysiske reserver har fordel av at de kan være lokalisert i andre land enn leverandørlandene og dermed virke mer håndfaste og troverdige for kjøperen. Men de forutsetter samtidig eksport- og transporttillatelser, samt at IAEA tar ansvar for safeguards og sikkerhet ved anlegget, som igjen måtte nedfelles i egne avtaler. Virtuelle reserver – at myndighetene stiller til veie materiale eller produksjonskapasitet for IAEA i tilfelle nivå 3 trår i kraft – vil på den ene siden være mindre konkret, og eventuelt mindre troverdig, for mottakerne, men til gjengjeld billigere og enklere for IAEA å operere. Det sentrale er at IAEA må ha alle rettigheter til å disponere materialet når betingelsene i følge Generaldirektørens vurdering er oppfylt. Avhengig av om det er en fysisk eller virtuell reserve må alle forpliktelser nedfelles i internasjonale avtaler mellom leverandørstater, IAEA og kjøpere, herunder også forpliktelsen om ”non-retaliation”. Forslaget som ble henvist til var NTIs forslag.

Fysiske reserver med ferdig brensel av alle forskjellige typer vil være altfor kostbart og dermed ikke realistisk etter IAEAs vurdering. En mulighet er imidlertid at de normale kommersielle kontraktene har en klausul som, i tilfeller hvor nivå 3 blir utløst og IAEA trenger å omdanne lavanriktet uran fra banken til brensel, forpliktet produsentene til å dele designspesifikasjoner med andre. Det vil gi noe mer forsyningssikkerhet for mottakerne. Ordvalget i rapporten tilsier imidlertid at brenselprodusentene ennå ikke var helt om bord i dette spørsmålet.

Tabell 1: IAEAs matrise for forskjellige forsyningsgarantier

	Lavanriktet uran	Brenselproduksjon
Nivå 1	Anrikingsmarkedet	Brenselproduksjonsmarkedet
	I tilfelle forsyningsbrudd, vil IAEAs generaldirektør vurdere om betingelsene er oppfylt	I tilfelle forsyningsbrudd, vil IAEAs generaldirektør vurdere om betingelsene er oppfylt
Nivå 2	Hvis ja, vil øvrige anrikingselskaper oppfylte kontrakten i like andeler. Myndighetenes forpliktelser gjelder. Hvis et selskap eller myndigheter ikke etterlever forpliktelsene under nivå 2.	Hvis ja, vil myndighetenes forpliktelse om å tillate tilbud gjelde. Kjøperne kontakter andre fabrikanter. Hvis intet akseptabelt tilbud foreligger
Nivå 3	lavanriktet uran leveres fra IAEA-kontrollert uranreserve eller andre fysiske reserver og/eller Lavanriktet leveres fra myndigheter i henhold til tidligere forpliktelser	Klausul som forplikter deling av designspesifikasjoner mellom brenselleverandører. Kjøper velger blant utvidet utvalg av brenselprodusenter.

3.4.2 IAEAs rolle, samt kriterier for deltakelse og bruk av garantien.

Forsyningsgarantien kan enten være under beskyttelse av IAEA slik at Generaldirektøren har fullmakt til å utløse den, eller under beskyttelse av en eller flere medlemsstater som, på

grunnlag av Generaldirektørens anbefaling om bistand/ikke bistand, bestemmer utløsning av garantien. I sistnevnte tilfelle vil IAEAs rolle bli redusert til å være bindeledd mellom partene.

Kriteriene for deltakelse bør være samme for alle medlemsstater og uavhengig av fremtidige valg vedrørende brenselsyklusen. Kriterier for utløsning av mekanismen bør fastsettes av IAEAs Styre, men kan etter IAEAs vurdering blant annet innholde følgende:

- Forsyningsbruddet skyldes politisk årsaker¹³
- Safeguards-avtale som dekker det aktuelle materialet
- Ingen utestående spørsmål vedrørende oppfyllelse av sine safeguardsforpliktelser
- Andre kriterier fastsatt av IAEAs Styre slik som tilleggsprotokollen, kjernefysisk sikkerhets- og trygghetsforpliktelser.

3.4.3 Internasjonale anrikingsentre

Hva angår Russlands og Tysklands forslag om henholdsvis å konvertere et eksisterende anlegg (Angarsk) til multinasjonalt eierskap eller bygge et nytt IAEA-kontrollert anlegg, er IAEAs holdning at dette kan bidra til medlemslandenes forsyningssikkerhet. Det vil være spesielt verdifullt hvis sentrene tilgodesetter materiale eller produksjonskapasitet til backup-garantien (nivå 2) eller uranreserven (nivå 3) og dessuten involverer IAEA på basis av juridisk bindende avtaler.

¹³ Med politiske årsaker menes årsaker som verken er relatert til økonomiske eller tekniske forhold.

4 Oppsummering og konklusjon

Klimautfordringene i kombinasjon med prognoser om økt etterspørsel etter elektrisitet medfører at flere land bygger eller planlegger å bygge nye kjernekraftverk. Dette fører til økt etterspørsel etter omkringliggende tjenester og virksomhet som uranutvinning, produksjon av reaktorbrensel og avfallhåndtering.

Uran brukes som brensel i atomreaktorer og det gjennomgår en rekke trinn både før og etter at det bestråles i reaktoren. Uranets vei fra vugge til grav går gjennom utvinning, konvertering, anrikning, brenselframstilling, bestråling, lagring samt eventuelt sluttforvaring og omtales som en brenselssyklus. Uran kan imidlertid også brukes for å tilvirke atomvåpen og i alle trinn i brenselssyklusen finnes det en risiko at uran havner på avveier. Risikoen er forskjellig i de ulike trinnene i brenselssyklusen men anriking og gjenvinning betraktes som de mest sensitive delene.

Utvinning av uran, anrikning og produksjon av reaktorbrensel har tradisjonelt vært virksomheter som har foregått ved et mindre antall anlegg på verdensbasis. I dette ligger at markedsaktørene er få, for anrikning i realiteten begrenset til fire stykker. Samtidig er det vanskelig for nye aktører å etablere seg på grunn av politiske forhold og på grunn av vanskelig tilgang til teknologi. Rent geopolitisk er det også et paradoks at mye av verdens uranressurser finnes i fattige land mens anrikning og framstilling av brensel nesten utelukkende skjer i rike land.

Det har skjedd en globalisering de siste årene hvilket har medført at man har beveget seg fra en situasjon med aktører med kontroll over et gitt geografisk marked over til en situasjon med en håndfull virksomheter som konkurrerer på verdensmarkedet i tillegg til noen mindre nasjonale aktører. Til tross for at markedsaktørene liker å framstille dette som et godt fungerende marked, kan det være grunn til å tro at konkurransen ikke er veldig sterk.

Det er nå flere land som er interessert i å bygge brenselssyklusanlegg (anriking, gjenvinning etc.) hvilket er en utfordring for ikke-spredningsregimet. Dette gjøres av kommersielle årsaker, videreutvikling av nasjonale ressurser, forsyningssikkerhet, nasjonal prestisje, forventede teknologiske "spinn-offs" og andre forhold. Rent markedsmessig er det forståelig at nye aktører ønsker å etablere brenselssyklusanlegg, spesielt om man tar i betraktning at land og virksomheter som deltar i anrikning av uran og framstilling av reaktorbrensel ikke er de samme som sitter på uranressursene. Et eksempel på dette er verdens nest største produsent av uran, Australia, som har gitt uttrykk for at de ønsker å etablere anrikning av uran basert på egenutviklet laserteknologi. Dette er en teknologi som vil kunne gi vesentlig lavere produksjonskostnader enn dagens teknologi.

Så lenge landene ikke bryter ikke-spredningsforpliktelsene sine er det heller ingen formelle hinder for at slike anlegg etableres. En slik utvikling vil imidlertid være lite ønskelig fra et ikke-spredningssynspunkt, da man ønsker et lavt antall anlegg og at slike anlegg bør være lokalisert til land man har tillit til. Det er på denne bakgrunn at IAEA og dets generaldirektør Mohamed ElBaradei har tatt initiativ til å øke kontrollen av den kjernefysiske brenselssyklusen. Irans bygging av et nytt anrikingsanlegg og mulige atomvåpenambisjoner har sannsynligvis bidratt til å påskynde denne prosessen. IAEA's nedsatte i 2004 en uavhengig ekspertgruppe for å vurdere muligheter til multilateralisering av brenselssyklusen.

Multilateralisering innebærer delt eierskap og kontroll over de ulike delene av brenselssyklusen. Ekspertgruppen fremla en rapport i februar 2005 og under perioden 2005-2007 mottok IAEA en rekke forslag fra land, grupper av land og organisasjoner med forslag til hvordan man kan etablere multilaterale ordninger. Et kort sammendrag av forslagene følger nedenfor.

- **USA** ønsker å begrense spredningen av sensitiv teknologi. Man har annonsert at man skal utblande 17 tonn HEU til LEU som skal brukes til å gi økt forsyningssikkerhet til land som avstår fra å utvikle anriking og gjenvinning. Man skal også legge ned store ressurser i å utvikle kjernefysisk teknologi som minsker risikoen for spredning. Land med denne teknologien skal forsyne andre land med kjernebrensel under internasjonale forsyningsordninger, slik at de ikke har motiver for å utvikle sensitiv teknologi.
- **World Nuclear Association** foreslår å styrke markedsmekanismene. Forslaget inneholder tre nivåer for gi økt forsyningssikkerhet av anrikingstjenester. De tre nivåene er 1) markedet som det fungerer i dag, 2) felles garantier fra anrikingselskaper med støtte fra regjeringer og IAEA og 3) uranreserve.
- **Frankrike, Tyskland, Nederland, Russland, Storbritannia og USA** foreslår å etablere forsyningsgarantier når ikke de vanlige markedsmekanismene fungerer. Man vil dels utvikle statlige garantier som skal gi kjøpere leveranse fra en annen leverandør og dels etablere en fysisk eller virtuell uranreserve.
- **Japan** ønsker å etablere et informasjonssystem som skal forhindre at brudd i leveranse av kjernefysisk material oppstår. Man foreslår å etablere en database, administrert av IAEA, over ledig produksjonskapasitet for alle delene av brenselssyklusen.
- **Nuclear Threat Initiative** ønsker å etablere en uranreserve eies og kontrolleres av IAEA. Man har tilbudt IAEA \$50 millioner til dette formål. Tilbudet gjelder på to vilkår: at IAEA godkjenner etableringen av en slik uranreserve og at en eller flere medlemsland bidrar med ytterligere \$100 millioner for å etablere en bank før september 2009. I slutten av 2008 hadde man fått inn \$97 millioner, hvor USA har bidratt med \$50 millioner, EU med \$32 millioner, De forente arabiske emirater med \$10 millioner og Norge med \$5 millioner.
- **Storbritannia** ønsker å etablere forsyningsgarantier når de vanlige markedsmekanismene ikke fungerer. Man foreslår en ordning der stater med anrikingselskaper skal garantere at man ikke hindrer dem fra å tilby anrikingstjenester og at man på forhånd tillater eksport av anriket materiale ved brudd på de vanlige markedsmekanismene. Tyskland og Nederland samarbeider med Storbritannia for å utvikle dette forslaget.
- **Russland** har annonsert at man vil omvandle anrikingsanlegget i Angarsk til et internasjonalt anlegg. Dette skal gi garantert adgang til anrikingstjenester for land som deltar i. I mai 2007 var Kasakhstan det første land som undertegnet avtale med Russland for å delta. Russland vil også etablere en uranreserve under IAEAs kontroll som skal gi forsyningsgarantier til IAEAs medlemsland.
- **Tyskland** har foreslått etablering av et internasjonalt anrikingscenter på internasjonalt territorium. Senteret skal eies og drives av IAEA på markedsmessige betingelser.
- **Østerrike** foreslår økt åpenhet rundt kjernefysisk virksomhet som går seg lengre enn IAEAs safeguards. Man vil også legge all handel med kjernefysisk materiale under en

”brenselsbank” for å gi alle like rettigheter og kontroll til alle brenselssyklus-tjenester, spesielt anriking og reprosessering.

Felles for de fleste av forslagene er at de er tilsiktet å styrke ikkespredningsregimet samtidig som retten til fredelig bruk av kjerneenergi er opprettholdt. Noen fokuserer på å styrke eksisterende markedsmekanismer, andre på å etablere internasjonale garantier, noen fokuserer på konvertering av eksisterende anlegg til multilaterale anlegg, andre på bygging av nye multilaterale brenselssyklusanlegg. De fleste forslagene er i første rekke rettet mot anriking, ettersom denne teknologien ansees som mest spredningsfarlig. Andre deler av brenselssyklusen må imidlertid kunne innlemmes i ordningene på et eller annet tidspunkt.

Forslagene ble sammenstilt i en rapport som ble forelagt IAEAs styre i juni 2007. Der foreslår man forsyningsgarantier som dekker lavanriket uran og brenselproduksjon. For hvert av disse to områder skal det finnes et sikkerhetsnett med tre nivåer. Det første nivået er at markedet fungerer som det gjør i dag. I tilfelle av at markedsmekanismene ikke fungerer vil kjøperen få kjøpt uran eller brensel fra andre selskaper og myndighetene skal på forhånd ha forpliktet seg til ikke å hindre leveranse (nivå 2). Hvis ikke dette heller leder til at kjøperen får leveransen kan han vende seg til IAEA som har en brenselsbank med lavanriket uran (nivå 3).

Medio 2008 er det fremdeles mange uavklarte spørsmål vedrørende garantiene og uranreservene som fremkom i IAEAs forløpige konsept. IAEA jobber videre med prosedyrene for implementering, kriterier og modellavtaler, i tillegg til å utforske mulighetene for internasjonale uranreserver og anrikingssentre i samarbeid med interesserte medlemsstater. Samtidig jobber forslagsstillerne videre med å bearbeide sine forslag. En rekke medlemsstater er fremdeles skeptiske selv om kunnskapsnivået om markedet, forsyningsgarantier og uranreserver nok er stigende. Multilateralisering vil bli tema på en rekke møter og konferanser fremover.

Multilateralisering av brenselssyklusen vil høyst sannsynligvis øke tryggheten for at nukleært materiale og teknologi utelukkende benyttes til fredelige formål. Samtidig er det en rimelig antagelse at et slikt regime vil styrke leveringssikkerheten av nukleært materiale for de land som ikke selv har fullt utviklet brenselssyklus. Dette gjelder spesielt for land som har utrykt intensjoner og planer om kjernekraft. Av landene som i dag har kjernekraft, vil de aller flest uten problemer få dekket sine behov i markedet på regulær måte og som medlem i eksisterende regimene for eksportkontroll.

5 Referanser

- (1) World Uranium Mining, Nuclear Issues Briefing, World nuclear Association, <http://www.world-nuclear.org/info/inf23.html>
- (2) Russian-U.S. agreement concerning the disposition of highly enriched uranium extracted from nuclear weapons, 18. februar 1993, www.armscontrol.ru/start/docs/heu93t.htm
- (3) Material for 11,000 Nuclear Warheads Eliminated by U.S.-Russian Program, USEC 2006, <http://www.usec.com/NewsRoom/NewsReleases/USECInc/2006/2006-06-28-Material-For-11000-Nuclear.htm>
- (4) Uranium 2005 – Resources, Production and Demand, OECD-NEA 2006
- (5) Global Fissile Material Report 2008, The International Panel on Fissile Materials, http://www.fissilematerials.org/ipfm/site_down/gfmr08.pdf
- (6) The UX Consulting Company, LLC, www.uxc.com
- (7) Iraq`s nuclear hide-and-seek, The Bulletin of the Atomic Scientists, David Albright and Mark Hibbs, 47:7, 1991
- (8) World Nuclear Association, Uranium Enrichment, juni 2006, <http://www.world-nuclear.org/info/inf28.htm>
- (9) Howard Pushes for Uranium Enrichment, 16. juni 2006, World Press, www.worldpress.org/Asia/2383.cfm
- (10) [Nuclear Energy Policy and Strategy for the Republic of South Africa: Draft for Public Comment](http://www.dme.gov.za/pdfs/energy/nuclear/nuclear_energy_policy.pdf)
http://www.dme.gov.za/pdfs/energy/nuclear/nuclear_energy_policy.pdf
- (11) Nuclear Power Broker, E. Sokova and C. H. Chuen, Bulletin of the Atomic Scientists, September-October 2007
- (12) Production and Disposition of Fissile Materials, The International Panel on Fissile Materials, http://www.fissilematerials.org/ipfm/pages_us_en/fissile/production/production.php
- (13) Allan Crass et al., Uranium Enrichment and Nuclear Weapon Proliferation, Taylor Francis Ltd, London, 1983
- (14) Boureston, J. & Ferguson, C. D.: Laser Enrichment: Separation Anxiety, Bulletin of Atomic Scientists, March April 2005
- (15) Nuclear Technology Review 2008, IAEA 2008, http://www.iaea.org/About/Policy/GC/GC52/GC52InfDocuments/English/gc52inf-3_en.pdf
- (16) Nuclear Power in the World Today, World Nuclear Association, juni 2007, <http://www.world-nuclear.org/info/inf01.html>

- (17) Survey of Energy Resources 2007, World Energy Council 2007, www.worldenergy.org/publications/survey_of_energy_resources_2007/nuclear/682.asp
- (18) Status and trends in spent fuel reprocessing., IAEA TECDOC-1467, http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_1467_web.pdf
- (19) Regional Nuclear Fuel Cycle Centres, Report of the IAEA Study Project (Vols I and II), IAEA (1977)
- (20) International Fuel Cycle Evaluation, Summary Volume (INFCE/PC/2/9), IAEA, Wien 1980
- (21) Expert Group on International Plutonium Storage – Report to the Director General, IAEA-IPS/EG/140(Rev. 2), IAEA, Wien 1982
- (22) IAEA Committee on Assurances of Supply, CAS/INF/4, IAEA, Wien 1985
- (23) Conference for the Promotion of International Cooperation on the Peaceful Uses of Nuclear Energy, 1987
- (24) ElBaradei M. Towards a safer world, Op-Ed I Economist, 16. oktober 2003
- (25) Multilateral Approaches to the Nuclear Fuel Cycle: Expert Group Report submitted to the Director General of the International Atomic Energy Agency, 22 February 2005. IAEA-dokument INFCIRC/640 www.iaea.org/Publications/Documents/Infcircs/2005/infcirc640.pdf
- (26) 50th IAEA General Conference Special Event: New Framework for the Utilization of Nuclear Energy in the 21st Century: Assurances of Supply and Non-Proliferation. 19-21 September, Vienna, Austria <http://www-pub.iaea.org/mtcd/meetings/Announcements.asp?ConfID=147>
- (27) President Bush, tale ved National Defense University 11 Februar 2004 www.whitehouse.gov/news/releases/2004/02/20040211-4.html
- (28) Communication dated 28 September 2005 from the Permanent Mission of the United States to the Agency. IAEA-dokument INFCIRC/659 www.iaea.org/Publications/Documents/Infcircs/2005/infcirc659.pdf
- (29) Global Nuclear Energy Partnership Statement of Principles, September 2007. http://www.gneppartnership.org/docs/GNEP_SOP.pdf
- (30) Statement Announcing a Series of Policy Initiatives on Nuclear Energy, 8. oktober 1981, President Reagan, www.reagan.utexas.edu/archives/speeches/1981/100881b.htm
- (31) Statement on Decisions Reached Following a Review, President Carter, 7. april 1977, www.nci.org/new/pu-repro/carter77a/index.htm
- (32) Von Hippel, F.N.: Managing Spent Fuel in the United States: The Illogic of Reprocessing, Research Report No. 3, International Panel on Fissile Materials www.fissilematerials.org/ipfm/site_down/rr03.pdf
- (33) Ensuring Security of Supply in the International Nuclear Fuel Cycle, World Nuclear Association, 12 may 2006, www.world-nuclear.org/reference/pdf/security.pdf

- (34) Concept for a Multilateral Mechanism for Reliable Access to Nuclear Fuel”, IAEA-dokument GOV/INF/2006/10, 1 juni 2006 www-pub.iaea.org/mtcd/meetings/PDFplus/2006/cn147_ConceptRA_NF.pdf
- (35) Japan’s proposal: IAEA Standby Arrangements System for the Assurance of Nuclear Fuel Supply”, IAEA-dokument INFCIRC/683, 15 September 2006 <http://www.iaea.org/Publications/Documents/Infcircs/2006/infcirc683.pdf>
- (36) Presentasjon av NTIs viseformann Sam Nunn under IAEAs Generalkonferanse, 19. September 2006, http://www.nti.org/c_press/speech_Nunn_IAEAFuelBank_FINALlogo.pdf
- (37) Communication dated 30 May 2007 from the Permanent Mission of the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland to the IAEA concerning Enrichment Bonds – A Voluntary Scheme for Reliable Access to Nuclear Fuel. IAEA-dokument INFCIRC/707 <http://www.iaea.org/Publications/Documents/Infcircs/2007/infcirc707.pdf>
- (38) Communication received from the Resident Representative of the Russian Federation to the IAEA on the Establishment, Structure and Operation of the International Uranium Enrichment Centre, 8. juni 2007. IAEA-dokument INFCIRC/708.. <http://www.iaea.org/Publications/Documents/Infcircs/2007/infcirc708.pdf>
- (39) President Putin, tale på toppmøtet til Council of the Eurasian Economic Union 25. januar 2006.
- (40) Russia: Angarsk Electrolytic Chemical Combine (AEKhK), Nuclear Threat Initiative 2001, <http://www.nti.org/db/nisprofs/russia/fissmat/enrichme/angarsk.htm>
- (41) Presentasjon av Rosatom-delegasjon ved møte med IAEA, 17. november 2006.
- (42) Communication received from the Resident Representative of Germany to the IAEA with regard to the German proposal on the Multilateralization of the Nuclear Fuel Cycle, 4 mai 2007 IAEA-dokument INFCIRC/704. <http://www.iaea.org/Publications/Documents/Infcircs/2007/infcirc704.pdf>
- (43) Communication received from the Federal Minister of European and International Affairs of Austria with regard to the Austrian proposal on the Multilateralization of the Nuclear Fuel Cycle, 31 mai 2007. IAEA-dokument INFCIRC/706 <http://www.iaea.org/Publications/Documents/Infcircs/2007/infcirc706.pdf>
- (44) Possible New Framework for the Utilization of Nuclear Energy: Options for Assurance of Supply of Nuclear Fuel, 13 juni 2007. IAEA-dokument GOV/INF/2007/11
- (45) Ikke-spredningsavtalen, <http://www.iaea.org/Publications/Documents/Infcircs/Others/infcirc140.pdf>
- (46) Model protocol additional to the agreement(s) between State(s) and the International Atomic Energy Agency for the application of safeguards IAEA-dokument INFCIRC/540 (Corrected) (1997) <http://www.iaea.org/Publications/Documents/Infcircs/1997/infcirc540c.pdf>
- (47) The Agency’s safeguards. IAEA-dokument INFCIRC/26 (1961) <http://www.iaea.org/Publications/Documents/Infcircs/Others/infcirc26.pdf>

- (48) The Agency's Safeguards System (1965, as Provisionally Extended in 1966 and 1968) IAEA-dokument INFCIRC/66/Rev.2
<http://www.iaea.org/Publications/Documents/Infcircs/Others/infcirc66r2.pdf>
- (49) The structure and content of agreements between the Agency and States required in connection with the treaty on the non-proliferation of nuclear weapons. IAEA-dokument INFCIRC/153 (1972)
<http://www.iaea.org/Publications/Documents/Infcircs/Others/infcirc153.pdf>
- (50) Voluntary Offer Agreements with NPT Declared Nuclear Weapon States. IAEA-dokument INFCIRC/263
<http://www.iaea.org/Publications/Documents/Infcircs/Others/infcirc263.pdf>
- (51) Zanggerkomiteen, www.zanggercommittee.org
- (52) Nuclear Suppliers Group, www.nsg-online.org
- (53) Proliferation Security Initiative,
<http://www.proliferationsecurity.info/introduction.html>
- (54) Guidance for the evaluation of innovative nuclear reactors and fuel cycles, IAEA-TECDOC-1362, juni 2003, www.iaea.org/INPRO
- (55) Strengthening the Agency's activities related to nuclear science, technology and applications. Resolution adopted on 22 September 2000 at the tenth plenary meeting. IAEA-dokument GC(44)/RES/21
<http://www.iaea.org/About/Policy/GC/GC44/Resolutions/gc44res21.pdf>
- (56) A Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy Systems, GIF-002-00, desember 2002, gif.inel.gov/roadmap/pdfs/gen_iv_roadmap.pdf

6 Forkortelser

CANDU	CANada Deuterium Uranium
CNS	Centre for Non-Proliferation Studies
CNS	Convention on Nuclear Safety (Kjernesikkerhetskonsensjonen)
CPPNM	Convention on the Physical Protection of Nuclear Material (Konvensjonen om fysisk sikring av kjernefysisk materiale)
DOE	Department of Energy
FMCT	Fissile Material Cutoff Treaty (Avtalen om produksjonsstans av kjernefysisk våpenmateriale)
GIF	Generation IV International Forum
GNEP	Global Nuclear Energy Partnership
HEU	High-enriched Uranium (Høyenriktet uran)
IAEA	International Atomic Energy Agency (Det internasjonale atomenergibyrådet)
INPRO	International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles
LEU	Low enriched uranium (Lavenriktet uran)
MOX	Mixed OXide. Brenselstype.
MW	Megawatt
NAM	Non-Aligned Movement (Den alliansefrie bevegelse)
NEA	Nuclear Energy Agency
NGO	Non-Governmental Organization
NNWS	Non-Nuclear Weapon State
NPT	Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons (Avtalen om ikkespredning av kjernefysiske våpen)
NSG	Nuclear Suppliers Group
NTI	Nuclear Threat Initiative
NWS	Nuclear Weapon State
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development

PSI	Proliferation Security Initiative
PUREX	Plutonium and URanium EXtraction
RBMK	Russisk reaktortype
SWU	Separative Work Unit
VVER	Russisk reaktortype
WNA	World Nuclear Association

7 Ikke-sprednings- og eksportkontrollregimene mot spredning av kjernefysiske våpen

I dette kapittelet gjennomgås i korthet noen av de mest sentrale avtalene, organisasjonene og initiativene i det kjernefysiske ikkespredningsregimet¹⁴.

7.1 Avtalen om ikkespredning av kjernevåpen

Ikkespredningsavtalen (Nuclear Non-Proliferation Treaty - NPT) er en internasjonal avtale om å hindre spredningen av atomvåpen i verdenen (45). Avtalen ble undertegnet i 1968 og omtales gjerne som ”grunnsteinen” i ikkespredningsregimet. I dag har 189 stater undertegnet NPT-avtalen, inklusive de fem atomvåpenstatene¹⁵. Kun fire stater har ikke har undertegnet avtalen India, Pakistan, Israel og Nord-Korea og tre av disse har gjennomført prøvesprengninger. Nord-Korea undertegnet avtalen i 1985 men trakk seg i 2003.

NPT-avtalen har tre ”pilarer”: ikkespredning, retten til fredelig bruk og nedrustning. Atomvåpenstatene forplikter seg til på ingen måte å spre atomvåpen til øvrige parter i avtalen (”ikke-atomvåpenstatene”), som på sin side forplikter seg til på ingen måte å skaffe seg det. Partene i avtalen har også en umistelig rett til fredelig utnyttelse av kjerneenergi. Alle kjernefysiske aktiviteter i ikke-atomvåpenstatene skal dertil overvåkes av IAEA. I avtalen står også at parter skal arbeide for å stanse atomvåpenkappløp, ruste ned og i god vilje forhandle frem en avtale om total kjernefysisk nedrustning under internasjonal kontroll.

7.2 Safeguards - IAEAs kontroll med kjernefysiske programmer

I IAEAs statutter slås det fast at man skal promotere teknologioverføring, sikkerhet og kontroll (”safeguards”) med medlemsstatenes fredelige kjernefysiske programmer. De første safeguardsavtalene dekket kun utvalgte anlegg mens dagens avtaler dekker alle fredelige kjernefysiske aktiviteter i ikkekjernevåpenstatene under NPT.

Kjernevåpenstatene har på sin side ikke tilsvarende forpliktelse men har i stedet inngått frivillige safeguardsavtaler for noen utvalgte anlegg. India, Israel og Pakistan, som ikke har undertegnet NPT, har ikke heldekkende safeguards, men har beholdt sine gamle anleggsspesifikke avtaler fra tiden før NPT trådte i kraft.

Safeguardsregimet ble styrket i 1997 gjennom utarbeidelsen av en såkalt tilleggsprotokoll til safeguardsavtalene (46) Dette gir IAEA mer informasjon om og anledning til å verifisere *hele* medlemslandenes brenselcyklus (fra uranmalmutvinning

¹⁴ Ikkesprednings- og eksportkontrollregimene mot spredning av kjemiske, biologiske og konvensjonelle våpen vil ikke bli omtalt i denne rapporten.

¹⁵ Anerkjente atomvåpenstatene under NPT er de statene som hadde prøvesprengt en kjernefysisk ladning før 1. januar 1967: USA (1946), Sovjetunionen/Russland (1949), Storbritannia (1952), Frankrike (1960) og Kina 1964).

til endelig deponering av avfall); eksport- og import av kjernefysisk materiale og relatert utstyr og FoU-aktiviteter innen kjernefysikk. Tilleggsprotokollen gir også IAEA tilgang til alle bygninger på et deklart område, samt til å ta miljøprøver utenfor deklarte områder ettersom det er behov for det. En oversikt over utviklingen av safeguardsregimet, vises i Tabell 1.

Safeguardsinspeksjonene består i hovedsak i å kontrollere operatørens uraninnhold, gjennom målinger og kontroll av dokumentasjon. Siktemålet er å verifisere at ingen signifikant mengde¹⁶ med spaltbart materiale eller råmateriale kommer på avveie fra deklarte områder i medlemsstatene og misbrukes til atomvåpen. Materialet som kontrolleres er uran (både anriktet, naturlig og utarmet), plutonium og thorium. Ved inspeksjonene kontrolleres også at deklarte anlegg faktisk tjener de formål som er oppgitt.

Safeguards er innrettet mot å hindre avledning og misbruk av sensitivt utstyr, materiale og teknologi i medlemsstatene. Å hindre eller begrense at flere stater skaffer seg sensitivt utstyr, materiale og teknologi er ikke IAEA's oppgave per se. Safeguards kan riktignok potensielt forhindre dette *indirekte* gjennom at en stat eller virksomhet som har til hensikt å importere og misbruke sensitivt utstyr i skjul av en lovlig aktivitet risikerer å bli oppdaget av IAEA. På samme måte kan det tenkes at en leverandør vil avstå fra å eksportere sensitivt materiale eller utstyr til et land eller virksomhet med tvilsomme hensikter. I begge tilfeller vil utfallet trolig avhenge av om gevinsten overstiger konsekvensene av brudd mot normene i ikkespredningsregimet.

Troverdigheten i safeguardsregimet avhenger av sjansen for å oppdage og dermed avskrekke skjulte aktiviteter. Likevel er det over hundre stater som fremdeles ikke har sluttet seg til tilleggsprotokollen, deriblant flere titalls med betydelige aktiviteter innenfor kjernekraftsektoren. Mange av IAEA's medlemsland, særlig de alliansefrie landene (NAM), motsetter seg tilleggsprotokollen fordi de mener det forskyver (u)balansen ytterligere i favør av atomvåpenstatene under NPT.

Tabell 2: Safeguards fra 1961 frem til i dag.

År	Avtale/ referanse	Omfang og implementering
1961 1964	INFCIRC/26-modellen (47)	Forskningsreaktorer opp til 100 MW, samt råmateriale og spaltbart materiale brukt og produsert i disse reaktorene. Den ble senere utvidet til også å dekke større kraftreaktorer som ble introdusert på det sivile markedet (INFCIRC/26/Add.1). Senere erstattet av INFCIRC/66-modellen.

¹⁶ Signifikant mengde materiale er den mengde spaltbart materiale som, konservativt estimert og med høyde for materialesvinn som nødvendigvis vil forekomme under produksjon av atomvåpen, vil måtte skaffes til veie for å kunne produsere et atomstridshode; 8 kg plutonium (mindre enn 80 % ²³⁸Pu), 25 kg ²³³U eller 25 kg ²³⁵U.

1965 1966 1968	INFCIRC/66-modellen (48)	<p>Forskningsreaktorer og kraftreaktorer. Ble senere utvidet til også å dekke gjenvinningsanlegg (INFCIRC/66/Rev.1), urankonverteringsanlegg og brenselproduksjonsanlegg (INFCIRC/66/Rev.2).</p> <p>Stater med safeguardsavtale: India, Israel og Pakistan</p>
1971	(INFCIRC/153rev (Heldekkende safeguards) (49)	<p>Alt råmateriale og spaltbart materiale brukt i alle typer fredelige kjernefysiske aktiviteter på en stats territorium, under dens jurisdiksjon eller kontroll.</p> <p>Stater med safeguardsavtale: Alle ikke-atomvåpenstater under NPT med unntak av et trettitalls stater.</p>
1978	INFCIRC/263, INFCIRC/288, INFCIRC/290, INFCIRC/327, INFCIRC/369 (Frivillige safeguardsavtaler) (50)	<p>Råmateriale og spaltbart materiale i utvalgte anlegg vil være tilgjengelig for safeguards ettersom IAEA ønsker det (dvs. har nytte av å trene på det). Anleggene er angitt i en såkalt 'Facilities List' som oppdateres jevnlig. Materialet kan imidlertid unndras disse listene hvis "nasjonale sikkerhetshensyn" krever det – og eventuelt tilbakeføres. Medlemslandet skal underrette IAEA på forhånd.</p> <p>Stater med safeguardsavtale: hhv. Storbritannia/Euratom, USA, Frankrike/Euratom, Sovjetunionen/Russland og Kina</p>
1997	INFCIRC/540 (Tilleggsprotokollen) (46)	<p>Bygger på INFCIRC/153rev. Medlemsstatene rapporterer mer informasjon om de enkelte anlegg i brenselcyklusen i tillegg til ny informasjon om blant annet FoU-aktiviteter, andre relevante anlegg, uranmalmutvinning, råmateriale, avfall inneholdende spaltbart materiale, eksport- og import av kjernefysisk materiale og relatert utstyr, planlagte brenselcyklus-aktiviteter osv. IAEA kan få utvidet tilgang ('Complementary access') til alle bygninger på et deklart område, samt til å ta miljøprøver utenfor deklarte områder ettersom det er behov for det. Det kan også ta i bruk luftmålinger ('Wide area monitoring')</p> <p>Stater med safeguardsavtale: 80</p>
2000	Integrated safeguards	<p>Bygger på INFCIRC/540. Integrated safeguards er ikke en avtale men en tilnærming som tilsier at</p>

		ressursene skal settes inn der de trengs. I stater hvor IAEA har verifisert rapporterte mengder råmateriale og spaltbart materiale stemmer, brukes ressursene i stedet på ”Complementary access” – anlegg utenfor deklarererte områder. Inspeksjonsfrekvensen varierer fra land til land avhengig blant annet av brenselsyklusen og hvor lett IAEAs inspektører kommer til. Stater med integrated safeguards (2007): 20
--	--	--

7.3 Eksportkontroll og eksportkontrollssamarbeid

En svakhet i safeguardsregimet er at den kun innebærer kontroll av kjernefysisk materiale men ikke eksplisitt hindrer spredning til flere land. For å hindre at kjernefysisk teknologi, materiale og annen sensitivt utstyr eksporteres til land som kan misbruke det til atomvåpen har det blitt etablert et internasjonalt samarbeid for eksportkontroll. Det finnes flere internasjonale eksportkontrollregimene, mest relevant når det gjelder nukleært utstyr er Zangger-komiteen og Nuclear Suppliers Group (NSG) hvor av sistnevnte er den viktigste og har flest medlemmer.

Zangger-komiteen (51), som ble etablert i 1971 for å hindre eksport av nukleært materiale og teknikk som kan brukes til atomvåpen, har 36 medlemsland. Man etablerte en liste med utstyr som skulle omfattes av eksportrestriksjoner. India demonstrerte at varer som var eksportert til sivile formål kunne inngå i et kjernevåpenprogram da man gjennomførte sin første prøvesprengning i 1974. Dette ledet til at en annen eksportkontrollregime, Nuclear Suppliers Group (52) ble opprettet i 1976, og har i dag 45 medlemsland. NSG første kontrolliste inneholdt derfor, i tillegg til spaltbart materiale, råmateriale og utstyr spesielt designet for tilvirkning av slikt materiale (Zangger-komiteens kontrolliste), også teknologi og komponenter som kunne brukes til å bygge dette utstyret. I 1992, etter avsløringen av Iraks hemmelige atomvåpenprogram, vedtok NSG en ny liste over flerbruksvarer som krevde eksportkontroll. I forhold til eksport av anrikings- og gjenvinningsteknologi er NSGs retningslinje at leverandører skal vise avholdenhet og i stedet oppmuntre til bilaterale eller multilaterale ordninger, for eksempel multinasjonale, regionale brenselsyklussentre. Det eksisterer ikke noe forbud mot eksport men USA prøvde å etablere en slik forbudslinje i 2004, noe som fikk begrenset støtte av andre NSG-medlemmer. I praksis har retningslinjen likevel betydd at NSG-medlemmer ikke eksporterer anrikings- eller gjenvinningsteknologi. Et unntak er Japan som er den eneste stat som så langt har mottatt slik teknologi.

Eksportkontrollssamarbeidet NSG utgjør altså en viktig skanse mot spredning av sensitiv teknologi, materiale og utstyr. Generelt er det imidlertid store utfordringer forbundet med dette arbeidet:

1. I en globalisert økonomi og industriproduksjon, økende handel med varer og tjenester og ikke minst lynrask teknologisk utvikling, er det krevende for NSG-landene å holde

tritt, det vil si holde oversikt over mistenkelige virksomheter og aktører, samt oppdatere kontrollistene.

2. Oppdatering av kontrollistene krever konsensus blant medlemsstater som ikke nødvendigvis deler de samme strategiske prioriteringene, eller har samme ressurser til å implementere vedtakene. Flere medlemmer har gjort etablering av konsensus mer krevende.
3. NSG har ikke tidsfrist for rapportering av eksportnektelser, og noen medlemmer gjør det ikke i det hele tatt. Mangelfull rapportering av eksportnektelser fra noen land gjør at potensielle spredere får større handlingsrom til å ”shoppe rundt” og søke nye eksportlisenser i andre land etter å ha fått avslag. Årsaken til mangelfull rapportering kan også være at noen land bare uformelt avviser lisenssøknader og dermed ikke rapporterer videre slik de egentlig er forpliktet til.
4. NSGs retningslinjer er frivillige og dermed ikke juridisk bindende. Det finnes ingen mekanismer for å håndheve retningslinjene
5. En viktig del av NSGs arbeid de senere årene har vært konsultasjoner med ikke-medlemmer. Hensikten er å oppnå økt aksept for nødvendighet av eksportkontroll som et viktig internasjonalt instrument mot spredning av atomvåpen. Land som allerede besitter anrikings- og gjenvinningsteknologi, India og Pakistan er naturligvis veldig viktige i denne sammenhengen, men det gjenstår å se om de kan følge opp.

7.4 Andre resolusjoner, konvensjoner og initiativer

I inngangen på dette århundret har ikkespredningsregimet også blitt forsøkt omstilt mot nye trusler, særlig kjernefysisk terrorisme. Terroraksjonene 11. september 2001 og avsløringen av Kahn-nettverket demonstrerte klart at kjernefysisk terrorisme er en mulighet som ikke kan utelukkes og flere initiativer ble iverksatt.

Sikkerhetsrådsresolusjon 1540 (28. april 2004) forbyr alle FNs medlemsstater å bistå ikke-statlige aktører i anskaffelse av masseødeleggelsesvåpen, samt å kriminalisere slik bistand. Den pålegger videre alle medlemsland å iverksette effektive tiltak for å hindre spredning av masseødeleggelsesvåpen, herunder nasjonal kontroll med relevant materiale og utstyr under bruk, transport og lagring, fysisk sikring, grensekontroll og politisamarbeid, eksportkontroll, samt å håndheve disse tiltakene.

Initiativet for spredningssikkerhet (Proliferation Security Initiative – PSI, mai 2003) (53) er innrettet mot å hindre transport av masseødeleggelsesvåpen og relatert utstyr til terroristgrupper eller stater som bistår terroristgrupper. Det innebærer styrket etterretnings- og politisamarbeid mellom medlemsstatene med sikte på å avskjære slike forsendelser enten det er til sjøs, til lands eller i luft. Omlang 90 stater hadde sluttet seg til PSI i 2008. Norge sluttet seg til samarbeidet i 2004 og har vært vertskap til en rekke øvelser.

Global initiative to combat nuclear terrorism (GICNT, 2006) er innrettet mot økt fokus, kapasitetsbygging og samarbeid for hindre og bekjempe kjernefysisk terrorisme i alle henseender. Det innebærer at medlemmene jobber for: 1) økt kontroll/sikring av nukleært og annet radioaktivt materiale, 2) økt sikring av anlegg, 3) økt bekjempelse av

smugling, 4) økt gjenvinningskapasitet, 5) økt bekjempelse av støttespillere for terrorister, 6) å påse tilstrekkelig lovhjemmel for å kunne straffe kjernefysisk terrorisme inkludert støttespillere, 7) økt beredskap, respons og etterforskningskapasitet i tilfelle terroranslag og 8) økt informasjonsutveksling men med hensyn på konfidensialitet. Et sekstitalstalls stater hadde sluttet seg til GICNT i 2008. Norge sluttet seg til samarbeidet i juni 2007.

Konvensjonen om fysisk sikring av kjernefysisk materiale (Convention of the Physical Protection of Nuclear Materials – CPPNM, 1980) ble oppdatert i 2005 til også å omfatte kjernefysisk materiale i bruk, under transport og på lager i medlemsstatene. Tidligere hadde konvensjonen kun omfattet materiale under internasjonal transport, så konvensjonstillegget var et betydelig fremskritt. Konvensjonen omfatter ikke militært kjernefysisk materiale. I tillegg til konvensjonen har IAEA utarbeidet en rekke mer konkrete retningslinjer (atferdskodekser) for fysisk sikring av kjernefysisk materiale og anlegg, men disse er ikke juridisk bindende.

7.5 Teknologisk utviklings samarbeid: mer spredningsrobust reaktorteknologi

Kjernekraftverk har lang levetid, typisk rundt 40 år men på flere hold i verdenen pågår diskusjon om man kan forlenge levetiden enda mer. Det nye finske kjernekraftverket Olkiluoto-3 har en planlagt drifttid på 60 år. Dette betyr at de teknologiske løsningene som man velger i dag, vil legge føringer for den internasjonale kontrollen langt frem i fremtiden. IAEAs Generaldirektør ElBaradei er ikke minst opptatt av dette (24).

Det finnes internasjonale forskningsprogrammene som søker å utvikle nye teknologiske løsninger som vil gjøre fremtidens brenselcyklusanlegg mer spredningsrobust. Avsnittet nedenfor vil derfor beskrive to av disse programmene litt nærmere. Disse programmene omhandler ikke bare spredningsrobusthet men også en rekke andre problemstillinger knyttet til fysisk sikring, sikkerhet, økonomi, miljø og avfallshåndtering.

7.5.1 International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles (INPRO)

INPRO (54) er et IAEA-prosjekt som startet i 2001 etter en resolusjon fra IAEAs generalkonferanse i 2000 (55). Hensikten er blant annet å utvikle kjerneenergi slik at den kan bidra til en bærekraftig utvikling. Prosjektet sikter til å etablere et diskusjonsforum for eksperter og politikere rundt planering og utvikling av fremtidens kjerneenergi (Innovative Nuclear Systems, INS), spesielt innrettet mot kjerneenergi i utviklingsland. I 2007 hadde INPRO 28 medlemmer¹⁷.

Prosjektet har en helhetlig syn og tar seg av alle deler av brenselssyklusen. Man tar seg ikke bare av teknologiske problemer men også saker rundt bærekraftig utvikling. Man har i dette sammenheng sett på syv områder: økonomi, sikkerhet, avfallshåndtering, miljø, spredningsrobusthet, fysisk sikring og infrastruktur. INPROs tidshorisont strekker seg over de kommende fem tiårene. I første fasen av prosjektet (2001-2006) har man utviklet en metodologi for å kunne bedømme INS.

¹⁷ Argentina, Armenia, Belgia, Brasil, Bulgaria, Canada, Chile, EU, Frankrike, Hviterussland, India, Indonesia, Japan, Kina, Marokko, Nederland, Pakistan, Russland, Slovakia, Spania, Sveits, Sør-Afrika, Sør-Korea, Tsjekkia, Tyskland, Tyrkia, Ukraina, USA.

INPRO omfatter alle typer anlegg og har så langt utviklet en rekke spesifikasjoner for vurdering av spredningsrobusthet for de enkelte anlegg. Disse er videre sortert i såkalt indre og ytre spesifikasjoner. De indre er tekniske designspesifikasjoner som gjør det vanskeligere å avlede materiale eller drive skjult produksjon. Eksempel på indre spesifikasjoner er materialeegenskaper, adgangsbegrensninger, reaktordesign som umuliggjør bestråling av udeklart materiale, designspesifikasjoner for anrikings- eller gjenvinningsanlegg som umuliggjør modifikasjon for ulovlig skjult produksjon samt designspesifikasjoner som underletter safeguards. Ytre spesifikasjoner er institusjonelle foranstaltninger som en hver stat kan gjøre for å hindre spredning, for eksempel etterlevelse av NPT, safeguards og eksportkontroll. Siktemålet er altså at teknisk design skal bidra til å underlette ikke-spredningsforpliktelser.

7.5.2 Generation IV International Forum (GIF)

GIF (56) er et internasjonalt forskningssamarbeid med elleve medlemmer¹⁸ som ble etablert i 2000. Målet er å identifisere fremtidens kjernekræftteknologi, såkalt fjerde generasjons kjernekræftverk. Navnet kommer av at man fra før har delt inn reaktortypene i generasjoner, der første generasjons reaktorer var de første reaktortypene som ble tatt i drift i 1950- og 1960-årene, andre generasjons reaktorer ble først tatt i drift under 1970-tallet og er fortsatt i drift i dag, tredje generasjons reaktorer togs i drift under 1990-tallet og har en rekke designmessige utbedringer, fremst innenfor sikkerhet og økonomi. Et antall tredje generasjons reaktorer har blitt tatt i drift, fremst i Øst-Asia. Det pågår utvikling av tredje generasjons reaktorer og disse reaktorer har blitt kalt generasjon III+. Det forventes at de reaktorer som bygges i de nærmeste tiårene kommer å tilhøre denne type.

GIF er et smalere og mer konkret prosjekt enn INPRO ettersom det fokuserer på kjernekræftverk.

GIF har utviklet et veikart som inneholder de krav som man ønsker at fremtidens kjernekræftverk skal oppfylle. Man har satt opp mål for fjerde generasjons reaktorer innenfor fire hovedområder: bærekraftighet, økonomi, sikkerhet og pålitelighet samt spredningsrobusthet og fysisk sikring. Siktemålet er å begynne å bygge disse innen 2030, når mange av dagens reaktorer når sin planlagte levetid. Så langt er seks ulike reaktortyper blitt valgt ut som kandidater til fremtidens reaktorer¹⁹.

¹⁸ Argentina, Brasil, Canada, Euratom, Frankrike, Japan, Storbritannia, Sveits, Sør-Afrika, Sør-Korea, og USA

¹⁹ Gasskjølt hurtigreaktor, blykjølt hurtigreaktor, smeltet salt reaktor, natriumkjølt reaktor, superkritisk vannkjølt reaktor og høytemperaturreaktor.



Institutt for energiteknikk

Institutt for energiteknikk

Pb. 40

NO-2027 Kjeller

Tlf 63 80 60 00

Telefax 63 81 63 56

www.ife.no