

Technical University of Denmark



## Kernekraft og nuklear sikkerhed 2004

Lauritzen, Bent; Majborn, Benny; Nonbøl, Erik; Ølgaard, Povl Lebeck

*Publication date:*  
2005

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Lauritzen, B., Majborn, B., Nonbøl, E., & Ølgaard, P. L. (2005). Kernekraft og nuklear sikkerhed 2004. (Denmark. Forskningscenter Risøe. Risøe-R; Nr. 1502(DA)).

## DTU Library

Technical Information Center of Denmark

---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

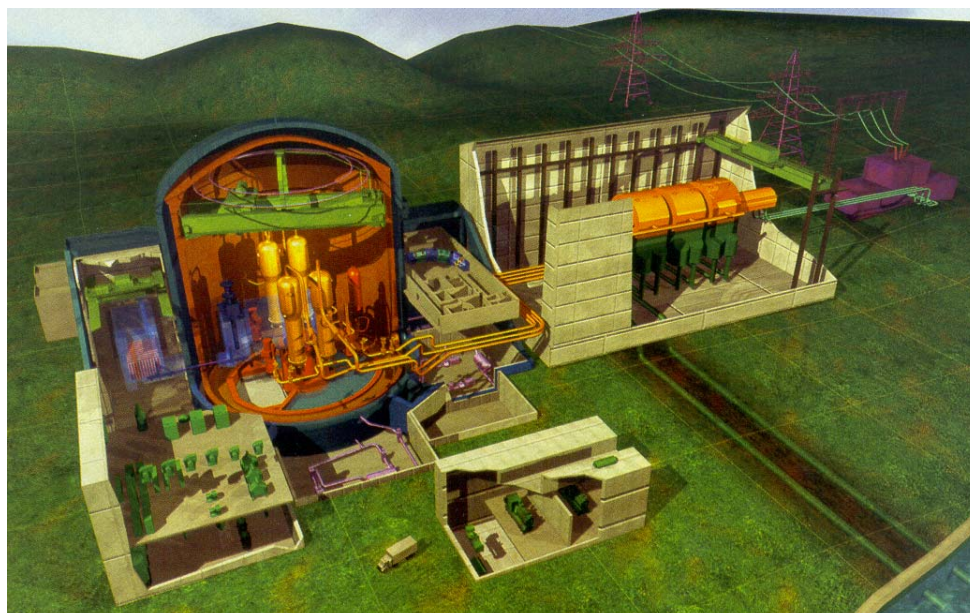
If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Risø-R-1502(DA)

# Kernekraft og nuklear sikkerhed 2004

Redigeret af

B. Lauritzen, B. Majborn, E. Nonbøl og P.L. Ølgaard



**Forfatter:** B. Lauritzen, B. Majborn, E. Nonbøl og P.L. Ølgaard  
**Titel:** Kernekraft og Nuklear sikkerhed 2004  
**Afdeling:** NUK

**Resume (max. 2000 char.):**

Rapporten er den anden rapport i en ny serie af årlige rapporter, der erstatter den tidligere serie, "International kernekraftstatus". Rapporten er udarbejdet af medarbejdere ved Forskningscenter Risø og Beredskabsstyrelsen og omhandler den internationale udvikling inden for kernekraft med særlig vægt på sikkerhedsmæssige forhold og nukleart beredskab. Rapporten for 2004 dækker følgende emner: Status for kernekraftens el-produktion, regionale tendenser, udvikling af reaktorer og beredskabssystemer, sikkerhedsrelaterede hændelser ved kernekraft samt internationale forhold og konflikter.

**Risø-R-1502(DA)**  
**Marts 2005**

**ISSN 0106-2840**  
**ISSN 1603-9408**  
**ISBN 87-550-3412-8**

**Kontrakt nr.:**

**Gruppens reg. nr.:**

PSP 10008-04

**Sponsorship:**

**Forside :**

En model af et EPR-anlæg, som det franske EdF har fået tilladelse til at opføre ved Flamanville.  
(Kilde: AREVA billedarkiv)

**Sider:** 37

**Tabeller:** 2

**Referencer:**

Forskningscenter Risø  
Afdelingen for Informationsservice  
Postboks 49  
DK-4000 Roskilde  
Danmark  
Telefon +45 46774004  
[bibl@risoe.dk](mailto:bibl@risoe.dk)  
Fax +45 46774013  
[www.risoe.dk](http://www.risoe.dk)

# Indhold

## **Forord** 4

## **1 International kernekraftstatus** 5

### 1.1 Kernekraftens el-produktion 5

### 1.2 Regionale tendenser 8

## **2 Udvikling af reaktorer og sikkerhed** 19

### 2.1 Reaktorudviklingen 19

### 2.2 Udvikling af beredskabssystemer 23

## **3 Nuklear sikkerhed** 26

### 3.1 Sikkerhedsrelaterede hændelser ved kernekraft 26

### 3.2 Internationale forhold og konflikter 27

## **APPENDIKS A: INES, den internationale skala for uheld på nukleare anlæg** 30

## **APPENDIKS B: Internationale organisationer** 32

## **APPENDIKS C: Anvendte forkortelser** 35

# Forord

”Kernekraft og nuklear sikkerhed 2004” er den anden rapport i en ny serie af årlige rapporter, der erstatter den tidligere serie, ”International kernekraftstatus”. Rapporten er udarbejdet i samarbejde mellem Forskningscenter Risø og Beredskabsstyrelsen og har til formål at informere myndigheder, medier og offentlighed om den internationale udvikling inden for kernekraft med særlig vægt på sikkerhedsmæssige forhold og nukleart beredskab.

I forhold til den tidligere rapportserie er den nye udgave mindre omfattende. Den detaljerede beskrivelse af reaktortyper er udgået og beskrivelsen af de enkelte landes aktiviteter er begrænset til at beskrive væsentlige nationale tendenser i årets løb. Det nukleare brændselskredsløb og håndtering af radioaktivt affald behandles ikke i rapporten, hvilket er en følge af, at ansvaret for dekommissionering af Risøs nukleare anlæg og behandling af radioaktivt affald i Danmark i 2003 er overgået til Dansk Dekommissionering. Derimod er et nyt afsnit om udviklingen af europæiske beredskabssystemer tilføjet. Rapporten for 2004 dækker dermed følgende emner: Status for kernekraftens el-produktion, regionale tendenser, udvikling af reaktorer og beredskabssystemer, sikkerhedsrelaterede hændelser ved kernekraft samt internationale forhold og konflikter.

Følgende medarbejdere fra Risø og Beredskabsstyrelsen (BRS) har bidraget til denne rapport med de afsnit, der er nævnt i parentes efter deres navn:

Dan Kampmann	BRS	(2.2 og 3.1)
Poul Erik Nystrup	BRS	(1.2)
Anders Damkjær	Risø	(3.2)
Bent Lauritzen	Risø	(1.1 og 1.2)
Benny Majborn	Risø	(1.2)
Erik Nonbøl	Risø	(1.1, 1.2 og 2.1)
Povl L. Ølgaard	Risø	(1.2)

# 1 International kernekraftstatus

## 1.1 Kernekraftens el-produktion

Verdens samlede installerede kernekraftkapacitet steg i 2004 fra 361 GWe ved årets begyndelse til 366 GWe ved starten af 2005. Den producerede energi fra kernekraft faldt fra ca. 2574 TWh i 2002 til 2524 TWh i 2003, et fald på ca. 2 %. I Figur 1.1 er udviklingen i den producerede energi fra kernekraft vist for perioden 1983 til 2003.

Faldet i produktionen på 2 % fra 2002 til 2003, trods en stigning i den installerede effekt i samme periode, skyldes japanske forhold. I 2002 afslørede de japanske nukleare myndigheder uregelmæssigheder med de udførte inspektioner på en række kernekraftværker. Dette førte til, at mere end 20 af Japans 54 kernekraftværker fik driften suspenderet i en længere periode, mens uregelmæssighederne blev undersøgt. Procedurerne ved inspektionerne blev strammet op, hvorefter de fleste af værkerne fik lov at starte igen.

I 2004 blev fem enheder lukket, Ignalina-1, en 1185 MWe RBMK, og fire Magnox-enheder i Storbritannien, Chapelcross A, B, C og D, hver på 50 MWe. Seks nye enheder blev koblet på nettet i 2004: Qinshan-2-2 i Kina, en PWR-enhed på 610 MWe, Hamaoka-5 i Japan, en 1325 MWe BWR, Khmel'nitski-2 og Rovno-4 i Ukraine, begge enheder af typen VVER på 950 MWe, Ulchin-6 i Sydkorea, en 960 MWe PWR-enhed samt Kalinin-3 i Rusland, en 950 MWe VVER-enhed. Endelig blev Bruce-3 i Canada, en CANDU enhed på 790 MWe, genstartet efter at have ligget stille siden 1998. Pr. 1/1 2005 var der verden over i alt 441 enheder i drift.

Letvandsreaktorerne dominerer billedet med hensyn til antal reaktorer i drift: Ud af de 441 reaktorer er der 271 trykvandsreaktorer og 90 kogendevandsreaktorer. Tungtvandsreaktorerne udgør 38 enheder, de gaskølede 23, den russiske RBMK 16 og hurtigreaktorerne 3 enheder.

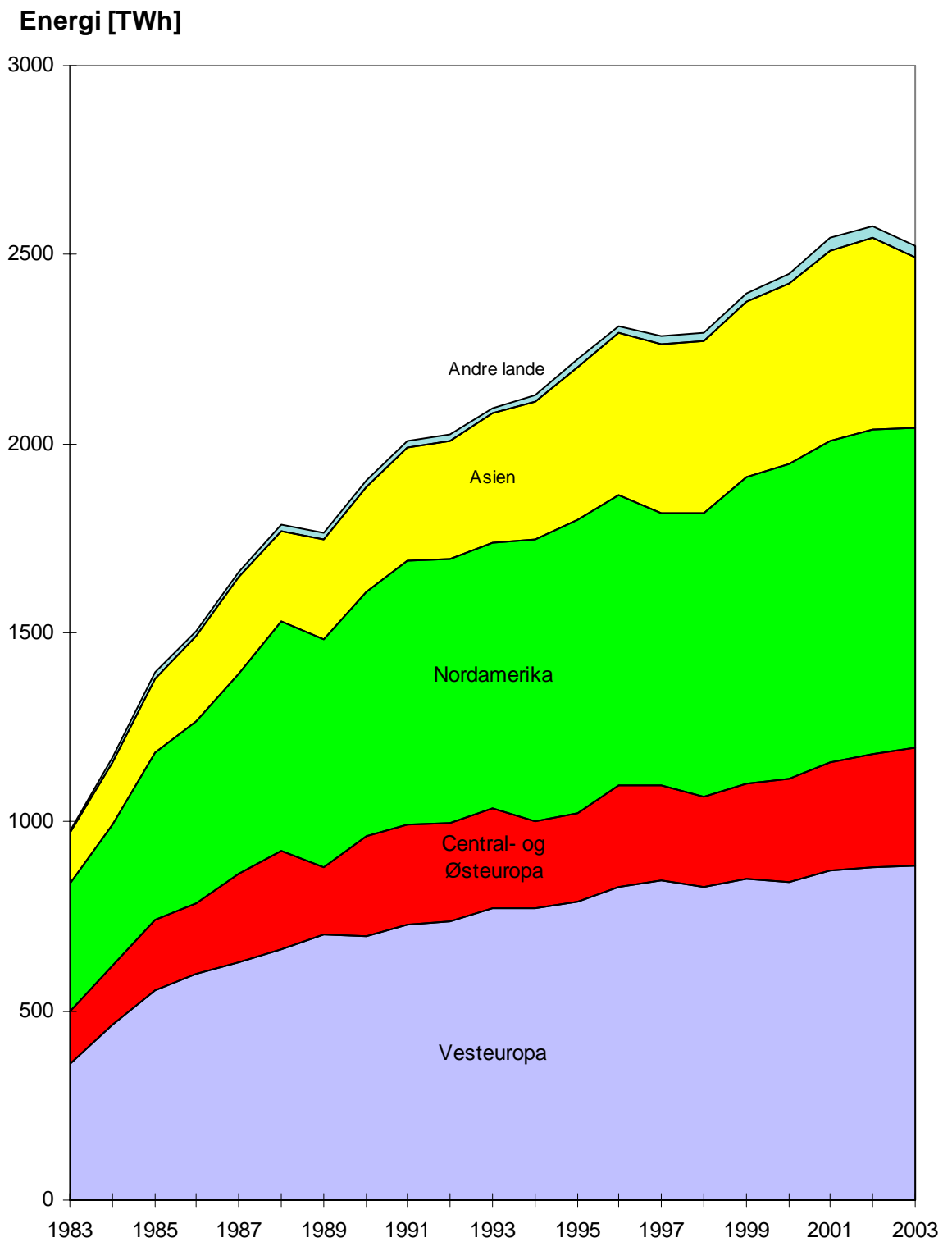
Tabel 1.1 viser den regionale fordeling af kernekraftenheder samt den installerede kernekrafteffekt, og i Tabel 1.2 er fordelingen på de enkelte lande vist. Den installerede effekt er beregnet pr. 1/1 2005. Endvidere er vist den producerede energi i 2003 fra kernekraft og kernekraftens procentvise andel af den totale el-produktion i de enkelte lande og regioner.

*Tabel 1.1. Antal kernekraftenheder, installeret effekt og produceret energi samt kernekraftens andel af el-produktionen i forskellige regioner i verden.*

	Antal enheder (1/1-2005)	Installeret effekt (GWe) (1/1-2005)	Produceret energi 2003 (TWh)	Andel af el- produktion 2003 (%)
Vesteuropa	137	125,0	884,4	30,2
Central- og Østeuropa	70	48,3	311,5	18,4
Nordamerika	123	111,8	844,5	18,8
Asien	105	76,6	450,6	10,0
Andre lande	6	4,6	33,0	-
<b>Globalt</b>	<b>441</b>	<b>366,3</b>	<b>2524</b>	<b>16,1</b>

Tabel 1.2. Antal kernekraftenheder, installeret effekt og produceret energi samt kernekraftens andel af el-produktionen i de enkelte lande.

	Antal enheder (1/1-2005)	Installeret effekt (GWe) (1/1-2005)	Produceret energi 2003 (TWh)	Andel af el- produktion 2003 (%)
<b>Vesteuropa</b>				
Belgien	7 PWR	5,8	44,6	55,4
Finland	2 BWR, 2 VVER	2,7	21,8	27,3
Frankrig	1 FBR, 58 PWR	63,3	420,7	77,7
Holland	1 PWR	0,5	3,8	4,5
Tyskland	6 BWR, 12 PWR	20,6	157,4	28,1
Schweiz	2 BWR, 3 PWR	3,2	25,9	39,7
Spanien	2 BWR, 7 PWR	7,6	59,4	23,6
Storbritannien	1 PWR, 8 GCR, 14 AGR	11,9	85,3	23,7
Sverige	8 BWR, 3 PWR	9,4	65,5	49,6
<b>Central- og Østeuropa</b>				
Armenien	1 VVER	0,4	1,8	35,5
Bulgarien	4 VVER	2,7	16,0	37,7
Litauen	1 RBMK	1,2	14,3	79,9
Rumænien	1 PHWR	0,7	4,5	9,3
Rusland	15 RBMK, 15 VVER, 1 FBR	21,8	138,4	16,5
Slovakiet	6 VVER	2,4	17,9	57,4
Slovenien	1 PWR	0,7	5,0	40,5
Tjekkiet	6 VVER	3,5	25,9	31,1
Ukraine	15 VVER	13,1	76,7	45,9
Ungarn	4 VVER	1,8	11,0	32,7
<b>Nordamerika</b>				
Canada	17 PHWR	12,1	70,3	12,5
Mexico	2 BWR	1,4	10,5	5,2
USA	69 PWR, 35 BWR	98,3	763,7	19,9
<b>Asien</b>				
Indien	2 BWR, 12 PHWR	2,6	16,4	3,3
Japan	23 PWR, 30 BWR, 1FBR	45,4	230,1	25,0
Kina	7 PWR, 2 PHWR	6,6	41,6	2,2
Pakistan	1 PWR, 1 PHWR	0,4	1,8	2,4
Sydkorea	16 PWR, 4 PHWR	16,7	123,3	40,0
Taiwan	6 PWR	4,9	37,4	21,5
<b>Andre lande</b>				
Argentina	2 PHWR	0,9	7,0	8,6
Brasilien	2 PWR	1,9	13,3	3,7
Sydafrika	2 PWR	1,8	12,7	6,1



*Figur 1.1. Udviklingen i den samlede producerede energi fra kernekraft inden for forskellige geografiske regioner.*



## 1.2 Regionale tendenser

### Vesteuropa

#### *Finland*

Det finske parlament gav i 2003 energiselskabet TVO tilladelse til at opføre landets femte kernekraftenhed, en EPR (European Pressurized Reactor) på 1600 MWe ved Olkiluoto. Enheden, Olkiluoto-3, vil blive anlagt i tilknytning til de to eksisterende BWR-enheder på stedet og bliver leveret som en nøglefærdig enhed af et konsortium bestående af franske Areva og tyske Siemens. TVO har i 2004 påbegyndt udgravningen til værket, og selve byggetilladelsen ventes at foreligge i begyndelse af 2005. Enheden, der vil have en design-levetid på mindst 60 år, påregnes at stå færdig i 2009, og den samlede pris på enheden vil blive ca. 3 mia. Euro.

Udgravningen er ligeledes påbegyndt til test-faciliteten Onkalo nær Olkiluoto, hvor undergrundens beskaffenhed undersøges med henblik på at anbringe et slutdeponi for brugt brændsel her. Affaldsselskabet Posiva regner med, at udgravningen af test-faciliteten vil være færdig i 2010, og hvis resultatet af undersøgelserne er positive, kan Finland blive det første land, der får et egentligt slutdeponi for højaktivt affald.

#### *Frankrig*

Som et led i liberaliseringen af energisektoren planlægger den franske regering en delvis privatisering af såvel el-selskabet EdF, der er operatør af de franske kernekraftværker, som det nukleare energiselskab Areva, der er moderselskab for bl.a. Cogema og Framatome ANP. De to selskaber omdannes til aktieselskaber, og ca. 30-40 % af aktierne vil blive udbudt til private investorer. Med denne begrænsede privatisering vil den franske stat bibeholde kontrollen med de to selskaber, og dermed kontrollen med el-forsyningen og det nukleare brændselskredsløb.

En debat om kernekraftens fremtid blev indledt i begyndelsen af 2004, og Parlamentet stadfæstede midt på året kernekraften som det bærende element i landets elforsyning og gav samtidig støtte til konstruktionen af en demonstrationsenhed af Framatome ANP's EPR (European Pressurized Reactor). I oktober opnåede EPR design-godkendelse fra de franske nukleare sikkerhedsmyndigheder, ASN.

EdF, der vil blive operatør af EPR demonstrations-enheden, planlægger at enheden skal bygges ved Flamanville i tilknytning til de to eksisterende PWR-enheder på hver 1330 MWe. Flamanville-3 vil få en størrelse på ca. 1800 MWe, hvilket er 200 MWe større end den finske EPR og anslås at komme til at koste 2,8 mia. Euro. Selve konstruktionen af enheden vil tage ca. fem år og ventes påbegyndt i 2007.

Konstruktionen af en EPR i Frankrig, udover det allerede påbegyndte byggeri af en EPR i Finland, vil styrke Areva's muligheder for at sælge sin "tredie-generations" PWR i et ekspanderende marked for kernekraft, bl.a. i Kina. Udviklingen af EPR blev påbegyndt i 1992 i et samarbejde mellem det daværende Framatome, EdF, Siemens og fire tyske energi-selskaber.

Som et led i "MOX for peace" programmet, blev 140 kg plutonium af våbenkvalitet i 2004 transporteret fra USA til Cogema's anlæg i Cadarache, for at indgå i produktionen af MOX-brændsel (Mixed-Oxide-Fuel) her. Det færdige brændsel vil blive returneret til USA i 2005.

En aftale indgået i 2004 mellem CEA og DOE giver USA adgang til at udføre bestrålingsforsøg ved hurtigreaktoren Phenix. Forsøgene udføres med henblik på at udvælge brændselstyper, der er egnede til transmutation af det brugte brændsel. Transmutation af transuranerne efter forudgående udvinding af disse fra det brugte

brændsel vil gøre det muligt at reducere mængden af det mest langlivede højaktivt affald, og vil dermed være et alternativ til direkte slut-deponering af brugt brændsel.

### *Holland*

Den hollandske regering har i 2004 forberedt en ændring af lovgivningen for driften af Hollands eneste kernekraftenhed, Borssele, en PWR på 450 MWe. Ændringen vil gøre det muligt for regeringen administrativt at lukke værket. Tidligere forsøg på at lukke værket er blevet forhindret af de hollandske domstole med baggrund i den eksisterende lovgivning.

Borsseleværket indgik i august 2004 en aftale med det franske Cogema om fortsat behandling af brugt brændsel ved oparbejdningsanlægget La Hague. Aftalen forlænger en kontrakt fra 1978 om oparbejdning ind til 2015, dette på trods af regeringens hensigt om at lukke værket forinden. Transport af højaktivt affald fra oparbejdningen af det hollandske brændsel ved La Hague til et nyopført lager for midlertidig opbevaring af brugt brændsel, HABOG, ved Vlissingen blev påbegyndt i 2004.

### *Schweiz*

Schweiz vedtog sidst på året en ny kernekraft-lovgivning, der har været i støbeskeen i mere end 10 år. Loven regulerer udnyttelsen af kernekraft og indeholder bl.a. et 10-års moratorium (fra 1. juli 2006) for oparbejdning af brugt brændsel, fratager kantonerne vetoret vedr. etablering af et slutdeponi for højaktivt affald, samt muliggør folkeafstemninger om forslag om fremtidig udbygning af kernekraft.

I 2004 fik kernekraftenhederne Beznau-1 og Beznau-2 fornyet deres driftstilladelser. De nye tilladelser er tidsbegrænsede, men vil kunne tilbagekaldes af myndighederne. Herefter er Mühleberg den eneste enhed, der stadig drives på en 10-års driftstilladelse, idet de resterende schweiziske kernekraftenheder, Gösgen og Leibstadt, tidligere har opnået tidsbegrænsede driftstilladelser.

### *Spanien*

Energiselskabet Union Fenosa besluttede i 2004 ikke at anke en regeringsbeslutning fra 2002 om at lukke kernekraftenheden Jose Cabrera-1. Enheden, en 153 MWe PWR, er fra 1968, og vejen synes dermed banet for en lukning af værket i april 2006 efter 38 års drift. Den spanske regering under ledelse af socialistpartiet PSOE går ind for en gradvis afvikling af kernekraft.

### *Storbritannien*

Som et led i afviklingen af de forholdsvis små og uøkonomiske Magnox-enheder indstillede kernekraftværket Chapelcross driften endeligt i juni 2004. Værket, der er fra 1959, har en installeret kapacitet på 194 MWe og består af fire enheder, hvoraf den første, Chapelcross-1, lukkede allerede i 2001. Chapelcross er det eneste kommercielle kernekraftværk i Storbritannien, der ud over at levere elektricitet også producerer tritium til militært brug. Efter lukningen af Chapelcross består BNFL's resterende Magnox-reaktorer af Sizewell A og Dungeness A, der efter planen begge lukkes i 2006, Oldbury i 2008, samt Wylfa, der skal lukkes i 2010. Calder Hall, der indstillede driften i 2003, ansøgte i 2004 om tilladelse til at påbegynde dekommissionering af værket.

EU Kommissionen har godkendt en redningsplan for det kriseramte British Energy (BE), som driver de nyere AGR-enheder. Godkendelse er betinget af, at en britisk statsstøtte til BE udelukkende går til dekommissionering af lukkede kernekraftenheder. Desuden lægges der et loft over BE's maksimale produktionskapacitet de næste seks år, herunder begrænsninger i BE's muligheder for at ekspandere elproduktionen baseret på fossilt brændsel eller vandkraft. BE's økonomiske vanske-

ligheder blev i 2004 forværret af en serie uplanlagte driftsstop af bl.a. Hartlepool- og Heysman A-enhederne, der p.t. alle er ude af drift (dec. 2004).

Sidst på året anlagde Kommissionen sag mod Storbritannien ved EU-domstolen med påstand om, at landet har overtrådt et EU-direktiv fra marts 2004 om inspektion af Sellafield's B30-anlæg for opbevaring af brugt brændsel. Hvis sagen fører til domfældelse, bliver det den første domstolsafgørelse, der har baggrund i Euratom's safe-guardaftaler.

### *Sverige*

Den svenske regering indledte i 2002 forhandlinger med den svenske kraftindustri om udfasning af Sveriges 11 tilbageværende kernekraftenheder. Regeringens oplæg har været en afvikling efter den tyske model, hvor der må produceres en bestemt mængde elektricitet totalt fra kernekraft uden angivelse af, hvornår den sidste reaktor skal være lukket.

Den 1. oktober 2004 afleverede den regeringsudpegede forhandler, Bo Bylund, en rapport til den svenske regering, hvori han konkluderede, at det ikke havde været muligt at nå til et forhandlingsresultat. Sammenbruddet i forhandlingerne skyldtes bl.a., at kraftindustrien ønskede en aftale baseret på 60 års levetid af reaktorerne, mens den svenske regeringsforhandler kun havde mandat til 40 års levetid, som også var den oprindelige nominelle levetid.

Den 4. oktober meddelte den svenske socialdemokratiske mindretalsregering, at den havde indgået en aftale med Venstrepartiet og Centerpartiet, som betød, at Barsebäck-2 skulle lukke i 2005. Hvornår de øvrige 10 reaktorer skal lukke, er der ikke taget stilling til. Datoen for lukningen af Barsebäck-2 er fastsat til den 31. maj 2005. Dermed synes debatten om lukning af Barsebäck-værket at nærme sig sin afslutning.

Retningslinierne for erstatning til Sydkraft, som ejer Barsebäck-2, blev allerede aftalt da Barsebäck-1 blev lukket i 1999. De bygger på, at værdien af erstatningen skal svare til den indtjening værket kunne have opnået i resten af den nominelle levetid, d.v.s. frem til 2017.

Ironisk nok har Barsebäck-2 efter 29 års drift i 2004 sat produktionsrekord med en elektricitetsproduktion på 4,69 TWh. De tre øvrige kernekraftværker i Sverige, Forsmark, Oskarshamn og Ringhals, har ansøgt de nukleare myndigheder om tilladelse til at opgradere effekten med i alt ca. 900 MWe, hvilket er en 50 % større effekt end Barsebäck-2. Hvis ansøgningerne efterkommes, vil den fulde effektforøgelse først være implementeret i 2010.

## **Central- og Østeuropa**

### *Armenien*

EU presser fortsat på for at få kernekraftenheden Metsamor-2 lukket og tilbyder 100 mio. Euro til alternativ el-produktion, såfremt enheden lukkes. Enheden indeholder en trykvandsreaktor af den tidlige VVER-440/230 type, hvis reaktorindeslutning og nødkølesystem ikke anses for tilstrækkelig sikker i Vesten. Hertil kommer, at enheden ligger i et seismisk aktivt område. Men da Armenien har store problemer med at sikre en tilstrækkelig el-forsyning, og da Metsamor-2 leverer mere end 35 % af landets el-forbrug, er der ikke udsigt til nogen snarlig nedlukning. Formentlig vil driften fortsætte indtil 2016.

### *Bulgarien*

Der er i Bulgarien udbredt utilfredshed med EU's krav om, at Kozloduy-3 og -4 skal lukkes ned ved udgangen af 2006, idet der er foretaget betydelige sikkerhedsforbed-

ringer på enhederne i de senere år, og fordi en sikkerhedsgennemgang, som en EU-delegation gennemførte sidst i 2003, viste, at enhederne opfylder alle de 20 sikkerhedskrav, som EU har stillet. Den bulgarske regering kan acceptere en nedlukning i 2008. De bulgarske sikkerhedsmyndigheder har givet driftstilladelse til de to enheder frem til henholdsvis 2011 og 2013. De allerede nedlukkede enheder, Kozloduy-1 og Kozloduy-2, samt enhederne Kozloduy-3 og -4 planlægges overført til et nyt statsligt firma, der skal forestå dekommissioneringen.

Der er indhentet tilbud på bygning af en ny reaktorenhed ved Belene og/eller på færdiggørelse af en af de to VVER-1000 enheder, hvis opførelse blev påbegyndt ved Belene i begyndelsen af 1980'erne, men indstillet i 1991, efter at bygningen var halvt gennemført. Enheden skal erstatte Kozloduy-3 og -4. Der indkom tre seriøse tilbud, et fra Atomstroyexport og Framatome ANP, der vil færdiggøre en af enhederne, men moderniseret og forsynet med vestligt kontroludstyr, et andet fra Skoda og Westinghouse, der også vil færdiggøre en af enhederne med forbedringer, og et tredje fra det canadiske AECL m.fl., der vil bygge en ny Candu-6 enhed. AECL har imidlertid trukket sit tilbud tilbage, fordi det canadiske firma ikke anser udvælgelsen for fair. Forud for tilbagetrækningen blev AECL beskyldt for at have forsøgt at påvirke reaktorvalget gennem bestikkelse. Det konsortium, der får kontrakten, vil blive udvalgt i begyndelsen af 2005, hvorefter det bulgarske reaktortilsyn skal godkende designet, så byggeriet ventes ikke at komme i gang før i 2006. Den nye enhed ventes færdig 2009-2010. Et nyt firma med industriel deltagelse skal forestå driften af såvel den nye enhed som Kozloduy-5 og -6.

### *Kazakhstan*

Kazakhstan havde i Sovjettiden en hurtigreaktorenhed, BN-350, i drift, men den blev nedlukket i 1999. Man har planer om at bygge en ny kernekraftenhed, der skal opføres ved Baskash-søen, idet landet vil have en utilstrækkelig el-produktion efter 2012. Enheden vil formentlig blive leveret af et russisk firma. Landet har meget betydelige uranforekomster, og disse udnyttes i samarbejde med canadiske, franske, og sydkoreanske firmaer.

### *Litauen*

Litauen er det land i verden, hvor kernekraften har den højeste andel i el-produktionen, ca. 80 %. Det skyldes bygningen i Sovjettiden af de to 1500 MWe enheder på Ignalina-værket, der ligger i Litauens nordøstlige hjørne. Reaktorerne er af RBMK-typen, der blev ødelagt ved Tjernobyl-ulykken, og som ikke anses for sikre i Vesten. Derfor måtte Litauen i forbindelse med forhandlingerne om EU-medlemskab love at lukke Ignalina-1 enheden ved udgangen af 2004 og Ignalina-2 ved udgangen af 2009. Der har i Litauen været betydelig modstand imod lukning af de to enheder, idet der er frygt for, at el-forsyningen vil bryde sammen. Argumenterne mod lukning har været, at elforbruget stiger hurtigere end antaget, at bygningen af en højspændingsforbindelse til Polen er forsinket, og at en gasfyret enhed, der er under opførelse i Kaliningrad, også er forsinket. Hertil kommer, at Litauen behøver indkomsten fra el-eksport til Rusland og Hviderusland. Det litauiske reaktortilsyn Vatesi gav i 2004 en tidsubegrænset driftstilladelse til Ignalina-2, en tilladelse Ignalina-1 allerede havde fået. Ligeledes har Vatesi ikke villet give tilladelse til nedlukning af Ignalina-1 i 2004, idet enheden har en række systemer til fælles med Ignalina-2. Alligevel blev Ignalina-1 som lovet nedlukket d. 31/12 2004. Litauen overvejer at bygge et nyt kernekraftværk til erstatning for Ignalina-værket.

### *Rumænien*

Under Ceausescu-regimet blev opførelsen af fem kernekraftenheder af CANDU-typen ved Cernavoda-værket planlagt, men p.g.a. ændringen af de politiske forhold blev kun én enhed, Cernavoda-1, færdiggjort. Imidlertid har et stigende el-forbrug

medført, at man har genoptaget bygningen af Cernavoda-2, idet finansieringen af denne enhed nu er sikret. Den er 75 % færdigbygget og er planlagt til at starte driften i 2007. Mens det canadiske firma AECL og det italienske firma Ansaldo står for byggearbejdet, vil Rumænien selv producere det tunge vand og brændslet. Der er interesse for færdiggørelse af Cernavoda-3, og man har søgt at inddrage udenlandske såvel som rumænske firmaer i et "joint venture" om bygning og drift af enheden. Der har meldt sig seks interesserede firmaer, et canadisk (AECL), to italienske (Ansaldo og ENEL), et rumænsk (stålproducent), et tyrkisk (finansiering) og et sydkoreansk (el-selskab). Det ser imidlertid ikke ud til at være muligt i Rumænien at danne et sådant joint venture, hvorfor projektets fremtid er uvis. Investeringsbehovet for Cernavoda-3 ligger på knap 1 mia. USD, og der sigtes mod en idrifttagning i 2011.

### *Rusland*

Der er gennemført en større reorganisering af de russiske nukleare myndigheder og selskaber. Minatom, det federale ministerium for atomenergi, er blevet erstattet af det federale russiske atomenergiagentur (Rosatom), som først blev lagt ind under ministeriet for industri og energi, men derefter overført til statsministeriet. Under Rosatom hører brændselsfirmaet TVEL og Technabexport (Tenex), der tager sig af nuklear handel med udlandet. Det overvejes at gøre disse to firmaer til aktieselskaber ligesom aktieselskabet Rosenergoatom, som driver alle russiske kernekraftværker, og som har staten som foreløbig eneaktionær. Det russiske reaktortilsyn, Gosatomnadzor, der nu hedder den federale tjeneste for økologisk, teknologisk og nukleart tilsyn, er også lagt ind under statsministeriet. Det er ikke kun Minatom, der er blevet berørt af reorganisering, idet antallet af russiske ministerier er blevet reduceret fra 30 til 17. Det forventes iøvrigt ikke, at reorganiseringen vil betyde større ændringer af det russiske kerneenergiarbejde.

I december blev en ny russisk kernekraftenhed koblet til nettet. Det var Kalinin-3, en VVER-1000-enhed. Bygningen af Kalinin-3 blev indledt i 1985, men stillet i bero efter Tjernobyl-ulykken. Inden 2011 planlægges yderligere to nye kernekraftenheder, Volgodonsk-2 og Balakovo-5, sat i drift. De er begge VVER-1000 enheder. Muligvis vil Kalinin-4, en VVER-1000 enhed, også blive færdigbygget i denne periode. Det ser ud til, at færdiggørelsen af Kursk-5, en RBMK-enhed, er opgivet af økonomiske grunde. Bygningen af BN-800, en natriumkølet hurtigreaktor, blev påbegyndt i 1985 i Beloyarsk, men suspenderet efter Tjernobyl-ulykken. Den forventes nu færdig i 2010. Regeringen i den centralrussiske republik Bashkir har godkendt færdiggørelse af en VVER-1000 enhed i byen Agideli. Bygning af enheden blev indledt i slutningen af 1980'erne, men blev efter omvæltningerne i landet indstillet p.g.a. folkelig modstand. Enheden kan være færdig i 2012. Der har tidligere været tale om at bygge fire enheder på stedet, men antallet er nu begrænset til to. Den anden enhed ventes færdig i 2014.

Kursk-værkets to ældste enheder, Kursk-1 og -2, begge RBMK-enheder, fik efter Tjernobyl-ulykken deres effekt reduceret med 30 %. Efter endt modernisering er de begge kommet op på fuld effekt. Værkets to andre enheder, Kursk-3 og -4, der er nyere, har hele tiden kørt ved fuld effekt. Efter en omfattende reovering er Leningrad-1, en RBMK-enhed, igen sat i drift, og samtidig har den fået sin levetid forlænget med 15 år, d.v.s. frem til 2019. Leningrad-2 planlægges moderniseret i 2005 og Leningrad-3 og -4 i 2006. Der er ingen planer om en snarlig nedlukning af de russiske RBMK-enheder.

Kola-2 enheden har efter en modernisering fået sin levetid forlænget til 2009. Kola-1 fik samme forlængelse i 2003 efter en lignende modernisering. Der er fundet revnedannelse i svejsninger i låget i Novovoronesh-5, en VVER-1000 enhed, som er den ældste af denne type – den har kørt i 24 år. Den vil ikke blive genstartet, før årsagen til revnedannelsen er klarlagt.

Designet af et flydende kernekraftværk er færdigt og godkendt. Enheden vil blive bygget på SevMash-væftet i Severodvinsk nær Arkhangelsk og vil levere el og varme til byen. Fartøjet får et displacement på 20.000 t, en længde på 140 m og en bredde på 30 m, og det vil indeholde to KLT-40C reaktorenheder, hver med sin turbogenerator. Værkets levetid vil være 40 år. Der forhandles om levering af et flydende kernekraftværk til Indien. Værkets effekt er på 70 MWe samt en varmeproduktion på 70 Gcal/time, der kan anvendes til ferskvandsproduktion. Prisen ligger på ca. 180 mio. USD. Der forhandles også med Kina om levering af et flydende kernekraftværk.

Der arbejdes med udvikling af en VVER-enhed på 1500 MWe. Den første enhed af denne type forventes placeret ved Leningradværket. Opførelsen ventes startet i 2007 og driften indledt i 2012. Forskningsinstituttet i Dimitrograd har designet en ny hurtigreaktor, BOR-60M til erstatning for BOR-60, som blev startet i 1968 og har driftstilladelse indtil 2010. BOR-60M skal være i drift, inden BOR-60 lukkes ned. BOR-60, som befinder sig i Obninsk, har været prototype for de russiske hurtigreaktorer, BN-350 og BN-600. Med hensyn til hurtigreaktorer arbejder man såvel med flydende natrium som med en bly-bismut-legering og med bly som kølemiddel.

Brændselelementerne til den ene af de to russiskbyggede kernekraftenheder i Tianwan i Kina er blevet leveret, og enheden skulle snarest komme i drift. Rusland deltager også i bygning af en hurtigreaktor nær Beijing. De to kernekraftenheder, Kundankulam-1 og -2, som Rusland leverer til Indien, skal være færdige i 2007 og 2008. Indien er interesseret i yderligere to eller fire enheder. Den russiskbyggede kernekraftenhed ved Bushehr i Iran er blevet forsinket og ventes først komme i drift i 2005. Aftalen om levering af brændsel til Bushehr-enheden er endnu ikke underskrevet, men det ventes at ske i januar 2005. Rosatom forhandler også med Iran, Sydafrika, Indonesien, Burma, Egypten og Vietnam om levering af kernekraftværker.

Det russiske nukleare brændselsfirma TVEL har leveret brændsel til 75 kernekraftværker i 13 lande, senest til Laguna Verde værket i Mexico. TVEL dækker 17 % af verdensmarkedet for nukleart brændsel. Rusland planlægger at tage imod og oparbejde udbændt brændsel, dog primært brændsel leveret af Rusland. Der er indledt forhandlinger med IAEA om et internationalt deponi for brugt brændsel i byen Zelenogorsk, hvor der befinder sig et underjordisk militært anlæg, Krasnoyarsk-bjergets Kemisk Kombinat, som kan tilpasses formålet.

De eksisterende deponier for radioaktivt affald på Kola-halvøen er ved at være fyldt op, og de lever ikke op til international standard. Alligevel er planer om at lave et deponi for lav- og mellemaktivt affald på Novaja Zemlja øen i Ishavet nord for Rusland opgivet, idet det bliver for dyrt.

Ved Balakovo-værket konstaterede man natten den 4. november i enhed 2 en revne i en fødevandsledning med ikke-radioaktivt vand. Enheden blev lukket ned, fejlen repareret, og enheden blev startet igen to dage senere. Der blev fra værket udsendt en pressemeddelelse om uheldet, der ligger på 0 på INES-skalaen. Alligevel opstod der rygter om et alvorligt uheld, bl.a. på grund af falske telefonopkald, angiveligt fra Ministeriet for nødsituationer, til en række firmaer og institutioner. En lokalradio tilrådede indkøb af jodholdig medicin, som hurtigt blev udsolgt, og resulterede i flere tilfælde af jodforgiftning. En internetside hævdede, at der var tale om en katastrofal ulykke med dødsopfre, og at lokale ledere var flygtet fra området. Det tog et døgn, før myndighederne blev klar over panikken og fik iværksat en effektiv oplysningskampagne.

### *Slovakiet*

Den slovakiske regering udbød 66 % af aktiekapitalen i det slovakiske el-selskab, Slovenske Elektrarne, til salg, og efter en international licitation med et tjekkisk, et russisk og et italiensk tilbud, blev tilbuddet fra det italienske el-selskab ENEL på 840 mio. Euro accepteret. En betingelse i udbuddet, som ENEL har accepteret, var, at de to ufærdige Mochovce-enheder, Mochovce-3 og -4, skal færdigbygges. Færdiggørelsen ventes at ville tage 5-6 år og koste 1,3 mia. USD.

De to Bohunice-enheder, Bohunice-1 og -2, samt den dekommissionerede A-1 tungtvandsreaktoren vil sammesteds vil blive udskilt i et særligt selskab, som vil drive de to Bohunice-enheder, indtil de lukkes ned. Den slovakiske regering har lovet EU, at de to enheder vil blive lukket ned i henholdsvis 2006 og 2008, men der er stor utilfredshed i landet med denne beslutning, idet der er gennemført en omfattende sikkerhedsrenovering af de to enheder, og man ønsker at genforhandle tilsagnet om lukning. Det vil være ønskværdigt at lukke de to enheder ned samtidig, idet de har en række fælles sikkerhedssystemer.

### *Tjekkiet*

De to nye Temelin VVER-1000 enheder er nu i kommerciel drift, hvorefter ca. 40 % af Tjekkiet elforbrug leveres af kernekraftenheder. De to enheder har fået driftstilladelse til henholdsvis 2010 og 2012. Indkøringsproblemer med Temelin-enhedernes turbogeneratorer resulterede i, at det tjekkiske el-selskab CEZ rejste krav om kompensation for tabt el-produktion over for leverandøren, Skoda. Problemet er løst ved, at CEZ har fået øget sin andel i Skoda Praha Nuclear Engineering Co's aktiekapital fra 30 % til 69 %.

### *Ukraine*

To nye kernekraftenheder, Khmel'nitski-2 og Rovno-4, blev i henholdsvis august og oktober 2004 koblet til det ukrainske net. Med idriftsættelsen af disse to enheder kan Ukraine dække mere end sit eget el-forbrug. Energoatom er derfor begyndt at eksportere el til Rusland. Der er indgået aftale om levering af 500 mio. kWh. Dette vil hjælpe med til at reducere Energoatoms store gæld til Rusland, som hidrører fra brændselsleverancer. Energoatom leverer også el til Ungarn, Polen, Moldavien og Slovakiet. Manglende betaling for leveret el har givet det ukrainske el-selskab likviditetsproblemer. Euratom har ydet et lån på 83 mio. USD og EBRD et på 42 mio. USD til modernisering og sikkerhedsforbedringer på de to nye enheder. Det drejer sig bl.a. om sikring af "energirige rørledninger", d.v.s. rør, der i tilfælde af et brud kan beskadige andre dele af anlægget, samt om overvågning af tryktanken. Finansiering af færdiggørelsen af de to enheder er sket ved salg af obligationer, gennem prisstigninger på el og ved optagelse af udenlandske lån.

Det forventes at det ukrainske reaktortilsyn vil godkende levetidsforlængelse af alle landets 15 kernekraftenheder. Hidtil har enhederne fået deres driftstilladelser godkendt for et år af gangen. De to ældste enheder når deres nominelle levetid i henholdsvis 2010 og 2011.

Det planlægges at færdigbygge Khmel'nitski-3, hvis opførelse blev suspenderet i 1980'erne, og det overvejes at bygge yderligere to enheder, Rovno-5 og Sydukraine-4, for at sikre landets energiforsyning frem til 2065.

Den nye reaktorindeslutningsbygning til den forulykkede Tjernobyl-4 enhed er blevet færdigdesignet og udbudt i licitation. Der er indkommet tre tilbud, et fra en fransk, tysk og ukrainsk gruppe, et fra en international gruppe, der ledes af et amerikansk firma og et fra en fransk gruppe. Det sidste tilbud er dog ikke komplet og ventes derfor at udgå. Den nye indeslutning, der består af en 100 m lang stålhvælving med et spænd på 250 m og en vægt på 10-20.000 tons, bygges for enden af enhed 4,

hvorefter den på skinner rulles hen over den forulykkede enhed. Prisen anslås til 770 mio. USD, og bygningen forventes færdig i 2008-2010. Da den eksisterende inde-slutning, sarkofagen, muligvis ikke kan holde så længe, er der indgået en kontrakt på 49 mio. USD om stabilisering af denne. Der er indgået en aftale med det tyske firma RWE Nukem om levering af en facilitet til håndtering af fast affald fra Tjernobyl-værket. Bygningen finansieres af EU. En tidligere indgået kontrakt med Framatome ANP om opførelse af et lager for udbrændt brændsel genforhandles, idet mængden af beskadiget brændsel er undervurderet. Det forsinker færdiggørelsen af faciliteten med to år og fordyrer den med i størrelsesordenen 30-40 mio. USD.

Parlamentet har pålagt regeringen at udarbejde et system for opbevaring af radioaktivt affald. Dette er endnu ikke sket, hvorfor der endnu ikke er den fornødne kontrol med affaldet.

### *Ungarn*

I 2003 indtraf der under kemisk rensning af bestrålede brændselselementer i et bassin uden for Paks-2 reaktoren et uheld p.g.a. svigtende køling, hvorved elementerne beskadigedes, og aktivitet blev frigjort. Efter at rensenheden var blevet isoleret i en serviceskakt, fik Paks-2 i september igen tilladelse til drift i 130 dage. Herefter gennemførtes der i to måneder vedligeholdelse af enheden. Det beskadigede brændsel vil blive fjernet fra serviceskakten i 2005 af det russiske brændselsfirma TVEL, og under fjernelsen skal Paks-2 igen lukkes ned. Rensningen blev foretaget af Framatome ANP, og uheldet medførte, at Paks-værket rejste et erstatningskrav mod Framatome, en sag, som nu er afgjort.

Paks-værket arbejder på at opnå en levetidsforlængelse på 20 år for alle fire enheder. De nugældende driftstilladelser på 30 år udløber mellem 2012 og 2017. Levetidsforlængelsen ventes at ville medføre udgifter til modernisering på 700 mio. Euro. Den endelige afgørelse ventes at foreligge i 2006-7. Værket planlægger også at øge effekten på enhederne fra 470 MWe til 500-510 MWe.

Ungarn har i øjeblikket et deponi for lav- og mellemaktivt affald i Püspökszilágy, men en udvidelse af deponeringskapaciteten er nødvendig. Ungarns geologiske myndigheder har godkendt et område ved Uveghuta nær Paks-værket som egnet til et nyt deponi for lav- og mellemaktivt affald. Det er det ungarske, nukleare affalds-firma Puram's plan, at deponiet skal være færdigt i 2008. Det skal ligge i 200-250 m dybde i en granitformation og have en kapacitet på 40.000 m<sup>3</sup>. Prisen ventes at blive ca. 106 mio. Euro. Puram arbejder også på etablering af et deponi for højaktivt affald. For tiden undersøges en tidligere uranmine i Mecsek-bjergene i Sydvestungarn. Der planlægges med, at placering af deponiet fastlægges i 2008, at bygning starter i 2012 og at deponering indledes i 2030.

## **Nordamerika**

### *USA*

Under eftersyn af reaktoren på Davis-Besse værket (PWR) i Ohio i 2002 opdagede man, at udlækkende borsyreopløsning havde ætset et hul næsten helt ned igennem låget på reaktortanken. Der skete ikke noget udslip til omgivelserne. Reaktoren blev igen taget i drift marts 2004 efter udskiftning af låget og gennemførelse af en række forbedringer.

Browns Ferry-1, der har været ude af drift siden 1985, er under klargøring og forventes taget i drift i 2007.

Den amerikanske regering har indført en mulighed for forhåndsgodkendelse (Early Site Permit, ESP) af brug af pladser til bygning af nye reaktorenheder. Entergy har i oktober 2003 indgivet en ansøgning om ESP til en mulig ny reaktor ved det eksiste-



rende Grand Gulf kernekraftværk i staten Mississippi. En ESP vil muliggøre en tidsbesparelse på op til 3 år, hvis man beslutter at bygge enheden på et senere tidspunkt. Parallelt søger to andre konsortier om ESP til at bygge en ny reaktor på henholdsvis North Anna og Clinton kernekraftværkerne, og TVA er i gang med en foranalyse af en ny reaktor på Bellafonte kernekraftværket.

NRC har i september 2004 udstedt en principgodkendelse af Westinghouse's nye AP1000-reaktordesign. Den samlede godkendelsesprocedure vil kunne være afsluttet ved udgangen af 2005.

Opgradering af de amerikanske kernekraftværker fortsætter. Samlet har NRC i 2004 godkendt opnormeringer af fire enheder med i alt 100 MWe, hvoraf enkelte forudsætter tekniske forbedringer, der endnu ikke er udført. Der er p.t. 9 ansøgninger under behandling (tilsammen på knap 1000 MWe), og der forventes ansøgninger for yderligere 18 enheder (også på knap 1000 MWe). I 2004 har 7 kernekraftenheder fået forlænget deres driftstilladelser med 20 år, så enhedernes levetid forlænges til i alt 60 år. I de senere år har i alt 30 enheder opnået sådanne tilladelser.

USA's senat vedtog i 2002, at et anlæg for brugt brændsel skal placeres i Yucca Mountain i Nevada. Energiministeriet (DOE) skulle have indgivet en ansøgning til NRC om bygning af anlægget i løbet af 2004, men den amerikanske miljøstyrelses krav om sikkerhedsanalyser for anlægget, som går 10.000 år frem i tiden, er blevet underkendt af en føderal appeldomstol som værende utilstrækkelige. Sagsbehandlingen afventer nu, at der fastlægges nye krav til sikkerhedsanalyser. Endvidere har NRC afgjort, at den oprindelige ansøgning ikke overholdt formelle krav om offentliggørelse af baggrundsmateriale, hvilket yderligere forsinker sagsbehandlingen.

## Asien

### *Indien*

I forhold til landets størrelse har Indien kun et lille kernekraftprogram. Kernekraften tegnede sig for 3 % af el-produktionen i 2003. Der er 14 kraftreaktorer i drift fordelt på 6 lokaliteter. De har alle en forholdsvis lille enhedsstørrelse (den samlede effekt er 2600 MWe), men større enheder er under opførelse (8 enheder med en samlet effekt på ca. 4000 MWe). De fleste enheder er af indisk konstruktion, men to af de enheder, der er under opførelse, er 1000 MWe VVER-enheder af russisk konstruktion. I sit nukleare udviklingsprogram satser Indien dels på tungtvandsreaktorer dels på formeringsreaktorer. Indiens egne uranreserver er ret begrænsede, men landet har nogle af verdens største thoriumreserver.

Den 26. december blev et af Indiens kernekraftværker ramt af Tsunami-bølgen. Det drejer sig om Madras Atomic Power Station, som ligger på østkysten ved Kalpakam nær Madras. Der er to kernekraftenheder på lokaliteten, begge med tungtvandsreaktorer af indisk konstruktion. Da bølgen kom, var den ene enhed i drift, medens den anden havde været nedlukket siden august for at gennemføre større reparations- og vedligeholdelsesarbejder. Nogle af pumperne i et pumpehus ved havvandsindtaget blev oversvømmet, og den idriftværende reaktor blev lukket ned. Ifølge Nuclear Power Corporation of India Limited (NPCIL) var begge enheder i en sikker tilstand, og der var ingen fare for udslip af radioaktivitet. I de følgende dage blev der foretaget et detaljeret eftersyn af anlægget, og reaktoren blev startet igen den 2. januar. I nærheden af anlægget ligger der også et forsøgsanlæg, the Indira Ghandi Centre for Atomic Research, som har en lille test-formeringsreaktor i drift. Denne ligger imidlertid et stykke væk fra kysten og blev ifølge NPCIL ikke berørt af Tsunami-bølgen.

### *Japan*

Japan har et betydeligt kernekraftprogram med 54 kernekraftenheder i drift. I 2003 tegnede kernekraften sig for 25 % af elproduktionen, hvilket var usædvanlig lavt. Den lave andel skyldes, at der endnu var en del enheder nedlukket efter de problemer med sikkerhedskulturen, som kom for dagen i 2002. De fleste enheder er kommet i drift igen, men nogle var stadig nedlukket et godt stykke ind i 2004.

Ud over de idriftværende enheder er der to under opførelse og der er planlagt yderligere fjorten frem til 2016. Det er imidlertid tvivlsomt, hvor hurtigt udbygningen vil ske, bl.a. på grund af et reduceret behov for elektricitet i forhold til tidligere fremkrivninger.

I august indtraf der en ulykke på Mihama-3 enheden, som er et trykvandsreaktoranlæg. Der skete et rørbrud i sekundærkredsløbet i turbinehallen, hvorved et antal personer blev udsat for skoldhed vanddamp. Fem personer døde. Der var ikke radioaktivitet involveret i ulykken. Det pågældende rør havde ikke tidligere været kontrolleret, så ulykken gav anledning til et udvidet inspektionsprogram og overvejelser om sikkerhedskulturen.

### *Kina*

I Kina blev det første kernekraftværk sat i drift i 1991, og kernekraften har indtil nu kun tegnet sig for en beskedent del af elproduktionen (2,2 % i 2004). Ved udgangen af 2004 var der ni kernekraftenheder i drift med en samlet effekt på 6600 MWe. To enheder er under opførelse. De idriftværende reaktorer er af kinesisk, fransk og canadisk konstruktion, og de to enheder under opførelse er russiske VVER reaktorer (2 x 1000 MWe). I 2004 blev der givet grønt lys for opførelse af yderligere fire kernekraftenheder, og firmaerne Areva (Frankrig), Westinghouse (USA) og Atomstroyexport (Rusland) blev inviteret til at afgive tilbud. Der er tale om fire enheder med en enhedsstørrelse på mindst 1000 MWe. Det er planen at udbygge kernekraften væsentligt, så den installerede effekt bliver mellem 32.000 MWe og 40.000 MWe i 2020, men det vil kun øge kernekraftens andel til 4-5 % af elproduktionen, som ventes at vokse kraftigt i de kommende år. Hovedparten forventes at skulle dækkes med kulfyrede kraftværker.

### *Pakistan*

I 2004 blev der indgået aftale om opførelse af en ny 300 MWe PWR-enhed af kinesisk design. Den pakistanske regering har indrømmet, at der er foregået uautoriseret overførsel af uranberigningsteknologi fra Pakistan til Nordkorea, Iran og Libyen. Dette er nærmere omtalt i afsnit 3.2.

### *Sydkorea*

Sydkorea er det asiatiske land, der har den største andel af kernekraft i sin elforsyning (40 % i 2003). Landet har en betydelig kernekraftindustri, primært baseret på teknologi overført fra USA. I 2004 kom det frem, at der i perioden 1980-2000 har været udført forsøg med laser-berigning af uran og separation af plutonium, uden at dette har været oplyst til IAEA. Dette er ikke i overensstemmelse med den aftale om safeguards-kontrol, som Sydkorea har tilsluttet sig. Ifølge den sydkoreanske regering har aktiviteterne ikke haft militære formål.

## **Andre lande**

Uden for Asien, Europa og Nordamerika har kun Sydafrika, Argentina og Brasilien kernekraftværker. Australien har ikke kernekraft, men har en betydelig uranindustri.

### *Sydafrika*

Det statsejede kraftværksselskab Eskom er med British Nuclear Fuels Plc og Industrial Development Corporation of South Africa som partnere i gang med at udvikle en gaskølet højtemperatur-reaktor med kugleformede brændselselementer (pebble bed reactor). Det er planen at bygge en 110 MWe enhed ved Koeberg og efterfølgende satse på lidt større enheder på 165 MWe for at kunne forbedre økonomien. Projektet er noget forsinket på grund af finansieringsproblemer, og man forsøger at få flere store udenlandske selskaber til at investere i projektet. Sidst i 2004 har den sydafrikanske regering skudt yderligere penge i projektet, og der er indgået kontrakter om bl.a. en helium test facilitet.

### *Australien*

Australien har ikke kernekraftværker, men har ligesom en række afrikanske stater (Gabon, Niger og Namibia) en betydelig produktion og eksport af uran. Den australske regering valgte i 2003 en lokalitet i nærheden af Woomera i delstaten South Australia til et slutdepot for lavaktivt og kortlivet mellemaktivt affald. På grund af efterfølgende uoverensstemmelser mellem den federale regering og delstaten South Australia har den federale regering i 2004 annulleret pladsvalget, men samtidig erklæret, at den vil finde en anden lokalitet, hvor den kun vil modtage ”federalt” affald. Delstaterne må således selv sørge for slutdepoter for deres eget affald. Ideen var ellers at etablere ét slutdepot i Australien. Hidtil har affaldet fra forskning, medicinske og industrielle anvendelser været opbevaret midlertidigt på mere end 100 lokaliteter rundt omkring i landet.

## 2 Udvikling af reaktorer og sikkerhed

### 2.1 Reaktorudviklingen

Reaktorudviklingen har i de senere år haft karakter af forbedringer på eksisterende anlæg, og reaktorleverandørerne har arbejdet med at få sikkerhedsgodkendt deres forbedrede design, f.eks. Framatome ANP's EPR-reaktor. Endvidere har flere kernekraftenheder fået myndighedernes tilladelse til at øge effekten bl.a. ved at udskifte ældre turbiner med nye, mere effektive udgaver.

Den mere langsigtede udvikling koncentrerer sig om to initiativer:

1. Generation IV International Forum (GIF)
2. International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles (INPRO)

#### Generation IV

Generation IV-programmet blev startet i 2001 af Department of Energy (DOE) i USA, men det blev hurtigt udvidet til et internationalt program gennem dannelse af Generation IV International Forum (GIF), hvori deltager 10 lande: Argentina, Brasilien, Canada, Frankrig, Japan, Schweiz, Sydafrika, Sydkorea, Storbritannien og USA. Deltagerne i samarbejdet er enige om, at kernekraften er vigtig for at sikre en fremtidig stabil energiforsyning uden CO<sub>2</sub>-udslip. Programmet har følgende målsætninger for udviklingen af de nye kernekraftenheder:

- De skal være økonomisk konkurrencedygtige
- De skal have øget sikkerhed
- Deres produktion af radioaktivt affald skal være mindst mulig
- Risikoen for spredning af fissilt materiale skal være minimal
- Enhederne skal komme i drift fra 2030

Der er udvalgt seks reaktortyper til nærmere studier: Gaskølede hurtigreaktorer, natriumkølede hurtigreaktorer, blykølede hurtigreaktorer, reaktorer, der køles med overkritisk vand, reaktorer, der drives ved meget høj temperatur, og reaktorer, der køles med flydende salte.

#### INPRO

International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Cycles blev startet i 2001 under IAEA på initiativ af Rusland og med deltagelse af en række IAEA medlemsstater: Argentina, Armenien, Brasilien, Bulgarien, Canada, Chile, Frankrig, Holland, Indien, Indonesien, Kina, Pakistan, Rusland, Schweiz, Spanien, Sydafrika, Sydkorea, Tjekkiet, Tyrkiet og Tyskland samt af EU. Formålet er i en international kreds at samle kræfterne omkring udvikling af innovative kraftreaktorer og brændselsteknologier for at sikre en stabil energiforsyning i det 21. århundrede.

De betragtede systemer skal opfylde følgende krav:

- Effektiv udnyttelse af verdens uran- og thorium-ressourcer
- Sikre reaktordesign

- Miljøvenlig energiproduktion
- Hindring af spredning af nukleart materiale fra brændselskredsløbet
- Økonomisk konkurrencedygtighed

Følgende reaktortyper studeres: En lille integreret trykvandsreaktor (Argentina), en højtemperatur gaskølet reaktor (Kina), en reaktor kølet med smeltet salt (Tjekkiet), en avanceret tungtvandsreaktor (Indien), natriumkølede hurtigreaktorer (Rusland) og genbrug af udbrændt trykvandsreaktorbrændsel i tungtvandsreaktorer (Sydkorea). Endvidere studeres nukleare batterier, hurtigreaktorenes fremtidsmuligheder og acceleratordrevne systemer.

Rusland er kun med i INPRO og USA er kun med i GIF. Årsagen hertil er uenighed mellem USA og Rusland om det betimelige i Ruslands forestående leverance af en trykvandsreaktor til Iran.

Det er nogenlunde ens krav, der stilles til de nye reaktorer i de to programmer, ligesom enhederne først skal i drift fra omkring 2030. I den mellemliggende periode, fra 2010 – 2030, taler man om en Generation III+ udvikling, d.v.s. forbedrede udgaver af eksisterende kraftreaktortyper.

## **EPR**

Den 5. finske kernekraftenhed på 1600 MWe, Olkiluoto-3, benytter en European Pressurized Reactor (EPR), der er et eksempel på en reaktor, som hører til overgangen mellem Generation III og III+. Reaktoren er udviklet af det fransk/tyske konsortium FramatomeANP og baserer sig på mange års erfaringer fra franske og tyske PWR-anlæg.

Byggeriet af Olkiluoto-3 starter i begyndelsen af 2005 og den første strøm vil blive leveret til det finske net i begyndelsen af 2009. Den årlige produktion bliver på 13 TWh, og værkets planlagte levetid er 60 år. Prisen for anlægget bliver ca. 3 milliarder Euro.

I Frankrig har de nukleare myndigheder netop givet tilladelse til at opføre et EPR-demonstrationsanlæg i Flamanville ved den engelske kanal. Enheden bliver på 1800 MWe med byggestart i 2007 og nettilkobling i 2011.

Designfilosofien bag EPR bygger på begrebet ”forsvar i dybden” med følgende fire niveauer:

1. Forebyggende udstyr og procedurer for at reducere hyppigheden af unormale driftshændelser
2. Kontrolsystemer, der kan gribe ind og reducere uheldskonsekvenserne, såfremt niveau 1 svigter
3. Indførelse af sikkerhedssystemer, som kan begrænse konsekvenserne og hindre kernenedsmeltning, såfremt også niveau 2 svigter
4. Udformning af reaktorindeslutningen, så den forbliver intakt, selv i tilfælde af svigt af niveau 3, d.v.s. ved kernenedsmeltning.

Systemarkitekturen kan karakteriseres på følgende måde:

- Simple systemer end tidligere, baseret på erfaringer fra franske og tyske PWR anlæg. Operatørerne vil derved bedre være i stand til løbende at forstå anlæggets tilstand
- Øget fysisk separation for at undgå, at f.eks. brande, eksplosioner, oversvømmelser og lign. påvirker flere systemer samtidigt

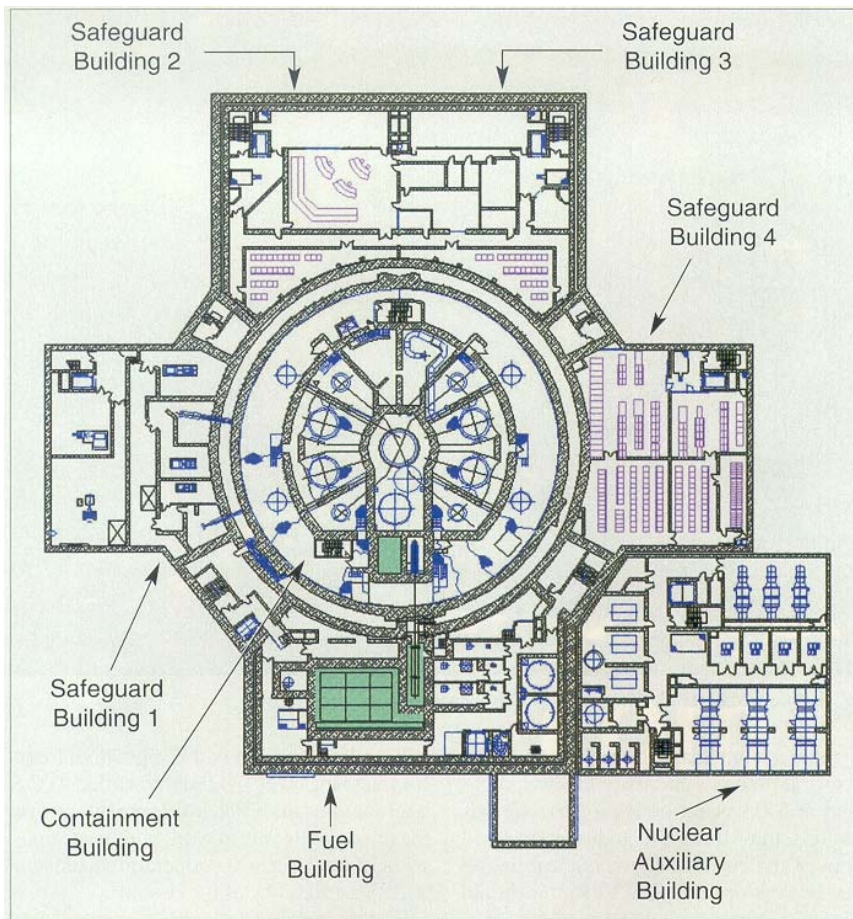
- Flere, parallelle og uafhængige sikkerhedssystemer, således at svigt af ét system ikke er afgørende
- Fire af hinanden uafhængige forsyningssystemer (el og køling) for de primære sikkerhedssystemer.

Reaktorens konstruktion udviser en række nye sikkerhedstiltag i forhold til ældre PWR-anlæg:

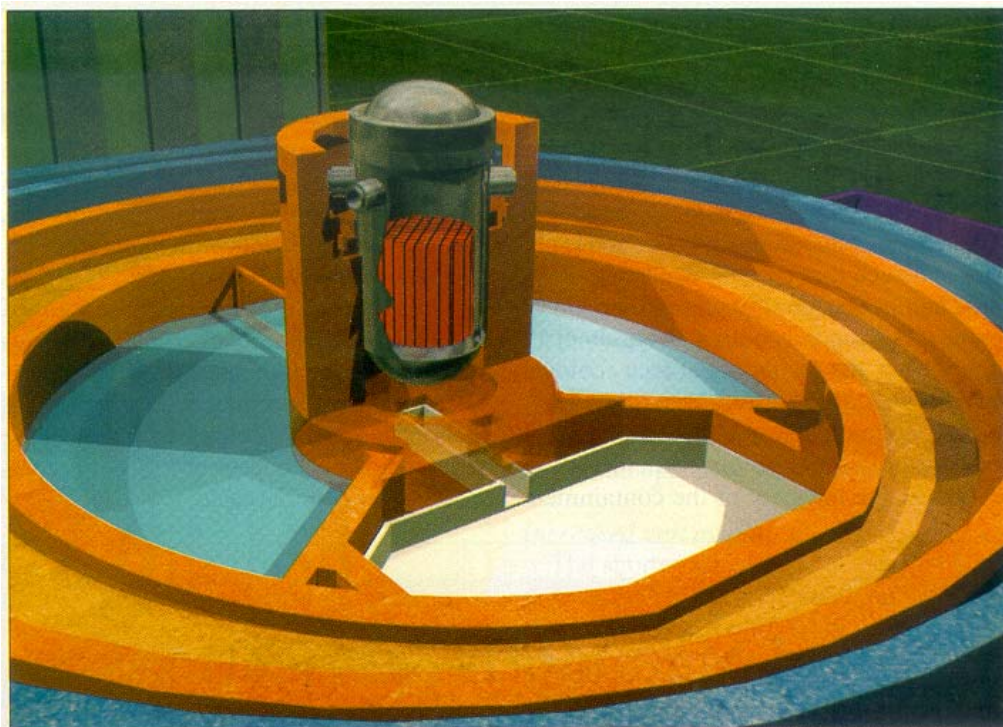
- Højtryksnødkølesystem ikke nødvendigt
  - Hurtig reduktion af trykket i det primære kredsløb til under åbningstrykket for dampgeneratorens sikkerhedsventil i tilfælde af rørbrud i dampgeneratoren. Derved undgås, at radioaktiv primærdamp slipper ud til omgivelserne
- Kan modstå flystyrt
  - Reaktorbygningen, kontrolrum, bygning for brugt brændsel samt to af de fire bygninger med de uafhængige forsyningssystemer er alle omgivet af armeret beton, som kan modstå styrt af militære fly og store passagerfly
  - Dobbeltvægget reaktorindeslutning Eventuelle lækager opsamles i mellemrummet og filtreres
- Moderne digitale kontrolsystemer og kontrolrumsdesign
- Lagertank for bor-holdigt vand placeret inden for reaktorindeslutningen
  - Ved nuværende PWR design er denne tank placeret uden for indeslutningen. Ved tab-af-kølemiddel-uheld (LOCA), hvor reaktortanken tømmes for vand, skal der her ske en omkobling til sumpen inde i indeslutningen. Denne omkobling er unødvendig i EPR
- Håndtering af ulykke, som ældre PWR-enheder ikke kan klare (Beyond Design Basis Accidents)
  - Katalysatorer i indeslutningen til hindring af brinteksplosioner
  - Kontrol og køling af den nedsmeltede kerne (hvis denne skulle smelte sig gennem reaktortanken) ved hjælp af et system af kanaler og rumopdelinger, der er forsynet med passive, gravitationsdrevne kølesystemer, som skal sikre en hurtig størkning af smelten og fortsat køling (core catcher)
  - Udformningen af bygningerne skal sikre, at eventuelle lækager samles og filtreres inden frigivelse til omgivelserne

Driftsegenskaberne er også forbedrede i forhold til eksisterende trykvandsreaktorer:

- Høj udbrænding på 65.000 MWd/tU
- Sekundære systemtryk på 78 bar, som sikrer en virkningsgrad på ca. 37 %
- Visse vedligeholdelsesopgaver kan udføres under drift og derved øge rådighedsfaktoren
- Brændselsskift normeret til 16 dage
- Projekteret rådighedsfaktor på 92 % i reaktorens levetid på 60 år
- Strålingsbelastningen til personalet er søgt reduceret gennem separation af rum med høj stråling fra rum uden radioaktive komponenter



*Figur 2.1. Vandret snit gennem EPR-anlæg.*



*Figur 2.2. Udformning af "core catcher" for EPR.*

## 2.2 Udvikling af beredskabssystemer

Der findes efterhånden mange nationale beredskabssystemer, såvel inden for atomberedskabområdet som inden for andre former for beredskab. Der er i EU-regi udviklet et meget komplekst og ambitiøst system kaldet RODOS (Realtime Online DecisiOn Support), som er implementeret i en lang række lande. Et andet system, der efterhånden har vundet indpas i adskillige lande, er det danske ARGOS system (Accident Reporting and Guiding Operational System). ARGOS og de øvrige danske beredskabssystemer (NucInfo og PMS) blev i første omgang implementeret i de tre baltiske lande, Polen og Rusland som led i det daværende danske øststøtteprogram. Dette program løb fra 1994 og frem til udgangen af 2003. Efter programmets afslutning dannedes et konsortium, der kunne tilbyde en fortsættelse af samarbejdet samt videre udbredelse af de danske systemer til andre lande. Dette har medført, at også Norge, Sverige, Irland og Canada har implementeret ARGOS i deres atomberedskaber, og de er alle med til at præge den videre udvikling via konsortiet. Både RODOS og ARGOS er beslutningsstøttesystemer, som er i stand til at give forslag til beslutninger vedrørende beredskabsforanstaltninger på basis af viden om ulykkestyper, kraftværksdata, vejrdata m.m.

### *Den seneste udvikling af ARGOS-systemet*

ARGOS er oprindeligt udviklet som et beslutningsstøttesystem for håndtering af beredskabstiltag i forbindelse med store ulykker på kernekraftværker, hvilket afspejles i de anvendte atmosfæriske spredningsmodeller. ARGOS inkluderer i sin nuværende form en model for spredning af radioaktiv forurening over kortere afstande, ud til nogle hundrede kilometer (Risø's RIMPUFF model). Endvidere udnyttes DMI's langdistancemodel DERMA, idet et beregningsoplæg bliver sendt ud til DMI, som afvikler beregningerne på deres store computere, hvorefter resultaterne automatisk bliver hentet tilbage og vist i ARGOS. ARGOS fungerer ligeledes sammen med en lang række andre langdistancemodeller i Canada, Norge og Sverige. Der er mulighed for at tage hensyn til overflade-ruhed i landskabet, regn mm., men lokale vindforhold, som man finder f.eks. i storbyområder, tages der ikke hensyn til. DMI leder dog et EU forskningsprojekt, FUMAPEX, der ser på byers indvirkning på meteorologien. Beredskabsstyrelsen deltager som slutbruger i projektet.

ARGOS-systemet deltager endvidere i EU-forskningsprojektet EURANOS, der vil forbedre såvel dosisberegninger i byområder som konsekvensberegninger af restriktioner og oprensning i forbindelse med landbruget.

Der har siden terrorangrebet den 11. september 2001 i New York været en stigende interesse for at kunne modellere forureningssituationer i byområder. Terrortruslen vil være størst i byområder og vil have mere lokal karakter end de store ulykker, som hidtil har været udgangspunkt for beregninger i ARGOS. Sådanne terrorhandlinger kan omfatte såvel kemiske, biologiske, radiologiske samt nukleare materialer (CBRN) og våben, men man kan også forestille sig konventionelle ulykker på virksomheder.

Som et led i et militært, bilateralt samarbejde med Bulgarien skal der leveres et system, der er en videreudvikling af det nuværende ARGOS, idet det også skal inkludere beregninger på kemiske ulykker samt en byspredningsmodel (ARGOS-CN). Projektet er finansieret af Forsvarskommandoen. I Danmark vil Kort- og Matrikelstyrelsens digitale kort i skalaen 1:10.000 (Kort 10) med bygningshøjder blive anvendt som datagrundlag for byspredningsmodellen. Udviklingen vil strække sig et stykke ind i 2006. Risø og Beredskabsstyrelsen samarbejder om et Phare-projekt i de baltiske lande, som er finansieret af EU-Kommissionen. I dette projekt gennemføres bl.a. en workshop vedrørende fødevaremodellering i ARGOS.



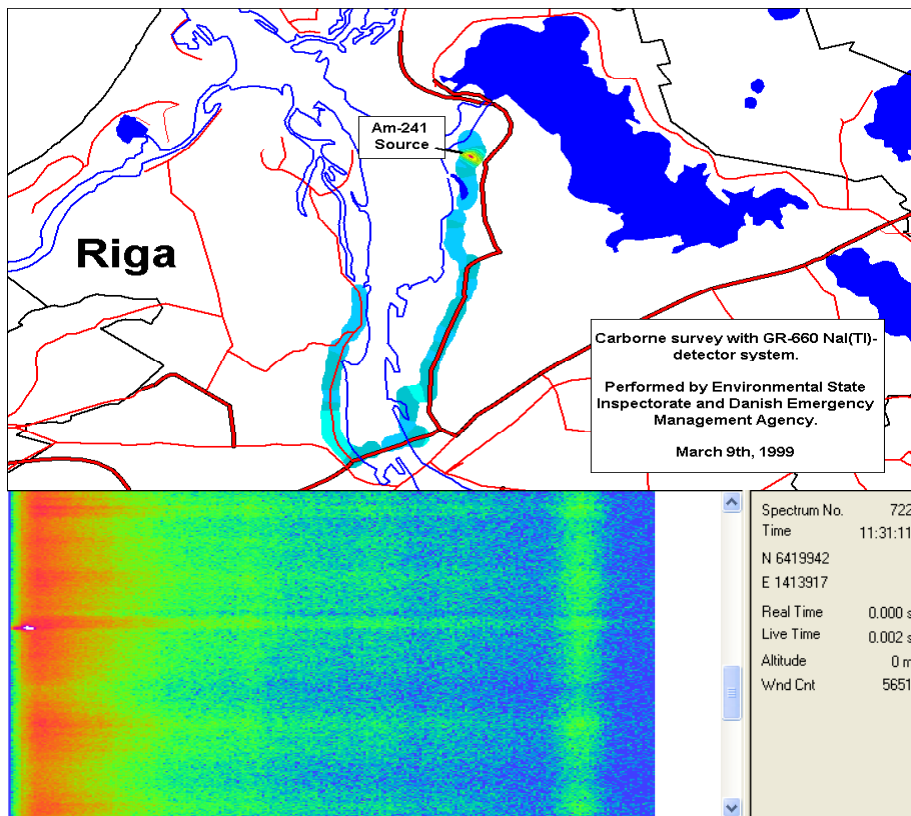
### *Det nukleare måleberedskab*

Efter terrorangrebet den 11. september 2001 er der foretaget en betydelig opgradering af det danske nukleare måleberedskab. Dette er sket som et led i regeringens "terrorpakke".

Det landsdækkende system af 11 avancerede målestationer blev fornyet og to nye filtermålestationer blev sat op – én på Bornholm og én i Haderslev. Målestationerne leverer måledata døgnet rundt til såvel Risø som Beredskabsstyrelsen, og en alarm fra systemet vil straks føre til aktivering af den vagthavende beredskabsleder. Målestationerne foretager spektralanalyse, således at naturlige variationer i baggrundsstrålingen kan elimineres. Kun tekniske fejl eller en menneskeskabt forhøjelse af strålingsniveauet vil udløse en alarmering af den vagthavende beredskabsleder. Hjertet i filtermålestationerne er en stor støvsuger, der trækker en kraftig luftstrøm gennem et filter, så selv meget små aktivitetsmængder i luften vil opkoncentreres til målelige niveauer.

Måledata sendes hver time via Beredskabsstyrelsens internet-servere på UNI-C videre til EU's forskningscenter i Italien (JRC). Systemet, som kaldes EURDEP, samler måledata fra en lang række europæiske lande, og via en beskyttet hjemmeside kan myndigheder døgnet rundt holdes orienteret om målesituationen i Europa. Offentligheden har adgang til en oversigt, hvor en tidsforsinkelse af varierende længde er lagt ind for de forskellige medlemslande: <http://eurdeppub.jrc.cec.eu.int/>.

Beredskabsstyrelsen ejer og opererer to luftbårne gamma-spektrometer-systemer (AGS: Airborne Gamma-ray Spectrometry), der hurtigt kan monteres i hærens Fennec helikoptere, og to bil-monterede systemer af same type (CGS: Car borne Gamma-ray Spectrometry). De to målebiler blev også indkøbt som et led i terrorpakken. Den ene målebil er ud over det nævnte målesystem udstyret med en neutrontektor på taget. Herudover indgår håndbårne gamma-spektrometre og neutrontektorer. Kombinationen af gamma- og neutrontektorer er i øvrigt også velegnet til grænsekontrol, hvorved smugling af f.eks. plutonium kan afsløres. Måling fra luften er velegnet til kortlægning af en forureningssituation, men giver også mulighed for at kortlægge, hvor såkaldte "hot spots" befinder sig og for at genfinde forsvundne kilder. Målebilerne er naturligvis begrænset af vejsystemerne i deres kortlægningsproces, men de har alligevel vist deres styrke ved sporing af radioaktive kilder. Både AGS og CGS systemerne har bevist deres styrke ved internationale øvelser. At nogle svage kilder alligevel er blevet overset ved on-line målinger i marken, har ført til et ønske om at forbedre måleteknikken yderligere. Det centrale program til analyse af data kaldes NucSpec. For at kunne bestemme spektre for kilder er man nødt til at fjerne bidrag fra baggrundsstrålingen inkl. bidrag fra nedfald fra tidligere atomprøvesprængninger. Denne proces er netop blevet forbedret gennem implementeringen i NucSpec af et nyt princip, der kaldes "områdespecifik stripning", hvor kalibreringen også bliver afhængig af områdets topologi, f.eks. bevoksningskarakteristika. Ved næste internationale øvelse vil det vise sig, om evnen til at finde svage kilder er forbedret væsentligt.



Figur 2.3. Ved rekognisering med en lettisk målebil (leveret i forbindelse med øststøtteprogrammet) gav gammalspektrometret et kraftigt udslag ved passage af en byggetomt (hvid prik til venstre i serien af spektre). Det viste sig at være en americium-kilde.

### Beredskabssystemet NucInfo

Systemet, der er et web-baseret system, er primært udviklet til brug i atomberedskab, men er også brugbart i andre typer af beredskab. Det understøtter to spørge/svar-centraler – én i Beredskabsstyrelsen i Birkerød og én i Beredskabsstyrelsens skole i Tinglev. Ud over brugerflader for centralerne indeholder systemet en række funktioner, der kan anvendes af både eksperter og andre i den centrale beredskabsledelse i en beredskabssituation. Men også i hverdagen kan systemet bruges til f.eks. information om nukleare installationer samt visning af måledata fra de 11 målestationer i Danmark.

Den voldsomme fyrværkeriulykke i Seest ved Kolding den 3. november 2004 førte til aktivering af spørge/svar-centralen i Birkerød, som blev meget anvendt frem til 31. december 2004. Som for ARGOS er der også for NucInfo systemets vedkommende tiltag i gang, der sigter mod en bedre anvendelighed inden for andre beredskabsområder end det nukleare.

## 3 Nuklear sikkerhed

### 3.1 Sikkerhedsrelaterede hændelser ved kernekraft

INES-skalaen, "The International Nuclear Event Scale", blev udviklet af IAEA og OECD i 1990 med henblik på at kunne informere offentligheden om den sikkerhedsmæssige betydning af nukleare hændelser eller ulykker på en konsistent og standardiseret form. Skalaen strækker sig fra niveau 1, hvor hændelser med ringe sikkerhedsbetydning indplaceres, til niveau 7, hvor de helt store ulykker indplaceres. Hændelser indrapporteres direkte på IAEA's "NEWS" hjemmeside, hvor alle i øvrigt har adgang til at læse om hændelser af nyere dato, <http://www-news.iaea.org/news>. NEWS står for "Nuclear Events Web-based System". Se nærmere om INES i appendiks A.

De af IAEA's medlemslande, der er tilsluttet INES-systemet, er forpligtet til at indrapportere hændelser klassificeret på niveau 2 og opefter. Hændelser på niveau 1 eller 0, sidstnævnte betegnes som værende "under skala", skal kun indrapporteres, såfremt disse skønnes at have særlig interesse for andre lande. Kun hændelser på kernekraftværker, som er klassificeret på niveau 2 og opefter, refereres i det følgende.

For kraftreaktorernes vedkommende blev der i 2004 indrapporteret to INES-2 hændelser til IAEA. Udover disse var der i 2004 en enkelt INES-3 samt ni INES-2 hændelser i forbindelse med radioaktive kilder, bestrålingsanlæg, forskningsreaktorer mv. I 2003 forekom der på verdens kernekraftværker én INES-3 og tre INES-2 hændelser. Set ud fra denne synsvinkel må året 2004 betegnes som et bedre år end 2003 for sikkerheden på verdens kernekraftværker.

#### *Generisk anomali på franske trykvandsreaktorer den 9. marts 2004. INES-2.*

Under en inspektion af enhed 2 på kernekraftværket Penly i den nordlige del af Frankrig opdagede man manglende isolering på nogle kabler i nogle kraftforsyningsbokse i reaktorbygningen. Disse leverer strøm til motorer og ventiler, hvis automatiske funktion ville kunne sættes ud af spillet. Kortslutning vil



kun kunne ske under helt ekstreme forhold ved store ulykker med tilstedeværelse af store mængder vand og damp. Ved montage af ledninger stripper man dem for lidt isolering, så problemet kan enten være opstået helt fra starten ved montage af kraftforsyningsboksene eller ved senere modifikationer. Ved inspektioner på andre kraftværker opdagede man, at problemet var generelt for alle franske trykvandsreaktorer. Derfor hævede EdF (Electricité de France) niveauet til 2 på INES skalaen ved indrapporteringen til myndighederne. Driften af de franske atomkraftværker blev ikke påvirket af opdagelsen, men et større reparations- og inspektionsprogram blev sat i gang.

### *Kakrapar-1 hændelsen den 10. marts 2004, Indien. INES-2.*

Værket Kakrapar, der ligger på den nordligste del af Indiens vestkyst ud til det arabiske hav, består af to CANDU-enheder, hver med en effekt på 202 MWe. CANDU reaktoren, som er almindelig i Indien, er en tungtvandsreaktor af canadisk design. Enhed 1 blev den 10. marts 2004 kørt på 70 % af maksimal effekt, mens man foretog vedligeholdelsesarbejder. Under disse mistede man strømmen til reguleringsstængerne, og da man samtidig havde slået bortilsætningssystemet fra, fordi der kunne optræde små reaktivitetsforhøjelser som følge af de samtidige brændselsudskiftninger, hvilket kunne aktivere bortilsætningssystemet, så havde man i realiteten mistet reguleringssystemet. Den efterfølgende stigning i effekten blev ”fanget” af sikkerhedssystemerne, idet reaktoren ”trippede” ved 98 % af fuld effekt og foretog en sikker nedlukning. Trippet blev udløst som følge af for stor temperaturforskel hen over dampgeneratorerne.



Reaktoren blev genstartet samme måned, men de indiske myndigheder krævede nedlukning af enhed 1 den 22. april for nærmere analyser vedrørende problemet. Dette førte til systemmodifikationer og afprøvninger, hvorefter reaktoren fik tilladelse til opstart den 5. juni 2004. Den anden enhed blev nedlukket 2. maj for at gennemgå samme modifikationer og afprøvninger og startede op igen den 26. juni, hvorefter begge enheder igen var på nettet.

## **3.2 Internationale forhold og konflikter**

### **Iran**

I december 2003 underskrev Iran IAEA's tillægsprotokol til ikke-spredningsaftalen (NPT) og accepterede en midlertidig indstilling af arbejdet med fremstilling af centrifuger til berigningsanlæg. IAEA fortsatte arbejdet med inspektioner og analyser for at skabe et troværdigt overblik over Irans nukleare program. Selvom Iran i stor udstrækning samarbejdede med inspektørerne, gik opklaringsarbejdet ikke så hurtigt som ønsket. I juni 2004 meddelte Iran, at landet ønskede at genoptage arbejdet med centrifugerne ”under IAEA's overvågning” og den følgende måned afleverede Iran 40 brudte IAEA-segl, som havde siddet på centrifugekomponenter og udstyr. I august havde Iran samlet og afprøvet ca. 70 nye rotor til centrifuger, som blev fremvist for IAEA, men Iran ville ikke acceptere, at de nye rotor blev forseglet.

I september 2004 havde IAEA stadig to udestående problemer med forståelsen af Irans berigningsprogram. Det første drejer sig om årsagen til kontaminationer med uran forskellige steder i Iran. I Kalaye Electric Companys værksteder i Teheran og i centrifugeanlægget i Natanz er der påvist spor af højt beriget uran, skønt Iran hævder, at ingen berigning endnu har fundet sted. Irans standpunkt er, at kontaminationen fra starten har været til stede på centrifugedele importeret fra udlandet. Selvom IAEA's undersøgelser peger på, at dette kan være en sandsynlig forklaring, er der imidlertid også påvist lavt beriget uran på komponenter fremstillet i Iran. IAEA savner derfor stadig en sammenhængende forklaring til støtte for Irans oplysninger om, at der ikke har fundet uranberigning sted i landet.

Det andet udestående problem drejer sig om Irans import og egenproduktion af centrifuger af typen P-2 (en nyere konstruktion). Skønt Iran fik konstruktionstegninger til P-2 centrifugen 1995, begyndte man ifølge egne oplysninger først at fremstille denne type i 2002. I samme periode havde Iran livlig kontakt med de mellemmand, der havde leveret tegningerne til både P-1 (en ældre konstruktion) og P-2 typerne. IAEA mener derfor, at der er behov for yderligere undersøgelser, hvis man skal tro Irans forklaring om, at der ikke blev fremstillet P-2 centrifuger i perioden 1995 til 2002.

Derudover har Irans planer om at bygge en 40 MWt tungtvandsreaktor med naturligt uran som brændsel også givet anledning til bekymring, idet en sådan reaktor er velegnet til produktion af plutonium til kernevåben. Iran har også oplyst, at man for en del år siden lavede forsøg med udvinding af små mængder (gram) plutonium af bestrålet uran, uden at meddele det til IAEA.

I november 2004 blev der opnået enighed mellem Iran og EU (Frankrig, Tyskland og Storbritannien) om at bekræfte aftalen fra oktober 2003 om Irans rettigheder og pligter under ikke-spredningsaftalen. Som yderligere tillidsskabende foranstaltning har Iran besluttet frivilligt at indstille alt arbejde med centrifuger til berigning, separation af plutonium samt alt arbejde med urankonvertering. EU har på sin side givet tilsagn om at genoptage forhandlingerne om en handels- og samarbejdsaftale med Iran og at støtte Irans ønske om optagelse i World Trade Organization (WTO), begge dele under forudsætning af at Irans tillidsskabende foranstaltninger bliver bekræftet.

## **Libyen**

I december 2003 meddelte Libyen at landet ville indstille sit atomvåbenprogram og åbne hidtil hemmeligholdte faciliteter for IAEA's inspektioner i henhold til NPT, som Libyen har været tilsluttet siden 1975. Libyens indrømmelse af et illegalt atomvåbenprogram vakte berettiget international opsigt. Det skyldes ikke mindst de oplysninger om eksistensen af et illegalt marked for atomvåbenteknologi og materialer, der er kommet frem som følge af IAEA's efterfølgende undersøgelser i Libyen.

Det hemmelige nukleare program har involveret import af nukleare materialer, forsøg med konvertering og berigning af uran samt bestråling og oparbejdning af uranprøver. Den ikke-deklarerede handel med nukleare materialer drejer sig om 1263 tons UOC, Uranium Ore Concentrate, som blev importeret før safeguardaftalen trådte i kraft. I 1985 eksporterede Libyen en del af sit UOC med henblik på fremstilling af en række uranforbindelser, som blev tilbageført til landet samme år.

I 1980'erne blev der gennemført eksperimenter med fremstilling af uranforbindelser og i 1986 modtog Libyen et pilotanlæg fra udlandet til urankonvertering. Anlægget blev først delvist samlet i 1998 og afprøvningen blev først indledt i 2002. Derefter blev det flyttet igen, og det blev aldrig driftsklart.

Ifølge Libyens oplysninger begyndte en udenlandsk ekspert i starten af 1980'erne, med assistance af teknikere fra Libyen, at udvikle gascentrifuger til uranberigning. Eksperten forlod Libyen i 1992 uden, at det var lykkedes at fremstille en fungerende centrifuge. Arbejdet med berigningsanlæg blev senere genoptaget, og i 1997 lykkedes det Libyen at købe 20 centrifuger og komponenter til yderligere 200 centrifuger af ældre europæisk design. En succesfuld afprøvning af en enkelt komplet centrifuge blev gennemført i oktober 2000, og arbejdet fortsatte frem til april 2002, hvor tre kaskader med i alt 92 centrifuger var klar til opstilling. På det tidspunkt besluttede man af sikkerhedsgrunde at flytte anlægget. Centrifugerne blev afmonteret, men aldrig genopstillet. Libyen havde tidligere afgivet ordrer på 10.000 centrifuger fremstillet i udlandet, og fra slutningen af 2002 begyndte komponenterne at ankomme; imidlertid blev et fragtskib med centrifugeudstyr opbragt i Italien i begyndelsen af

oktober 2003. Libyen importerede også præcisionsudstyr til fremstilling af centrifuger, men udstyret blev end ikke pakket ud.

Med hensyn til konstruktionen af nukleare våben har Libyen oplyst, at landet i slutningen af 2001 modtog dokumenter vedrørende design og konstruktion af sådanne våben fra en udenlandsk kilde. Libyen oplyste samtidig, at landet ikke rådede over den nødvendige ekspertise til at vurdere eller udnytte de modtagne oplysninger, og at kopier af de omtalte dokumenter var udleveret til henholdsvis England og USA før IAEA's besøg i Libyen i december 2003.

IAEA har, siden Libyen indrømmede eksistensen af sit ikke-deklarerede nukleare program, været i gang med en omfattende undersøgelse af de oplysninger, landet stillede til rådighed. På nuværende tidspunkt synes konklusionen at være, at selvom Libyen har haft de økonomiske muligheder, og selvom landet i perioder har haft viljen til at opbygge et nukleart våben, så har man på grund af manglende teknisk og videnskabelig ekspertise hele tiden været langt fra at kunne fremstille nukleare våben.

En meget vigtig del af IAEA's fortsatte undersøgelser drejer sig om de leverandører, som har forsynet Libyen med følsomt nukleart udstyr og nukleare materialer. Det er på nuværende tidspunkt klart, at der har eksisteret et illegalt netværk, som leverede nuklear knowhow, og som kunne organisere levering af udstyr og materialer gennem mellemmand.

På basis af foreliggende oplysninger kan der ikke herske nogen tvivl om, at det har været personer og institutioner i Pakistan, der har spillet hovedrollen for overførslen af berigningsteknologi, baseret på centrifuger, til Iran, Libyen og Nordkorea, selvom også firmaer i andre lande har bidraget med komponentleverancer.

## **Nordkorea**

De tilgængelige informationer om den nukleare udvikling i Nordkorea i 2004 er yderst sparsomme. Det skyldes først og fremmest, at IAEA med udgangen af 2002 måtte indstille alle de aftalte overvågningsaktiviteter i landet, og at Nordkorea i januar 2003 trak sig ud af ikke-spredningsaftalen (NPT). IAEA var dermed officielt ude af sagen, og i marts 2004 måtte IAEA's generaldirektør nøjes med at konstatere, at Nordkoreas opsigelse af NPT udgør et farligt eksempel og er en trussel mod troværdigheden af hele NPT aftalesystemet. USA, Kina, Rusland, Sydkorea og Japan forsøger at forhandle med Nordkorea om landets nukleare aktiviteter, men hidtil er der ikke kommet noget ud af disse forhandlinger.

## **Sydkorea**

I forbindelse med forhandlingerne om Sydkoreas tilslutning til NPT's tillægsprotokol erklærede Sydkorea i august 2004, at man i år 2000, uden regeringens vidende, havde udført eksperimenter med laser-berigning af nukleart materiale, men at man "kun havde produceret nogle milligram beriget uran". Disse eksperimenter blev, i strid med safeguard-aftalen, ikke rapporteret til IAEA. I de efterfølgende diskussioner med IAEA blev det klarlagt, at eksperimenterne havde omfattet urankonvertering, uranberigning og separation af plutonium. Der har været tale om ubetydelige mængder af nukleart materiale, men sagen er politisk set meget følsom i lyset af vanskelighederne med at få Nordkorea i tale om nukleare spørgsmål.

# APPENDIKS A: INES, den internationale skala for uheld på nukleare anlæg

På foranledning af IAEA og OECD/NEA blev der i 1990 udviklet en skala til angivelse af den sikkerhedsmæssige betydning af uheld på nukleare anlæg og uheld ved transport af radioaktivt materiale.

Skalaen betegnes INES, International Nuclear Event Scale, og omfatter otte uheldsklasser, fra klasse 0 til 7, se figur. Hændelser, der ikke har nogen sikkerhedsmæssig betydning, placeres i klasse 0, mens meget alvorlige ulykker med udslip af store mængder radioaktivt materiale hører til klasse 7.

Uheldsklassen bestemmes ud fra tre kriterier:

- Påvirkning af omgivelserne
- Påvirkning af anlægget
- Degradation af dybdeforsvaret (anlæggets sikkerhedssystem).

Uheld med påvirkning af omgivelserne ved udslip af radioaktivt materiale er det mest alvorlige kriterium og dækker klasse 3 til 7. Uheld, hvor der udelukkende sker en påvirkning af anlægget, f.eks. skader på reaktorerne

eller bestråling af personale, placeres i klasse 2 til 5. Det sidste kriterium, degradation af et anlægs dybdeforsvar, betyder, at en eller flere sikkerhedsbarrierer (tekniske/menneskelige) svigter. Uheld, hvor sikkerhedsbarrierer påvirkes, betegnes som hændelser og rubriceres fra klasse 1 til 3. Af de tre kriterier vil det, der giver den højeste klasse for uheldet, være det afgørende kriterium.

I alt 60 lande har i dag tilsluttet sig INES-systemet. Kort efter en hændelse skal ejeren af anlægget, efter samråd med det pågældende lands sikkerhedsmyndighed, beskrive hændelsen med angivelse af en (evt. foreløbig) INES-klasse. IAEA informerer derefter de lande, der har tilsluttet sig systemet, om den indtrufne hændelse og klassificering. Sikkerhedsmyndigheden kan ved behov efterfølgende korrigerer klassificeringen, hvis myndigheden efter nærmere analyse finder en anden klasse mere korrekt.

## Eksempler på INES-klasser

- INES-7: Tjernoby1, 1986. Havariet af Tjernoby1-4 reaktoren i Ukraine førte til omfattende påvirkninger af mennesker og miljø.
- INES-6: Kyshtym, 1957. En eksplosion på oparbejdningsanlægget i Kyshtym, USSR, medførte at store mængder radioaktivt affald blev spredt til omgivelserne.
- INES-5: Three Mile Island, 1979. Ulykken på kernekraftværket i Pennsylvania medførte en nedsmeltning af reaktorkernen, mens påvirkningen af omgivelserne var meget begrænset.



- INES-4: Tokai Mura, 1999. Ulykken på brændselsfabrikken Tokai Mura i Japan medførte en kraftig bestråling af personale.
- INES-3: Studsvik, 2002. En forsendelse af radioaktivt materiale fra Studsvik i Sverige til USA viste sig at have et stærkt forhøjet strålingsniveau uden for beholderen.

### Kriterier for klassifikation af ulykker efter INES-skalaen

<b>Trin/ Betegnelse</b>	<b>Begivenhed</b>
<b>7 Katastrofe</b>	Udslip til omgivelserne af en stor del af det radioaktive materiale i et stort anlæg, f.eks. reaktorkernen på et kernekraftværk. Udslippet vil bestå af en blanding af kort- og langlivede radioaktive fissionsprodukter og kan føre til akutte stråleskader, sene stråleskader i et større område samt medføre alvorlige miljøkonsekvenser.
<b>6 Alvorlig ulykke</b>	Udslip til omgivelserne af radioaktivt materiale. Udslippet vil typisk kræve fuld iværksættelse af modforholdsregler for at modvirke alvorlige stråleskader.
<b>5 Ulykke med risiko for omgivelserne</b>	Udslip til omgivelserne af begrænsede mængder radioaktivt materiale. Udslippet vil typisk kræve delvis iværksættelse af modforholdsregler for at mindske sandsynligheden for stråleskader.  Alvorlig skade på det nukleare anlæg, f.eks. skade på en stor del af en reaktorkerne, et stort kritikalitetsuheld, eller en brand, hvor større mængder radioaktivt materiale frigives inden for anlægget.
<b>4 Ulykke uden risiko for omgivelserne</b>	Udslip til omgivelserne af mindre mængder radioaktivt materiale, resulterende i strålingsdoser til de mest udsatte personer på nogle få millisievert (mSv). Udslippet kræver næppe iværksættelse af modforholdsregler, bortset fra eventuel lokal fødevarekontrol.  Større skader på et kernekraftværk, f.eks. en delvis kernenedsmeltning, eller tilsvarende hændelser på andre nukleare anlæg.  Bestråling af en eller flere arbejdere på anlægget, som medfører en stor sandsynlighed for dødsfald.
<b>3 Alvorlig hændelse</b>	Radioaktivt udslip til omgivelserne ud over de tilladte værdier, resulterende i strålingsdoser til de mest udsatte personer udenfor anlægget på nogle tiendedele af en millisievert. Udslippet vil muligvis ikke nødvendiggøre iværksættelse af modforholdsregler.  Hændelse, hvor strålingsdoser til en eller flere arbejdere på anlægget kan føre til akutte stråleskader; hændelse som resulterer i en alvorlig radioaktiv forurening af et område indenfor anlægget.  Hændelse med store svigt i sikkerhedssystemet, hvor yderligere svigt af sikkerhedssystemet kan føre til en ulykke.
<b>2 Hændelse</b>	Hændelse med store svigt i sikkerhedsforholdene, men med tilstrækkelig dybdeforsvar tilbage til at modstå yderligere svigt.  Hændelse hvor en eller flere arbejdere får en strålingsdosis, der overskrider den tilladte årlige grænseværdi; hændelse som resulterer i en betydende radioaktiv forurening i dele af anlægget.
<b>1 Uregelmæssighed</b>	Hændelse, hvor betingelserne for drift overskrides, f.eks. ved afvigelse fra tekniske specifikationer eller brud på transport-regulativer, men hvor dybdeforsvaret fortsat er betydeligt.



# APPENDIKS B: Internationale organisationer

## EURATOM

EURATOM er en af EU's oprindelige traktater. Hovedelementerne i traktaten er strålingsbeskyttelse af såvel arbejdstagere som befolkningen i almindelighed, forsyning med fissile materialer, sikring af sådanne materialer mod misbrug til uautoriserede formål (safeguards) og generelle aspekter som forskning og formidling af information. Sikkerhed ved drift af nukleare anlæg og håndtering af radioaktivt affald har primært været nationale anliggender med internationalt samarbejde omkring standardisering og "best practice" m.m. I de senere år har kommissionen imidlertid også taget initiativer på disse områder, f.eks. har den i 2003 foreslået direktiver vedr. sikkerhed ved nukleare anlæg og håndtering af radioaktivt affald.

<http://euratom.org>

## IAEA

International Atomic Energy Agency (IAEA) er en uafhængig international organisation under FN, som har til formål at fremme det internationale videnskabelige og teknologiske samarbejde om den fredelige udnyttelse af nuklear teknologi, herunder kernekraft-teknologi. Organisationen blev grundlagt i 1957 som en kulmination af de internationale bestræbelser for at følge op på Præsident Eisenhowers "Atoms for Peace" program fra 1953. Med udgangen af 2004 havde organisationen 138 medlemsstater og der var indgået safeguard aftaler med 148 lande.

IAEA formidler overførsel af nuklear teknologi og viden på området til udviklingslandene. IAEA udvikler standarder inden for nuklear sikkerhed og arbejder derigennem på at opnå og vedligeholde et højt niveau for sikkerheden ved nuklear energi-produktion og for beskyttelsen af mennesker og miljø mod de skadelige virkninger af ioniserende stråling. Som et led i ikke-spredningsaftalen (NPT) overvåger IAEA, at de nukleare anlæg og materialer, som medlemsstaterne har tilmeldt IAEA's inspektionssystem, kun anvendes til fredelige formål.

IAEA har hovedkvarter i Wien, Østrig, hvor der er ansat ca. 2200 medarbejdere.

[www.iaea.org](http://www.iaea.org)

[www.iaea.org/programmes/a2/index.html](http://www.iaea.org/programmes/a2/index.html): IAEA's Nuclear Power Reactor Information System (PRIS), med data om verdens kernekraftværker mv.

[www-news.iaea.org/news](http://www-news.iaea.org/news): IAEA's Nuclear Events Web-based System, med information om INES-hændelser.

## OECD/NEA

Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) er udsprunget af Organisation for European Economic Co-operation (OEEC), som blev oprettet for at administrere Marshall-planen for den europæiske genopbygning efter 2. verdenskrig. OECD har i dag 30 medlemslande, der alle bekender sig til en demokratisk styreform og markedsøkonomi. OECD's opgave er at støtte medlemslandenes økonomiske og administrative udvikling og fremme samarbejdet mellem landene inden for økonomi, uddannelse, teknologi og forskning m.m. Nuclear Energy Agency (NEA) er en delvist selvstændig organisation inden for OECD. NEA's formål er at støtte medlemslandenes fortsatte udvikling af det videnskabelige, teknologiske og lovgiv-

ningsmæssige grundlag for en sikker, miljøvenlig og økonomisk udnyttelse af kerneenergien til fredelige formål. NEA har et tæt samarbejde med EU-kommissionen og en samarbejdsaftale med IAEA. NEA samarbejder også med ikke-medlemslande i Central- og Østeuropa. NEA har i dag 28 medlemslande.

NEA støtter en række samarbejdsprojekter medlemslandene imellem vedrørende nuklear sikkerhed, strålingsbeskyttelse, håndtering af radioaktivt affald og dekommissionering m.m. NEA har sit hovedsæde i Paris, Frankrig. Arbejdet er organiseret i en række komitéer med deltagelse af mere end 500 eksperter fra medlemslandene.

[www.nea.fr](http://www.nea.fr)

## **UNSCEAR**

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) er en videnskabelig komite under FN. Den blev etableret i 1955 som reaktion på de atmosfæriske prøvesprængninger af nukleare våben og det medfølgende globale radioaktive nedfald. Det er komiteens opgave at indsamle og evaluere information om niveauerne af ioniserende stråling og radioaktivitet stammende fra både menneskeskabte og naturlige kilder og at studere de mulige virkninger på mennesker og miljø.

UNSCEAR består af videnskabsmænd fra 21 medlemslande. Danmark er ikke medlem. De 21 medlemslande har hver én repræsentant i komiteen. Komiteen og sekretariatet arbejder sammen med videnskabsmænd over hele verden for at etablere databaser over eksponeringer til ioniserende stråling og information om eksponeringernes virkning. UNSCEAR's hovedsæde ligger i Wien.

[www.unscear.org](http://www.unscear.org)

## **WENRA**

Western European Nuclear Regulators' Association (WENRA) er en sammenslutning af lederne af en række vesteuropæiske landes nukleare tilsynsmyndigheder. Sammenslutningen omfatter Belgien, Finland, Frankrig, Tyskland, Italien, Holland, Spanien, Sverige, Schweiz og Storbritannien. Sammenslutningens formål er at udvikle en fælles tilgang til kernekraftsikkerhed med hovedvægten på EU-området.

## **WANO**

The World Association of Nuclear Operators (WANO) er en uafhængig, global sammenslutning af alle selskaber, der driver kernekraftværker. WANO formidler samarbejde og udveksling af driftserfaringer mellem operatørerne med det formål at opnå den højest mulige sikkerhed og pålidelighed for kernekraftværkerne.

[www.wano.org.uk](http://www.wano.org.uk)

## **WNA**

The World Nuclear Association (WNA) er en global sammenslutning af industri-virksomheder, der arbejder indenfor den nukleare industri, omfattende kernekraftværker og alle aspekter af brændselskredsløbet. WNA's formål er at være det globale forum for den nukleare industri og at informere om nukleare spørgsmål.

[www.world-nuclear.org](http://www.world-nuclear.org)

## **Nordiske myndigheder**

*Beredskabsstyrelsen, Danmark*

[www.brs.dk](http://www.brs.dk)

[www.brs.dk/nuc/default.asp](http://www.brs.dk/nuc/default.asp): Beredskabsstyrelsens Nukleare Kontor; oplysninger om det danske atomberedskab.

[www.info.nucinfo.dk/denmark](http://www.info.nucinfo.dk/denmark): Nucinfo, Beredskabsstyrelsens informationsværktøj vedrørende nukleare forhold.

*Statens Institut for Strålehygiejne (SIS), Danmark*

[www.sis.dk](http://www.sis.dk)

*Geislavarnir Ríkisins, Island*

[www.gr.is](http://www.gr.is)

*Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK), Finland*

[www.stuk.fi](http://www.stuk.fi)

*Statens Strålevern, Norge*

[www.nrpa.no](http://www.nrpa.no)

*Statens kärnkraftinspektion (SKI), Sverige*

[www.ski.se](http://www.ski.se)

*Statens Strålskyddsinstitut (SSI), Sverige*

[www.ssi.se](http://www.ssi.se)

## APPENDIKS C: Anvendte forkortelser

AECL	Atomic Energy of Canada Ltd, det statslige, canadiske selskab for kerneenergiudvikling
AGR	Advanced Gas-cooled Reactor, den engelske, avancerede gaskølede reaktor
AGS	Airborne Gamma-ray Spectrometry, luftbåren gamma-spektrometri
ANP	Advanced Nuclear Power
AP-1000	Westinghouse's avancerede trykvandsreaktor på 1000 MWe
AREVA	Fransk energikonsortium
ARGOS	Accident Reporting and Guiding Operational System, Beredskabsstyrelsens beslutningsstøtteprogram
ARGOS-CN	ARGOS-systemet inklusiv en byspredningsmodel
ASN	Autorité de Sûreté Nucléaire, franske nukleare sikkerhedsmyndigheder
BE	British Energy, det engelske el-selskab, der ejer de fleste britiske kernekraftværker
BN	Bystrokh Nejttronakh, hurtige neutroner. Russisk version af hurtigreaktoren
BNFL	British Nuclear Fuels Plc., britisk, statsligt kernebrændsels- og reaktorfirma
BPP	Bruce Power Partnership. Datterselskab af British Energy, der har lejet reaktorer af Ontario Power Generation
BRS	Beredskabsstyrelsen
BWR	Boiling Water Reactor, kogendevandsreaktor
CANDU	Canadian Deuterium Uranium, den canadiske tungtvandsreaktor af trykrørstypen
CBRN	Chemical, Biological, Radiological, Nuclear, kemiske, biologiske, radiologiske, nukleare
CEA	Commissariat a l'Energie Atomique, den statslige, franske forskningsorganisation for kerneenergi
CEZ	Det tjekkiske el-selskab
CGS	Car borne Gamma-ray Spectrometry, mobilt gamma-spektrometri
CO <sub>2</sub>	Kuldioxid
DERMA	DMI's langdistancemodel for atmosfærisk spredning
DMI	Danmarks Meteorologiske Institut
DOE	Department of Energy, det amerikanske energiministerium
EBRD	European Bank for Reconstruction and Development, den europæiske udviklingsbank for Central- og Østeuropa
EdF	Electricité de France, det statslige franske el-selskab
ENEL	Italiensk el-selskab
EPR	European Pressurized Reactor, trykvandsreaktor under udvikling i et samarbejde mellem Framatome og Siemens
Eskom	Sydafrikansk el-selskab
ESP	Early Site Permit, forhåndsgodkendelse af arealer til bygning af kernekraftenheder
EU	Den Europæiske Union
EURANOS	Europæisk forskningsprojekt
EURATOM	European Atomic Energy Treaty, EU traktat om atomenergi
EURDEP	European Union Radioactivity Data Exchange Platform, EU's forum for udveksling af radioaktivitetsdata
FBR	Fast Breeder Reactor, hurtig formeringsreaktor

FUMAPEX	Europæisk forskningsprojekt
GCR	Gas Cooled Reactor, gas-kølet reaktor
GIF	Det internationale generation IV forum
GWe	Gigawatt elektrisk
G8	USA, Japan, Tyskland, Frankrig, UK, Italien, Canada og Rusland
HABOG	Hollandsk lager for midlertidig opbevaring af brugt brændsel
IAEA	International Atomic Energy Agency, FN's atomenergiagentur
INES	International Nuclear Event Scale, international skala for radiologiske og nukleare uheld
INPRO	Russisk initieret internationalt program for udvikling af nye reaktortyper inden for rammerne af IAEA
JRC	Joint Research Centre, EU's fælles forskningscenter i Italien
KLT-40	Russisk trykvandsreaktor designet til flydende kernekraftværker
kWh	Kilowatt-time
LOCA	Loss Of Coolant Accident, tab af kølemiddel-uheld
MOX	Mixed OXide fuel, reaktorbrændsel fremstillet af en blanding af plutonium- og urandioxid
MWd/tU	Megawatt-dage pr. ton uran, udbændingsenhed
MWe	Megawatt elektrisk
MWt	Megawatt termisk
NEA	Nuclear Energy Agency, OECD's kerneenergiorganisation
NPCIL	Nuclear Power Corporation of India Limited, Indisk el-selskab
NPT	Non Proliferation Treaty, ikke-spredningsaftalen
NRC	Nuclear Regulatory Commission, USA's reaktorsikkerhedsmyndighed
NucInfo	Beredskabsstyrelsens nukleare informationssystem
NucSpec	Beredskabsstyrelsens program til analyse af målinger
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OEEC	Organisation for European Economic Co-operation
OPG	Ontario Power Generation, canadisk el-selskab (alias Genco)
PHWR	Pressurized Heavy Water Reactor, canadisk trykvandsreaktor baseret på tungt vand, identisk med Candu
PMS	Beredskabsstyrelsens permanente målesystem
Phare	EU-projekter, som har til formål at hjælpe ansøgerlande om optagelse i EU
PRIS	Nuclear Power Reactor Information System, IAEA database om verdens kernekraftværker
PSOE	Partido Socialista Obrero Espanol, spansk politisk parti
PWR	Pressurized Water Reactor, trykvandsreaktor
RBMK	Reaktor-stor-effekt-kanaltype, russisk reaktor med grafit moderator og kogendevandskøling (Tjernobył-typen)
RIMPUFF	Risø's kortdistancemodell for spredning af radioaktivt materiale
RODOS	Real time On-line DecisiOn Support system for nuclear emergency management
ROSATOM	Federale russiske atomenergiagentur
RWE	Rheinisch-Westfalisches Elektrizitätswerk, tysk el-selskab
SIS	Statens Institut for Strålehygiejne
SKI	Statens kärnkraftinspektion, den svenske reaktorsikkerhedsmyndighed
SSI	Statens StrålskyddsInstitut (Sverige)
STUK	Den finske myndighed for nuklear- og strålingssikkerhed
Tenex	Russisk firma, der tager sig af nuklear handel med udlandet
TVA	Tennessee Valley Authority, amerikansk elektricitetsselskab
TVEL	Russisk reaktorbrændselsproducent
TVO	Teollisuuden Voima Oy, finsk el-selskab

TWh	Terawatt-time. 1 TWh = 1 milliard kWh
<sup>235</sup> U	Uran-235, spaltelig uranisotop
UF <sub>6</sub>	Uranhexaflurid, "hex"
UK	United Kingdom
UNI-C	Undervisningsministeriets IT-center for uddannelse og forskning
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, videnskabelig komité under FN om virkninger af stråling
UO <sub>2</sub>	Urاندioxid
U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	Uranilte, "yellow cake"
UOC	Uranium Ore Concentration, concentration af uranmalm
USD	Amerikanske dollar
VVER	Vand vand energi reaktor, russisk udgave af trykvandsreaktoren
WANO	World Association of Nuclear Operators
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association
WNA	The World Nuclear Association, global sammenslutning af virksomheder inden for den nukleare industri
WTO	World Trade Organization

## **Mission**

At fremme en værdiskabende og miljømæssigt forsvarlig teknologisk udvikling inden for energi, industriel teknologi og bioproduktion gennem forskning, undervisning, innovation og rådgivning.

## **Vision**

Risøs forskning **flytter grænser** for forståelsen af naturens processer og sammenhænge helt ned til den molekylære nanoskala.

Resultaterne **sætter trend** for udviklingen af bæredygtige teknologier inden for energi, industri og bioteknologi.

Indsatsen **gavner** det danske samfund og fører frem til nye industrier i milliardklassen.