

ATS

Ydintekniikka n:o 1/1980

YDINJÄTEVYYHTI	2
ATS:N PALSTA	
- VUOSIKOKOUKSEN 1980 PÖYTÄKIRJASTA	4
- ATS:N JOHTOKUNNAT 1966...1979	5
ENS NEWSLETTER	6
LOVIISA I KÄYTTÖ	10
TVO I JA TVO II	12
ENERGIAKATSAUS '79	14
SUURVOIMALAITOSSELVITYS	19
NORHAV YHTEISTYÖPROJEKTI	20
ROGOVININ TUTKIMUS TMI:STÄ	21
KANSAINVÄLINEN YDINPOLTTOAINEKIERTOSELVITYS (INFCE) PÄÄTTYI	
- INFCE -TYÖN YLEISARVIOINTI P.Silvennoinen	24
- JÄTEHUOLTORYHMÄN TULOSTEN YHTEENVETO S.Vuori	40
YDINENERGIA-ALAN TUTKIMUSTOIMINTA SUOMESSA VUONNA 1979 L.Mattila	50
YDINPOLTTOAINETEKNOLOGIAN TUTKIMUKSEN PERUS- SUUNNITELMA SUOMESSA VUOSILLE 1980...1983 M.Ojanen	55
IAEA:N 23. YLEISKOKOUS	
- KOKOUSSELOSTUS	70
- PÄÄJOHTAJA EKLUNDIN PUHE	77
- KEIJO KORHOSEN PUHE	83
NEW NEA/IAEA REPORT ON URANIUM	92

ATS YDINTEKNIikka

NUMERO 1/80
MAALISKUU 1980
JULKAISIJA Suomen Atomiteknillinen Seura -
Atomtekniska Sällskapet i Finland r.y.

TOIMITUS

PÄÄTOIMITTAJA
TKT HEIKKI REIJONEN
PUH. 90-4564148
VTT/SÄHKÖ- JA ATOMITEKNIKAN
TUTKIMUSOSASTO
VUORIMIEHENTIE 5
02150 ESPOO 15

ERIKOISTOIMITTAJA
TKT LASSE MATTILA
PUH. 90-648931
VTT/YDINVOIMATEKNIIKAN LABORATORIO
LÖNNROTINKATU 37
00180 HELSINKI 18

TOIMITTAJA
FM LAUNO TUURA
PUH. 90-6172471
HELSINGIN KAUPUNGIN ENERGIALAITOS
PL 469
00101 HELSINKI 10

ATS:n TOIMIHENKILÖT

PUHEENJOHTAJA DI PAAVO HOLMSTRÖM PUH. 939-37211	RAUMA-REPOLA OY, PORIN TEHTAAT PL 96 28101 PORI 10	JOHTOKUNNAN JÄSEN DI HEIKKI RAUMOLIN PUH. 90-523522	TEOLLISUUDEN VOIMA OY KUTOJANTIE 8 02630 ESPOO 63
VARAPUHEENJOHTAJA DI ANTERO RAADE PUH. 90-6160267	IMATRAN VOIMA OY PL 138 00101 HELSINKI 10	JOHTOKUNNAN JÄSEN FL ANNELI SALO PUH. 90-544212	SÄTEILYTURVALLISUUSLAITOS PL 268 00101 HELSINKI 10
RAHASTONHOITAJA TKT AITO OJALA PUH. 90-448311	INS.TSTO AITO OJALA RUNEBERGINKATU 60 B 44 00260 HELSINKI 26		
SIHTEERI DI PEKKA LOUKO PUH. 90-6160474	IMATRAN VOIMA OY PL 138 00101 HELSINKI 10	YLEISSIHTEERI FK ANNA-LIISA SAVOLAINEN PUH. 90-171922/247	ILMATIETEEN LAITOS PL 503 00101 HELSINKI 10
JOHTOKUNNAN JÄSEN TKT LASSE MATTILA PUH. 90-648931	VTT/YDINVOIMATEKNIIKAN LABORATORIO LÖNNROTINKATU 37 00180 HELSINKI 18	KANS.VÄL.ASIAIN SIHTEERI TKT OLLI TIAINEN	HELSINGIN KAUPUNGIN ENERGIALAITOS PL 469 00101 HELSINKI 10

YDINJÄTEVYHYTI

Ydinjätevyhyteä on maassamme nyt selvitelty vaihtelevalla menestyksellä muutaman viimeksi kuluneen vuoden aikana. Osaratkaisuihin on kyllä pystytty laatimaan päätöksiä. Kokonaisuuden selvittämisessä on kuitenkin todettava se, että eri tekijöiden vuoksi vyyhti on osoittautunut odotettuaakin kompleksisemmäksi.

Aiemmin tehdyistä osaratkaisuihin voidaan mainita valtioneuvoston 28.4.1978 tekemä periaatepäätös ydinjätehuollon järjestämisestä. Tämän päätöksen mukaan valtioneuvosto edellytti, että ydinjätehuollon tutkimus-, kehitys- ja suunnittelu- ja valmistelutoimenpiteet määrättiin tällöin suoritettaviksi KTM:n valvonnassa jäteteentuottajien toimesta ja kustannuksella. Periaatepäätöksen suuntaviivat heijastuvat myös valtioneuvoston 7.7.1978 myöntämässä TVO:n Olkiluoto I:n käyttöluvassa. Tässä TVO velvoitetaan yksin tai käytännössä IVO:n kanssa suorittamaan ydinjätetutkimuksia. Näiden tutkimusten laajuus tuli olla suhteutettu voimalaitostoiminnan laajuuteen tavoitteen ollessa sellaisen valmiuden luominen, minkä pohjalta ydinjätehuolto loppusijoitus mukaan lukien voitaisiin oikea-aikaisesti hoitaa joko Suomessa tai ulkomaisiin palveluihin perustuen. Vastaava määräys on hiljattain annettu myös IVO:lle Loviisa I:n käyttö lupaa täydentävänä.

Edellämainittujen määräysten mukaisesti voimayhtiöt velvoitettiin kunkin vuoden syyskuun 30. päivään mennessä esittämään KTM:lle hyväksyttäväksi suunnitelman seuraavan kalenterivuoden aikana suoritettavaksi aiotusta työstä. Ensimmäisen kerran kyseistä järjestelmää kokeiltiin v. 1979 ja parhaillaan on meneillään tämän vuoden tutkimustöiden hyväksymisprosessi. Tälle vuodelle voimayhtiöt ovat esittäneet vajaan 4 Mmk:n tutkimusohjelmaa, joista n. 1 Mmk teetetäisiin ulkopuolisilla organisaatioilla. Rajan vetäminen voimalaitoksen normaaliin käyttöön liittyvien tehtävien ja tutkimusten välillä on luonnollisesti vaikeata ja muutoinkin ehdottomasti tarpeellisen tutkimuksen volyymin yksikäsitteinen määrittäminen on mahdotonta. Tähänastiset kokemukset vuosittain sovittavasta ja voimayhtiöiden rahoittamasta ydinjätealan tutkimuksesta ovat voimayhtiöiden ulkopuolisten suorittajaorganisaatioiden, lähinnä VTT:n kannalta valittettavan kielteisiä. Tutkimustoiminnan vaatimaa pitkäjännitteisyyttä ei näin ole pystytty takaamaan ja pienimuotoisten yksittäistehtävien suorittaminen ei alan tutkijoiden piirissä ole todettu mielekkääksi muihin tarjolla oleviin tutkimustehtäviin verrattuna. Alalta onkin siirtynyt henkilöitä runsaasti muihin tehtäviin. Jätetutkimuksen organisaatiokysymysten selvittelyllä alkaakin jo olla kiire.

KTM on 20.10.1978 asettanut työryhmän ohjaamaan ja valvomaan ydinjätealan tutkimustoimintaa Suomessa painottuen erityisesti korkea-aktiivisen ydinjätteen huoltoon liittyvään tutkimustarpeeseen. Työryhmä on nyt saanut valmiiksi esityksensä ydinjätetutkimuksen suuntaviivoista ja aikataulusta. Rahoituskysymysten osalta tilanne kuitenkin on vielä avoin. Esitettävät aikataulut ovat perustana vain tutkimusten ja selvitysten suunnittelulle eivätkä ennakoivat varsinaista jätehuollon toteutumisaikataulua.

Vaikka voidaan toivoa jätevyhyden selvittämisessä ulkomaista apua, viittaavat viimeaikaiset tapahtumat kuitenkin omien kansallisten valmiuksien luomisen ja säilyttämisen tärkeyteen. INFCE:n jätekysymyksiä käsitelleen työryhmä 7:n yhtenä kolmesta puheenjohtajasta toiminut prof. P. Silvennoinen on esittänyt maamme jätealalla työskenteleville terveiset, että jälleenkäsittelypalveluja ei lähiaikoina tarjota ja että monikansallisten käytetyn polttoaineen vastaanotto-keskusten varaan ei tule paljoa laskea. Ise asiassa YK-järjestöjen tyyppisten virkamiesbyrokratioiden päästäminen lähellekään korkea-aktiivisia jätteitä saa asiaa tuntevien ihon nousemaan kananlihalle. Ruotsinkaan suuntaa vilkuileminen ei riitä, sillä sikäläistä organisaatioviidakkoa ei lahden tälle puolelle mielellään istutettaisi. Mielekkään tutkimusvolyymin pitkäjännitteisessä

organisaatiossa ovat voimayhtiöt ja KTM avainasemassa. Jätealueen laaja-alaisuus johtaa helposti epäolennaiseen ja päällekkäiseen. Erityisesti huomiota on myös kiinnitettävä siihen, ettei tutkimuskenttä pääse pirstoutumaan toisistaan irrallisiksi yksiköiksi.

Edellä kirjoitetun tekstin tummahkolta vaikuttava sävy tolee kuitenkin suhteuttaa siihen, mikä ydinjätealan tilanne muissa ydinenergiaa tuottavissa maissa on. Tällöin on löhdullista todeta, että maamme ydinjäteongelmat ovat selvästi ratkais- tavissa olevaa suuruusluokkaa. Organisaatiota koskevat policy-keskustelut sujune- vat hitaasti, jos ollenkaan ja nyt on siirryttävä enemmän konkreettisen toiminnan tasolle.

H. Reijonen

ATS -PALSTA

VUOSIKOKOUKSEN 1980 PÖYTÄKIRJASTA

Suomen Atomiteknillisen Seuran 14. vuosikokouksen avasi seuran puheenjohtaja Olli Tiainen. Vuosikokouksen puheenjohtajaksi valittiin Daniel Jåfs ja pöytäkirjan tarkastajiksi valittiin Antero Raade ja Reino Seppälä sekä heidän varamiehekseen Pertti Siltanen.

Seuran toimintakertomus vuodelta 1979 hyväksyttiin ja kuultiin tilintarkastajien lausunto yhdistyksen varainhoidosta ja hallinnosta. Tilinpäätös vuodelta 1979 hyväksyttiin sellaisenaan. Edellisten perusteella seuran johtokunnalle myönnettiin tili- ja vastuuvapaus yhdistyksen tileistä ja hallinnosta.

Erovuoroisia tai eroavia johtokunnassa olivat Pekka Hiismäki, Paavo Holmström, Jorma Karjala ja Ami Rastas.

Yhdistyksen uudeksi puheenjohtajaksi valittiin yksimielisesti Paavo Holmström ja johtokunnan uusiksi jäseniksi Pekka Louko, Lasse Mattila, Aito Ojala ja Heikki Raumolin. Johtokunnan keskuudesta valittiin varapuheenjohtaja, rahastonhoitaja ja sihteeri. Kokoonpanoksi tuli seuraava:

Paavo Holmström	puheenjohtaja
Antero Raade	varapuheenjohtaja
Aito Ojala	rahastonhoitaja
Pekka Louko	sihteeri
Lasse Mattila	jäsen
Heikki Raumolin	jäsen
Anneli Salo	jäsen

Seuran tilintarkastajiksi valittiin Leena Katajapuro ja Svante Ernstén sekä heidän varamiehekseen Seppo Vuori.

Seuran jäsenmaksut pysytettiin ennallaan ja ne ovat siis:

liittymismaksu	50 mk
vuosijäsenmaksu	40 mk
ainaisjäsenmaksu	600 mk
kannatusjäsenmaksu	700 mk

Toimihenkilöiden vuosipalkkioiksi vahvistettiin seuraavat:

sihteeri	1600 mk	ATS Ydintekniikka -lehden	
rahastonhoitaja	1600 mk	päätoimittaja	400 mk
yleissihteeri	600 mk	erikoistoimittaja	300 mk
kv. asiain sihteeri	400 mk	toimittaja	600 mk

Seuran toimintasuunnitelma hyväksyttiin esitetyn mukaisesti.

JOHTOKUNNAN JÄRJESTÄYTYMINEN

Seuran johtokunta piti järjestäytymiskokouksensa 4.2.1980. Siinä nimettiin seuran yleissihteeriksi Anna-Liisa Savolainen ja kansainvälisten asioiden sihteeriksi Olli Tiainen. Molemmat tulevat olemaan läsnä johtokunnan kokouksissa. ATS Ydintekniikka -lehden päätoimittajaksi nimettiin Heikki Reijonen, erikoistoimittajaksi Lasse Mattila ja toimittajaksi Launo Tuura.

ATS:N JOHTOKUNNAT SEURAN PERUSTAMISESTA LÄHTIEN

ATS on perustettu vuonna 1966. Sääntöehdotusta laatimaan ja varsinaista perustamiskokousta koolle kutsumaan nimettiin tuolloin komitea, jonka puheenjohtajana oli prof. Pekka Jauho, sihteerinä DI Kalevi Numminen sekä jäsenenä DI Daniel Jåfs ja TkL Olavi Vapaavuori.

Johtokunnat:

1966	1967	1968
pj Pekka Jauho vpj Uolevi Luoto rh Tapio Eurola siht Kalevi Numminen Pentti Alajoki Ilkka Mäkipentti N. Westerberg	pj Pekka Jauho vpj Daniel Jåfs rh Tapio Eurola siht Jaakko Ihamuotila Pentti Alajoki Ilkka Mäkipentti N. Westerberg	pj Uolevi Luoto vpj Daniel Jåfs rh Tapio Eurola siht Jaakko Ihamuotila Pentti Alajoki Jorma K Miettinen Antti Vuorinen
1969	1970	1971
pj Uolevi Luoto vpj Daniel Jåfs rh Antti Vuorinen siht Jaakko Ihamuotila Jorma K Miettinen Kalevi Numminen Olavi Vapaavuori	pj Uolevi Luoto vpj M. von Bonsdorff rh Antti Vuorinen siht Olavi Vapaavuori Jorma K Miettinen Lasse Nevanlinna Kalevi Numminen	pj Anders Palmgrén vpj M. von Bonsdorff rh Jaakko Kajamaa siht Tapani Graae Lasse Nevanlinna Kalevi Numminen Olavi Vapaavuori
1972	1973	1974
pj Anders Palmgrén vpj M. von Bonsdorff rh Jaakko Kajamaa siht Tapani Graae Juhani Kuusi Martti Mutru Lasse Nevanlinna	pj Anders Palmgrén vpj Erkki Vaara rh Jaakko Kajamaa siht Tapani Graae Juhani Kuusi Jouko Mikola Martti Mutru	pj Erkki Vaara vpj Martti Mutru rh Reino Hyvärinen siht Risto Tarjanne Juhani Kuusi Paul Laine Olli Tiainen
1975	1976	1977
pj Erkki Vaara vpj Olli Tiainen rh Reino Hyvärinen siht Risto Tarjanne Paul Laine Bjarne Regnell Eric Rotkirch	pj Erkki Vaara vpj Olli Tiainen rh Reino Hyvärinen siht Launo Tuura Bjarne Regnell Eric Rotkirch Risto Tarjanne	pj Olli Tiainen vpj Paavo Holmström rh Pekka Hiismäki siht Launo Tuura Ami Rastas Bjarne Regnell Eric Rotkirch
1978	1979	
pj Olli Tiainen vpj Paavo Holmström rh Pekka Hiismäki siht Launo Tuura Antero Raade Ami Rastas Anneli Salo	pj Olli Tiainen vpj Paavo Holmström rh Pekka Hiismäki siht Jorma Karjala Antero Raade Ami Rastas Anneli Salo	

The ENS Newsletter

issue no. 17
January 1980.

published for ENS by the
Institution of Nuclear Engineers

EDITORIAL

This issue, No 17, of our ENS Newsletter, sees some modest changes in layout coupled with an increased circulation of twenty-five copies to our national organisation members (more can be provided at cost if they find this convenient). In making this decision for a modest expansion of the Society's Newsletter, the Publication Committee, supported in turn by the Steering Committee, had in mind that the Newsletter provides the obvious machinery beyond official minutes and correspondence, to tie the various elements of our Federation of National Societies together. With this circulation, it should be feasible to reach all committee members speedily on a regular basis, publishing once every two months. Of course we are delighted if the material of the Newsletter is reproduced, translated where necessary, in a way to reach all the individual members, all 9000 or so, that together make up the organisation members. Further copies are sent to our industrial, etc Supporting Members and to associated societies and their officers around the world.

But providing a publication is not in itself enough; there must be something useful to be said and published. In part this is provided by routine material on names and addresses, future meetings etc. We are also a vehicle of course for official Society news, from the President say. But we need more and we need the continuing support of the national societies who have been asked to nominate correspondents to the Newsletter who can between them provide grist to the Editor's mill. We hope to publish the names of these correspondents in the next issue and Secretaries of Organisation Members are asked to confirm the 1980 nominations to the Editor by mid March.

We are indeed in the nineteen eighties. 1979 was a remarkable year, dominated in the United States perhaps by the Three Mile Island Accident whilst in Europe the highlights included the Gorleben semi-decision in Germany and the UK Government commitment to a programme of 10 nuclear stations that may well switch to Pressurised Water Reactors. We may start the new year perhaps not in wishing our members 'good luck' (and the reliability analysis to secure continued good luck would be fraught indeed) but rather by wishing them the just results that their own endeavours shall deserve.

The Editor

International News

The Report of the President's Commission on Three Mile Island-2 Accident (The Kemeny Report) was delivered at the end of October. Already the international discussion of the lessons drawn by the Commission and the recommendations, particularly for the organisation of licensing and safety, have been widely discussed in other countries. In the USA, an immediate step taken was the replacement of the Chairman of the Nuclear Regulatory Commission (formerly Dr Joseph Hendrie). The focus should not remain solely on the NRC, however, since pungent comment was passed on the attitudes of constructors and operators (utilities) which will need seeing to if the public are to accept nuclear power in the States. President Carter has said that the urgent need for power must preclude an unthinking and outright moratorium, but clearly the licensing of plants now under construction is likely to be delayed two years with serious financial consequences in terms of interest during construction. Meanwhile, events in Iran will clearly affect the political decisions in the area of nuclear power too.

In October, an agreement was reported signed between the USA and Egypt to finance and build two PWR stations at Sidi Kreier, just outside Alexandria. Egypt of course will regain a limited amount of oil from the rec very of the Sinai desert but must feel that imported supplies are vulnerable. The site has been earmarked long since for a start to the long delayed Egyptian Nuclear Power Program, though it is close to main centres of population. It is still not clear however what the terms of finance might be and when a start on construction can be made.

At the IAEA Meeting in India in December, the political step was taken of banning the attendance of South Africa (a member state of the IAEA) over the question of apartheid. At the time of the meeting, Pakistan was reported to have perfected a nuclear weapon (the so-called Islamic bomb) by diverting the use of the Tarrapur heavy water reactors of Canadian design, a development that has led to diplomatic difficulties between Pakistan and Canada, providing the heavy water technology. France has revealed that she has been associated with shipments of natural uranium to both Libya and Pakistan from french controlled african sources.

National News

A long awaited Government statement in the UK was made shortly before the Christmas recess, a traditional 'ploy' to minimise the opportunity for parliamentary debate. There is a government commitment to some ten nuclear power stations with a strong possibility of a switch from the traditional British gas cooling to a Pressurised Water Design. Cautiously, the government will wait until a specific application from the Central Electricity Generating Board (who have long favoured the shop fabricated PWR as a way to improve on the poor construction record of the field fabricated AGRs) is coupled with a favourable report from the Nuclear Installation Inspectorate before confirming the switch. But the construction company (NPC) is to be reorganised to remove the layer of the holding company and, more importantly, change the role of the British General Electric Company as managers, GEC having long favoured the PWR for its export possibilities. Lord Aldington is likely to be replaced by Sir John King (Chairman of Babcock International) as Chairman of the new construction company. The political delicacy of switching to PWR so soon after Harrisburg is evident; statements were released simultaneously from the utility, the licensing authorities and the constructors, saying that Harrisburg made no difference of principle over the acceptable safety of a properly designed and licensed PWR.

In Italy, a Piedmont Regional Conference was held on 19-20 October detailing the present and potential contribution of nuclear power to the development of energy resources in Italy, Piedmont in particular. In his leading address, Professor Ing Francesco Corbellini (President ENEL) referred to the necessities of power planning in the region: that nuclear power is destined to become the most economical source of electricity; that industry in Italy will find itself at a great disadvantage in energy costs compared with France if nuclear power is not generated; and finally, that nuclear fuel is not subject to the monetary fluctuations of (imported) oil and coal.

In Australia, reopening and new developments of uranium mines is proceeding under the direction of the new government who seem to have met many of the political objections linked with Aborigine rights. It is reported that to raise finance, a substantial investment in new mines has been accepted from abroad and that the UK Central Electricity Generating Board have invested substantially with a view to securing future uranium supplies. In a parallel move, affecting Urenco with its tri-national partnership of Germany, Holland and the UK, Australia is seeking rights of centrifuge enrichment processes to increase the economic value of its natural uranium exports.

Society News

The Board of ENS met in Nice followed by a full Steering Committee Meeting, 2 November. There was extensive discussion of the Planning Committee paper on the role and organisation of the Society which was resolved as a referral back to the Planning Committee, who are asked to prepare a final version including the drafting of consequential changes in constitution and bye-laws, etc. This would also admit the concept of the national associated members from other countries outside Europe. Dr H Cartwright (President of ENES) was elected a Vice President. The next Steering Committee Meeting will be held in Bonn on 24 March, by kind invitation of the German Society (KTG) during the course of their annual meeting, 25-28 March 1980.

ENC '83

A major commitment was made at the Steering Committee meeting in Nice, to accept the UK proposal to hold the next ENS major conference in the UK in the week beginning 25 April 1983. Similar to the successful Paris Conference of 1975 and the Hamburg Conference of 1979, this will be co-sponsored by the American Nuclear Society. The invitation to mount the next Conference, ENC '83, in the UK was extended jointly by the UK national societies, the British Nuclear Energy Society (BNES) and the Institution of Nuclear Engineers (INuE). Whilst the detailed running of such a major enterprise must be largely in the hands of the national committee available on the spot, there will of course be a full International Steering Committee who will have, amongst other tasks, the role of defining the theme of the Conference and making arrangements to invite and accept papers. The themes proposed so far for ENC '83 are

Nuclear Power : the Achievable Goals or Nuclear Power: its Realisation

The Conference itself will be held in Brighton, in the modern Conference Centre together with newly extended display facilities based on the adjacent major hotels. Brighton is host to the major national and international Conferences in the UK and has all the facilities for such a venture, including simultaneous translation and experience of security arrangements. It is the fashionable Regency watering place with a wealth of architectural interest and attractions, such as the antique shops of the Brighton 'lanes' and the new Marina. Other travel facilities are superb; London is an hour away by train and there is convenient access to the two London airports of Heathrow and Gatwick (the latter being easily accessed by train direct). The Royal Pavilion, home of the Prince Regent, will make a magnificent setting for the formal entertainment of what will be the major International Nuclear Conference of 1983 - ENC '83.

SUPPORTING MEMBERS OF ENS

National Societies are asked to update and complete this record of Supporting Members of ENS whose contributions help the work of the Society on an annual subscription basis. Details of Supporting Membership are obtainable from the local national society or organisation member or on application to the President, Prof Carlo Salvetti.

Netherlands

N.V. Provinciale Zeeuwse Energie-Maatschappij,
Postbus 48, 4300 AA MIDDELBURG

Stichting Energieonderzoek Centrum Nederland,
Scheveningseweg 112, 2584 AE 's-GRAVENHAGE

Siemens Nederland N.V.
Postbus 16068, 2500 BB 's-GRAVENHAGE

Ultra-Centrifuge Nederland N.V.
Postbus 84334, 2508 AH 's-GRAVENHAGE

N.V. Gemeenschappelijke
Kernenergiecentrale Nederland
Utrechtseweg 310, 6812 AR ARNHEM

Switzerland

BBC Aktiengesellschaft
Brown, Boveri and Cie
CH-5401 Baden

Elektizitätsgesellschaft
Laufenburg AG
CH-4335 Laufenburg

Atelier des Charmilles SA
109 Rue de Lyon
CH-1211 Genève 13

Switzerland (continued)

Suiselectra
Ingenieurunternehmung AG
der Schweizerischen Elektrizitäts-
und Verkehrsgesellschaft
Malgasse 32 Postfach
CH-4010 Basel

ATEL, Aare-Tessin
Aktiengesellschaft für Elektrizität
-Bahnhofquai 12
CH-4600 Luzern

Bernische Kraftwerke AG
Direktion V
Viktoriaplatz 2
CH-3000 Bern 25

Elektrowatt
Ingenieurunternehmung AG
Postfach
CH-8022 Zurich

SA l'Energie de l'Ouest Suisse
Case Postale 1048
CH-1001 Lausanne

Kernkraftwerk Leibstadt AG
CH-4353 Leibstadt

Kernkraftwerk Gosgen-Daniken AG
CH-4658 Daniken

Nordostschweizerische Kraftwerke AG
Postfach
CH-5401 Baden

Italy

ANSALDO, Società Generale Electricità
Via Pacinotti 20, I-16151 Genova Sampierdarena

Elettronucleare Italiana
Viale Europa 46, I-20093 Cologno Monzese

Belgium

Belgonucleaire
Rue du Champ de Mars 25 B-1050 Bruxelles

CEN/SCK
Boeretang 200, B-2400 Mol

COMPRIMO
Noorderlaan 139, B-2030 Antwerp

Eletronucleaire
Rue de la Pepiniere 41, B-1000 Bruxelles

Exxon Nuclear
Place du Champ de Mars 5, B-1050 Bruxelles

FABRICOM
Rue Gatti de Gamond 254, B-1180 Bruxelles

IRE
Institut de Radioéléments, B-6220 Fleurus

VINCOTTE
B-1640 Rhode Saint Genese

WENESE
Rue de Stalle 73, B-1180 Bruxelles

Germany FRG

Badenwerk AG
Postfach 1680 7500 Karlsruhe 1

Bayenwerk AG
Blutenburgstrasse 6, 8000 Munchen 2

Isar-Amperwerke AG
Postfach 370220, 8000 Munchen 37

Germany (continued)

Neckarwerke Elektrizitätsversorgungs A G
Ritterstrasse 17, 7300 Esslingen/Neckar

Nordwestdeutsche Kraftwerke A G
Schöne Aussicht 14, 2000 Hamburg 76

Preussische Elektrizitäts AG
Postfach 4849, 3000 Hannover 1

Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerke AG
Kruppstrasse 5, 4300 Essen 1

Technische Werke der Stadt Stuttgart AG
Postfach 793, 7000 Stuttgart 1

Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen VEW
4600 Dortmund 1

Kernforschungsanlage Jülich GmbH
KFA Postfach 1913, D-5170 Jülich

Brown Boveri and Cie AG
Kallstadter Strasse 1, D-6800 Mannheim 1

Kraftwerk Union Aktiengesellschaft (KWU)
Hammerbacher Strasse 12, D-8520 Erlangen

Energie Versorgung Schwaben AG (EVS)
Postfach 158, D-7000 Stuttgart 1

Gesellschaft für Kernforschung MBH
G f K Karlsruhe Postfach 3640, D-7500 Karlsruhe

Hamburgische Elektrizitäts Werke AG (HEW)
Überscoring 12, 2000 Hamburg 60

Hahn-Meitner Institut
Postfach 390128, 1000 Berlin 39

Additions and amendments would be welcome and will be the only means of maintaining a correct address list for the purpose of sending Supporting Members a copy of the Newsletter.

THE ENS DIARY

new items are side starred **

1980

JANUARY

- 24 - 26 Italian Nuclear Energy Days, Milan
31 President ENS Lecture in London, UK

FEBRUARY

- 10 - 13 Emergency Preparedness: An Executive Conference, ANS, Texas USA **
11 - 13 Third International Conference on Non-Destructive Evaluation in the Nuclear Industry, ANS Salt Lake City
26 - 28 International Conference: Fusion Topical Meeting, ANS/ENS San Diego, USA **

MARCH

- 12 One Day Conference: Design of Chemical and Nuclear Installations against Impact from Plant Generated Missiles. ENES (Midland Branch) Leicester UK. Details ENES **
26 - 30 La gestion sur place des déchets de reacteurs de puissance; a colloquium organised by IAEA and OECD, in Zurich

APRIL

- 8 - 11 Emerging Nuclear Energy Systems, Genie Atomique (Dr S Sahin) 33 Av de Cour, Lausanne, Switzerland. **

and 1981

- April 27 29 ANS/ENS International Topical Meeting on Mathematical Methods, Munich, Germany (KTG)
September 17 SMIRT VI Conference, Paris, France **

THE ENS DIARY

1980

APRIL

- 8 - 11 ANS Topical Meeting, Thermal Reactor Safety, Knoxville, Tennessee.

MAY

- 13 - 15 International Conference on Post-Irradiation Examination, British Nuclear Energy Society, Lake District, UK
14 - 17 Fourth International Conference on Nuclear Methods in Environmental and Energy Research ANS, Climba, Missouri, USA

JUNE

- 8 - 13 American Nuclear Society Annual Meeting

AUGUST

- 4 - 7 Fifth International Conference on Zirconium in the Nuclear Industry, Boston, USA **

SEPTEMBER

- 19 "Directions in Nuclear Engineering Research" Day meeting for discussion, Cambridge, UK Details from Institution of Nuclear Engineers
30 - 2 Oct Technologies for Alternate Fuel Cycles, ANS - ENS co-sponsored, Gatlinburg, Tenn. **

OCTOBER

- 2 - 3 Radioecology Conference, Bonn
7 - 9 Nuclear Reactor Thermal Hydraulics, Nuclear Engineering Department, RPI, Troy NY **

and 1983

- ENC '83 25 - 29 April. Brighton, UK
Details from ENES and INUC. ENS/ANS sponsor

NAMES AND ADDRESSES OF ENS MEMBER SOCIETIES

- Netherlands Nuclear Society: Secretary - ir. P.. Brand, N.V.KEMA, Utrechseweg 310 Arnhem, Netherlands
- American Nuclear Society: Local Sections in Europe
Belgium: M J Devooght, Université Libre de Bruxelles, Av Franklin Roosevelt, 50 Bruxells B-1050
Central Europe: A Bayer, Kernforschungszentrum/INR, Postfach 3640, D-7500 Karlsruhe, West Germany
France: M Rozenholc, GAAA, 20 av Edouard Herriot, F-92350 Le Plessis Robinson, France
Italy: Avv P Bullio, Via Paisiello, 26/28, I-00198, Roma, Italy
- British Nuclear Energy Society: H Cartwright CBE, c/o Institution of Civil Engineers, 1-5 Gt George St, London SW1P 3AA
- Foreningen Karnteknik: Pehr E Blomberg, Studsvik Energiteknik AB, S-611, 82 Nykoping, Sweden
- Hellenic Nuclear Society: Dr C Apostolakis, General Secretary, Isotopes Dept NRC 'Demokritos', Aghia Paraskevi, Attiki, Athens, Greece
- Institution of Nuclear Engineers: Bruce Youngman, Secretary; Allan House, 1 Penerley Road, Catford, London SE6, UK
- Kerntechnische Gesellschaft e.V.: Heusallee 10, D-5300, Bonn 1, FR Germany
- Schweizerische Gesellschaft der Kernfachleute: H. Winkler, Secretary; Barenplatz 2, Postfach 2613, Bern, CH-3001
- Sociedad Nuclear Espanola: D. Manuel Perello Palop, Estebanez Calderon, 7-90f, Madrid-20, Spain
- Societa Nucleare Italiana: Prof C.Salvetti, c/o CNEN, Viale Regina Margherita, 125, I-00198 Roma, Italy
- Société Française d'Énergie Nucléaire: Secretariat, 48, rue de la Procession, F-75724 Paris CEDEX, France
- Suomen Atomiteknillinen Seura-Atomtekniska Sällskapet i Finland, R.Y. (Finnish Nuclear Society FNS)
J Karjala, Secretary: Teollisuuden Voima Oy, Kutojantie 8, SF-02630 ESPOO 63, Finland tel: +3580520379

OFFICERS OF THE ENS

President (1979/81): Sr Professor Carlo Salvetti, CNEN, viale Regina Margherita 125, I-00198 Roma, Italy: telex I 610183
Immediate Past President: Prof K H Beckurts. Vice Presidents: M. C P L-Zaleski and Dr H Cartwright, OBE
Board Members: Dr J Lewins, Sr M Perello and Mr P Tempus
Office Manager: M. G Thomas, PO Box 120 CH-1213, Petit Lancy, Switzerland (Legal address of the European Nuclear Society)

Published for the ENS by I Nuc E and printed in the UK. Letters and materials for publication should be addressed to:
Editor ENS Newsletter, Dr J.Lewins, Engineering Department, University of Cambridge, Trumpington Street,
Cambridge CB2 1PZ. Telex: G 81239 DEPENG. Telephone: (0223) 66466

Twenty five copies are distributed free to each organisation member and one copy to each supporting member of ENS.
Further copies may be obtained at cost by these members on enquiry to the Editor or the Institution of Nuclear Engineers.

LOVIISA 1 KÄYTTÖ 1.9.1979 - 24.3.1980

Loviisa 1:n käyttöhistoria oli edellisen kerran ATS-lehdessä jaksolta 1.1. - 31.8.1979. Kuvassa on esitetty käyttöhistoria 1.9.1979 - 24.3.1980.

Syyskuu sujui hyvin. Ainoa oleellinen tehonalennus liittyi höyrylinjojen pikasulkuventtiilien koestusjärjestelmään. Lokakuun käyttökerroin oli 91,9 % (maksimi 92 %). Marras-kuussa aloitettiin putkiston lyöntiankkurain kiinnitettyjen tukien tarkastus- ja vahvistustyöt kylmässä seisokissa. Laitos oli seisokin alkaessa ollut 4 1/2 kuukautta verkossa. Seisokissa suoritettiin myös muita huoltoja. Joulukuun 8, päivänä käynnistettiin taas laitos.

Tammikuun alusta saatiin lupa toimia 100 % teholla. Käyttökerroin 99,7 %. Helmikuun tehonvähennykset liittyivät lauhduttimen tuubien tulppaukseen (2 kpl) sekä erään turpiini-piirin laippatiivisteiden korjaukseen. Maaliskuussa hyötysuhde on ollut hiukan normaalia alhaisempi johtuen turpiini-piirin korkeapaine-esilämmittimen korjauksesta.

Turvallisuuteen liittyneitä raportoitavia tapahtumia oli kuvatus n. 7 kuukauden jakson aikana 4 kpl:

- tehonnosto käyttörajoituksia suuremmalla nopeudella 50 MW:n matkalla (ilmeisesti asetteluvirhe)
- vesitankin ylivuoto keräysaltaaseen radioaktiivisten vesien säilytysjärjestelmässä (käyttövirhe, vesi puhdasta)
- boorivesisäiliön booripitoisuuden lasku alle 12 g/kg arvoon 11,4 g/kg (pumppujen poksiveden virtaus)
- operaattorin ohjaajalisenssin vanheneminen.

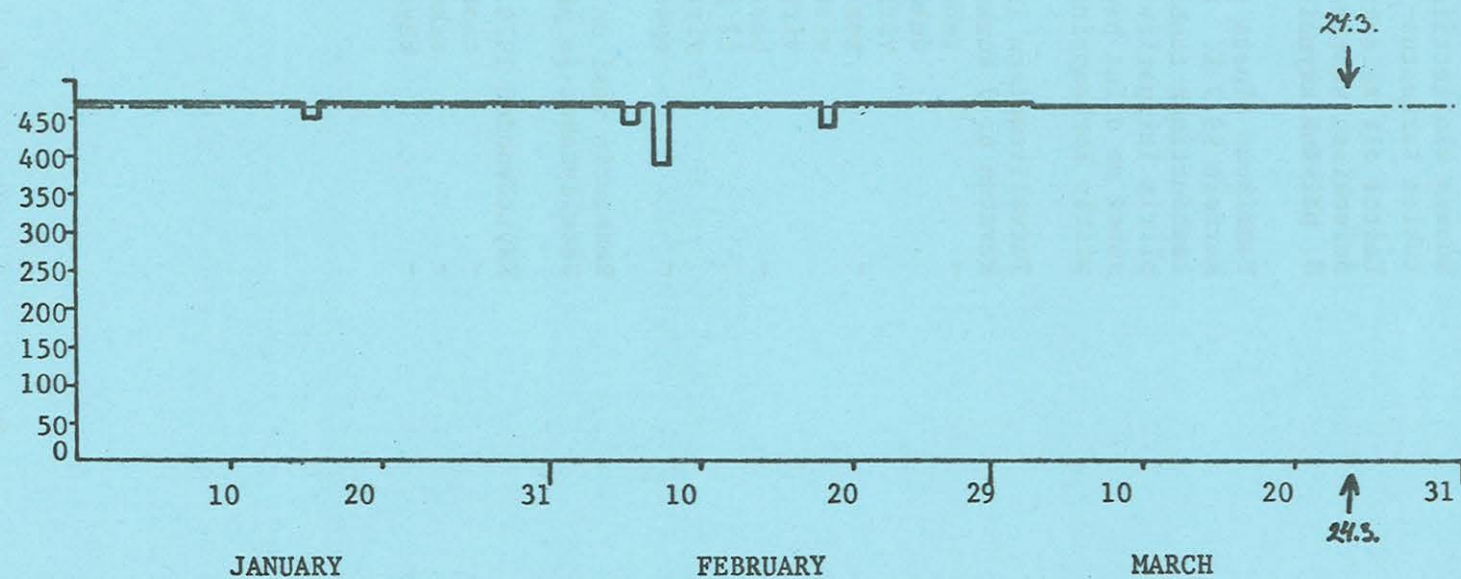
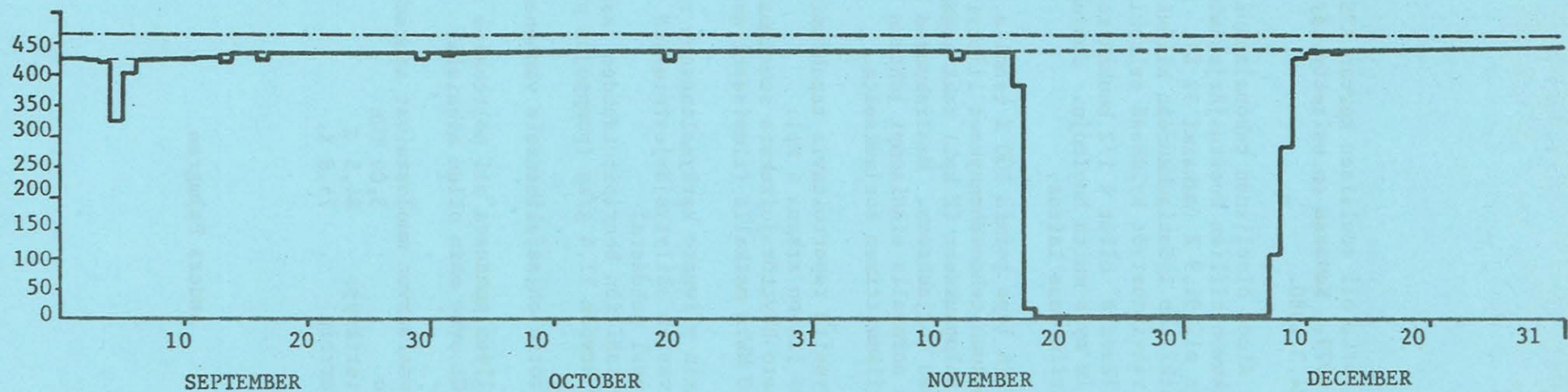
Reaktorin vesi on edelleen puhdasta eli polttoaine on tiivistä. Säteilytasot ja päästöt ovat näin ollen alhaisia.

Käyttövuoden 1979 kokonaisarvot muodostuivat seuraaviksi:

-	tuotanto	3,09 TWh
-	aikakäytettävyys	84,5 %
-	käyttökerroin	75,8 %

Anders Palmgren

LOVIISA 1 KÄYTTÖ 1.9.1979 - 24.3.1980



IMATRAN VOIMA OY
Loviisan voimalaitos
25.3.1980 RTK

TVO I

Syyskuussa 1979 esitetystä edellisessä katsauksessa todettiin jo TVO I:n osalta, että laitosta voidaan perustellusti kutsua pikemmin valmiiksi kuin keskeneräiseksi. Laitosyksikön tultua 9.10.1979 luovutetuksi TVO:n hallintaan ja vastuulle ja siten siirtyessä ns. kaupalliseen käyttöön on toteamus myös käytännössä pätevä. Edellisen katsauksen keskittyessä eräisiin laitoksella sattuneisiin enemmän tai vähemmän huomiota herättäneisiin tapahtumiin lienee nyt aika tarkastella laitosta tuotannollisena yksikkönä.

Vuoden 1979 lopussa oli laitos kuluneen 12 kuukauden aikana tuottanut yhteensä noin 3,6 TWh bruttoenergiaa. Käyttökerroin sanottuna aikana oli 59,9 % ja käytettävyys 64,1 %. Ottaen huomioon sen, että laitos vasta tammikuussa pääsi varsinaiseen tehoajoon ja että generaattorille jouduttiin tekemään varsin pitkiä seisokkeja vaatineita tarkastuksia keskivuodesta voi, ainakin asianosaisena ollut teknikko, pitää tulosta vähintäinkin tyydyttävänä. Loppuvuoden käytettävyys olikin jo hyvä ja se on jatkunut myös vuoden 1980 puolella. Tammikuussa 1980 oli käyttökerroin 93,12 % ja helmikuussa 92,76 %.

Rakentaja voi olla tyytyväinen työnsä tulokseen. Laitos on valmis ja tuotantokelpoinen. Rakentaja väistyy ja antaa tilaa käyttäjälle. Seuraavan katsauksen voikin laatia käyttömies. Hän tosin saattaa olla eri mieltä laitoksen valmiudesta ja käyttökelpoisuudesta, perustellustikin. Mutta sehän jää nähtäväksi.

TVO II

Laitoksen käyttöönotto viime syyskuisen katsauksen jälkeen eteni edelleenkin hyvin aikataulun puitteissa. Asennusten viimeistelyt, tilojen loppusaneeraus samoin kuin järjestelmäkokeiden loppuunvieminen sujuivat odotetusti ja reaktori päästiin lataamaan runsaat viisi vuotta aiemmin asetetun tavoitteen mukaisesti. Nolla- ja pien-tehokokeiden kautta edettiin reaktorin ja turbiinin yhteiskäyttövaiheeseen. Alunperin oli tavoitteena saada laitos tahdistetuksi valtakunnan verkkoon joulun alla, mutta tästä jouduttiin viime hetkellä luopumaan. Syynä oli asennusvirheen aiheuttama pienehkö mutta pitkähkön korjausajan vaatinut vika turbogeneraattorilla.

Lopullisesti tahdistus tapahtui helmikuun 18. päivänä 1980 ja niinpä allakan mukaan TVO II:lla hyrrää energiaa Kaino. Laitoksen tehotaso nostettiin verraten nopeasti 250 MW:iin saakka ennenkuin käyttö keskeytettiin generaattorilla suoritettavia tarkastuksia ja täydennyksiä varten. Seuraavaan katsaukseen mennessä nähtäneekin sitten onko TVO II yksi niistä aniharvoista ydinvoimalaitoksista, jotka ovat valmistuneet ennalta-asetetun aikataulun puitteissa. Mahdollista se joka tapauksessa vielä tätä kirjoitettaessa on. Voisi rakentaja silloin hyvällä mielellä jättää tämänkin katsauksen viimeisekseen ja hyvästiksi kiittää lukijoita mielenkiinnosta.

DI Antti Hanelius

Viime vuonna energian kokonaiskulutus maassamme lisääntyi 5 prosentilla verrattuna vuoden 1978 kulutukseen. Energian kokonaiskulutus olikin voimakkaassa nousussa. Lisäys oli viime vuonna suurempi kuin koko viisivuotiskauden 1973 - 1978 lisäys yhteensä. Ottamalla huomioon eri vuosien lämpötilavaihtelut ja niistä riippuvat energiatarpeen vaihtelut, voidaan energian kokonaiskulutuksen arvioida kasvaneen vuonna 1979 likimain kansantalouden kokonaistuotannon kasvun mukaisesti eli vajaalla 7 prosentilla. Sähköenergian osalta kulutus lisääntyi vuoteen 1978 verrattuna 7,5 prosenttia.

Energian kokonaiskulutuksen ja myös sähköenergian kulutuksen kasvun arvioidaan hidastuvan melko selvästi vuonna 1980 ja muutamana lähivuonna. Arvio perustuu energiansäästötoimenpiteiden ja ennakoituun talouskasvun hidastumiseen. Tässä ennakoinnissa on bruttokansantuotteen kasvuna käytetty 4,5 % vuodelle 1980 ja vuosille 1981...1983 keskimäärin 3,5 %/vuosi.

KOTIMAISEN ENERGIAN OSUUS 29 %

Kotimaisten polttoaineiden ja vesivoiman kokonaisosuus energian kulutuksesta oli viime vuonna noin 29 %. Vuonna 1978 se oli 27 %. Nousuun vaikuttivat parempi vesivoimatilanne, teollisuuden kasvun myötä lisääntynyt prosessijätteiden poltto sekä edelleen voimakkaana jatkunut polttoturpeen kulutuksen kasvu.

Öljyn myynti lisääntyi viime vuonna noin 4 %, josta huomattava osa meni kuitenkin varastointiin. Varastointi ja raaka-aineena käyttö huomioon ottaen arvioidaan öljyn käytön energian tuotannossa pysyneen likimain edellisen vuoden tasolla. Kun energian kokonaiskulutus samanaikaisesti kasvoi, öljy menetti osuuttaan energian kokonaiskulutuksessa. Osuudeksi muodostui 48 %, mikä on pienin arvo sitten vuoden 1968.

Makaasun kulutus kasvoi vajaalla prosentilla. Kivihiiilen käyttö supistui selvästi 10 %:lla vesivoimatilanteen paranemisen ja ydinvoiman osuuden voimakkaan lisääntymisen vuoksi. Kaikkiaan tuontienergiaa käytettiin viime vuonna noin 2 %-yksikköä vähemmän kuin vuonna 1978 eli 71 %.

ENERGIAN KULUTUKSEN RAKENNE MUUTTUMASSA

Energian kokonaiskulutuksen jakautuma eri energialähteiden kesken muuttuu lähivuosina 1970-luvun lopun tilanteeseen verrattuna. Merkittävimmät muutokset ovat ydinvoiman osuuden voimakas lisääntyminen, kivihiiilen ja öljyn osuuden supistuminen sekä kotimaisten polttoaineiden käytön kasvu. Energiahuollon kotimaisuusasteen arvioidaan edelleen nousevan 1980-luvun alussa. Tämä vaikuttaa vastavasti öljyn kulutuksen kehitykseen. Öljyn kokonaiskulutuksen arvioidaan tämän vuoksi kääntyvän jopa lievään laskuun. Öljyn osuuden kokonaisenergiasta arvioidaan olevan vuonna 1983 enää noin 42 %.

LÄMMITYSENERGIAN KULUTUS EDELLISEN VUODEN TASOLLA

Kiinteistöjen lämmitykseen käytettiin vuonna 1979 energiaa likimain yhtä paljon kuin edellisenä vuonna. Kaukolämmön kulutus ja sähkölämmitys lisääntyivät viime vuonna hieman muita lämmitysmuotoja enemmän. Kaukolämmössä oli lisäys 2 %.

Vuoden 1973 jälkeen alkanut kiinteistöjen lämpötalouden tehostuminen jatkuu edelleen 1980-luvulla. Lämmitysenergian ominaiskulutuksen on laskettu supistuvan lähivuosina noin 1...2 prosentilla vuosittain lämpötaloudellisten uusinta- ja uusinvestointien sekä parantuvan käyttötalouden ansiosta. Vuoden 1973 tilanteeseen verrattuna lämmitysenergian ominaiskulutus on laskenut noin 10 %.

LIIKENTEEN POLTTOAINEKULUTUS LISÄÄNTYI 7 %

Kaikkiaan käytettiin liikenteessä polttoaineita 7 % enemmän kuin vuonna 1978. Erityisen voimakasta oli dieselöljyn kulutuksen kasvu, 13 %, mikä aiheutui pääosin taloudellisen toimeliaisuuden myötä lisääntyneistä tavarankuljetuksista. Osaltaan dieselöljyn kulutusta lisäsi dieselautojen osuuden kasvu henkilöauto-autokannasta.

Moottoribensiinin kulutus lisääntyi viime vuonna 4 prosenttia. Tätä ennen bensiinin kulutus oli pysynyt kolmena peräkkäisenä vuotena lähes samana. Liikenteen polttoaineiden kulutuskasvua tulee osaltaan vähentämään ennakoitu taloudellisen kasvun hidastuminen tänä vuonna ja 1980-luvun alkuvuosina.

ENERGIAN KOKONAISKULUTUKSEN JAKAUTUMINEN SEKTOREITTAIN

Valtaosa energian kokonaiskulutuksen viimevuotisesta lisäyksestä aiheutui teollisuuden energian käytön kasvusta. Tämä vaikutti myös kokonaiskulutuksen jakautumaan eri kulutussektoreiden kesken siten, että teollisuuden suhteellinen osuus kokonaisenergiasta nousi vajaalla 2 prosenttiyksiköllä, kun taas lämmityksen ja muun kulutuksen osuudet supistuivat. Liikenteen osuus nousi vain hieman.

Kokonaisenergian käytön lisäyksen vuoteen 1983 mennessä arvioidaan jakaantuvan 2/3 teollisuuden energiankäytön lisäykseen ja 1/3 liikenteen ja muun kulutuksen kasvuun. Sen sijaan lämmitysenergian käyttö ei näytä enää kasvavan juuri lainkaan, vaan sen osuus kokonaisenergiasta pudonaa nykyisestä 28 %:sta noin 25 %:iin vuoteen 1983 mennessä.

TAULU 1: ENERGIAN KOKONAISKULUTUS ENERGIALÄHTEITTÄIN, 1000 toe ⁽¹⁾
 Tabell 1: Total energiförbrukning enligt energikälla, 1000 toe ⁽¹⁾
 Table 1: Total energy consumption by source, 1000 toe ⁽¹⁾

	ÖLJY	HIILI	HAA- KAASU	YDIN- VOIMA ⁽²⁾	SÄHKÖ- NETTO- TUONTI ⁽²⁾	TUONTI- ENERGIA YHT.	VESI- VOIMA ⁽²⁾	TURVE	MUUT KOTI- MAISET	KOTI- MAISET YHT.	ENER- GIAN KOKO- NAIS- KULUTUS	BUNK- RAUKSET
	Oilja	Kol	Natur- gas	Kärn- kraft	Netto- import av el- energi	Impor- terad energi, totalt	Vatten- kraft	Torv	Övriga in- hemska bränslen	Inhemska energi, totalt	Total- för- brukning	Bunk- ringar
	Oil	Coal	Natural gas	Nuclear power	Net imports of electr.	Import- ed energy, total	Hydro power	Peat	Other indigen- ous fuels	Indigen- ous energy	Total consump- tion	Bunkers
1973	12674	1951	-	-	1080	15705	2602	39	4400	7041	22746	179
1974	10987	1998	394	-	785	14164	3127	43	3990	7160	21324	171
1975	11139	1799	653	-	997	14588	3008	43	3620	6671	21259	238
1976	12095	2559	766	-	1004	16424	2336	78	3450	5864	22288	288
1977	11610	2549	778	628	223	15988	3000	119	3420	6539	22527	357
1978	11731	3509	844	770	319	17173	2412	291	3724	6427	23600	398
1979	11800	3200	849	1597	161	17607	2665	427	4070	7162	24769	717

- 1) toe = ekvivalenttinen öljytonni = 11,28 MWh = 40,6 GJ
 toe = ekvivalenttinen öljytonni = 11,28 MWh = 40,6 GJ
 toe = ton of oil equivalent = 11,28 MWh = 40,6 GJ

- 2) tuotettu sähköenergia muunnettuna vastaamaan sitä määrää raskasta polttoöljyä, joka tarvitaan vastaavan energian tuottamiseen tavallisella lauhdutusvoimalla

Tilastoissa esitetyt luvut vuosien 1978 ja 1979 osalta ovat osittain ennakkotietoja tai arvioita

Lähteet: Energiatilastot 1979, KTM/energiaosasto, Helsinki 1979
 Öljytilasto, Öljyalan Keskusliitto
 Sähkötilasto
 Ulkomaankauppatilasto

YDINSÄHKÖN OSUUS KASVAA TUNTUVASTI

Sähkön tuotanto kasvoi viime vuonna 10 %. Sähköä vietiin edellisvuotta enemmän, joten tuotanto kasvoi enemmän kuin kulutus. Vuoden loppua kohti parantunut vesivoimatilanne mahdollisti vesivoimatuotannon lisääntymisen runsaalla 10 %:lla. Ydinvoiman tuotanto yli kaksinkertaistui ja sen osuudeksi koko sähkön hankinnasta muodostui viime vuonna 16 %:ksi. Kun teollisuuden vastapainevoiman tuotantokin lisääntyi 9 prosentilla, voitiin tuontipolttoaineilla kehitettävän lauhesähkön tuotantoa supistaa tuntuvasti. Lähinnä tämän vuoksi kivihiilen kokonaiskulutus väheni edellisestä vuodesta 10 %.

Sähköenergian tuotantokyky kasvaa tänä vuonna ja 1980-luvun ensimmäisinä vuosina huomattavasti, kun Olkiluodon ja Loviisan kakkosyksiköt tulevat kaupalliseen käyttöön sekä sähkön tuonti Neuvostoliitosta nousee täyteen määräänsä (600 MW). Tällöin konventionaalisen lauhdutusvoiman tuotanto supistuu voimakkaasti ja ivihiilen kulutus vähenee vastaavasti.

Alhaisimmillaan kivihiilen kulutuksen sähkön tuotannossa arvioidaan olevan vuosina 1980...1983, minkä jälkeen se kääntyy jälleen nousuun saavuttaakseen 1970-luvun lopun tason kuitenkin vasta 1980-luvun loppupuolella.

TAULU 2: SÄHKÖENERGIAN HANKINTA, GWh

Tabell 2: Tillförsel av elenergi, GWh

Table 2: Electricity supply, GWh

	VESI- VOIMA	TEOLL. VASTA- PAINE- VOIMA	PROSES- SILAUH- DEVOINA	KAUKO- LÄMPÖ- VOIMA	LAUHDU- TUS- VOIMA	YDIN- VOIMA	PERUS- KAASU- TURB.- VOIMA	VARA- KAASU- TURB.- VOIMA	TUO- TANTO	+TUONTI	-VIENTI	YHTEENSÄ
	Vatten- kraft	Ind. mot- tryck	Process- kondens- kraft	Fjärr- värme	Kondens- kraft	Kärn- kraft	Gas- turbin, bas	Gas- turbin, reserv	Produk- tion	+Import	-Export	Totalt
	Hydro power	Ind. back- press. power	Process conden- sation power	Dis- trict heating	Conden- sation power	Nuclear power	Gas turbine, base	Gas turbine, reserve	Pro- duction	+Import	-Export	Total
1973	10409	5634	550	1515	6544	-	-	286	24938	4556	237	29257
1974	12506	5635	540	1561	6191	-	-	88	26524	3615	475	29664
1975	12032	4710	486	2005	5668	-	135	78	25134	4146	159	29121
1976	9342	5207	542	2547	9877	-	305	65	27885	4058	73	31900
1977	12000	5242	546	2980	7971	2510	291	23	31563	1393	502	32454
1978	9646	5824	495	3723	10574	3079	227	3	33871	1554	277	35148
1979	10658	6356	473	3749	9250	6388	277	3	37151	2233	1588	37796

Lähde: Sähkötilasto

ENERGIAN TUONTILASKU NOUSI 60 PROSENTTIA

Energian kokonaistuonti oli arvoltaan 11,5 miljardia markkaa lisäyksen ollessa 4,3 mrd mk eli 60 % edelliseen vuoteen nähden. Tämä merkitsi sitä, että noin puolet viime vuonna lisääntyneistä vientituloista piti käyttää energian tuonnin lisälaskun maksamiseen. Myös määrällisesti energian tuonti lisääntyi. Raakaöljyä tuotiin 12,7 miljoonaa tonnia eli 2,3 milj.t enemmän kuin vuonna 1978. Tuontimäärien kasvu merkitsi sitä, että tärkeimpien tuontipolttoaineiden varastot kasvoivat viime vuoden aikana edellisen vuoden lopusta.

Energian tuonnin volyyymi supistunee 1980-luvun alussa vuoden 1979 tasolta lisääntyvän ydinvoiman tuotannon takia.

ENERGIAA VIETIIN YLI MILJAARDILLA MARKALLA

Maastamme vietiin viime vuonna öljytuotteita ja sähköenergiaa 1 109 miljoonan markan arvosta. Merkittävin vientituote oli moottoribensiini, jota vietiin 572 miljoonalla markalla keskimääräisen hinnan ollessa 95 p/l. Edellisenä vuotena vientihinta oli 48 p/l.

TAULU 4: ENERGIAN TUONTI, MÄÄRÄT
 Tabell 4: Energiimport, mängder
 Table 4: Energy imports, quantities

	KIVIHIILI	KOKSI	ANTRASIITTI	RAAKAÖLJY	KESKI-TISLEET	RASKAS POLTTOÖLJY	MAAKAASU	SÄHKÖ
	Stenkol	Koks	Antracit	Råolja	Mellandestillat	Tjock brännolja	Naturgas	Elenergi
	Hard Coal	Coke	Anthracite	Crude oil	Middle distillates	Heavy fuel oil	Natural gas	Electricity
	1000 t	1000 t	1000 t	1000 t	1000 t	1000 t	Milj.m ³ (0°C)	GWh
1973	2907	832	66	9522	1783	2253	-	4602
1974	3837	978	101	9468	1954	2119	412	3388
1975	3730	889	105	9622	1832	1106	670	4155
1976	2676	921	106	11136	1414	1407	817	4128
1977	4193	894	95	11517	1487	1555	827	1390
1978	4703	931	86	10454	1444	1377	902	1575
1979	4647	1262	124	12716	1357	1527	924	2257

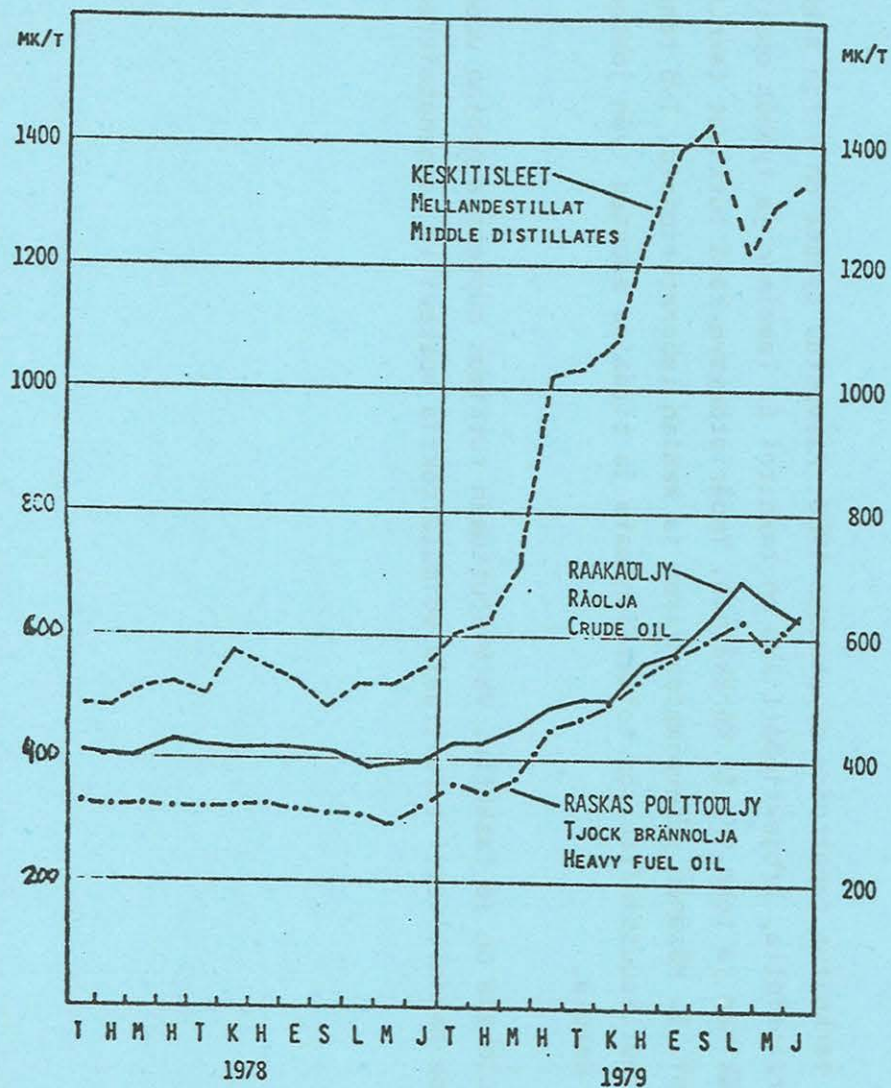
Lähde: Ulkomaankauppatilasto

TAULU 6: ENERGIAN TUONTI, KESKIMÄÄRÄISET HINNAT
 Tabell 6: Energiimport, medelpriser
 Table 6: Energy imports, average prices

	KIVIHIILI	RAAKAÖLJY	KESKITISLEET	RASKAS POLTTOÖLJY	MAAKAASU	SÄHKÖENERGIA
	Stenkol	Råolja	Mellan destillat	Tjock brännolja	Naturgas	Elenergi
	Hard coal	Crude oil	Middle distillates	Heavy fuel oil	Natural gas	Electricity
	mk/t	mk/t	mk/t	mk/t	mk/1000 m ³	mk/MWh
1973	54	110	180	95	-	28
1974	123	327	406	261	225	54
1975	135	320	370	244	252	30
1976	133	350	425	265	253	51
1977	145	400	479	313	278	69
1978	151	411	526	324	291	74
1979	159	569	1137	524	287	77

Lähde: Ulkomaankauppatilasto

KUVIO: ÖLJYN TUONTIHINNAT 1978-1979, MK/T
 FIGUR: IMPORTPRISER FÖR OLJA 1978-1979, MK/T
 FIGURE: IMPORT PRICES OF OIL 1978-1979, Fmk/T



Lähde: Ulkomaankauppatilasto

TAULU 7: ÖLJYTUOTTEIDEN HINNAT
 Tabell 7: Priser på oljeprodukter
 Table 7: Prices of oil products

	MOOTTORI- BENSIINI 99 OKT.	MOOTTORI- BENSIINI 92 OKT.	DIESEL- ÖLJY	KEVYT POLTTO- ÖLJY	RASKAS POLTTO- ÖLJY
	Motor- bensin 99 okt.	Motor- bensin 92 okt.	Diesel- olja	Tunn brännolja	Tjock brännolja
	Motor- gasoline 99 oct.	Motor- gasoline 92 oct.	Diesel oil	Light fuel oil	Heavy fuel oil
	p/l				p/kg
1973	85.5	82.3	49.9	23.9	14.6
1974	119.3	115.7	76.5	46.4	37.6
1975	126.0	122.5	79.2	39.1	33.0
1976	154.8	151.3	96.4	45.0	35.1
1977	181.4	174.6	110.6	53.0	36.9
1.1.1978	198.45	189.75	123.60	58.43	40.17
1.9.1978	199.80	191.10	125.00	58.70	40.34
1.11.1978	201.80	193.10	127.00	58.70	40.34
20.1.1979	204.50*	195.80*	130.80	63.08	42.64
7.6.1979	214.60	205.90	144.10	74.10	49.58
18.8.1979	223.60	214.90	150.10	85.80	53.89
1.12.1979	239.50	229.80	161.20	91.05	57.79
1.1.1980	240.50	230.80	161.20	91.05	57.79
13.2.1980	282.30	270.60	190.50	109.81	73.51

*) itsepalveluhinta 20.2.1979 lähtien

Vuosien 1973-1977 luvut voimassaolopäivillä painotettuja keskihintoja.
 Vuosien 1978-1980 osalta eritelty tehdyt hintapäätökset.

Polttoöljyjen hinnat yhtenäisiä koko maassa 1.6.1974 lähtien ja liikennepolttonesteiden hinnat 1.1.1978 lähtien. Aikaisemmat hinnat yllimpiä sallittuja kuluttajahintoja Helsingissä, Turussa ja Kotkassa.

SUURVOIMALAITOSSELVITYS

VTT:llä on käynnistynyt tutkimus, jossa tarkastellaan Suomen sähköntuotantokapasiteetin rakentamishoelmia vuosina 1980 - 2000. Työssä analysoidaan:

1. Optimaaliset kapasiteetin rakentamishjelmat erilaisten taloudellista kehitystä ja rakentamispolitiikkaa koskevien olettamusten vallitessa. Tarkastellaan mm. 2:ta kulutusarviota, vakaita tai nousevia raakaenergiarahintoja, korkokantoja 5 % ja 10 %, rakentamispolitiikkoja: ydinvoimaa, hiilivoimaa, myös turvelauhdutusvoimaa 1 000 MW:iin asti.

Optimoinnissa käytetään WASP-ohjelmakirjastoa ja optimaalisuutta mitataan diskontatuilla kokonaiskustannuksilla.

2. Eri vaihtoehtojen tarjoama sähkönhuollon varmuus sekä teknillisessä mielessä että raaka-aineiden saatavuuden suhteen.
3. Laitostyyppien lyhyt- ja pitkäaikaiset ympäristövaikutukset.
4. Vaihtoehtojen välittömät ja välilliset vaikutukset työllisyyteen ja ulkomaankauppaan.

Tulokset on tarkoitus raportoida syyskuussa 1980. Päävastuu työstä on VTT:n sähkötekniikan laboratoriollla, projektipäällikkö on tekn.tri E. Tamminen ja työhön osallistuvat DI P. Mäkinen ja tekn.tri S. Kärkkäinen. Ympäristökysymyksiä tutkivat tekn.tri S. Vuori ja prof. E. Häsänen ydinvoimatekniikan ja kemian laboratorioista. Työ tehdään kauppaja teollisuusministeriön toimeksiannosta ja tilaajaa edustaa työn johtoryhmässä DI E. Eskola.

Alustavia tuloksia on jo laskettu. Valmistuttuaan tutkimus muodostaa pohjaa vuosikymmenen lopussa mahdollisesti tarvittavia voimalaitoksia koskeville kannanotoille.

NORHAV YHTEISTYÖPROJEKTI

POHJOISMAIDEN REAKTORITURVALLISUUDEN TUTKIMUSYHTEISTYÖN JATKO POHDITTAVANA

NORHAV on Suomen, Ruotsin, Norjan ja Tanskan ydinenergiatutkimusta harjoittavien tutkimuslaitosten sekä USA:n ydinreaktorien turvallisuutta valvovan viranomaisen NRC:n yhteistyöprojekti ydinreaktorien turvallisuustutkimuksen alueella. Voimassaoleva yhteistyösopimus käsittää ajanjakson vuoden 1976 keväästä kuluvaan vuoden 1980 kesään. Yhteistyö on sisältänyt mm. ydinreaktorin jäähdytteenmenetys-onnettomuutta ja hätäjäähdytystä kuvaavien tietokoneohjelmien kehitystä ja testaamista, ohjelmien käyttöä lupakäsittelysovellutuksiin sekä tiedon välitystä amerikkalaisista ja ruotsalaisista suuren mittakaavan reaktorionnettomuuksia simuloivista kokeista.

11-12. helmikuuta 1980 VTT:llä oli kaksi NORHAV-kokousta. Ohjelmaneuvoston kokouksessa olivat edustettuina neljän Pohjoismaan tutkimuslaitokset. Seurantaryhmän kokouksessa paikalla oli lisäksi voimayhtiöitten ja ydinvoimalaitoksia valvovien viranomaisten edustajia. Kokousten suurimman osuuden muodostivat edellisten kokousten jälkeen saavutettujen tulosten arviointi.

Tärkeimmäksi kysymykseksi näissä kokouksissa muodostui kuitenkin NORHAV-yhteistyön tulevaisuus kesän 1980 jälkeen. Tähänastinen yhteistyö on antanut tulokseksi kokeellista ja teoreettista tietoa ja sen avulla on pidetty auki suora kanava amerikkalaisten mittavaan turvallisuustutkimusohjelmaan. Kokeellisten tulosten lisäksi on saatu nopeasti uusimmat tietokoneohjelmat ja apua niiden käytössä.

Kokousten yhteydessä järjestettiin myös esitelmätilaisuus, jossa NORHAV-yhteistyön amerikkalainen yhteyshenkilö Dr. Stanislav Fabic NRC:stä esitelmöi reaktorien turvallisuustutkimuksen nykyvaiheesta ja tulevaisuuden näkymistä USA:ssa. Näyttävimpinä osina ohjelmaan kuuluvat suuren mittakaavan hätäjäähdytyskokeet sekä suurten simulointiohjelmien kehitys. Keväällä 1979 sattunut Harrisburgin ydinvoimalaonnettomuus on muuttanut aikaisempia tutkimusohjelmia, jotka nyt painottuvat nk. pienen murtuman problematiikan tutkimiseen. Yksi uusi suunnitelma koskee mini- ja mikrotietokoneista koottua supersimulaattoria, jota onnettomuuden mahdollisesti sattuesssa käytettäisiin ennustamaan reaaliaikaa olennaisesti nopeammin miten onnettomuustilanne tulee kehittymään. Tavoitteena olisi sellaisen toimintavaihtoehtojen löytäminen, että laitos säilyy mahdollisimman vaurioitumattomana. Supersimulaattorilta olisi suora tietoyhteys kaikille USA:n ydinvoimalaitoksille. Toteutuessaan tämä projekti epäilemättä edistää teknisten järjestelmien simulaattorien tekniikkaa yleisestikin.

ROGOVININ TUTKIMUS TMI:STÄ KOROSTAA INHIMILLISEN TOIMINNAN PUUTTEITA

NRC:n pian TMI-onnettomuuden jälkeen asettama erityinen selvitysryhmä, jota johti lakimies Mitchell Ragovin, luovutti raporttinsa tammikuun lopussa. Raportti sisältää paljolti samaa kuin presidentin asettaman Kemenyn komission syksyllä julkaisema raportti. Ragovin selvityksen johtopäätökset ja suositukset tuntuvat kuitenkin jyrkemmiltä ja suoraviivaisemmilta. Ohessa julkaistaan Rogovin selvityksen johtopäätöksistä ja suosituksista USA:ssa laadittu tiivistelmä.

The one theme is that the principal deficiencies in commercial reactor safety today are not hardware, but management problems. These cannot be solved by design changes, or by a resident federal inspector at every reactor. Undoubtedly improvements in the design can be made. Some detailed suggestions are included in this report. But the most serious problems will be solved only by fundamental changes in the industry and the NRC.

What we have found is a regulatory system consisting primarily of an elaborate safety review process which has served well in the past, but has failed to take timely account of the actual operation of existing plants. We have found that the NRC itself is not focused, organized, or managed to meet today's needs. The commission is incapable, in its present configuration, of managing an adequate safety program for existing power plants and those scheduled to come online in the next years.

We have found, that many nuclear plants are probably operated by management that has failed to make certain that enough qualified personnel are available on site to diagnose and cope with a potentially serious accident. The NRC, for its part, has virtually ignored the critical areas of operator training, human factors engineering, utility management, and technical qualifications.

We have found an industry in which the expertise and responsibility for safety is fragmented among many parties - the utility, the designer, the system manufacturer, the contractor, and the suppliers of critical components, in addition to the NRC. Coordination is inadequate. As a result, there are many institutional disincentives to safety, and identified safety issues often fall through the cracks. Prior to TMI, industry made only feeble attempts to mount any industrywide affirmative safety program, and many utilities apparently regarded bare compliance with NRC minimum regulations as more than adequate.

We found that before TMI complacency pervaded the industry and NRC, an attitude in the peculiar jargon of the industry, that such an accident was not a "credible event."

The kind of changes needed to cope with these problems include:

- An immediate, substantial shift in NRC emphasis from design review to monitoring of operating reactors, under one NRC office; new mechanisms to evaluate operating experience and to ensure that necessary changes are implemented and an improved inspection and evaluation system for operating reactors.
- Strong measures to strengthen the onsite technical capability and management of utilities, including improved operator training; and new NRC requirements to include qualified engineer supervisors on every reactor operating shift.
- An operating consortium to operate the plants of a number of utilities on either a contract or "receivership" basis.
- For future reactors, more remote siting. For existing reactors: specific NRC criteria for determining the minimum evacuation planning zone around each plant; the conditioning of operating licenses on such plans being approved and workable; and the closing down of existing plants that cannot meet these new criteria, unless either (1) additional accident mitigation systems are installed, or (2) the president determines that the continued operation of the plant is vital to the national interest.

- In the case of new license applications, a completely overhauled licensing system that includes one-stage licensing; increased standardization; increased use of rulemaking proceedings, establishment of an office of public counsel; and agency funding of intervenors in licensing and rulemaking proceedings.
- Substantial changes in the bases used to review designs, including the application of quantitative risk assessment to potential accident sequences, to augment the "design basis accident" approach.

The accident at TMI did not result in radioactive release levels that posed any threat to public health, even in the long run. Public alarm, fueled by the governor's limited evacuation advisory, and the fear caused by reports of a possible hydrogen bubble explosion, were exaggerated by the NRC's disorganized response.

But our calculations indicate that before anyone appreciated the seriousness of the situation, TMI came close to being a core meltdown. A shift foreman about 2 hours after the accident began, surveyed some instruments and blocked off the stuck-open pressurizer valve. If that valve had remained open, our projections show that within 30 to 60 minutes a substantial amount of the reactor fuel would have begun to melt down - causing potentially serious health and safety consequences for the immediate area.

An accident identical to that at TMI will not happen again. Changes have been made to ameliorate the particular problems revealed, and the accident has spawned major reexamination of many factors that contribute to that accident.

However, we conclude that unless fundamental changes such as those outlined above are made, similar accidents - perhaps with the potentially serious consequences only narrowly averted at TMI - are likely to recur.

It is not our place to tell the public, "how safe is safe enough". This is a decision that should not be the exclusive province of the NRC: it should be made as a part of our national energy strategy by the executive and by congress. The NRC cannot continue to face, *sub silentio*, in every policy and licensing determination the question of the future of nuclear power in this country.

Nuclear power can never be risk-free, no matter how "safe" plants are made. Public perception of the risk of injury on health consequences is many, many times greater than the best available estimates of actual risk. Renewed efforts must be made to educate the public that nuclear power risks and benefits must be weighted against the very real risks associated with other forms, such as use of coal and synthetic fuels, and dependence on foreign oil imports.

We considered and rejected a recommendation of a moratorium on operating reactors or on new licenses for reactors under construction. We do believe NRC would be wise to suspend processing of applications for construction permits and limited work authorizations until it considers our recommendations for reforming the licensing process and for increased standardization.

In an investigation like this, it is inevitable that less attention than is deserved will be given to the strong points in the system. The "defense in depth" concept worked to protect public health and safety. In spite of multiple equipment malfunctions, human failures, and the creation of conditions never contemplated in the design, the utility and its engineering support staff were able to bring the system to a stable condition without significant health effects.

Thereafter, a massive response by industry, the national laboratories, and government greatly assisted in safe shutdown and start of recovery operations. Over a thousand people dropped their everyday work and went to the site. Thousands more performed supporting analyses and experiments, and procured and dispatched needed supplies.

The needed changes will not be easy: they will require new legislation, executive

reorganization, and substantial overhaul of NRC organization and management, at the very least. But they are feasible, and reasonable.

They require a firm commitment by the president and the congressional oversight committees each to play its own role, and a commitment by the public to keep up the pressure for major, meaningful reform.

While the changes that must be made are major ones, these changes will make commercial nuclear power much safer than it is today. If a firm commitment is not made promptly, we will be exposing the public to a needlessly high level of risk.

Finally, with respect to recommendations of this and other inquiries: over the years the nuclear industry and its regulators have identified serious safety problems and recommendations, underscored by statements that unless such problems are resolved "promptly", a license should be revoked or the industry shut down. Many are still outstanding. While we do not undertake to set out deadlines, we do believe that the congressional oversight committees should hold the NRC accountable with respect to such issues.

YDINPOLTTOAINEKIERTO KANSAINVÄLISEN SELVITYKSEN KOHTEENA,
INFCE-TYÖN YLEISARVIOINTI

Ydinaineiden siirtoja koskevien kansainvälisten sopimusjärjestelyjen kehitykselle on lähes kolmen vuoden ajan ollut leimaa-antavana suvantovaihe, jolloin on keskitytty Kansainvälisen polttoainekiertoselvityksen (INFCE*) puitteissa tehtyihin pääasiassa teknisluonteisiin analyysihin. Lähes kaikkien merkittävien ydinenergiaa hyödyntävien maiden hallitusten yhteisesti toimeenpanema INFCE on vaikuttanut luonnollisesti myös maailman uraanikauppaan sekä ydinpolttoaineen jalostus- ja käsittelymarkkinoihin saaden aikaan eräänlaisen odotustilan. Kun INFCE on nyt päättynyt 25-27 helmikuuta 1980 Wienissä pidettyyn päätöskonferenssiin, on otaksuttavissa, että INFCE:stä tehdyt johtopäätökset tulevat vaikuttamaan yksittäisten maiden kannanottoihin ja heijastumaan niin hallitusten välillä tehtävissä sopimuksissa kuin myös yhtiötason toimitussopimuksissa.

Ottaen huomioon, että INFCE:n puitteissa syntyneiden raporttien ja dokumenttien yhteinen sivumäärä on yli 20.000, on korostettava, ettei tällainen lyhyt esitys voi olla täydellinen. Pyrin kuitenkin seuraavassa antamaan yleiskuvan siitä, mitä INFCE oli, sekä käsittelemään eräitä Suomen kannalta olennaisia teknisiä yksityiskohtia ja tulkitsemaan nykytilannetta oman kokemukseni valossa.

Tässä yhteydessä on syytä huomauttaa, että osallistujamaiden joukossa oli sekä teollisuus- että kehitysmaat, sekä suuren että pienen ydinvoimaohjelman omaavia maita, uraanin ja laitteiden tuottajia kuin myös niiden ostajia, markkina- ja suunnitelmatalousmaita, ydinasemaita ja ydinaseettomia maita. Yhtenä rajanjakajana oli se, että useat osallistujamaat ovat mukana ydinsulkusopimuksessa, jotkut eivät. Näinollen INFCE on nähtävissä monelta eri näkökannalta.

* INFCE = International Nuclear Fuel Cycle Evaluation

INFCE:n tarkoitus

INFCE käynnistyi USA:n aloitteesta lokakuussa 1977. Amerikkalaisten alkuperäisessä ehdotuksessa tavoitteeksi määriteltiin eri polttoainekierto- ja reaktoriin liittyvän ydinaseiden leviämisen riskin selvittäminen lähinnä plutoniumin laajamittaisen kansainvälisen hyväksikäytön kannalta. Muodollista käynnistymistä edeltäneissä neuvotteluissa arviointiperspektiiviä täydennettiin kokonaisvaltaisemmaksi lähinnä muiden huomattavien markkinatalousmaiden vaatimuksesta, ja niinpä eri polttoainekierto- ja reaktori- vaihtoehtoja tarkasteltiin INFCE:ssä seuraavilta katsantokannoilta:

- vuoteen 2025 mennessä rakennettavaksi arvioitu ydinvoimateho,
- raakaenergiavarojen (voimametallien) saatavuus ja niiden käytön tehokkuus,
- turvallisuus ja ympäristövaikutukset,
- kustannukset,
- ydinaseiden leviämishuoli,
- eri reaktorityyppien ja ydinpolttoaineen käsittelylaitosten tekninen kehitysvaihe ja teknologian kehitystarve.

On kuitenkin todettava, että ydinenergian laajenevaan hyväksikäyttöön liittyvän ja hyväksikäyttöä estävän ydinaseiden leviämisen riskin arviointi oli ohjelmassa esillä kaikkein korostetuin ja on sellaisenaan INFCE:n ainutlaatuinen ominaispiirre muihin aikaisempiin selvityksiin verrattuna. Sekä täältä että muiden yllälueteltujen arviointisuureiden kannalta tarkasteltiin työssä myös mahdollisia kansainvälis-juridisia järjestelyjä, joiden avulla eri haittavaikutuksia, olivatpa ne sitten taloudellisia, turvallisuuteen tai ydinaseuhkaan liittyviä, voidaan lieventää ja näin parantaa ydinenergian käytön edellytyksiä. Kehitysmaiden erityistarpeet ovat ohjelmassa myöskin mukana. Ydinenergian merkitys vaihtelee tässä tapauksessa maa maalta niin suuresti, että yleiset johtopäätökset eivät sinänsä ole kovinkaan ydinenergiakohtaisia vaan pikemminkin kuvastavat kehitysmaita kahlitsevia tiedollisia ja taloudellisia kapeikkoja.

Miten työ tehtiin

Varsinaiset tekniset selvitykset suoritettiin 8 eri työryhmän puitteissa. Jokaisen työryhmän toiminnasta vastasi 2 tai 3 yhteispuheenjohtajamaata. Taulukossa 1 on esitetty luettelo työryhmistä ja puheenjohtajamaista. Nämä yhteispuheenjohtajat muodostivat teknisen koordinoitukomitean, joka vastasi analyysien yhteismitallisuudesta. Työryhmän sisällä tehtävät jaettiin osallistujamaiden kesken. Koko toiminnan laajuutta kuvanee parhaiten se, että arviot INFCE:n kokonaiskustannuksista liikkuvat 100 miljoonan markan yläpuolella. Suomen osalta INFCE:en käytettiin VTT:ssa noin 10 henkilötyövuotta kustannusten noustessa osaltamme lähes 2 miljoonaan markkaan.

Työryhmissä oli yhteensä edustettuna 46 maata, yleiskonferensseissa hieman useampia.

Suomen kannalta INFCE:n työnjakoa on pidettävä onnistuneena. Saimme vastataksemme yhteispuheenjohtajuuden ydinjätehuoltoa käsitelleessä työryhmässä, millä toiminta-alueella oman tietämyksen hankinta ja soveltaminen ovat tärkeimpiä ydinvoimatekniikkaan liittyviä tehtäviämme tällä hetkellä.

Ydinvoiman arvioitu merkitys energiatuotannossa

Asennettu ydinteho tulee markkinatalousmaissa olemaan vuonna 1985 noin 260 GW sähkötehoa. Epävarmuushaarukka on tässä vaineessa vielä sangen pieni arvioiden vaihdellessa välillä 245-274 GW. Vuoden 1980 alussa oli maailmassa toiminnassa, rakenteilla tai tilattuna yhteensä 530 ydinvoimalaa sähköteholtaan yhteensä 405 GW. Vuonna 1990 toimivien laitosten yhteisteho ei käytännöllisesti katsoen voi jäädä tämän alle. Eri maiden hallitusten kautta saatujen arvioiden perusteella vuonna 2000 tulisi asennettu ydinteho liikkumaan 850 ja 1200 GW:n välillä. Ensi vuosituhanen aikana tapahtuvaa kasvua (tai laskua) on ymmärrettävistä syistä huomattavasti vaikeampi arvioida. Plutoniumin hyväksikäytön puolesta-

puhujat näkisivät luonnollisesti suurempia kasvuarvioita, kun taas hidas ydintehon kasvu tai tuotannon tasaantuminen voitaisiin ylläpitää pelkän uraanin käytön avulla. INFCE:ssä päädyttiin vuodelle 2025 markkinatalousmaiden ydintehoarvioon, joka vaihtelee 1800 ja 3900 GW välillä.

Ylläesitettyillä arvioilla ei sinänsä irrallisina ole merkitystä arvioitaessa teknologian kehityksen tarvetta tai niiden kehitysinvestointien suuruutta, joita arvioitu kehityssuunta välttämättä edellyttää. INFCE:en ei sisälly reaktortyyppi-kontaista tehon osittamista. On kuitenkin selvää, että ylempiä tehoarvoja ei voida saavuttaa nykyisin kaupallisessa käytössä olevilla reaktoreilla, koska maapallon luonnonuraanivarat eivät tulisi siihen riittämään.

INFCE:en sisällytettyjen reaktortyyppien toiminta-aikanaan vaatima uranimäärä on esitetty taulukossa 2. Nykyisin kaupallisessa käytössä olevien kevytvesireaktoreiden (LWR) ja raskasvesireaktoreiden (HWR) ohella taulukkoon sisältyvät kulutusarviot myös nopeiden reaktoreiden (FBR) ja korkealämpötilareaktoreiden (HTR) osalta. Jotta eri tehoarvioihin liittyvää uraanikulutusta voitaisiin tarkastella aikaulottuvuudessa, on ydintehon rakentaminen kytkettävä eri reaktortyyppien varaan perustuviin toteutumavaihtoehtoihin. Asian tilan valaisemiseksi mahdollisimman yksinkertaisesti on kuvassa 1 esitetty eräs VTT:ssä INFCE:n perusteella laadittu toteutumavaihtoehto. Tämä vaihtoehto pohjaa vain kevytvesi- ja nopeisiin reaktoreihin. Kuvasta havaitaan, että ilman nopeiden reaktoreiden käyttöönottoa fissioenergian hyödyntäminen tulee kysymykseen vain 900-1100 GW tehomäärään asti. Kevytvesireaktoreiden yhteisteho alkaisi laskea viimeistään 2015 tienoilla. Voidaan tietenkin esittää vaihtelevia arvioita LWR-teho-osuudesta, mutta ydinvoiman tulevaisuuden kannalta olennaiset kysymykset kiteytyvät juuri nopeiden reaktoreiden tuloon tai tulematta jäämiseen.

Uraanin saatavuus

INFCE:n raportteihin sisältyvä arvio maailman uraanivaroista on esitetty taulukossa 3. Hintaluokat vastaavat arvoja 80 \$/kgU asti sekä 80-130 \$/kgU. Systemaattinen uraanin etsintä ei toistaiseksi ole kattanut koko maapalloa, ja onkin esiintynyt arvailuja, että taulukon 3 hintaluokissa löytyvä maapallon kokonaisuraanimäärä olisi 2-3-kertainen esitettyyn verrattuna.

Uraanilouhosten tuotantokapasiteetti oli 1978 noin 39 000 tonnia vuodessa. Tunnettujen uraanivarojen puitteissa on INFCE:ssä arvioitu, että vuotuinen tuotantomäärä voitaisiin nostaa 1990 luvulla aina 120 000 t, joskin näillä näkymillä tätä huippuarvoa ei voitaisi kauaakaan ylläpitää.

Taulukkoon 3 sisällytetyt uraanivarat riittäisivät kuvan 1 yksinkertaistetun toteutumavaihtoehdon kevytvesireaktorien tarpeisiin. Näinollen jo vuonna 2000 asennetun reaktorikannan elinikäinen kokonaistarve ylittäisi arvioidut uraanivarat, mikäli plutoniumin käytöstä pidättäytyttäisiin. Plutoniumin hyväksikäyttö sallisi periaatteessa kuvassa 1 esitetyn kasvuvauhdin.

INFCE:ssä on erikseen kiinnitetty huomiota uraanin toimitustakuiden järjestämiseen. Uraanin tai jalostuspalvelujen toimittajamaiden yksipuolisesti asettamat rajoitukset käytetyn polttoaineen käsittelylle on koettu kuluttajamaissa rasitteena, josta tulisi vapautua järkevissä rajoissa. Yksittäisten toimituskatkosten varalta ehdotetaan selvitettäväksi kuluttajien keskeisiä uraanin lainausjärjestelyjä sekä kansainvälisen polttoainepankin perustamista.

Jalostus- ja käsittelypalvelujen saatavuus

Ennen polttoaineen reaktoriin lataamista ajoittuvat käsittelyvaiheet, mukaanlukien uraanin väkevöinti, eivät muodosta toimituskapeikkoja. Väkevöintilaitostenkin rakennusajan

jäädessä nykyisin jo lyhyemmäksi kuin reaktorin rakennusaika ei tämäkään osa tule muodostumaan ongelmaksi. 1980-luvun loppuun mennessä rakennetaan melko suuria uusia tuotantolaitoksia muun muassa Yhdysvaltoihin, Japaniin ja Ranskaan.

Käytetyn polttoaineen jälleenkäsittelykapasiteettia on olemassa erittäin rajoitetusti. Nykyinen käsittelykapasiteetti vastaa 1000 t uraanidioksidia vuodessa. Vuoteen 2000 mennessä arvioidaan markkinatalousmaiden kapasiteetin nousevan 9000-10000 t. Käytännössä tämä merkitsee, että vuonna 2000 maailmassa on lähes 300 000 t vastaava määrä käytettyä polttoainetta varastoituna.

Jälleenkäsittelyteknologia on kyllä hallinnassa, mutta toiminnan tärkein taloudellinen edellytys olisi luonnollisesti, että erotettavalle plutoniumille saadaan käyttöä. Mikäli plutonium käytettäisiin kevytvesireaktoreissa, taloudellista hyötyä koituisi lähinnä vain epäsuorasti uraanin kysynnän vähetessä. Pessimistisesti laskelmoiden voidaan siis olettaa, että jälleenkäsittelylaitoksia rakennettaisiin vain nopeiden reaktoreiden alkulatauksiinsa tarvitseman plutoniummäärän edellyttämää tahtia. Koko nopeiden reaktoreiden rakentamista varjostava epävarmuus heijastuu näin jälleenkäsittelymarkkinoiden syntyyn.

Jälleenkäsittelystä syntyvien korkea-aktiivisten jätteiden käsittely- eikä etenäkään loppusijoituspalveluja ole vielä yleisesti ottaen tarjolla kansainvälisillä markkinoilla. Toisaalta yhdessäkään maassa ei ole tehty päätöstä käytetyn polttoaineen pitämisestä peruuttamattomasti kokonaisuudessaan jätteenä, toisin sanoen käytettyä polttoainetta ei myöskään suoraan haudata vielä missään.

INFCE-raporteissa todetaan jätteiden loppusijoituksesta, että tekniseltä, taloudelliselta sekä turvallisuuden kannalta palvelujen keskittäminen olisi perusteltua. Monikansallisten tai kansainvälisten loppusijoituspaikkojen torjuminen johtuu suurelta osin voimakkaasta yleisöreaktiosta kysymykseentulevissa maissa. Jotta vältettäisiin ylimääräiset kuljetukset

ja niihin liittyvä turvallisuusriski, Suomen ja eräiden muiden maiden taholta on painokkaasti esitetty, että suuren ydinenergiaohjelman omaavien ja jälleenkäsittelylaitoksen omistavien maiden tulisi huolehtia jätteiden loppusijoituksesta.

Nopeat reaktorit

Edellä on pariin eri otteeseen viitattu nopeiden reaktoriensa mahdollisen käyttööntulon keskeiseen merkitykseen ydinpolttokäytön palapelissä asiaa maailmanlaajuisesti tarkasteltaessa. Ehkä optimistisiksi luonnehdittavissa nopeita reaktoreita käsitelleen työryhmän kaavailuissa pidetään sähköteholtaan 50 GW nopeiden reaktoreiden kantaa mahdollisena vuonna 2000. Tähän arvioon sisältyy myös Neuvostoliiton osuus. Kaikki muut INFCE:n tehoarviot koskevat vain markkinatalousmaita.

En halua puuttua ylläolevan arvion realistisuuteen. Mielestäni Suomessa tehtäville päätöksille riittää pohjaksi kuvassa 1 jo esitetty ehdollinen arvio. Nopeiden reaktoreiden hyötöominaisuuksia, niiden kykyä tuottaa uutta halkeavaa plutoniumia, on jouduttu ajan mittaan arvioimaan entistä kriittisemmin. Mielestäni alkuvaiheessa tulisi edellyttää konservatiivisesti, että nopeat reaktorit tuottavat vain itse tarvitsemansa plutoniumin. Plutoniumylimäärää ei siten kertyisi, ja uusia nopeita reaktoreita voitaisiin käynnistää vain sen plutoniumin varassa, joka saadaan termisistä reaktoreista, tai väkevöidyn uraanin avulla.

Ydinjätehuollon turvallisuus ja kustannukset

Koska Suomi oli yhdessä Hollannin ja Ruotsin kanssa tämän ydinjätehuollon käsitelleen työryhmän puheenjohtajamaa ja koska jäteongelmilla on keskeinen sija Suomessa tällä hetkellä, lienee syytä antaa suppea yleiskuva tämän ryhmän työn tuloksista, joista yhteenveto on esitetty taulukossa 4:

- Ydinjätehuollon tekninen kehitystila ei vielä, etenkin loppusijoituksen osalta, suo mahdollisuutta kokemukseen perustuviin arvioihin. Teknologiaa on kuitenkin kokeiltu laajalti tutkimusmittakaavassa.
- Graniitti- tai suolaonkaloon sijoitetuista jätteistä koituva säteilyannosriski on suhteellisen pieni ja esimerkiksi vähäisempi kuin uraanin louhinnasta koituva annosriski. Yhden suuren reaktorin vuotuisista jätteistä mahdollisesti koituva annositouma ikuisuuteen asti laskettuna on alle 60 kilomanrem. Vertailun vuoksi mainittakoon, että luonnon taustasäteilystä maapallon väestön tunnissa vastaanottama annos on 43 kilomanrem.
- Suuressa 50 reaktoria käsittävässä järjestelmässä ydinjätehuollon kustannukset ovat noin 0,5 p/kWh. Pienemmässä 10 reaktorin järjestelmässä yksikkökustannukset ovat arviolta 25 % suuremmat.

Ydinjätehuollon kustannusten, turvallisuustekijöiden tai muiden haittojen suhteen eri polttoainekiertojen väliset erot eivät ole riittävän selviä, jotta jotain polttoainekiertoa voitaisiin sinänsä pitää toista parempana vain näillä perusteilla

Ydinaseiden leviämiskäsi

Ydinpolttoainekiertoon liittyvien laitosten tietoinen käyttö ydinaseen valmistamiseen tarvittavan runsaasti väkevöidyn uraanin tai plutoniumin hankkimiseksi ei missään mielessä ole helpoin, halvin eikä tehokkain tapa tuottaa tai saada haltuun näitä aineita. Toisaalta on selvää, että kaikkiin polttoainekiertoihin liittyy mahdollisuus ydinainesten poikkeuttamiseen rauhanomaisesta käytöstä.

Teknistä ydinainesten väärinkäyttöalttiutta arvioitiin INFCE:ssä polttoainekierron eri vaiheissa seuraavin perustein:

saatavilla olevat materiaaliset ja tiedolliset voimavarat, ydinaseen tuottamiseen tarvittava aika, saatavilla olevan ydinaineen laatu ja soveltuvuus räjähdemateriaaliksi sekä toiminnan laajuus ja paljastettavuus.

Uraanin väkevöinti sekä käytetyn polttoaineen jälleenkäsittely ja erotettu plutonium ovat polttoainekierron ne vaiheet, joissa räjähdekelpoinen materiaali on altteimmillaan siirrettäväksi muuhun kuin rauhanomaiseen käyttöön. Nämä toiminnot tulisi keskittää mahdollisimman harvoihin laitoksiin, jotka olisivat kansainvälisessä omistuksessa tai valvonnassa. Tehokkain ratkaisu ydinaseiden leviämisen vähentämiseksi on juuri tekniikan ja kansainvälis-juridisten järjestelyjen kytkeminen toisiinsa. Samanaikaisesti tulee valvontateknologiaa parantaa kehittämällä entistä herkempiä laitteita ja mittausmenetelmiä. Valvontavastuu kuuluu käytännössä Kansainväliselle atomienergiajärjestölle (IAEA).

Teknisessä mielessä voitaisiin eräitä uudempia väkevöintimenetelmiä (sentrifuugi, suutin) karsastaa, koska salassa pidetty väkevöinti saattaisi onnistua niillä helpommin kuin nykyisillä isoilla kaasudiffuusiolaitoksilla. Uuden teknologian hyödyntämättömyys lisääisi kuitenkin kustannuksia, eikä INFCE:ssä vallinnut väkevöintitekniologioiden keskinäisestä riskialttiudesta lainkaan yksimielisyyttä. Vastaavasti muut jälleenkäsittelytekniikat kuin yleisesti kokeiltu Purex aiheuttavat vaikeasti nieltävissä olevia kustannuslisiä ja johtavat halkeavan ydinaineen vajaan käyttöön.

Riskialttiiden toimintojen keskittäminen on usein perusteltua myös taloudellisista syistä. Vastahankaan asettuvissa maissa on vallalla uskomus, että riippuvaisuus muiden maiden teknologiasta ja laitoksista johtaa samalla syvällisempäänkin riippuvuussuhteeseen toimittajamaista.

Mitä itse plutoniumin käytön ja plutoniumin käyttöön perustuvien polttoainekierto- vaihtoehtojen hyväksyttävyyteen tulee

INFCE:n päätelmät ovat tulkittavissa siten, että ei ainakaan yhtään taulukossa 2 esitettyä vaihtoehtoa voida hylätä pelkästään ydinaseiden leviämisuhkaan vedoten. Plutoniumia tai runsaasti väkevöityä uraania hyväkseen käyttäviä teho-reaktoreita voidaan ottaa käyttöön, mikäli asianomaisissa tapauksissa on olemassa riittäviä taloudellisia tai muita voimametallien järkiperaistä käyttöä puoltavia syitä.

INFCE:n tulokset Suomen kannalta

Suomen kannanotot IAEA:ssa ja muissa kansainvälisissä yhteyksissä ovat perinteisesti tähdänneet ydinaseiden leviämismahdollisuuksien tehokkaaseen poistamiseen. Tässä mielessä INFCE tuskin tuo meidän viranomaisillemme paljoakaan uusia näkökantoja paitsi ehkä, että rajoitustoimia voidaan perustella enenevästi myös teknis-taloudellisilla syillä. Muilta osin voi INFCE:n tuloksia peilata Suomen ydinenergiantuottoolosuhteisiin seuraavien esimerkkien tavoin:

- Käytetyn polttoaineen jälleenkäsittelymahdollisuudet ovat erittäin rajoitetut, eikä kaupallisia sopimuksia tule olemaan liiemmästi tarjolla. Onkin nähtävissä, että TVO:n on varauduttava varastoimaan käytetty polttoaineensa ehkä pitkäksikin aikaa. Sama koskee luonnollisesti monia muita voimayhtiöitä maailmassa.
- Jälleenkäsittelyn ja plutoniumin käytön puolestapuhujillakaan ei ole varmaa tietoa plutoniumin hinnan muodostumisesta eikä siitä, milloin se nousisi lähellekään plutoniumin teoreettista reaktorifysikaalista arvoa. Loviisan polttoaineen palautuksen suhteen sovellettavilta maksujärjestelyiltä puuttuu siten markkinapohja. Plutoniumin hinnan epävarmuus tekee osaltaan ymmärrettäväksi sen, että TVO hylkäsi sille vast'ikään Englannista tehdyn jälleenkäsittelysopimustarjouksen, joka koski tosin vain varsin rajoitettua erää.
- Uraanin louhinnan terveys- ja ympäristöriskien ollessa suurempia kuin esimerkiksi jätteiden loppusijoituksen ei voida olettaa, että uraanin tuottajamaiden (Australia,

Kanada) yleisöreaktiot laantuisivat. Suomen tulisikin taata uraanin saanti mahdollisimman monesta eri lähteestä.

- TVO:lla olisi nähdäkseni edellytykset sopia raakauraanin sa toimittajan Kanadan kanssa siitä, että väkevöintijääne jää Neuvostoliittoon. Näin välttyisimme laimean uraanin hankalalta varastoinnilta Olkiluodossa.
- Jätteiden Suomeen jäävä lopullinen taltiointi on vaihtoehto, jonka varassa on eletävä toistaiseksi. Tämä ei tosin perustu niinkään teknisiin argumentteihin kuin yleisön reaktioihin jälleenkäsittelymaissa.
- Turvallisuusmielessä on niin pieni ero sillä loppusijoitetaanko käytetty polttoaine sellaisenaan vaiko korkeaaktiivinen jäte, että vaihtoehdoista voidaan valita paras lähinnä muilla perusteilla.
- Jäteongelma on palautettavissa taloudellisiin arvioihin, joskin suhteellisen suurten epävarmuusmarginaalien puitteissa. Tämän osoittamiseen tarvittava turvallisuusanalysointitekniikka on hioutumassa hyvää vauhtia.
- Yksikköpohja jätehuollon taloudellisten varausten tekemiselle ja rahastoinnille saadaan INFCE:stä. Muunnokset Suomen oloihin merkinnevät noin 0.8-1.5 p/kWh katevaa-detta laskentatavasta ja sovellettavasta korkokannasta riippuen.

Taulukko 1

INFCE ORGANISAATIO

YLEISKONFERENSSIT 17.-21.10.1977 Washington
 27.-29.11.1978 Wien
 25.-27.02.1980 Wien

TEKNINEN KOORDINOINTIKOMITEA,
jäsenenä allaluetellut 22 maata

TYÖRYHMÄT (yhteispuheenjohtajat)

1. Polttoaineen ja raskaan veden saanti (Kanada, Egypti, Intia)
2. Väkevöintipalvelujen saanti (Ranska, Saksan Liittotasavalta, Iran)
3. Toimitusten (teknologia, polttoaine, raskas vesi) varmistus pitkällä aikavälillä (Australia, Filippiinit, Sveitsi)
4. Jälleenkäsittely, plutoniumin käsittely, jälleenkierrätys (Japani, Englanti)
5. Nopeat reaktorit (Belgia, Italia, Neuvostoliitto)
6. Käytetyn polttoaineen käsittely ja väliaikaisvarastointi (Argentiina, Espanja)
7. Jätteiden käsittely ja loppusijoitus (Hollanti, Ruotsi, Suomi)
8. Uudet polttoainekierrot ja reaktoryypit (Korean tasavalta, Romania, USA)

Taulukko 2

Käyttöikäiset uraanitarpeet muutamille INFCE:ssä tarkastelluille ydinreaktoreille ja polttoainekierto- vaihtoehdoille (1000 MWe:a kohti 30 vuoden ajalta 70 %:n käyttöasteella; väkevöinnissä jäänneuraanin U-235 pitoisuus 0.2 %)

<u>Reaktorityyppi ja polttoainekierto- vaihtoehto</u>	<u>Koko käyttöajan uraanitarve, tonnia U</u>
<u>LWR, kertakäyttö</u>	
Nykyinen teknologia	4260
15 % parannettuna	3720
30 % parannettuna	3080
<u>LWR, plutoniumkierto</u>	
Nykyinen teknologia	2665
Parannettu teknologia	1850
<u>HWR, kertakäyttö</u>	
Nykyinen, luonnonuraanipolttoaine	3655
Parannettu, heikosti väkevöity uraanipolttoaine	2505
<u>HWR, plutoniumkierto</u>	
Luonnonuraani, plutoniumkierto	1820
<u>HWR, toriumkierto</u>	
Denaturoitu ²³³ U; täydennys väkevöityä uraania	1685
HEU kierto; täydennys väkevöityä uraania	1520
HEU kierto; täydennys plutoniumia	1220
<u>HTR, toriumkierto</u>	
Denaturoitu ²³³ U; täydennys väkevöityä uraania	2375
HEU kierto; täydennys väkevöityä uraania	1650
<u>FBR, U/Pu-kierto</u>	
Teknologia ennen v. 2000	36
Teknologia v:n 2000 jälkeen (Referenssi)	46
Teknologia v:n 2000 jälkeen (Kehittynyt)	49

Taulukko 3

Maaailman (koko maailma lukuunottamatta suunnitelmatalousmaita) arvioidut uraanivarat mantereittain tammikuussa 1979

(1000 tonnia U)

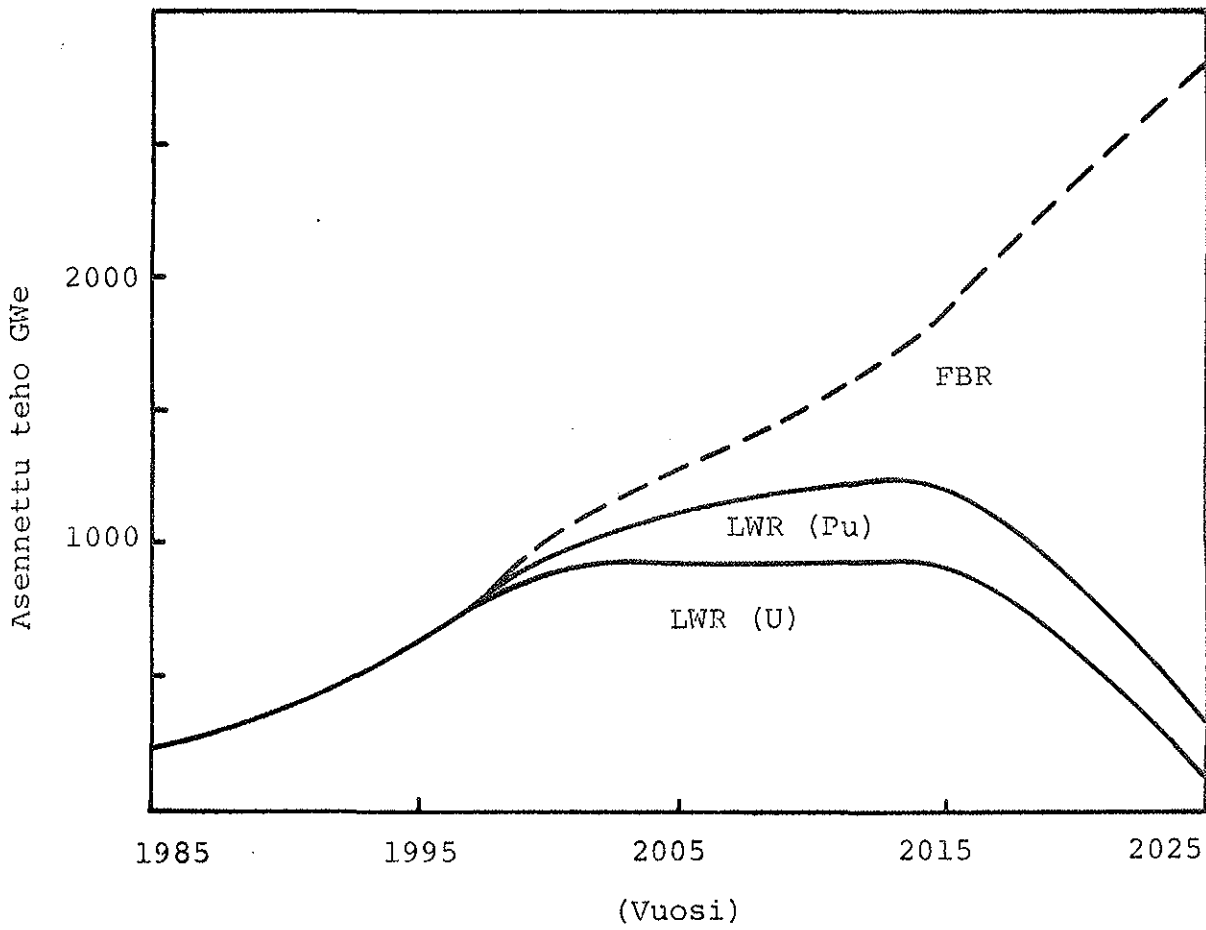
	Varmistetut uraanivarat		Arvioidut lisävarat	
	...\$80/kg U	\$80 ...130/kg U	...\$80/kg U	\$80 ...130/kg U
Pohjois-Amerikka	752	224	1145	759
Afrikka	609	167	139	124
Australia	290	9	47	6
Eurooppa	66	325	49	49
Aasia	40	6	1	23
Etelä-Amerikka	97	5	99	6
Yhteensä (pyöristetty)	1850	740	1480	970

Taulukko 4

INFCE, jätehuoltoa käsitellyt työryhmä

Jätehuollon arvioidut vaikutukset eri polttoainekiertojen tapauksissa laskettuna gigawattivuotta tuotettua sähköä kohti

	LWR		FBR	HWR		HTR	
	1 Kerta- käyttö	2 U-Pu kierto	3 U-Pu kierto	4 Kerta- käyttö	5 U-Pu kierto	6 U-Th kierto	7 U-Th kierto
Maan käyttö (ha)	1.6	1.0	0.1	1.4	0.7	0.2	0.5
Kollektiivinen annos- sitouma (K manrem) (lukuunottamatta uraaniperäistä luon- nollista radioaktii- visuutta)							
10^6	40	23	2.1	34	14	3.0	13
Kulkeutumisaika biosfääriin (vuotta)							
10^5	57	25	5.4	61	18	15	21
Kustannukset (Mmk)							
Suolavaihtoehto	37.6	36.0	28.8	40.4	36.4	35.2	44.4
Kalliovaihtoehto	56.4	53.6	42.8	50.0	47.2	54.0	69.2
Valvonnan kohde-erien lukumäärä							
Uraani (muu kuin runsaasti väkevöity) jäte	4.6	3.6	0.005	0.09	1.4	0.2	1.5
Plutonium- ja run- saasti väkevöity uraanijäte	38	0.6	4.1	66	1.0	4.2	1.7



Kuva 1. Maailman ydintehoarvio, eräs toteutumismvaihtoehto

KANSAINVÄLISEN POLTTOAINEKIERTOSELVITYKSEN (INFCE) JÄTEHUOLTOTYÖRYHMÄN TULOSTEN YHTEENVETO

1. JOHDANTO

Koko INFCE:n tarkoituksena oli verrata erilaisia ydinpolttoainekierto-
ratkaisuja niiden yhteiskunnalle aiheuttamien vaikutusten suhteen. Tärkeälle
sijalle asetettiin tällöin ydinaseiden leviämiskahva. Jätehuoltoa koskevien
työryhmien (7 ja myös 6.) osalta eri vaikutussuureiden tärkeys keskinäisessä
vertailussa kuitenkin painottuu eri tavoin kuin esim. jälleenkäsittelyä tai
koko polttoainekiertoa tarkasteltaessa. Vertailtaessa eri polttoainekierto-
ratkaisumalleja jätehuoltoon liittyvien vaiheiden osalta käytettiin seuraavia
vaikutussuureita:

- turvallisuus ja radiologiset ympäristövaikutukset
- muut ympäristövaikutukset
- kustannukset
- jätetuotteiden sisältämien fissiokelpoisten aineiden merkitys
ydinaseiden leviämiskahvan kannalta.

Lisäksi tarkasteltiin ydinjätehuollon merkitystä kansainvälis-juridisten jär-
jestelyjen kannalta sekä kehitysmaiden erityisnäkökohtia.

2. ERI POLTTOAINEKIERTORATKAISUJEN JÄTEHUOLLON VAIHEET JA JÄTEMÄÄRÄT

Valittaessa tarkasteltavia vaihtoehtoisia polttoainekierto-
ratkaisuja pyrittiin kattamaan nyt käytössä olevat ja lähimmän kahden vuosikymmenen kuluessa mahdol-
lisesti käyttöön tulevat reaktorityypit. Tarkastelun yksinkertaistamiseksi
oletettiin lisäksi, että eri vaihtoehtoisia ratkaisumalleja käytetään yksinään
ilman kytkentöjä muuntotyypisiin polttoainekierto-
ratkaisuihin. Edelleen kussakin kierto-
vaihtoehdossa oletetaan saavutetuksi tasapainotilanne, jolloin kaikkia polttoai-
nekierto-
ratkaisussa tarvittavia laitteistoja rakennetaan samaan tahtiin kuin niitä
30 vuoden toiminnan jälkeen poistetaan käytöstä. Tällöin esimerkiksi alkula-
tausten osuus raakauraanin tarpeessa ei tule esille, koska käytöstä poistetta-
van reaktorin polttoaine oletetaan ladattavaksi samanaikaisesti käyttöönotta-
maan uuteen reaktoriin. Tällainen lähestymistapa on tietenkin jonkin verran
keinotekoinen, koska käytännössä eri polttoainekierto-
ratkaisut voivat olla kes-
kenään vuorovaikutuksessa ja lisäksi tasapainotilannetta koskeva oletus ei
yleismaailmallisesti ottaen ole voimassa.

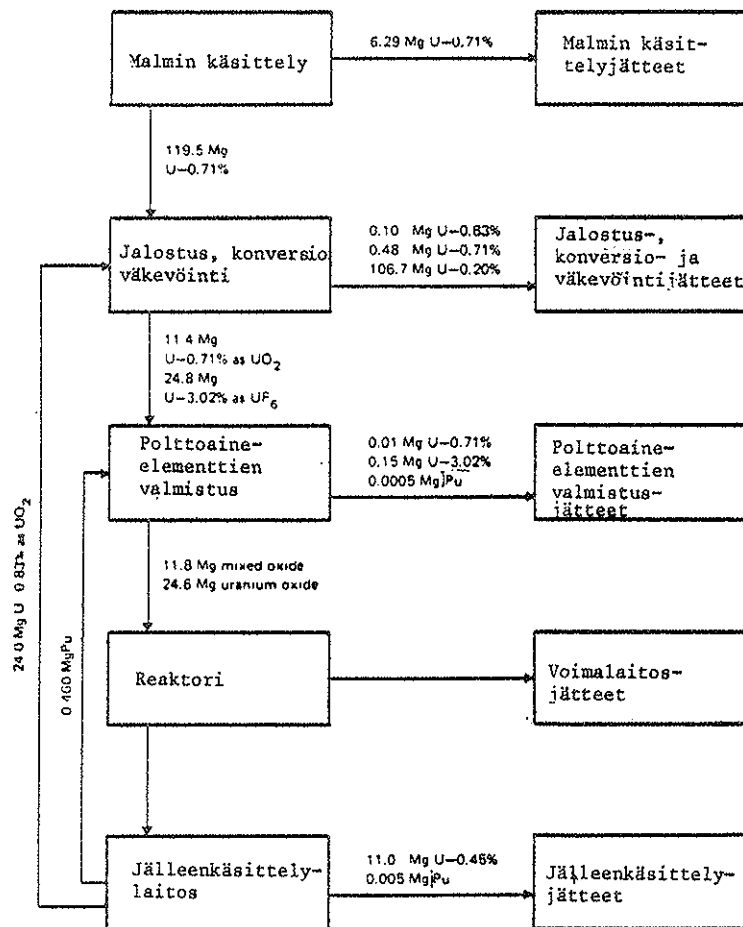
Kaikkiaan INFCE:n jätehuoltotyöryhmässä (n:o 7) tarkasteltiin 7 eri polttoaine-
kierto-
vaihtoehtoa, joiden tarvitsemat uraani- ja toriummäärät on ilmaistu tau-
lukossa 1.

Taulukko 1. Jätehuolto työryhmässä (7) tarkastellut polttoaine-
kierto-
ratkaisut ja niiden tarvitsemat uraani- ja torium-
määrät

Polttoainekierto	Voimamateriaalien tarve (t/GW _e ·a)	
	U	Th
1. LWR, kertakäyttö	204,4	-
2. LWR, U-Pu kierto	119,5	-
3. FBR, U-Pu kierto	1,2	-
4. HWR, kertakäyttö	178,8	-
5. HWR, U-Pu kierto	74,6	-
6. HWR, U-Th kierto	7,0	2,64
7. HTR, U-Th kierto	56,4	0,91

Kullekin polttoainekierrolle muodostettiin materiaalivirtakaaviot, joista ilmenevät uraanin, plutoniumin ja toriumin vaiheesta toiseen sekä jätteisiin siirtyvät määrät. Esimerkkinä tällaisesta kaaviosta on kuva 1, jossa on polttoainekierrolle 2 (LWR, U-Pu kierto) esitetty materiaalivirrat. Kuvasta ilmenee myös polttoainekierron vaiheiden mukainen jätetyyppien jaottelu:

1. Uraanimalmin käsittelystä syntyvät jätteet
2. Jalostus-, konversio- ja väkevöintijätteet
3. Polttoaine-elementtien valmistusjätteet
4. Voimalaitosjätteet
5. Jälleenkäsittelemätön käytetty polttoaine (p.a. kierrot 1 ja 4)
6. Jälleenkäsittelyjätteet.



Kuva 1. LWR, U-Pu kierto, materiaalivirtauskaavio.

Vaihetta 1 lukuunottamatta kussakin vaiheessa jätteet luokiteltiin ominaisuuksiensa perusteella ja valittiin eri jätetyypeille sopiva käsittelymenetelmä sekä lopullisen jätesäiliön tyyppi. Alhais- ja keskiaktiiviset jätteet otettiin kiinteytettäväksi ja tarvittaessa säteilysuojattavaksi betonin avulla. Myös kaikkien polttoainekierrossa ja jätteen käsittelyssä tarvittavien laitoksien, mukaanlukien itse reaktorit, käytöstäpoistojätteet on otettu huomioon arvioidussa jätemäärässä. Taulukossa 2 on esitetty referenssi-jäteasteiden ominaisuudet sekä taulukossa 3 tarkasteltujen polttoainekiertojen eri vaiheissa syntyvien jätteen määrät ilmaistuna tarvittavien jätesäiliöiden lukumäärinä.

Taulukko 2. Referenssijätepakkaukset

Tyyppi	Sisähalk. (cm)	Korkeus (cm)	Seinäma- materiaali	Seinämän vahvuus (cm)	Kapasiteetti
I Tynnyri, ei-säteily.	vaihteleva		hiiliteräs	0,16	0,2 m ³
II Tynnyri, säteily.	vaihteleva		hiiliteräs betoni	0,16 20	0,2 m ³
III Kanisteri, PWR	32	490	teräs	1,3	1 PWR elementti
IV Kanisteri, BWR	41	490	teräs	1,3	3 BWR elementtiä
V Kanisteri, HWR	86	115	teräs	2,5	72 HWR elementtiä tai 0,6 m ³
VI Kanisteri, HLW _s	30	300	ruost. teräs	1,0	0,177 m ³
VII Kanisteri, HLW _g	20	300	ruost. teräs	1,0	0,077 m ³
VIII Kaasupullo	-	-	teräs	-	0,05 m ³

HLW_s suolatapauksessa; HLW_g kalliotapauksessa

Taulukko 3. Polttoainekiertojen eri vaiheissa syntyvien jätteiden määrät jätepakkauksina GW_e-a kohti.

Jätteen alkuperä	Pakkauksen tyyppi, vrt. taulukko 2	LWR			HWR			
		1 Kerta- käyttö	2 U-Pu kierto	3 U-Pu kierto	4 Kerta- käyttö	5 U-Pu kierto	6 U-Th kierto	7 U-Th kierto
Konversio ja väkevöinti- laitokset	I	364	221	18	122	51	22	114
Polttoaine- tehdas	I	200	285	318	498	750	1207	175
Voimalaitos	I	1800	1800	15	1547	1547	1547	3060
	II	600	600	610	524	524	524	535
	V	3	10	7	-	-	-	8
Käytetyn polttoaineen kapselointi- laitos	II	45	-	-	80	-	-	-
	III	53	-	-	-	-	-	-
	IV	22	-	-	-	-	-	-
	V	-	-	-	132	-	-	-
Jälleen- käsittely- laitos	I	-	320	201	-	747	1066	3469
	II	-	112	72	-	237	381	43
	V	-	33	86	-	31	49	-
	VI	-	29	23	-	29	30	28
	VII	-	67	53	-	67	69	65
	VIII	-	17	17	-	17	18	18
Yhteensä eri vaiheissa	I	2364	2626	552	2167	3095	3842	6818
	II	645	712	682	604	761	905	578
	III	53	-	-	-	-	-	-
	IV	22	-	-	-	-	-	-
	V	3	43	93	132	31	49	8
	VI	-	29	23	-	29	30	28
	VII	-	67	53	-	67	69	65
	VIII	-	17	17	-	17	18	18

Kaikki taulukossa 3 mainitut jätteet on tarkastelluissa referenssivaihtoehdoissa suunniteltu loppusijoitettavaksi samaan paikkaan joko suola- tai kalliomuodostelmaan. Näitä referenssiloppusijoitusratkaisuja kuvataan tarkemmin luvussa 3. Näiden jätteiden lisäksi uraani- tai toriummalmin käsittelyssä syntyy huomattavia määriä jätteitä, jotka loppusijoitetaan erilleen muista jätteistä. Kyseisten jätteiden tilavuudet ja niiden sisältämien radioaktiivisten aineiden määrät on esitetty taulukossa 4.

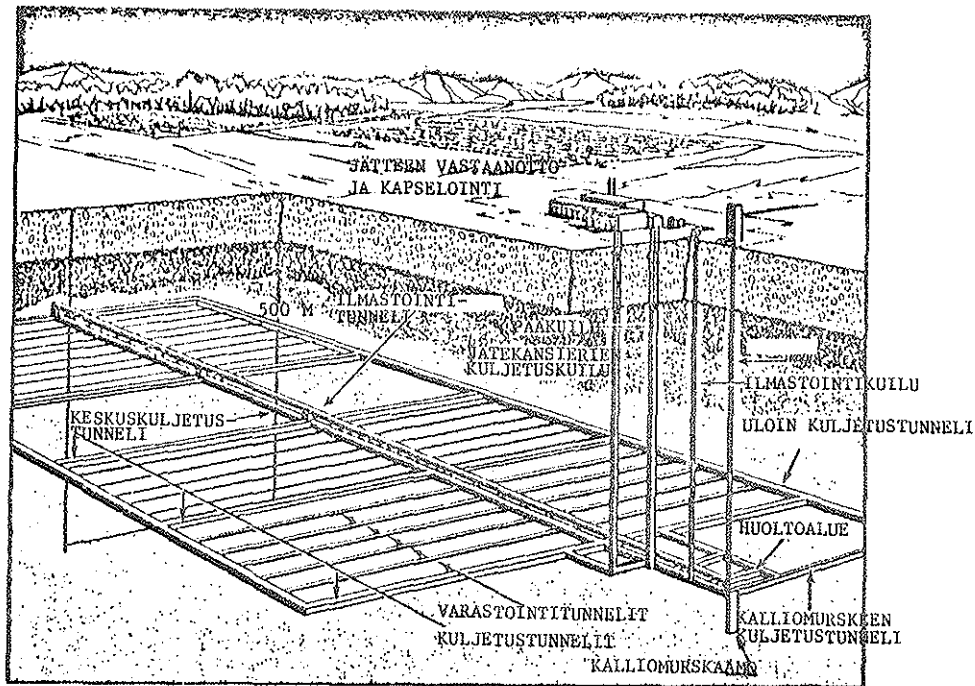
Taulukko 4 Malmin käsittelyssä syntyvien jätteiden tilavuus ja radioaktiivisuus 1 GW_e-a kohti.

	LWR		FBR	HWR			HTR
	1 Kerta- käyttö	2 U-Pu kierto	3 U-Pu kierto	4 Kerta- käyttö	5 U-Pu kierto	6 U-Th kierto	7 U-Th kierto
1 Uraanikaivosjätteet kokonaistilavuus m ³ sisältäen	58 540	34 060	342	50 960	21 260	1 995	16 100
238 _U , 234 _U ; kutakin (Ci)	3.6	2.1	0.02	3.1	1.3	0.12	1.0
230 _{Th} (Ci)	68	40	0.4	60	25	2.4	19
226 _{Ra} -210 _{Pb} ; kutakin (Ci)	72	42	0.4	63	26	2.6	20
2 Toriumkaivosjätteet kokonaistilavuus (m ³) sisältäen	-	-	-	-	-	396	136
232 _{Th} , 228 _{Th} ; (Ci)	-	-	-	-	-	0.03	0.01
228 _{Ra} (Ci)	-	-	-	-	-	0.34	0.11

Ympäristövaikutuksien arvioimista varten on lisäksi tunnettava kaikissa muissakin vaiheissa nuklidikohtaisesti jätteiden sisältämä radioaktiivisuus. Käytetyn polttoaineen ja korkea-aktiivisen jätteiden osalta myös lämmönkehityksellä on huomattava merkitys ja eri polttoainekierto vaihtoehtojen välillä on selviä eroja tässä suhteessa. Perustapauksessa oletetaan näiden jätetyyppien loppusijoituksen tapahtuvan 10 vuotta sen jälkeen kun polttoaine on poistettu reaktorista. Lämmönkehityksen loppusijoitusratkaisun suunnittelulle asettamien vaatimusten vuoksi optimoitu ratkaisu todellisuudessa sisältänee tietyn pituisen väliaikaisvarastointijakson. INFCE:ssä käytetyn polttoaineen eri tyyppisiä väliaikaisvarastointiratkaisuvaihtoehtoja ja niihin liittyviä tekijöitä on tarkasteltu työryhmässä 6.

3. JÄTTEIDEN LOPPUSIJOITUS

Eri polttoainekierto vaihtojen vertailemiseksi myös loppusijoitusvaiheen osalta oli tarpeellista määritellä käytettävät referenssiloppusijoitusonkalot. Paremmankattavuuden takaamiseksi tarkastelut suoritettiin erikseen suola- ja kalliio- (graniitti, gneissi tai basaltti) vaihtoehdoissa pyrkimättä kuitenkaan vertailemaan niiden keskinäistä edullisuutta. Kuvassa 2 on esitetty luonnosmaisesti loppusijoitusonkalon periaatteellinen rakenne kalliiovaihtoehdossa. Huolimatta siitä, että varsin monissa maissa alhais- ja keskiaktiivisten voimalaitosjätteiden loppusijoitus on suunniteltu toteutettavaksi lähemmäksi maanpintaa, on INFCE-selvityksessä oletettu kaikki jätteet (lukuunottamatta malminkäsittelyjätteitä) loppusijoitettavaksi samalle syvyydelle, kuitenkin erillisiin osiin tunneliverkostoa.



Kuva 2. Perspektiivikuva loppusijoitusonkalon periaatteellisesta rakenteesta

Käytettyjä referenssivaihtoehtoja kuvaavien parametrien, kuten vedenjohtavuus ja pidentysominaisuudet, arvoja valittaessa on pyritty siihen, että ne vastaavat mahdollisimman yleisesti löydettävissä olevia olosuhteita. Radioaktiivisten aineiden elävään luontoon joutumista estävien tai hidastavien luonnollisten ilmiöiden tai ominaisuuksien lisäksi loppusijoitusonkalo voi sisältää useita keinoitekoisia teknillisiä esteitä. Kaikkiaan tyypillinen loppusijoitusratkaisu sisältää seuraavat luonnolliset tekijät ja keinoitekoiset esteet, joista osa voidaan jättää pois riippuen paikallisista olosuhteista

- jätteen fysikaalis-/kemiaallinen muoto ja pitkäaikainen stabiilisuus
- korroosiota hyvin kestävä kapselointimateriaali
- vettä heikosti läpäisevä ja radionuklideja pidättävä puskuriainekerros
- pohjaveden hidas virtausnopeus kalliossa ja siitä seuraava pitkä kulkeutumisaika
- radionuklidien liikkeen hidastuminen veden nopeuden suhteen kemiallisten prosessien kautta kalliohalkeamissa
- kulkeutumisen hidastuminen kallion päällä olevissa maakerroksissa.

Viimeksimainittua hidastusvaikutusta ei turvallisuusanalyseissä oteta huomioon.

Taulukossa 5 on esitetty kalliovaihtoehdossa eri jätetyyppien vaatima maanalaista loppusijoituspinta-ala yhten 1000 MWe:n laitoksen vuodessa tuottamia jätemääriä vastaten.

Taulukko 5. Eri jätetyyppien vaatima maanalainen pinta-ala loppusijoitusonkalossa (ha/GW_e·a) kalliovaihtoehdossa

Pinta-alarave eri jätetyypeille	LWR		FBR	HWR			HTR
	1	2	3	4	5	6	7
	Kerta- käyttö	U-Pu kierto	U-Pu kierto	Kerta- käyttö	U-Pu kierto	U-Th kierto	U-Th kierto
Lasitettu jäte	-	0.59	0.47	-	0.59	0.60	0.57
Käytetty polttoaine	0.66	-	-	0.58	-	-	-
Muut kanisteroidut jätteet	0.003	0.05	0.05	0.10	0.003	0.05	0.01
Tynnyreissä olevat jätteet	0.21	0.23	0.08	0.19	0.27	0.34	0.52
Pinta-ala yhteensä	0.87	0.87	0.65	0.77	0.90	0.99	1.10

4. YDINJÄTEHUOLLON AIHEUTTAMAT SÄTEILYANNOKSET SEKÄ MUUT YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Radioaktiivisten aineiden ympäristövaikutuksia on INFCE-selvityksessä arvioitu käyttäen mittasuurena kollektiivista annossitoumaa, joka on äärettömän pitkän ajan yli yntegroitu summa eri yksilöiden saamista säteilyannoksista, jotka puolestaan on laskettu painottamalla eri elinten saamia säteilyannoksia. Säteilyannoksia laskettaessa on otettu huomioon kaikki jätteiden käsittelytoimenpiteistä tai loppusijoituksesta peräisin olevien radioaktiivisten aineiden päästöt, mutta sen sijaan ei ole tarkasteltu esim reaktorin normaalikäytön tai onnettomuuksien vaikutuksia. Tarkastelussa on otettu huomioon sekä makean veden että valtamerien kautta tapahtuvat säteilyannosten kertymisreitit. Malmin käsittelyjätteiden osalta on tarkasteltu lisäksi ilmakehään tapahtuvia päästöjä.

Taulukossa 6 on esitetty yhteenvetona polttoainekierron eri vaiheissa tapahtuvista ydinjätehuoltoon liittyvistä toimenpiteistä tai loppusijoituksesta aiheutuvat kollektiiviset annossitoumat. Lisäksi taulukon alimmalla rivillä on esitetty kokonaisannosten osalta luvut, joista on vähennetty uraaniperäisen luonnollisen radioaktiivisuuden osuus niiden jätetyyppien (2.-6.) kohdalta, joissa jätteet on sijoitettu 500 m syvyydellä olevaan loppusijoitusonkaloon. Sensijaan malmin käsittelyjätteistä (tyyppi 1) aiheutuva annos otetaan kokonaisuudessaan huomioon, vaikka sekin on täysin luonnollisista radioaktiivisuuslähteistä peräisin. Vertailun vuoksi voidaan todeta, että koko maailman väestöön kohdistuva yhden tunnin aikana luonnollisesta taustasäteilystä peräisin oleva säteilyrasitus on 43 kmanrem eli samaa luokkaa kuin tarkasteltujen polttoainekierto tapausten aiheuttama annos GW_e a kohti äärettömän pitkän ajan yli laskettuna. Loppusijoituspaikan (jättemäärä vastaa 100 GW_e a) läheisyydessä asuvan henkilön maksimiannoksen on tutkimuksessa arvioitu kalliotapauksessa olevan alle 0.13 mrem/vuosi eli suuruusluokkaa promille luonnollisesta taustasäteilystä.

Radioaktiivisten ympäristövaikutusten lisäksi jätehuoltoryhmässä tarkasteltiin eräitä muita vaikutuksia, kuten luonnonvarojen (pääasiassa maan) käyttöä; kemiallisten ja lämpöpäästöjen vaikutuksia; meteorologisten, hydrologisten ja luonnonmullistusten vaikutuksia jätehuollon suunnitteluun sekä myös sosiaalisia vaikutuksia. Merkittävämmäksi vaikutukseksi katsottiin maankäyttö, josta puolestaan malminkäsittelyjätteiden osuus on hallitseva lukuunottamatta polttoainekiertoja 3 (FBR) ja 6 (HWR, U-Th-kierto).

Taulukko 6. Yhteenvedo jätehuollon eri vaiheiden aiheuttamista kollektiivisista annositoumista ($kmanrem/GW_e \cdot a$)

Jätetyyppi	LWR		FBR	HWR			HTR
	1 Kerta- käyttö	2 U-Pu kierto	3 U-Pu kierto	4 Kerta- käyttö	5 U-Pu kierto	6 U-Th kierto	7 U-Th kierto
1. Malmin käsittely- jätteet	37	22	0.2	33	13	1.3	10
2. Jalostus-, kon- versio- ja väke- vointijätteet*	27 9.0	16 5.9	- -	- -	- -	0.99 0.36	8.3 3.0
3. Polttoaine-ele- menttien valmistus- jätteet*	<0.1 0.1	<0.1 0.1	<0.1 0.3	<0.1 <0.1	<0.1 0.1	<0.1 0.5	<0.1 <0.1
4. Voimaaitosjätteet	<0.1	<0.1	<0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
5. Jälleenkäsitteli- mätön käytetty polttoaine *	8.9 27	- -	- -	31 45	- -	- -	- -
6. Jälleenkäsittely- jätteet*	- -	3.07 5.00	1.8 5.2	- -	13.7 11.7	3.6 26	2.5 12
Yhteensä*	73 73	41 33	2.2 5.8	64 78	27 25	6.1 28	21 25
Yhteensä, vähennet- tyinä uraaniperäisen luonnollisen radio- aktiivisuuden osuu- della jätetyyppien 2-6 osalta	40 57	23 25	2.1 5.4	34 61	14 18	3.6 15	13 21

* Ylempi ja alempi luku vastaavat biosfääriin kulkeutumisaikoja 10^6 ja 10^5 vuotta

5. YDINJÄTEHUOLLON KUSTANNUKSET

Perustuen valittuihin referenssilaitoksiin ja loppusijoitusratkaisuihin on työryhmässä suoritettu jätehuoltokustannusten analyysi. Perustapauksessa tarkastellun ydinvoimaohjelman laajuudeksi on oletettu 50 GW. Perustapauksen lisäksi on tutkittu pienemmän ohjelman (10 GW) aiheuttamia eroavuuksia. Perustapauksista suurempien ydinvoimaohjelmien tapauksessa ei katsota enää voitavan saavuttaa etuja yksikkökustannusten pienemisenä.

Kustannuslaskelmat on suoritettu käyttäen tammikuun 1978 hintatasoa ja on otettu huomioon seuraavat kustannuserät: investointikustannukset, käyttö- ja ylläpitokustannukset, rahoituskustannukset (vieraan ja oman pääoman suhde 2/1, korko- ja pääoman tuotto prosentti perustapauksessa 10 %), veroja ei ole mukana, tutkimus- ja kehityskulut, kuljetuskustannukset ja lisäksi käytetyllä polttoaineella ei ole oletettu olevan resurssi-arvoa, eikä myöskään polttoaine-kierrossa uudelleen kierrätettävien aineiden käyttämisestä tulevaa säästöä oteta huomioon, koska tarkastelussa on rajoitettu ainoastaan jätehuollon osuuteen.

Taulukossa 7 on esitetty vaiheittain ydinjätehuoltokustannukset tuotettua energiamäärää kohden eri polttoainekierroille kalliotapauksessa perustuen 50 GW suuruiseen ydinvoimaohjelmaan sekä edellä esitettyihin esim. korkokantaa koskeviin oletuksiin. Tutkimuksen mukaan 10 GW ja 50 GW ohjelmien välinen ero yksikkökustannuksissa on kalliotapauksessa luokkaa 8...19 % polttoainekierrosta riippuen. Rahoituskustannusten laskussa käytetty korkokanta luonnollisesti muuttaa arvioitujen kustannusten absoluuttiarvoja, mutta ei muuta eri polttoainekiertojen keskinäistä järjestystä. Taulukon 7 kokonaisjätehuoltokustannukset ovat kevytvesireaktoreille luokkaa 0.5 p/kWh. Vaihtelut eri polttoainekiertojen välillä eivät ole erityisen suuria ottaen lisäksi huomioon jätehuoltokustannusten suhteellisen pienen osuuden sähkön tuotannon lasketusta arvosta.

Taulukko 7. Ydinjätteiden käsittely/kujietus ja loppusijoituskustannukset (Mmk/GW_e-a) eri polttoainekierroille

		LWR		FBR	HWR		HTR	
		1 Kerta- käyttö	2 U-Pu- kierto	3 U-Pu kierto	4 Kerta- käyttö	5 U-Pu kierto	6 U-Th kierto	7 U-Th kierto
Malmin louhinta		2.56	1.48	0.018	2.24	0.92	0.11	0.68
Jalostuskonversio	C/T	0.428	0.392	0.039	0.136	0.072	0.128	0.136
Väkevöinti	D	0.936	0.588	0.051	0.148	0.064	0.028	0.288
UO ₂ -polttoaineen valmistus	C/T	0.192	0.124	-	0.332	-	-	-
	D	0.516	0.344	-	0.620	-	-	-
MOX-polttoaineen valmistus	C/T	-	0.288	0.516	-	1.44	2.28	0.304
	D	-	0.412	0.872	-	0.92	1.48	0.44
Voimalaitos	C/T	12.8	12.9	7.16	6.04	6.04	6.04	15.9
	D	10.4	11.2	6.56	4.04	4.04	4.04	13.3
Käytetty polttoaine	C/T	6.28	-	-	14.0	-	-	-
	D	22.2	-	-	22.3	-	-	-
Jälleenkäsittely	C/T ^a	-	8.76	9.36	-	11.4	14.3	17.0
	D	-	17.1	18.3	-	22.2	25.5	21.1
Yhteensä ilman malmin louhintaa	C/T	19.7	22.5	17.1	20.5	19.0	22.7	33.3
	D	34.1	29.6	25.7	27.2	27.3	31.2	35.2
Yhteensä		56.4	53.6	42.8	50.0	47.2	54.0	69.2

C/T - Conditioning and transport

D - Disposal of waste

6. YDINASEIDEN LEVIÄMISRISKI YDINJÄTEHUOLLON KANNALTA

Jätetuotteita koskien ydinaseiden leviämiskin pienentämistä koskevia valvontamääräyksiä ei ole IAEA:n toimesta kaikkien tyyppien osalta toistaiseksi kiinnitetty. Työryhmässä päädyttiin käyttämään mittana eri jätetuotteiden sisältämästä halkeamiskelpoisten aineiden määrästä valvontaerien lukumäärää. Yhteen valvontaeraan kuuluu jätetyypistä riippuen vaihteleva määrä jätepakkauksia. Yhteenvetotaulukossa 8 on esitetty näiden valvontaerien lukumäärä tuotettua energiamäärää kohden eri polttoainekierroille. Lukujen vertaaminen sellaisenaan ei kuitenkaan anna täydellistä kuvaa kuhunkin jätetyypin liittyvästä ydinaseiden leviämiskinistä. Muiden jätetyyppien kuin käytetyn polttoaineen osalta joko niiden sisältämä plutonium on voimakkaasti laimennettu (lasiin tai betoniin) tai vastaavasti uraani edel-

lyttää lisäväkevointiä tai säteilytystä reaktorissa. Käytetty polttoaine sisältää huomattavia määriä plutoniumia, mutta aluksi sen käyttökelpoisuutta alentaa fissiotuotteiden voimakas radioaktiivisuus, mikä kuitenkin ajanmitaan alenee. Suhteellisen lyhyen väliavarastoinnin jälkeen käytetty polttoaine kuitenkin loppusijoitetaan syvälle kallion sisään ja tunnelit sekä kuitut täytetään, jolloin jättekapselien luvaton uudelleen esiin nostaminen edellyttää mittavia louhintatoimia, joita on vaikea suorittaa ilman ilmi-tulemisen vaaraa.

7. KANSAINVÄLISJURIDISET KYSYMYKSET SEKÄ KEHITYSMAIDEN ERITYISTARPEET

Sekä käytetyn polttoaineen käsittelyä (WG.6) että jätehuoltoa ja loppusijoitusta (WG.7) tarkastelleiden työryhmien raporteissa on tuotu esille seuraavat mahdollisuudet käytetyn polttoaineen varastointiin tai jätteiden loppusijoitukseen

- (1) Kansallinen järjestely, kuitenkin poissulkematta mahdollisuutta erillisellä sopimuksella sopia vieraan valtion jätetuotteiden huoltamisesta samassa laitoksessa.
- (2) Monikansallinen järjestely, jossa käyttövaiheen aikana sekä teknillinen että taloudellinen toteuttamisvastuu on jaettu osallistujamaiden kesken, mutta laitoksen sulkemisen jälkeen vastuu lopullisesti jää sille valtiolle, jossa laitos sijaitsee.
- (3) Kansainvälinen järjestely, jossa laitos sijaitsee joko yksittäisessä maassa tai kansainvälisellä alueella (esim. valtamerien alueella). Vastuu kuuluisi tällöin kansainväliselle organisaatiolle, vaikkakin myöhemmin vastuu erikseen sopien voisi siirtyä suppeammalle maaryhmälle.

Siinä tapauksessa, että vaihtoehtoja (2) tai (3) voidaan noudattaa, tulisi samalla pyrkiä sijoittamaan käytetyn polttoaineen keskitetty varastointi, jälleenkäsittely ja loppusijoitus samalle alueelle, jolloin saavutettaisiin etuja mm. valvonnan järjestämisessä. Kehitysmaiden erityistarpeet ovat suurelta osin yhteneviä rajoitetun ydinvoimaohjelman omaavien teollisuusmaiden tarpeiden kanssa.

8. YHTEENVETO JA SUOSITUKSET

Yhteenvetona jätehuoltoryhmän suorittamasta vertailusta eri polttoainekiertojen kesken voidaan todeta, että havaittuja eroja jätehuollon osalta ei voida pitää ratkaisevina tekijöinä valittaessa käytettävää ratkaisumallia. Taulukossa 8 on esitetty yhteenveto eri arvioluokkia käyttäen polttoainekiertojen vertailusta. Tehtäessä johtopäätöksiä taulukon lukujen välisistä eroista on otettava huomioon polttoainekierron muiden vaiheiden aiheuttamat vastaavat vaikutukset ja ympäristövaikutusten osalta myös luonnolliset taustaarvot tai muut ihmisen aiheuttamat muutokset ympäristössä. Jätehuoltotyöryhmän esittämistä suosituksista on Suomen kannalta merkittävä ehdotus keskittyä monikansallisista tai kansainvälisistä laitoksista käytetyn polttoaineen ja/tai lasitetun jälleenkäsittelyjätteen loppusijoittamiseksi. Saavutettavien taloudellisten etujen ja valvonnan helpottumisen rinnalla radiologiset ympäristövaikutukset jäisivät kuitenkin esim. taustasäteilyä huomattavasti alhaisemmalle tasolle. Kaikesta huolimatta Suomessa on edelleen varauduttava vaihtoehtoon, jossa omalta osaltamme joudumme huolehtimaan jätteiden lopullisesta taltioinnista kallioperään.

Taulukko 8

INFCE, jätehuoltoa käsitellyt työryhmä

Jätehuollon arvioidut vaikutukset eri polttoainekiertojen tapauksissa laskettuna gigawattivuotta tuotettua sähköä kohti

	LWR		FBR	HWR		HTR	
	1	2	3	4	5	6	7
	Kerta- käyttö	U-Pu kierto	U-Pu kierto	Kerta- käyttö	U-Pu kierto	U-Th kierto	U-Th kierto
Maan käyttö (ha)	1.6	1.0	0.1	1.4	0.7	0.2	0.5
Kollektiivinen annos- sitouma (K manrem) (lukuunottamatta uraaniperäistä luon- nollista radioaktii- visuutta)							
	10^6	40	23	2.1	34	14	3.0
Kulkeutumisaika biosfääriin (vuotta)	10^5	57	25	5.4	61	18	15
Kustannukset (Mmk)							
Suolavaihtoehto	37.6	36.0	28.8	40.4	36.4	35.2	44.4
Kalliovaihtoehto	56.4	53.6	42.8	50.0	47.2	54.0	69.2
Valvonnan kohde-erien lukumäärä							
Uraani (muu kuin runsaasti väkevöity) jäte	4.6	3.6	0.005	0.09	1.4	0.2	1.5
Plutonium- ja run- saasti väkevöity uraanijäte	38	0.6	4.1	66	1.0	4.2	1.7

YDINENERGIA-ALAN TUTKIMUSTOIMINTA SUOMESSA VUONNA 1979

Ydintekniikan tutkimustoiminnan suunnitteluun osallistuminen, erityisesti rahoitusehdotusten tekeminen, on atomienergianeuvottelukunnan ja sen yleisjaoston keskeinen tehtäväalue. Ydintekniikan tutkimuksen vuosien 1979 - 1983 runko-ohjelman (KTM:n energiaosaston raportti C:6, 1978)¹⁾ osana selvitettiin varsin perusteellisesti julkisrahoitteisen ydintekniikan tutkimuksen ja siihen välittömästi kytkeytyvän kaupallisen toiminnan rahoitusjakautumaa ja sisällöllistä luonnetta vuoden 1977 osalta. Uusi selvitys kohdistuu vuoteen 1979 ja on osittain edellistä laajempi mutta toisaalta yksityiskohdiltaan karkeampi. Olennaisin laajennus vuoden 1977 selvitykseen verrattuna on voimayhtiöissä ja säteilyturvallisuuslaitoksessa toteutettavan tutkimus- ja kehitystoiminnan ottaminen mukaan.

Nyt tehdyn selvityksen toivotaan olevan hyödyllinen mm. antamaan kvantitatiivista taustatietoa koko energiatutkimuksen suunnitteluun kytkeytyvälle keskustelulle, jota käydään ydintekniikan tutkimustoiminnan rahoituksen jakamisesta julkisten lähteiden ja energiantuottajien kesken. Selvitys palvelee myös tutkimustulosten tiedottamistarkoitusta. Selvityksen taustaksi kootut projektikuvaukset sisältävät runsaasti lisätietoa tutkimustoiminnan sisällöstä.

Taulukoissa esitetään tilastollinen yhteenveto ydinenergia-alan tutkimustoiminnasta v. 1979. Esitetyjä numeroarvoja on pidettävä arvioina, sillä lopullisia vuoden 1979 toteutumatietoja ei raporttia laadittaessa vielä ollut käytettävissä läheskään kaikista projekteista. Aineistolle ei suoritettu toimitusvaiheessa perusteellista tarkistusta ja rajausvaikeudet ovat olleet paikoitellen huomattavia.

Taulukossa 1. eritellään tutkimustoiminnan laajuus ja kustannukset tutkimusalueittain. Myöhempien vertailujen helpottamiseksi käytetään valtion ja tulo- ja menoarvion energiatutkimusmomentin (33.44.21) vuoden 1980 käyttösuunnitelman jaottelua, jossa ainut ero vuoteen 1979 verrattuna on uusi alue "Ydinvoimalaitosten käyttöselvitykset".

Taulukossa 2. tutkimusalueet on edelleen eritelty suorittajaorganisaatioittain.

Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen ohjelmiksi on kirjattu vain sellaiset tutkimukset, joissa valtaosa rahoitusta on julkista.

Taulukko 3. esittää tutkimustoiminnan jakautumisen suorittajaorganisaatioiden kesken. Osa voimayhtiöiden nimissä suoritetusta toiminnasta on toteutettu Valtion teknillisessä tutkimuskeskuksessa tai konsulttitoimistoissa.

Taulukko 4. esittää arvion tutkimustoiminnan rahoituksen jakautumisesta.

1) Kts. ATS Ydintekniikka 3/1978, s. 26...34

Taulukoiden perään on liitetty joukko taulukkoja selittäviä ja täydentäviä huomautuksia. Näissä esitetään tietoja myös sellaisista merkittävistä ydinenergia-alan toiminnoista mm. säteilyturvallisuuslaitoksessa ja Valtion teknillisessä tutkimuskeskuksessa, joita ei ole käytetyn rajauksen puitteissa sisällytetty taulukkoihin.

Ydinenergian tutkimuksen laajuus v. 1979 oli kaikkiaan noin 250 henkilötyövuotta ja kustannukset n. 50 miljoonaa mk. Suurin tutkimusyksikkö oli lähes kaikilla tutkimusalueilla toimiva VTF yli sadalla henkilötyövuodellaan. Imatran Voima Oy:n työpanos oli yli 50 henkilötyövuotta. Usean kymmenen henkilötyövuoden panoksen käyttivät lisäksi vielä Geologinen tutkimuslaitos, säteilyturvallisuuslaitos ja Oy Finnatom Ab.

Tutkimusalueista laajin, yli 50 henkilötyövuotta, oli Reaktoriteknilliset tutkimukset, johon oli luokiteltu valtaosa voimayhtiöiden tutkimustoiminnasta. Ydinjätehuoltoon sekä turvallisuus- ja ympäristövaikutustutkimukseen käytettiin molempiin noin 40 henkilötyövuotta.

Rahoitus jakautui lähes tasan julkisten lähteiden ja teollisuuden kesken. Kauppa- ja teollisuusministeriön energiatutkimuksen erityisrahoitus oli n. 11 miljoonaa mk eli viidennes koko rahoituksesta.

Taulukko 1. Ydinenergia-alan tutkimus vuonna 1979 tutkimusalueittain eriteltynä.

Tutkimusalue	Työpanos v.1979 (henkilötyövuotta)	Kokonaiskustannukset v.1979 (kmk)
1. Ydinenergian perustutkimukset ja erityissovellutukset	23	3 135
2. Ydinvoimalaitosten käyttöselvitykset	24	8 402
3. Ydinvoimalaitosten turvallisuus- ja ympäristöanalyysit	42	7 477
4. Reaktoriteknilliset tutkimukset	52	11 116
5. Polttoaineteknilliset tutkimukset	15	2 415
6. Polttoainekierto ja ydinjätehuoltoon liittyvät selvitykset ¹⁾	70	11 980
7. Kotimaisen teollisuuden ydinenergia-alan tutkimus-, kehitys- ja suunnittelutoiminnan edistäminen	17	3 600
8. Turvallisuusvalvontaa tukeva eritelemätön tutkimustoiminta säteilyturvallisuuslaitoksessa	10	1 800
Yhteensä	253	49 925

¹⁾ Edelleen eriteltynä henkilötyövuodet jakautuivat seuraavasti:

Uraanin etsintä	27
Jätehuolto	41
Polttoainekiertoselvitykset	2

Taulukko 2. Ydinenergia-alan tutkimus v. 1979 tutkimusaloittain ja suorittajaorganisaatioittain eriteltynä.

Tutkimusalue	Laajuus v. 1979 (henkilötyö- vuotta)	Kokonaiskustannuk- set v. 1979 (kmk)
1. Ydinenergian perustutkimukset ja erityissovellilutukset		
Valtion teknillinen tutkimuskeskus	23	3 135
2. Ydinvoimalaitosten käyttösel- vitykset		
Valtion teknillinen tutkimuskeskus	15	1 987
Imatran Voima Oy	7	6 115
Teollisuuden Voima Oy	2	300
	<u>24</u>	<u>8 402</u>
3. Ydinvoimalaitosten turvallisuus- ja ympäristöanalyysit		
Valtion teknillinen tutkimuskeskus	24	3 972
Ilmatieteen laitos	1	160
Merentutkimuslaitos	1	250
Säteilyturvallisuuslaitos	12	2 190
Imatran Voima Oy	1	305
Teollisuuden Voima Oy	2	480
Helsingin Seudun Lämpövoima Oy	1	120
	<u>42</u>	<u>7 477</u>
4. Reaktoriteknilliset tutkimukset		
Valtion teknillinen tutkimuskeskus	14	2 451
Imatran Voima Oy	36	8 265
Helsingin Seudun Lämpövoima Oy	2	400
	<u>52</u>	<u>11 116</u>
5. Polttoaineteknilliset tutkimukset		
Valtion teknillinen tutkimuskeskus	14	2 265
Teollisuuden Voima Oy	1	150
	<u>15</u>	<u>2 415</u>
6. Polttoainekiertoön ja ydinjäte- huoltoon liittyvät selvitykset		
Valtion teknillinen tutkimuskeskus	17	3 040
Hgin yliopiston radiokemian laitos	4	490
Geologinen tutkim.laitos/Jätehuolto	4	530
" /U-etsintä	27	3 600
Säteilyturvallisuuslaitos	2	490
Imatran Voima Oy	11	2 630
Teollisuuden Voima Oy	5	1 600
	<u>70</u>	<u>11 980</u>
7. Kotimaisen teollisuuden ydinener- gia-alan tutkimus-, kehitys- ja suunnittelutoiminnan edistäminen		
Finnatom Oy	17	3 600
8. Turvallisuusvalvontaa tukeva erit- telemätön tutkimustoiminta säteily- turvallisuuslaitoksessa	<u>10</u>	<u>1 800</u>
Yhteensä	253	49 925

Taulukko 3. Ydinenergia-alan tutkimus v. 1979 suorittajaorganisaatioittain eriteltynä

Suorittajaorganisaatio	Työpanos v.1979 (henkilötyövuotta)	Kokonaiskustannukset v.1979 (kmk)
Valtion teknillinen tutkimuskeskus	107	16 850
Ilmatieteen laitos	1	160
Merentutkimuslaitos	1	250
Helsingin yliopiston radio-kemian laitos	4	490
Geologinen tutkimuslaitos	31	4 125
Säteilyturvallisuuslaitos	24	4 480
Finnatom Oy	17	3 600
Imatran Voima Oy	55	17 315
Teollisuuden Voima Oy	10	2 530
Helsingin Seudun Lämpövoima Oy	<u>3</u>	<u>520</u>
Yhteensä	253	49 925

Taulukko 2.4. Ydinenergia-alan tutkimuksen rahoituksen jakautuma v. 1979

	Rahoitus v. 1979 miljoonaa mk
KTM:n energiatutkimusrahoitus	11,0
Valtion teknillinen tutkimuskeskus	7,2
Muut julkiset lähteet	8,5
Voimayhtiöt	20,3
Valmistava teollisuus	2,3
Ulkomaiset lähteet	<u>0,6</u>
	49,9

Selityksiä ja täydennyksiä taulukkoihin 2.1 - 2.4

- 1) Projektin kokonaiskustannukset tarkoittavat omakustannusarvoa (VTT:n maksuasetuksessa määritelty käsite) tai vastaavaa kustannusta, joka sisältää välittömien palkka-, tietokone-, laitehankinta-, matkatus. kustannusten lisäksi täysimääräiset henkilösivukulut, laskennalliset eläkkeet ja pääomamenot ja muut yleiskustannukset.
 - 2) Säteilyturvallisuuslaitoksen kustannukset ydinenergian turvallisuusvalvonnasta v. 1979 olivat yhteensä n. 7 miljoonaa markkaa. Laitos laskutti voimayhtiöiltä ydinvoimalaitosten tarkastus- ja muun valvontatoiminnan kustannuksina v. 1979 yhteensä 6,3 miljoonaa markkaa.
 - 3) Taulukkoihin sisällyttämättä Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen ydintekniikan alan toiminnoista voidaan mainita seuraavat arviot:
 - Radionuklidien tuotanto

Otaniemen tutkimusreaktorilla on tuotettu n. 20 % maassamme etupäässä lääkimällisissä tarkoituksissa käytettävistä radionuklideista. Uusien laboratoriotilojen valmistuminen antanee edellytyksiä markkinaosuuden kasvuun. Radionuklidituotannon työpanos v. 1979 oli n. 8 henkilötyövuotta ja rahoitus n. 1 350 000 mk.
 - Ydinvoimalaitosten rakentamista ja käyttöä palveleva testaus-, tarkastus- ja valvontatoiminta

Kohteita ovat olleet lähinnä hitsaus- ja betonitöiden sekä asennusten valvonta, ainetta rikkomattomat tarkastukset, laadunvalvontatoimenpiteet, suojarakennusten tiiveyskokeet sekä suodatin-testaukset.

Työn laajuus v. 1979 oli n. 27 henkilötyövuotta ja laskutus n. 4,5 miljoonaa markkaa. Laitosten nyt valmistuttua työn laajuus supistuu tästä huomattavasti.
 - Vaurioselvitykset, polttoaineen käytön suunnittelu ja laadunvalvonta, onnettomuus- ja häiriötilanteiden tietokonemallianalyysit jne.

Tällaisten määrältään lukuisten mutta laajuudeltaan yleensä suppeiden toimeksiantotehtävien laajuus oli v. 1979 luokkaa 1 miljoona mk. Osittain tällaiset toimeksiantotehtävät sisältyvät voimayhtiöiden nimiin kirjattuun toimintaan.
- Kaiken kaikkiaan ydintekniikan tutkimus-, kehitys- ja palvelutoiminta työllisti Valtion teknillisessä tutkimuskeskuksessa vuonna 1979 noin 200 henkeä.
- 4) Ydintekniikan tutkimuksen kustannuksiin voidaan ajatella sisällytettäväksi myös OECD:n Halden-projektille maksettu jäsenmaksu n. 1 miljoonaa mk v. 1979. Halden-projektissa tutkimus kohdistuu sekä polttoaineteknologiaan että käyttöön. Halden-projekti on toisaalta tilannut edellä oleviin taulukkoihin sisällytettyjä tutkimuspalveluita Valtion teknilliseltä tutkimuskeskukselta.
 - 5) Helsingin ja Lappeenrannan teknillisissä korkeakouluissa ydinenergian tutkimus on käsittänyt mm. itse korkeakouluissa tai muualla toteutettujen opinnäytetöiden (diplomi- ja lisensiaattityöt, väitöskirjat) ohjausta. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu on osallistunut huomattavalla panoksella Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen onnettomuusanalyysiprojektiin (ks. 3.3).

YDINPOLTTOAINETEKNOLOGIAN TUTKIMUKSEN PERUSSUUNNITELMA SUOMESSA VUOSILLE 1980...1983

KATSAUS ATOMIENERGIANEUVOTTELUKUNNAN JOULUKUUSSA 1979
JULKISTAMAAN RAPORTTIIN

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

Energiatutkimuksen suunnittelu on Suomessa parin viimeksi kuluneen vuoden aikana tehostunut. Maaliskuussa 1978 valmistui KTM:n asettaman energiatutkimustyöryhmän mietintö ja tätä seurasi välittömästi hallituksen periaatepäätös energiatutkimuksen kehittämiseksi. Ydinenergian tutkimusalueen osalta Atomienergianeuvottelukunta ja sen yleisjaosto valmistelivat tämän jälkeen energiatutkimustyöryhmän mietinnön antamien reunaehtojen rajoissa ydintekniikan tutkimuksen runko-ohjelman vuosille 1979...1983.

Atomienergianeuvottelukunnan ydinpolttoainejaoston 1979-12-18 julkaisemassa raportissa esitetään yksityiskohtaisempi suunnitelma ydintekniikan tutkimuksen yhdelle osa-alueelle, polttoaineteknologialle, vuosiksi 1980...1983. Suunnitelma on jatkoa ydinpolttoainejaoston syksyllä 1976 valmistamalle ydinpolttoainekiertoön liittyvien selvitystöiden perussuunnitelmalle Suomessa vuosille 1977...1979. Tämän suunnitelman tärkeimpänä tehtävänä on toimia yksittäisten ydinpolttoainetutkimusprojektien suunnittelun ja valinnan pohjana.

1.2 Ydinpolttoaineteknologian tutkimuksen lähtökohdat ja yleiset tavoitteet

Kevytvesireaktorilaitoksen polttoaineen hankintakustannukset ovat laitoksen eliniän aikana samaa suuruusluokkaa kuin laitoksen rakentamiskustannukset. Polttoaineen käytön tehostamiseen on siten suorat taloudelliset perusteet. Polttoaineen suorituskyvyn ja kestävyuden vaikutukset laitoksen käytön turvallisuuteen ja taloudellisuuteen ovat kuitenkin vielä painavampia näkökohtia.

Parantamalla polttoainesauvojen ja -sauvanippujen materiaaleja ja rakenneratkaisuja voidaan vähentää polttoainevikoja ja näistä välittömästi aiheutuvia kustannuksia sekä erityisesti radioaktiivisten aineiden päästöistä seuraavia monella tavoin ilmeneviä haittoja. Polttoainevauriot lisäävät laitoksen päästöjä ja laitospätteen aktiivisuutta sekä vaikeuttavat laitoksen huolto- ja korjaustoimintoja samoin kuin käytetyn polttoaineen varastointia ja kuljetusta. Polttoaineen valmistajat suosittelivat tällä hetkellä polttoainevikojen välttämiseksi

rajoituksia laitoksen käytölle, erityisesti tehonnostonopeudelle. Nämä rajoitukset haittaavat laitoksen käytön joustavuutta ja alentavat energian tuotantoa jopa useita prosenttiyksiköitä.

Polttoainesauvat sisältävät valtaosan laitoksen käytön seurauksena syntyvistä radioaktiivisista aineista, joten niiden säilyminen mahdollisimman vahingoittumattomina normaali-, häiriö- ja onnettomuustilanteissa on turvallisuuden kannalta ensiarvoisen tärkeää. Polttoaineen käyttäytymisanalyysillä onkin keskeinen asema turvallisuusselvityksissä.

Suomessa suoritettavalle polttoaineteknologian tutkimukselle voidaan asettaa seuraavia yleisiä tavoitteita:

1. Polttoaineen suunnittelun ja valmistuksen asiantunteudesta ylläpidetään polttoaineen hankinnan ja toimitusvalvonnan suorittamisen sekä perustietouden osalta kotimaisen polttoaineen mahdollisen valmistuksen aloittamisen suunnittelun edellyttämässä laajuudessa.
2. Suomessa käytettäville reaktoreille kehitetään ja ylläpidetään laskentajärjestelmät, joita käyttäen ydinpolttoaineen hankintaan ja käyttöön liittyvät tekniset, taloudelliset ja ajoitukselliset kysymykset voidaan ratkaista turvallisuus- ja muiden reunaehtojen rajoissa.
3. Kehitetään ja ylläpidetään kotimainen valmius suorittaa ydinvoimalaitosten rakentamisen lupakäsittelyssä ja käytön turvallisuusvalvonnassa tarvittavia riippumattomia ja täydentäviä polttoaineen käyttäytymisanalyysejä ja materiaalitekniisiä selvityksiä.

Ydinpolttoainejaoston laatimassa suunnitelmassa ei tarkastella uraanin etsintään kohdistuvaa tutkimus- ja kehitystoimintaa, joka kuuluu atomienergianeuvottelukunnan uraanijaoston aihepiiriin. Myöskään ydinmateriaalin safeguards-valvontaan liittyvää tutkimustoimintaa ei käsitellä. Käytetyn polttoaineen osalta tarkastellaan vain käytetyn polttoaineen käsittelyä ja varastointia, sillä ydinjätehuollon ja polttoainekierron jälkipään tutkimustoimintaa varten on KTM asettanut erillisen suunnittelu- ja seurantaelimensä.

Tutkimussuunnitelmassa on pyritty mahdollisimman pitkälle tavoitteellisuuteen lähtien kotimaisten viranomaisten ja teollisuuden konkreettisista, nähtävissä olevista käytännön tarpeista. Koska olemme polttoaineteknologian alueella hyvin pitkälle riippuvaisia muista maista, kansainvälisen yhteistyön merkitystä on korostettava valittaessa keinoja tavoitteiden saavuttamiseksi.

2 KATSAUS YDINPOLTTOAINEKIERRON NYKYTILANTEESEEN

2.1 Polttoainekierron nykytilanne maailmanlaajuisesti arvioituna

Ydinvoiman kehityksestä on aikaisemmin esitetty epärealistisia eksponentiaalisia kasvuennusteita. Poltto-

ainehuollon eräiden vaiheiden toteutus ei olisi ehtinyt sopeutua esitettyihin aikatauluihin. Käytännössä kasvu on ollut lineaarista mutta silti on huoltopalvelujen tarjonnassa esiintynyt hetkellistä niukkuutta.

Tilannetta kuvaa esim. OECD:n säännöllisesti julkaisemien kasvuennusteiden kehittyminen (koko maailman ydinvoimalaitoskapasiteetti pois lukien sosialistiset maat):

kapasiteettiennuste vuodelle (GW)	ennusteen esittämisvuosi		
	1973.	1975	1978
1990	1070	875-1000	504-700
2000	-	2000-2500	1000-1890

INFCE on alustavasti päätenyt esittämään v:lle 2000 kapasiteetti-arvion 850-1200 GW.

Maaillan uraanivarat on arvioitu (OECD, 1978) seuraavasti (hintaluokka 130 \$/kg U):

kohtuullisen varmat resurssit	2,2 MtU
arvioidut lisäresurssit (spekulatiiviset lisävarat moninkertaiset)	2,1 MtU

Nykyiseen kasvuvauhtiin perustuvan kapasiteettiennusteen mukaan kumulatiivinen uraanitarve on 2,3 MtU vuoteen 2000 mennessä. Voidaan tarkastella myös kaikkia käytössä (110 GW), rakenteilla (230 GW) ja tilattuna (110 GW) olevia reaktoreita. Niiden elinikäinen uraanitarve on alle 2 MtU noin 30 vuoden aikana, eli vähemmän kuin tunnetut "halvan" uraanin varat.

Polttoainekierrossa oli 1973 alkaen vaikeuksia väkevöinti-palvelujen saannissa USA:n lopetettua tilausten vastaanottamisen. Tilanne muuttui Neuvostoliiton ryhtyessä huomattavaksi toimittajaksi Länsi-Euroopassa ja sittemmin on esiintynyt ylitarjontaa Eurodiffin ja Urencon kapasiteetin kasvun myötä. Olemassaolevat ja suunnitellut väkevöintilaitokset tarjoavat kysyntää vastaavan kapasiteetin ainakin v:een 1990 asti.

Raakaauranin tuotantokapasiteetista oli puutetta 1974 alkaen. Hintojen noustua riittävästi uraaniteollisuus selvisi lamastaan ja tuotantokapasiteettia lisättiin eri puolilla maailmaa. Vuonna 1978 - 1979 markkinat ovat tasapainotuneet. Vuonna 1978 tuotettiin länsimarkkinoille noin 35 000 tonnia luonnonuraania.

Myös raakaauranin konversiokapasiteetista oli odotettavissa puutetta. Laajennushankkeet ovat sittemmin edistyneet riittävästi.

Polttoaineen valmistuskapasiteettia on jatkuvasti ollut yli kysynnän, ja tuotantolinjoja voidaan yleensä lisätä suhteellisen lyhyen ajan kuluessa, mikäli tarve vaatii.

Käytetyn polttoaineen jälleenkäsittelyn ja plutoniumin käytön viivästymisestä johtuen käytetyn polttoaineen nykyinen varastointikapasiteetti ei vastaa sitä tarvetta, joka tulee 1980-luvulla olemaan, koska polttoainekierto suunniteltiin aikaisemmin lähes välittömän jälleenkäsittelyn pohjalle. Varastointikapasiteetin lisäämiseksi on ryhdytty laajentamaan voimalaitosten käytetyn polttoaineen varastoja ja suunnittelemaan erillisiä käytetyn polttoaineen varastoja.

Otaniemessä 1979 pidetyssä symposiossa todettiin, että on olemassa monia geologisia muodostumia, joihin voidaan sijoittaa radioaktiivisia jätteitä nykyisellä teknologialla. Jälleenkäsittelyjätteiden tai kapseloidun, käytetyn polttoaineen loppusijoitus vaatii vielä paljon kehitystyötä. Poliittiset ja yleisön vaatimukset edellyttävät, että lähitulevaisuudessa on jossakin maailmassa otettava käyttöön loppusijoituspaikka, joka havainnollistaisi käytännössä toimivan korkea-aktiivisen jätteen loppusijoitusratkaisun.

Poliittisten näkymien odotetaan jonkin verran selkenevän jälleenkäsittelyn, uudelleenkäytön ja loppusijoituksen periaatteiden suhteen sen jälkeen, kun kansainvälinen ydinpolttoainekierron selvitys (INFCE) saa raporttinsa valmiiksi vuoden 1980 alkupuolella. Käytetyn polttoaineen käsittelylaitosten osalta kansainvälinen yhteistyö on välttämätöntä, koska yhden laitoksen kapasiteetti riittää lukuisien reaktoreiden tarpeisiin (samoin kuin väkevöintilaitos) ja plutoniumin käsittely on syytä keskittää harvoihin, kontrolloituihin paikkoihin, ehkä vain ydinvoiman suurtuottajamaihin.

2.2 Polttoainekierron nykytilanne Suomessa

Suomessa toimivat ja lähivuosina käyttöön otettavat yhteensä neljä ydinvoimalaitosyksikköä tarvitsevat polttoainetta vuosittain suunnilleen seuraavat määrät:

- Loviisa n. 28 t väkevöityä polttoainetta (vastaa n. 150 t luonnonuraania)
- Olkiluoto n. 40 t väkevöityä polttoainetta (vastaa n. 200 t luonnonuraania)

Imatran Voima Oy (IVO) on tehnyt laitoksen toimittajan V/O Atomenergoexportin (NL) kanssa pitkäaikaiset sopimukset polttoainepalveluista Loviisan molemmille yksiköille. Sopimukset kattavat raakauraanin, väkevöinnin, valmistuksen ja rajalle tapahtuvan kuljetuksen lisäksi käytetyn polttoaineen palauttamisen.

Teollisuuden Voima OY (TVO) on tehnyt raakauraanin saantia koskevia sopimuksia kahden kanadalaisen toimittajan kanssa vuosille 1974-85, uraanin väkevöintisopimuksen V/O Techsnabexportin (NL) kanssa vuosille 1976-2000 ja polttoaineen valmistussopimuksia Asea-Atom (Ruotsi) kanssa vuosille 1977-1982. TVO ei ole tehnyt jälleenkäsittelysopimusta, mutta on varautunut laajentamaan laitoksen käytetyn polttoaineen varastointikapasiteettia.

Suomessa tehty työ polttoainekierron alalla on viime vuosina keskittynyt lähinnä tutkimusprojekteihin, joille on tuettu seuraavia toimintoja: polttoaineen hankinta, suunnittelun arviointi ja valmistusvalvonta, viranomaiskäsittely ja turvallisuus, polttoainekierron ja polttoaineen käytön suunnittelu ja jätteiden käsittely.

Uraanin etsintätoimintaa on jossain määrin harjoitettu, mutta uraanin tuotanto ei ole vielä osoittautunut taloudellisesti houkuttelevaksi. Suurimmat uraanipitoisuudet omaavat esiintymät ovat hyvin pieniä, ja kaikki tunnetut malmivarat sisältävät yhteensä vain n. 3000 tU.

Ydinvoimalaitostemme polttoainehuolto on täysin ulkomaisen tuonnin varassa. Pitkällä tähtäimellä omavaraisuutta voidaan nostaa aloittamalla malmin louhinta ja rikastus. Polttoaineen valmistusta voitaneen myös tekniseltä kannalta selvittää. Uudet väkevöintimenetelmät voivat tulla Suomessakin toteutuskelpoisiksi. Käytetyn polttoaineen käsittelyä, varastointia ja kuljetuksia joudutaan joka tapauksessa lähivuosina suorittamaan.

3 POLTTOAINETEKNOLOGIAN TUTKIMUKSEN NYKYTILANNE

3.1 Tutkimuksen kansainväliset pääkohteet

Kevytvesireaktoreiden polttoaineteknologian tutkimustoiminnan keskeisiä suuntauksia ovat nykyään

- tietämyksen parantaminen polttoaineen käyttäytymisestä erilaisissa häiriö- ja onnettomuustilanteissa turvallisuusmarginaalien täsmentämiseksi,
- polttoaine-suojakuori -vuorovaikutuksesta johtuvien polttoainevikojen esiintymistäajuuden vähentäminen käyttöolosuhteita optimoimalla ja rakenneratkaisuja kehittämällä, sekä
- polttoaineen käytön tehokkuuden nostaminen ja polttoainekustannusten alentaminen pyrkimällä nykyistä korkeampiin palama-arvoihin.

Tutkimustoiminta kohdistuu valtaosaltaan nykyisin käytössä olevaan polttoainesauvan peruskonstruktioon, UO_2 -tabletteja sirkoniseos-suojakuoriputken sisällä, koska tälle ei lähitulevaisuudessa ole näkyvissä vaihtoehtoja.

3.1.1 Polttoaineen käyttäytyminen onnettomuus- ja häiriötilanteissa

Eniten resursseja on 1970-luvulla kohdistettu suunnittelun perustana olevaan jäädytteenmenetysonnettomuuteen (LOCA). Tutkimusohjelmien keskeisinä kohtina ovat parhaillaan

- polttoaineen alkutila häiriö- ja onnettomuusolosuhteissa, ennenkaikkea polttoaineeseen varastoitunut energia, joka taas riippuu voimak-

kaasti mm. fissiokaasujen vapautumisesta, UO_2 -tablettien mittamuutoksista (tihentyminen, päisunta, halkeilu) sekä suojakuoren sisäänvirumisesta ja soikeutumisesta,

- polttoainesauvojen suojakuoren rakenne- ja muodonmuutokset säteililytyksen, hapettumisen ja fissiotuotteiden vaikutukset huomioon ottaen, sekä muodonmuutoksista johtuvat takaisinkytkennät reaktorisydämen virtaus- ja lämmönsiirto-olosuhteisiin, sekä
- fissiotuotteiden vapautuminen vioittuneista polttoainesauvoista.

Jäähdytteenmenetyssonnettomuus säilyttäneen tutkimuksessa keskeisen asemansa vielä vuosikausia. Muiden onnettomuus- ja häiriötilanteiden, joiden tapahtumistodennäköisyys on jäähdytteenmenetyssonnettomuuteen verrattuna suurempi, mutta potentiaaliset seurausvaikutukset yleensä pienemmät, merkitys on kuitenkin kasvamassa. Toisaalta erityisesti USA:ssa ja Saksan liittotasavallassa kohdistetaan huomattavia resursseja myös sydämen sulamisonnettomuuteen.

Viime vuosina on eri puolilla maailmaa käynnistynyt tai parhaillaan on käynnistymässä lukuisia mittavia sauvanippujen säteililytyskokeita reaktoriolosuhteissa, kuten esim.

LOFT (Loss of Fluid Test) USA:ssa, päätutkimuskohteena jäähdytteenmenetyssonnettomuus, jatkuu ainakin 1980-luvun puoliväliin;

PBF (Power Burst Facility) USA:ssa, tutkimuskohteina mm. jäähdytteenmenetyks-, reaktiivisuuden lisäys- ja virtauksenmenetyssonnettomuudet;

PHEBUS Ranskassa, kohteena jäähdytteenmenetyssonnettomuus;

NRU Kanadassa, kohteena jäähdytteenmenetyssonnettomuus ja olennaisina erityispiirteinä täyspitkä sauva ja palaman vaihtelu, sekä

NSRR (Nuclear Safety Research Reactor) Japanissa, kohteena reaktiivisuuden lisäyssonnettomuus, sekä

HALDEN Norjassa, kohteena aluksi jäähdytteenmenetyssonnettomuus ja koetekniikka yleensä.

3.1.2 Polttoaineen ja suojakuoren välisestä mekaanisesta vuorovaikutuksesta johtuvat polttoaineviat

Nykyisillä suunnitteluarvoilla havaitut polttoainevauriot ovat tapahtuneet valtaosaltaan reaktorin tehonnousujen yhteydessä ja suojakuoren ja UO_2 -tablettien välisen mekaanis-kemiallisen vuorovaikutuksen, ns. PCI-ilmiön (Pellet-Clad Interaction) seurauksena. Käytännössä ilmiö pyritään nykyisin ehkäisemään käyttörajoituksin, jotka usein merkitsevät tuntuja taloudellisia menetyksiä.

PCI-vaurioalttiuden lieventämiseksi on esitetty ja osittain jo käytettykin useita suunnitteluratkaisuja, jotka tähtäävät alhaisempaan fissiokaasujen päästöön UO_2 :sta, kuorimateriaalin parempaan PCI-kestävyyteen ja suojakuoren jännitysten ja jännityshuippujen tasoittamiseen.

Polttoaineen valmistajien lisäksi mittavia tutkimusohjelmia on mm. amerikkalaisten voimayhtiöiden yhteisellä tutkimuslaitoksella EPRI:llä sekä Halden-projektilla. Studsvikissa päättyvässä olevissa Inter-Ramp ja Over-Ramp -projekteissa tutkitaan sauvojen kestävyttä simuloituissa tehoreaktoriolosuhteissa sekä selvitetään ilmiön perusmekanismeja.

3.1.3 Palaman nostaminen

Koska plutoniumin ja/tai uraanin uudelleenkäyttö kevytvesireaktoreissa ainakin viivästyy huomattavasti, on syntynyt tarve polttoaineen käyttöasteen kohottamiseksi nykyisissä kevytvesireaktoreissa muilla tavoin. Välittömin keino on poistopalaman nostaminen, jolla saavutettavia etuja ovat lähinnä

- alhaisemmat polttoainekierto-kustannukset,
- pienempi uraanintarve,
- pienemmät käytetyn polttoaineen määrät, sekä
- paremmat mahdollisuudet latausjaksojen pidentämiseen.

Polttoaineen luotettavuuden ja turvallisuuden kannalta keskeisiä käyttäytymisen osa-alueita, joiden tuntemus suurilla palamilla on toistaiseksi puutteellista, ovat lähinnä

- polttoaineen ja suojakuoren materiaaliominaisuudet ja muodonmuutokset,
- polttoaineen ja suojakuoren välisen mekaanisen ja mekaaniskemiallisen vuorovaikutuksen (PCI) aiheuttamat muodonmuutokset ja vauriot,
- polttoainesauvan korroosio, sekä
- fissiokaasujen vapautuminen.

Alueen huomattavimpia tutkimushankkeita ovat USA:n energiaministeriön (DOE) johtamat polttoainevalmistajien kanssa yhteistyössä suoritettavat tehoreaktorisäteilytykset PCI-ilmiön ja sen ehkäisykeinojen tutkimiseksi, EPRI:n vastaavan sisältöiset projektit, Studsvikin Super-Ramp -projektisuunnitelma sekä Battellen (USA) johtama High Burnup Effects -ohjelma, jossa pääkohteena on fissiokaasujen vapautuminen.

3.1.4 Kuormituksen seurannan mahdollistaminen

Nykyisin ydinvoimalaitoksia käytetään yleensä ns. peruskuorma-ajoon. Tämä on pääasiassa johtunut ydinvoiman

vielä toistaiseksi pienestä suhteellisesta osuudesta sähkön tuotannossa. Tulevaisuudessa ydinenergian osuuden kasvaessa tulee ydinvoimalaitosten käyttö kuormituksen seurantaan välttämättömäksi.

Kuormituksen seuranta-ajotavan vaikutuksista on toistaiseksi ollut niukalti kokemuksia käytettävissä, mutta sen tiedetään kuitenkin joissain tapauksissa aiheuttaneen polttoainevaurioita. Vauriot voivat johtua esim. polttoainesauvaan kohdistuvista syklisistä kuormituksista aiheutuvasta PCI-ilmiöstä tai suojakuoriputken väsymisestä. Osittain samat vaurioitumismekanismit voivat myös tulla kysymykseen erilaisissa transienttitilanteissa (normaalit käyttötransientit ja onnettomuustilanteet).

Sekä kuormituksen seurantaan että transienttitilanteisiin liittyviä polttoainetutkimuksia on tähän mennessä suoritettu mm. OECD:n Halden-projektissa ja näitä kokeita jatketaan myös projektin lähivuosien tutkimusohjelmassa.

Uutena erityisesti eo. aihetta selvittävänä kansainvälisenä tutkimusprojektina on Belgonucleairen toimesta ehdotettu käynnistettäväksi v. 1980 alusta n. 7...8 vuotta kestävä tutkimusohjelmaa.

3.2 Polttoteknologian tutkimus Suomessa

Omat mahdollisuutemme kokeellisen työn tekemiseen polttoteknologian kannalta keskeisissä kysymyksissä ovat varsin vaatimattomat. Tutkimustyö on kohdistunut lähinnä Suomessa käyttöön otettavien laitosten polttoaineen lupakäsittelyselvityksissä ja käyttöön liittyvissä kestävyysanalyysissä tarvittavien materiaaliominaisuuksien selvittämiseen. Tämä työ on luonut pohjaa myös polttoaineen valmistusteknologian ja valmistuksen laadunvalvonnan arvioinnille. Tällaisena tilanne tulee nykyisillä kehitysnäkymillä ilmeisesti jatkumaankin. Kehittämistarve lähinnä säteilöttömän polttoainepun ja sen materiaalien ominaisuuksien tutkimiseen tarvittavien laitteistojen osalta on kuitenkin ilmeinen.

Osallistuminen kansainvälisiin alan teknologian uusimman tiedon käyttöä tutkiviin projekteihin on ydinvoiman tuotantomme kannalta ensiarvoisen tärkeää. Tällaisten yhteisprojektien välityksellä voimme seurata alan yleistä kehitystä ja hankkia omiin olosuhteisiimme soveltumiskelpoista kokeellista aineistoa.

Kansainväliseen polttoteknologian tutkimukseen osallistumisen painopistealueet ovat Suomen kannalta tähän saakka olleet pääasiassa polttoaineen käyttöön ja käytön turvallisuuteen ja taloudellisuuteen liittyvissä projekteissa. Vaikka nykyisten kevytvesireaktoreiden polttoaineen käyttökokemukset ovatkin verrattain hyviä, ei käyttökokemuksia suurilla palaman arvoilla ole vielä kertynyt riittävästi. Valmistajien ja viranomaisten polttoaineelle asettamat käyttörajoitukset ovat toistaiseksi vaikeuttaneet laitosten joustavaa käyttöä.

Viimevuosien poliittiset, ympäristönsuojelulliset ja tekniset näkökohdat ovat viivästyttäneet polttoainekierron loppupäähän liittyvien ratkaisujen tekemistä ja siitä syystä on käytetyn polttoaineen pitkäaikaisvarastointiin liittyvien ongelmien selvittäminen nousemassa erääksi myös Suomen kannalta tärkeäksi alueeksi.

Kansainväliset yhteistyöprojektit

Varsinaisia polttoaineteknologiaan liittyviä kansainvälisiä tutkimusprojekteja, joissa Suomi on tällä hetkellä osallisena, ovat

- OECD:n Halden-projekti (polttoainesauvan käyttäytymiseen sekä normaali- että onnettomuustilanteissa liittyvät perusilmiöt)
- Studsvikin Inter-Ramp ja Over-Ramp -projektit (BWR ja PWR sauvojen käyttäytyminen tehonkorotustilanteissa eri palaman arvoilla)
- Battellen toimesta käynnistetty "Korkean palaman vaikutukset" -projekti sekä
- USNRC:n Power Burst Facility (PBF) - tutkimusohjelma (polttoaineen käyttäytyminen vakavissa transientti- ja onnettomuustilanteissa).

Lisäksi voidaan polttoaineteknologiaakin sisältävänä projektina mainita Yhdysvalloissa käynnissä oleva LOFT -projekti, johon Suomi osallistuu yhdessä muiden pohjoismaiden kanssa.

Edelleen todettakoon TVO:n osallistuminen Länsi-Euroopan voimayhtiöiden PCI-ilmiötä koskeviin tutkimuksiin vuosina 1976 -1979.

Halden-projektin osalta on osallistumissopimus allekirjoitettu kolmivuotiskaudeksi 1979 - 1981. Studsvikin Inter-Ramp -projekti päättyi kesäkuun 1979 lopussa ja Over-Ramp -projekti päättyy v. 1980 puolivälissä. Battellen projektissa Suomi oli mukana sen ensimmäisessä vaiheessa, joka päättyi alkuvuodesta 1979 ja mahdollisuuksia jatko-osallistumiseen selvitetään parhaillaan. LOFT-projekti on suunniteltu jatkuvaksi ainakin 1980-luvun puoliväliin saakka. Vuoden 1979 aikana käynnissä olleista projekteista on esitetty yhteenveto taulukossa 3.1.

Parhaillaan on käynnistymisvaiheessa myös useita uusia kansainvälisiä yhteistyöhankkeita. Risø:n tutkimuskeskus on selvittänyt mahdollisuuksia käynnistää tutkimusohjelman fissiokaasujen vapautumisesta korkeapalamisesta polttoaineesta. Projektin kesto olisi noin 1,3 vuotta ja kokonaisbudjetti n. 1,8 Mmk. PCI-ilmiön edelleen tutkimiseksi pyrkii Studsvik Energiteknik AB käynnistämään nk. Demo-Ramp ja Super-Ramp -projektit. Demo-Ramp -projektissa tutkittaisiin BWR sauvojen tehonkorotusten kestokykyyn vaikuttavia tekijöitä (rakenneparametrit ja vaurioitumiseen liittyvät mekanismit). Projektin kesto olisi n. 2,5 vuotta ja kokonaisbudjetti n. 10 Mmk. Super-Ramp projektissa käytettäisiin sekä BWR että PWR sauvoja ja tutkimuksen kohteena olisi rakenneparametrien vaikutus sauvojen te-

honkorotusten kestokykyyn myös suurilla palaman arvoilla. Projektin arvioitu kesto-aika olisi n. 3 vuotta ja kustannukset suuruusluokkaa 20 Mmk. VTT on ilmaissut mielenkiintonsa erityisesti Super-Ramp -projektiin osallistumisesta.

NEA:n toimesta pyritään v. 1979 käynnistämään tutkimusprojekti käytettyjen polttoainesauvojen pitkäaikaisvarastoinnista. Projektin teknillinen osa pyritään jakamaan eri osallistujamaiden tutkimuslaitosten kesken siten, että varsinaisia rahansiirtoja ei tarvittaisi. VTT:ssa selvitetään parhaillaan, voitaisiinko kotimaiset vastaavat aktiviteettimme liittää osaksi tätä projektia.

VTT on myös pyrkinyt liittymään SEV-maiden yhteiseen, VVER-1000 sydäntä vastaavalla ZR-6-kriittisellä hilalla Budapestissä suoritettavaan kokeelliseen tutkimukseen. Yhteistyö sisältäisi myös VVER-reaktorien reaktorifysiikalisten laskentaohjelmistojen kehittämistä sekä reaktorifysiikan ja polttoaineen käyttökokemustiedon vaihtoa. Sopimus olisi voimassa 2 vuotta.

Suomen ja Neuvostoliiton kesken selvitetään parhaillaan mahdollisuuksia käynnistää yhteistyö VVER-440 tyyppisen polttoaineen tutkimiseksi. Yhteistyön piiriin pyritään ulottamaan polttoaineen valmistus, valmistuksen laadunvalvonta, polttoaineen käyttäytyminen (sekä koereaktoreissa että tehoreaktoreissa suoritettavat kokeet) ja säteilytyksen jälkeiset tutkimukset (PIE). Tämä yhteistyö on suunniteltu käynnistyväksi v. 1980 aikana.

Taulukossa 3.2 on koottuna yhteenveto tällä hetkellä hankkeilla olevista kansainvälisistä polttoainetutkimusprojekteista.

4 TUTKIMUSTOIMINNAN TAVOITTEET SUOMESSA

Polttoaineteknologian tutkimustoiminnan tavoitteena on osaltaan tukea Suomessa toimivien ja lähiaikoina käytöön otettavien yhteensä neljän ydinvoimalaitosyksikön polttoainehuollon järjestämisestä siten, että ydinvoimaa voidaan käyttää turvallisesti ja taloudellisesti energian tuotannossa. Koska polttoaineen hankinta ja käyttö on luonteeltaan jatkuvaa laitoksen koko käyttöiän ajan tapahtuvaa toimintaa, korostuu polttoaineteknologian osuus laitosten siirtyessä käyttövaiheeseen. Tutkimustoiminnalla varaudutaan myös tekemään mahdollisten uusien reaktorilaitosten käyttöönottoon liittyviä selvityksiä.

Asetetun päämäärän saavuttamiseksi tarvittavista toimenpiteistä pitää AEN:n ydinpolttoainejaosto vuosien 1980 - 1983 aikana tärkeimpinä seuraavia:

- Ylläpidetään valmius polttoaineen reaktorifysiikalisen suunnittelun arvioinnin, käytön suunnittelun ja seurannan sekä erilaisten polttoainekiertoanalyysien ja uusien reaktorityyppien arvioinnin suorittamiseen. Työ vaatii jatkuvaa laskentamallien ajantasalla pitämistä.

- Kehitetään ja ylläpidetään valmiutta suorittaa polttoaineen lämpöteknisen ja mekaanisen käyttäytymisen ja kestävyysarviointia. Tarkoitusta varten luodaan ja ylläpidetään yhtenäiset materiaaliominaisuustiedostot käytettäville polttoainetyypeille, kehitetään edelleen turvallisuusanalyysissä tarvittavia polttoainemalleja sekä huolehditaan niiden verifiointiin tarvittavan kokeellisen tiedon saannista.
- Polttoaineen onnettomuus- ja transienttiansalyysivalmiuden ylläpitämiseksi täydennetään VVER-polttoaineen materiaaliominaisuustietoutta sekä pidetään käyttövalmiudessa ajanmukainen tietokoneomallisto.
- Polttoaineen valmistusteknologian laadunvalvonnan ja laadunvarmistuksen asiantuntemusta ylläpidetään ja kehitetään polttoaineen hankinnan ja toimitusvalvonnan edellyttämässä laajuudessa. Tärkeimpien laadunvalvontakokeiden omakohtaiseen suorittamiseen tarvittavat laitteistot hankitaan ja koemenetelmät saatetaan rutiiniasteelle.
- Polttoaineen käytön valvonnassa ja käytetyn polttoaineen tarkastamis- ja tutkimusmenetelmissä ja laitteissa tapahtuvaa kehitystä seurataan kiinteästi. Polttoaineen käytöstä saatujen kokemusten avulla pyritään verifioimaan käytettäviä tietokoneohjelmia.
- Käytetyn polttoaineen vesialtaissa tapahtuvaan pitkäaikaisvarastointiin liittyvät ongelma-alueet selvitetään. Varastoalaiden rakennemateriaalien korroosiokäyttäytymistä tutkitaan laboratoriokokein. Tämä työ kytketään jätehuollon tutkimusohjelmaan.
- Kehitetään ja ylläpidetään valmiutta suorittaa polttoainekierron eri käsittelyvaiheisiin ja kuljetuksiin liittyviä turvallisuus selvityksiä sekä koko polttoainekierron arviointia ottaen huomioon niin turvallisuus- ja taloudellisuus kuin myös muut tekijät. Tämä työ kytketään osittain jätehuollon tutkimusohjelmaan.
- Jo nyt nähtävissä olevia tarpeita palvelevan tutkimustoiminnan lisäksi harjoitetaan selkeästä pitkän aikavälin lähtökohdilla perusteltavaa toimintaa, joka mahdollistaa polttoainealan kansainvälisen seurannan, mahdollisesti ajankohtaiseksi tulevien uusien ratkaisujen omakohtaisen arvioinnin (esim. uudet polttoainekonstruktiot ja uudet reaktortyyppit), hankitun tietotaidon soveltuviin osien siirron muille tekniikan aloille ja henkilöstön jatkuvan koulutuksen
- Ydinpolttainetutkimuksen perusedellytyksenä Suomessa on riittävä omakohtainen toiminta se-

kä konkreettinen yhteistyö muiden maiden tutkimuslaitosten kanssa. Suomi on parhaillaan osallisena useissa kansainvälisissä polttoaineteknologiaa tutkivissa yhteisprojekteissa. Omien voimavarojemme vähäisyydestä johtuen on huolehdittava siitä, että edellytykset osallistumiselle Suomen kannalta tärkeimpiin kansainvälisiin tutkimusprojekteihin turvataan ja että näistä projekteista saatavan tiedon hyödyntämistä tehostetaan. Erityisesti pyritään pääsemään mukaan VVER-reaktoreiden käyttäjien yhteistyöhön.

- Energiatuotannon kotimaisuusasteen lisäämiseksi tulee ensisijaisesti selvittää mahdollisuudet kotimaisten uraanivarojen hyödyntämiseksi.

Polttoaineteknologian tutkimustoiminnan kohdealueiden, tutkimustulosten soveltamismuotojen ja tutkimukselle asetettävien vaatimusten välisiä tärkeimpiä yhteyksiä on kaaviomaisesti esitetty kuvassa 4.1.

Taulukko 3.1. Vuonna 1979 käynnissä olevat kansainväliset polttoainetutkimusprojektit.

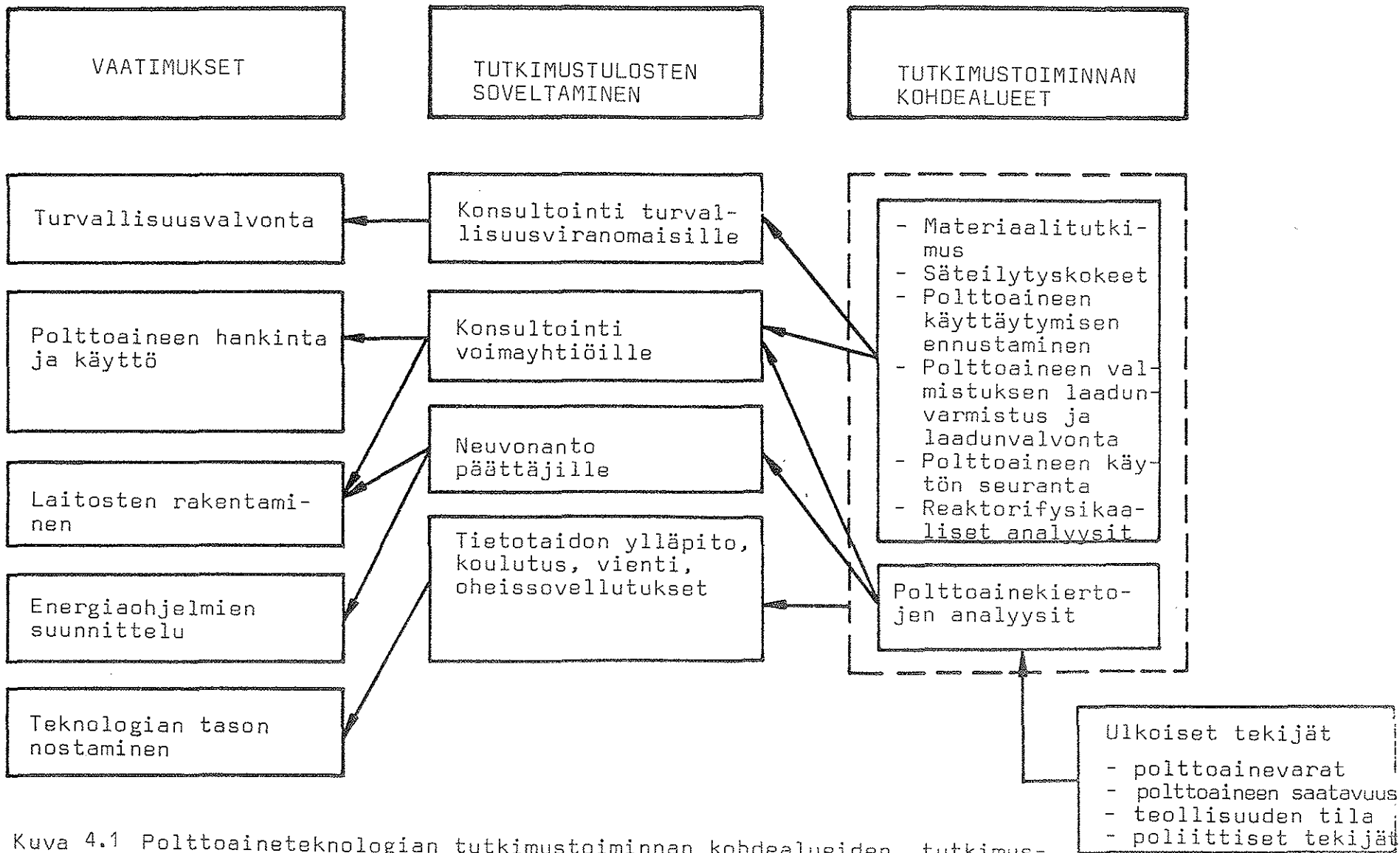
Projekti	Isäntöorganisaatio	Aloitus	Päättyy ^x	Kustannukset			Huom.
				Koko ohjelma	Suomen osuus Osanottomaksu kmk/a	Työpanos htkk/a	
OECD:n Halden-pro- jekti	Institutt for Atomenergi, Norja	1979	1981	78 Mmk	700	12	Käynnissä kolmivuotiskausi 1979-81. Vain osa projektista käsittelee polttoainetekniikkaa. Muu osa lähinnä reaktorin säätöä ja valvontaa.
Inter-Ramp	Studsvik Energi- teknik Ab, Ruotsi	1975	1979	10 Mmk	84	} 6	
Over-Ramp	"	1977	1980	12 Mmk	100		
High Burnup Effects Program	Battelle Pacific Northwest Lab's, USA	1979	1979	400 kmk	40	1	VTT osallistunut ensimmäiseen esiprojekti-vaiheeseen. Projekti jatkuu n. vuoteen 1987.
Power Burst Facility (PBF)	USNRC, USA		1982	60 Mmk/a	-	6 (seuranta) (~60 in-kind vastaprojek- teineen)	
Loss of Fluid Test (LOFT)	USNRC, USA	1963	1980	170 Mmk/a (yhteensä 1300 Mmk tähän men- nessä)	-	10 (seuranta) (~60 vasta- projekteineen)	Projekti jatkuu ainakin 1980-luvun puoliväliin.

^x Voimassa olevan sopimuksen päättymisaikajankohta

Taulukko 3.2. Hankkeilla olevat kansainväliset polttoainetutkimusprojektit.

Projekti	Isäntöorganisaatio	Aloitus	Kesto	Kustannukset			Vaihe	Huom.
				Koko ohjelma Mmk	Arvioitu osuus kmk Osanttomaksu	Suomen kokonaiskustannukset		
1. High Burnup Effects Program (HBEP)	Battelle Pacific Northwest Lab's, USA	Syky 79	7...8a	16 Mmk	200 50/a Korkeimillaan	45%	Esiprojekti valmistui toukokuussa 79. Pohjoismaista yhteisösanottoa pohditaan.	VTT osallistui esiprojektiin (40 kmk)
2. Program on Fission Gas Release from High Burnup UO ₂ Fuel	Risø Nat. Lab., Tanska	Syky 79	15 kk	1,8 Mmk	200	300	Aloitus alustavasti päätetty	
3. Super-Ramp	Studsvik Energiteknik AB, Ruotsi	79/80	3 a	20 Mmk	500	000	Neuvottelut käynnissä	
4. Demo-Ramp	Studsvik Energiteknik AB, Ruotsi	Syky 79	2,5 a	10 Mmk	?	?	Kannanottoja mahdollisilta osallistujilta odotetaan	
5. NORHAV/LOFT -jatko v. 1980 jälkeen	Studsvik, Risø, VTT	Syky 80	3...4a	20-40 Mmk (~20htv/a)	Ei ole	200 a (~10lv/a) lähinnä työpöytä	Suunnitteilla mm.issa & nykyisessä NORHAV:ssa	Sisältäisi mm. LOFT-tulosten analyysiä. Polttoainetekniikka <10% koko työstä
6. BEFAST (Behavior of Fuel Assemblies during Long Term Storage)	SGAE, Itävalta (?)	Syky 79	3 a	?	Ei ole	?	Suomessa ehkä lähinnä korrosiotutkimuksia. Liittynee Suomen jätetutkimusohjelmaan.	
7. ZR-6	KFKI, Unkari	Syky 79	2 a	?	Ei ole	~100 kmk, lähinnä työpöytä	Neuvottelut käynnissä. Ollisi osa reaktorianalyysiprojektia.	
8. VVER-440 polttoainetta koskevat projektit	GKAC/KTM-yhteistyösomuksen puitteissa	1980	useita vuosia	?	?	?	Alustavat projektiehdotukset käsiteltävänä.	
9. Polttoaineen käyttäytyminen kuorman seurannan ja transiittia aikana	Belgonucleaire, Belgia	79/80	7...8a	?	?	?	Käynnistämistä koskevat neuvottelut aloitett.	

89



Kuva 4.1 Polttoaineteknologian tutkimustoiminnan kohdealueiden, tutkimustulosten soveltamismuotojen ja tutkimukselle asetettavien vaatimusten välisiä yhteyksiä.

KANSAINVÄLINEN ATOMIENERGIAJÄRJESTÖ IAEA;
23. yleiskokous New Delhissä
4...10.12.1979;
kokousselostus

YLEISTÄ

IAEA:n 23. yleiskokous pidettiin New Delhissä 4...10. joulukuusta 1979. Kokousta leimasi kehitysmaiden kasvanut paine IAEA:n toiminnan painopisteiden muuttamiseksi, mikä selvemmin ilmeni yleiskeskustelun lisäksi teknisen avun rahoitusta koskeneen päätöslauselmaehdotuksen käsittelyssä. Kehitysmaiden aktivoitumista todistaa myös se, että ensimmäisen kerran yleiskokouksessa evättiin Etelä-Afriikan valtuuskunnan valtakirjat. Todettakoon, että Etelä-Afrikka istui vielä vuonna 1977 hallintoneuvostossa. Yleiskeskustelun tärkeimpinä elementteinä voidaan pitää kansainvälisen ydinpolttoainekierto selvityksen (INFCE) jälkeiseen hoitoon liittyviä kysymyksiä, vaikka niihin ei kovin konkreettisesti puututtukaan. Samoin puheenvuoroissa käsiteltiin ydinenergian osuutta energiapolitiikassa sekä ydinaseiden leviämisen ehkäisemiseen liittyviä kysymyksiä.

Suomea edusti yleiskokouksessa alivaltiosihteeri Keijo Korhosen johtama valtuuskunta.

Yleiskokoukselle puhunut Intian pääministeri Charan Singh käsitteli puheessaan Intian ydinsulkukysymyksiin ja atomienergian rauhanomaiseen käyttöön omaksumaa politiikkaa korostaen yleisen ja täydellisen ydinase riisunnan ensisijaisuutta, "horisontaalisen" ja "vertikaalisen" preliferaation kiinteätä yhteyttä ja ydinsulkusopimuksen (NPT) diskriminatorisuutta. Singh totesi IAEA:n tärkeimmän tehtävän olevan ydinenergian käytön edistäminen erityisesti kehitysmaissa ja kritisoi valvontatoimien ylipainottumista järjestön ohjelmassa. Ydinsulkupolitiikan varjolla ollaan hänen mukaansa luotu esteitä kehitysmaiden ydinenergiaohjelmien kehittämiseksi ja pyritty aikaansaamaan sellaisia institutionaalisia ratkaisuja, jotka rajoittaisivat muiden maiden oikeutta kehittää tiettyjä ydinpolttoainekiertoja, mistä puolestaan aiheutuisi huomattavia taloudellisia ja teknologisia ongelmia erityisesti kehitysmailla. Singh esitti lisäksi, että IAEA:n tulisi harkita safeguardsvalvonnan ulottamista myös ei-rauhanomaiseen ydintoimintaan ydinasevaltioissa, koska ydinaseiden poikkeuttamista sotilaallisiin tarkoituksiin on toistaiseksi tapahtunut juuri vain niissä. Intian ydinenergiaohjelma on Singhin mukaan merkittävästi myötävaikuttanut kansan itsetunnon ja sivistystason nousuun.

IAEA:n pääjohtaja Eklund kritisoi voimakkaasti ydinvoiman käyttöönottoa vastustavia ryhmiä ja korosti ydinvoiman muodostavan ainoan välittömästi käytettävissä olevan vaihtoehdon öljylle ympäristöongelmia aiheuttavan hiilen ohella. Eklund korosti NPT-sopimuksen ja sen jäsenmäärän kasvattamisen tärkeyttä, mutta lisäsi samalla, että maalla, joka investoi miljardeja dollareita ydinenergiaohjelmaansa ja hyväksyy NPT- tai vastaavan valvonnan, tulee olla oikeus odottaa, että ydinpolttoaineen saannille ei aseteta esteitä. Kansainvälisen sopimuksen aikaansaaminen toimitustakuukysymyksessä olisi siten tärkeä. Eklund ehdotti, että IAEA:n hallintoneuvosto, joka viime kädessä on se elin, jonka tulee kehittää ja toteuttaa kansainvälistä atomipolitiikkaa, perustaisi kaikille jäsenmaille avoimen komitean, jonka tehtävänä olisi kehittää suuntaviivat luotettavien ydinenergia-palvelusten saannin takaamiseksi tiukan ydinsulkupoliittisen linjan noudattamisen varmistamiseksi. Eklund korosti myös huolestuneisuuttaan valvomattoman rikastuskapasiteetin mahdollisesta leviämisestä.

YLEISKESKUSTELU

Yleiskeskustelussa käytettiin kaikkiaan 63 puheenvuoroa ja sitä leimasivat viimeisten vuosien mallin mukaan erimielisyydet IAEA:n toiminnan painopisteistä ja roolista sekä ydinsulkupolitiikan ja ydinteknologian siirron välisistä suhteista.

YDINENERGIAN ROOLI

Yhteisenä piirteenä kaikista puheenvuoroista voidaan todeta, että Ruotsia ja Itävaltaa lukuunottamatta ydinenergian merkityksen tulevaisuuden energiapolitiikassa katsottiin jatkuvasti kasvavan. Painotuseroja esiintyi kuitenkin melkoisesti. Selvimmin ydinenergian puolesta puhuivat Japani, Ranska, Neuvostoliitto ja Saksan Liittotasavalta. Ranskan varsin voimakassanaisessa puheenvuorossa korostettiin energiapulan saattavan johtaa koko maailman kannalta räjähdysalttiiseen tilanteeseen, mikäli ydinenergiaohjelmia yleisön vastarinnasta johtuen liiaksi supistetaan. Myös Yhdysvaltojen puheenvuorossa tuotiin selvästi esille ydinenergiaan turvautumisen välttämättömyys. Myös kehitysmaat korostivat yleisesti ydinenergian merkitystä lähivuosisikymmenien energiapolitiikassa.

REAKTORITURVALLISUUSKYSYMYKSET

Edellisiin vuosiin verrattuna turvallisuuskysymyksiin kiinnitettiin selvästi enemmän huomiota. Useissa puheenvuoroissa tuotiin julki tuki IAEA:n laajennetulle turvallisuusohjelmalle, josta pääjohtaja oli tehnyt aloitteen Harrisburgin onnettomuuden seurauksena. Yleisenä havaintona voidaan todeta, että turvallisuuskysymyksiin puuttuivat puheenvuoroissaan konkreettisimmat maat, joilla on sisäpoliittisia ongelmia ydinenergiaohjelmiansa toteuttamisessa (Ruotsi, SLT, Yhdysvallat).

Myös Neuvostoliiton puheenvuorossa puututtiin aikaisempia vuosia painokkaammin turvallisuuskysymyksiin. SLT ja Yhdysvallat esittivät laajennetun turvallisuusohjelman sisällyttämistä varsinaiseen budjettiin, kun se nyt vahvistetaan vapaaehtoisin avustuksin. Ranskan puheenvuorossa turvallisuuskysymys sivuutettiin lyhyellä maininnalla.

Itävalta esitti pitkässä puheenvuorossaan ydinvoimalojen rajojen yli ulottuvien ympäristövaikutusten tutkimista (transfrontier effects). Itävalta ehdotti, että IAEA asettaisi asiantuntijaryhmän kysymystä selvittämään ja tällöin tulisi keskittyä erityisesti rajojen lähellä sijaitsevien ydinvoimaloiden naapurivaltioille aiheuttamien potentiaalisten turvallisuusriskien selvittämiseen. Kansainvälinen ympäristöoikeus kaipaa tältä osin uudistusta. Puheenvuorosta kävi ilmi, että pääjohtaja on esittänyt Itävallalle, että YK olisi sopivampi forum käsittelemään Itävallan ehdotusta, johon liittyy merkittäviä poliittisia ja taloudellisia näkökohtia.

Todettakoon, että kehitysmaiden puheenvuoroissa ei turvallisuuskysymyksiin juurikaan puututtu.

IAEA:N ROOLI

Yleiskeskustelua leimasi tältä osin kehitysmaiden ja läntisten sekä sosialististen maiden väliset painotuserot. Sekä yleiskeskustelun, että erityisesti teknisen avun rahoituksesta käydyn keskustelun perusteella voitaneenkin arvioida, että IAEA:n roolista ja sen toiminnan painopisteistä (säätelevät, so. safeguards-valvonta ja reaktoriturvallisuus ja edistävät, so. lähinnä tekninen apu kehitysmaalle) sopiminen saattaa jopa kärjistyä tulevaisuudessa. Kun kehitysmaat ovat aikaisemmin korostaneet sitä, että valvontakustannusten ja teknisen avun määrärahojen välillä tulisi vallita tasapaino, niin nyt useat kehitysmaat (esim. Intia, Nigeria) korostivat sitä, että ydinenergian käytön edistäminen on IAEA:n ensisijainen tehtävä. Tässä suhteessa kehitys on kulkenut kuitenkin kehitysmaiden mielestä päinvastaiseen suuntaan, mitä on korostanut vielä se, että teknisen avun ehtoja on ydinsulkusyistä kiristetty. Argentiina kritisoi sitä, että ydinenergiakehityksessään pitemmälle ehtineiden maiden kohdalla ollaan ydinsulkusyihin vedoten pyritty rajoittamaan teknistä apua sellaiselle teknologian tasolle, joka ei enää vastaa ko. maiden vaatimuksia. Selvimmin kehitysmaiden kannoista poikkeavan käsityksen esitti Ruotsi, jonka puheenvuorossa korostettiin maan näkevän IAEA:n ensisijaisesti säätelevänä (safeguards ja reaktoriturvallisuus) elimenä.

Useimmissa INFCE:n seurantaan koskevilla puheenvuoroissa todettiin IAEA:n muodostavan luonnollisimman jälkihoidosta vastaavan elimen. Kovin konkreettisia ehdotuksia tässä suhteessa ei vielä tehty, mutta IAEA:n katsottiin parhaiten sopivan INFCE:n tuloksina syntyneiden institutionaalisten ratkaisujen edelleen-tutkimiseen. Näistä mainittiin erityisesti plutonium-varastot ja käytetyn ydinpolttoaineen kansainvälinen varastointi, joiden kehittäminen on aloitettu jo INFCE:n aikana. Varsin harvoissa puheenvuoroissa otettiin kantaa pääjohtajan ehdotukseen toimitustakuukysymystä tutkivan komitean asettamisesta. Positiivisimmin ehdotukseen suhtautuivat Englanti, Japani ja Hollanti.

STL:n puheenvuorossa todettiin, että IAEA tuskin pystyy selviytymään kuin osasta INFCE:n tulosten edelleenkehittämistehtävistä. Sen sijaan useissa puheenvuoroissa INFCE:n tulosten katsottiin tarjoavan paljon virikkeitä safeguards-mentelmien kehittämiseksi.

Erityisesti Englannin ja Saksan Liittotasavallan puheenvuoroissa, joissa ehkä konkreettisimmin kysymystä käsiteltiin, painotettiin sitä, että INFCE:n seurannasta ei tule tehdä liian kunnianhimoista ja kokonaisvaltaista, vaan on pyrittävä pienten askelten edistykseen tiettyjen tärkeiden teemojen ympärillä. Näistä keskeisimmät ovat kansainvälinen plutonium-varastointi, käytetyn ydinpolttoaineen kansainvälinen varastointi ja toimitustakuukysymykset. Erityisesti Australian puheenvuorossa korostettiin institutionaalisten ratkaisujen tutkimisen tärkeyttä INFCE:n jälkihoidossa.

INFCE:n keskeisimmän kiistakysymyksen, plutonium-talouden, osalta todettakoon, että Yhdysvaltojen puheenvuorossa toistettiin se, että jälleenkäsittely tulisi rajoittaa tiettyihin maihin ja laitoksiin ydinsulkusyistä, koska ei ole taloudellisia tai energiataloudellisia tekijöitä, jotka puoltaisivat jälleenkäsittelyn laajamittaisempaa käyttöönottoa. Ranskan puheenvuorossa taas todettiin INFCE:n tulok-sista se, että mitään polttoainekiertoa ei tule sulkea pois pelkästään ydinsulkupoliittisista syistä, mikäli on olemassa riittävät taloudelliset ja energiastrate-giset syyt sen käyttöönottoon teollisissa mittasuhteis-sa. SLT korosti, että INFCE ei ole kyennyt aikaansaamaan sellaista yleispätevää kaavaa, jota kaikki maat voisivat soveltaa ydinenergiapolitiikassaan, vaan jokaisen maan erityisolosuhteet tulee huomioida niiden polttoainekierron suhteen tekemiä päätöksiä arvioita-essa. Ruotsi ja Hollanti katsoivat INFCE:n luoneen pohjaa suuremman yhteisymmärryksen aikaansaamiseksi toimittaja- ja tuottajavaltioiden välille.

Ydinsulkukysymyksistä keskusteltaessa ei tullut esille mitään varsinaisesti uutta. Useissa puheenvuoroissa korostettiin mahdollisesti valvomattomien rikastuslaitosten lukumäärän kasvun negatiivisia seurauksia sekä ydinsulkupolitiikalle, että ydinalan kansainväliselle kaupalle. Yhdysvallat, Kanada ja Australia toivat esille kantansa kaikenkattavan valvonnan vaatimukset etevämmyydestä ja keskeisyydestä ydinsulkupolitiikan keinona. SLT ja Japani korostivat vertikaalisen proliferaation merkitystä NPT- sopimuksen olennaisena osana ja yhtenä keskeisenä elementtinä NPT:n 2. tarkistuskonferenssissa elokuussa 1980.

Useissa sitoutumattomien maiden puheenvuoroissa käsiteltiin YK:n yleiskokouksessa juuri ennen IAEA:n yleiskokousta tehtyä päätöstä pitää YK:n ydinenergia-konferenssi "periaatteessa 1983 mennessä". Jugoslavia painotti konferenssin poliittista luonnetta. Hollanti piti konferenssin ajoitusta hankalana ja totesi IAEA:lle kuuluvan luonnostaan keskeinen rooli konferenssin valmisteluissa ja toteuttamisessa. Korean tasavalta ja Filippiinit kaipasivat konferenssilta uuden kokonaisvaltaisen kansainvälisen ydinenergialan järjestyksen luomista. Myös Sveitsin puheenvuorossa todettiin sellaisen aikaansaamisen tarve.

Pakistan viitaten Etelä-Afrikan väitettyyn ydinräjäytykseen kritisoi ydinsulkukysymyksiä korostavien valtioiden kiinnittävän ylimittaista huomiota kuviteltuihin ydinaseiden leviämisen vaaroihin ja olevan hiljaa niiden kohdalla, jotka saattavat todella valmistaa ydinaseita. Pakistan uudisti ehdotuksensa Intialle solmia multi- tai bilateraalin kaikenkattava valvontasopimus ja kielsi aikovansa hankkia tai kehittää ydinaseita. Intia puolestaan torjui alueellisten valvontasopimusten mielekkyyden, koska vain kaikkien maiden kaiken ydintoiminnan kattava valvonta takaa ydinaseiden sekä horisontaalisen että vertikaalisen leviämisen estämisen.

Niger, joka on merkittävä uraanin tuottaja, tuomitsi 'eräiden maiden', jotka käyvät kauppaa Etelä-Afrikan kanssa, pyrkimykset vaikuttaa siihen, mihin maa vie uraania. Niger tuntee vastuunsa tässä asiassa.

IAEA:N VUODEN 1980 BUDJETTI

Budjettikeskustelu keskittyi pääasiassa teknisen avun rahoituksen ympärille. Ryhmä 77 esiintyi asiassa entistä aktiivisemmin ja esitti lopulta komiteassa päätöslauselmaehdotuksen, jonka mukaan tekninen apu tulisi rahoittaa normaalibudjetissa nykyisen vapaaehtoiseen avustukseen perustuvan rahoituksen sijasta. Kehitysmaat perustelivat esitystään sillä, että ydinenergian käytön lisääminen on IAEA:n ensisijainen tehtävä ja valvontatoiminta vain sen korollaari. Siksi on nurinkurista se, että valvontamenot katetaan budjetista, kun taas tekninen apu perustuu vapaaehtoiseen suoritukseen, vaikkakin vuosittain sovittavan tavoitesumman puitteissa.

Kehitysmaiden päätöslauselmaehdotus johti pitkiin IAEA:n perussäännön tulkintaan liittyviin keskusteluihin ja epävirallisiin ryhmäkokouksiin. IAEA:n juridinen neuvonantaja esitti pyydettyinä tulkintanaan, että teknisen avun rahoittaminen budjetista vaatisi perussäännön muuttamista. Useat läntiset ja sosialististen maiden valtuuskunnat yhtyivät tähän tulkintaan.

Kehitysmaat taas sitoivat budjetin hyväksymisen ja teknisen avun rahoitusta koskevan päätöslauselmansa käsittelyn toisiinsa eivätkä suostuneet antamaan konsensustaan budjetin hyväksymiselle ennen kuin teknisen avun rahoituskysymys olisi selvitetty. Pitkien neuvottelujen jälkeen, joissa jo väläyteltiin äänestysmahdollisuutta, onnistuttiin löytämään kompromissi. Asia siirrettiin hallintoneuvoston tutkittavaksi ja sen tulee raportoida asiasta seuraavalle yleiskokoukselle. Kompromissin keskeinen elementti oli se, että hallintoneuvoston tulee tutkia "kaikkia mahdollisia tehokkaita keinoja teknisen avun rahoituksen järjestämiseksi". Sopimus edellytti vielä sitä, että todettiin se, että formulointi se sulje pois yhtäkään komiteassa käsitellyistä mahdollisuuksista. Ryhmä 77:n puheenjohtaja (Peru) puolestaan ilmoitti tulkitsevänsä päätöslauselman niin, että se sisältää myös mahdollisuuden rahoittaa teknisen avun ohjelman budjetista. Neuvostoliitto ilmoitti, että se ei luovu keskustelujen aikana esittämistään varauksista.

Teknisen avun rahoitusta koskeneen ongelman selvittyä vuoden 1980 budjetti hyväksyttiin äänestyksittä.

HALLINTONEUVOSTON LAAJENNUS

Kehitysmaiden ryhmä, joka ei ole päässyt sisäiseen yksimielisyyteen hallintoneuvoston laajennuksen suuruudesta ja lisäpaikkojen jaosta, ei tällä kertaa osittain myös teknisen avun rahoituskeskustelun vaatiman ajan vuoksi, osittain puuttuvan äänestysvoiman vuoksi, esiintynyt kovin aktiivisesti asiassa, vaan introdusoi vuoden 1978 yleiskokouksen ao. päätöslauselmaan vastaavan ehdotuksen, jolla asian käsittely siirrettiin edelleen hallintoneuvostolle.

Pekka Ojanen
ulkoasiainsihteeri

IAEA:N BUDJETTI VUODELLE 1980

<u>Ohjelma</u>	<u>Kulut (\$)</u>
01. Tekninen apu ja koulutus	14.247.000
02. Ydinvoima- ja reaktorikysymykset	344.500
03. Reaktoriturvallisuus ja ympäristön- suojaus	5.180.000
04. Rauhanomaiset ydinräjäytykset	195.000
05. Elintarvike- ja maatalousohjelma	3.458.000
06. Biologiset ja lääketieteelliset sovellutukset	2.687.000
07. Ydinfysiikka	5.409.000
08. Kansainvälinen teoreettisen fysiikan keskus	2.136.000
09. Meren radioaktiivisuuden kansainvälinen laboratorio	1.050.000
10. Valvontamenot	19.396.000
11. Tiedotustoiminta	3.925.000
12. Yleiskokous ja hallintoneuvoston kokoukset	2.284.000
13. Pääjohtajan toimisto ja keskusjohto	1.392.000
14. Muut hallintomenot	6.886.000
15. Järjestön toiminnan tukimenot	10.599.000
16. Ulkopuoliset konsulttipalvelut	1.708.000
17. Ennakoidut valuuttakurssien muutoksista johtuvat menot	4.080.000
	<hr/>
Y H T E E N S Ä	88.076.000
	=====



IAEA

GENERAL CONFERENCE

FOR USE OF INFORMATION MEDIA - NOT AN OFFICIAL RECORD

PRESS RELEASE

C/XXIII/2

FOR IMMEDIATE RELEASE

HIGHLIGHTS OF THE IAEA DIRECTOR GENERAL'S SPEECH

New Delhi, 4 December 1979 - Delegations from over 80 States are attending the IAEA General Conference in New Delhi. They elected Dr. H. Sethna, Chairman of the India Atomic Energy Commission, as President. In his opening statement, Dr. Eklund, the director General reviewed the present energy situation in the world.

He paid tribute to India's showing how a developing country can reach a position in the front rank of nuclear industry. The foreseen increase in world population from 4.2 billion to 6.4 billion people by the year 2000 and the corresponding demand for food will automatically increase the future demand for energy, he said.

A decrease in the contribution of the present non-renewable sources of energy to the increasing total energy needs will only be possible if new sources of energy become available on a drastically enlarged scale within the next 20 years. Realistic estimates do not envisage such a development on the scale required. It goes without saying that the new energy sources now being proposed - solar energy (soft and hard), wind energy, geothermal energy and tidal energy should be developed because we will be needing in future all energy sources with potential - considerable time will be required, however, before they can make a substantial contribution.

Estimates made by the most competent body existing - the World Energy Conference of 1977 - show without doubt that, in a few decades with the present consumption rate we shall have exhausted the existing petroleum resources, the formation of which took hundreds of millions of years.

Reserves of coal exist, but they are very unevenly distributed and we have not seen if it will be possible to mine the large quantities needed. This also depends upon finding miners willing to do the job. It also remains to be seen if people faced with the environmental consequences of the use of coal will accept them.

The conclusion is that there is only nuclear power which is immediately available to be used for saving at least part of the hydrocarbon resources for coming generations.

There is no question that developing countries require more energy to meet their needs. The average annual increase in energy consumption in, for example Mexico amounted during the recent five years to 5,6%.

If we are to avoid blackouts, keep factories going and homes warm and lighted in the late 1980s and 1990s, it is imperative that governments take the necessary decisions on new capacities in electricity production now and overcome the paralysis that has unfortunately undermined the energy programmes of many leading industrial countries.

By the end of 1978, the world's installed capacity of nuclear power amounted to 110 000 MWe, or 6% of the world's generating capacity. By 1985, on the basis of plants now being built, the share of nuclear power will increase to about 16% of the electricity actually produced in 1985, it will represent the equivalent of more than 400 million tons of oil a year. By way of comparison last year Saudi Arabia produced 420 million tons of oil. Obviously, the contribution of nuclear energy is one we simply cannot forego. This was also emphasized at the summit meeting last June, this year in Tokyo.

To a far greater extent than the industrialized countries, the developing countries, are facing severe economic problems as a result of the energy supply crisis.

The cost of imported oil represents 26% of the total import bill of India (which is itself now an oil producer) and 31% of that of Brazil, compared with about 13% of the import bill of the Common Market countries. These were the percentages of 1978. At present, the OPEC price is \$24 per barrel, and on the spot market the price is \$40.

In these circumstances, all countries and, particularly, developed countries must heed the recommendations of the leading statesmen of OPEC itself and seek systematically to reduce their dependence on oil, particularly imported oil, in ways which will have the least effect on economic and industrial growth.

There are now about a dozen developing countries, including India, whose demand for electricity is large enough to justify the introduction of nuclear power. This number will surely increase as the electrical grids of other developing countries expand, as the price of alternative fuels

../.

continues to rise. There is a direct relationship between the expansion of nuclear power in the developed countries and increased energy use in the developing countries. The less nuclear power that the industrial countries generate, the more oil they will consume, the higher the price will go and the less oil will be available to the developing world. The same is true of coal. It is in the direct interest of the developing countries therefore, that nuclear power should rapidly expand in the industrial countries and relieve the pressure on oil supply and prices.

Attention should also be given to the consequences of not using nuclear energy; the political tensions which will develop as a result of increased competition for OIL and the difficulties which countries will face to maintain employment and an adequate standard of living.

As regards Technical Assistance, Dr. Eklund also appealed to Member States to contribute as much as possible to the voluntary Fund for Technical Assistance as the gap between the need for assistance and the available resources was widening. Asia had provided the first regional example of nuclear research collaboration in the developing world in which 10 countries were taking part. The projects in hydrology and radiation preservation of dried fish deserved particular support.

As regards safety, a significant expansion in the nuclear safety programme of the Agency has been approved and a major international conference on safety which will also deal with the lessons to be learned from the 3 Mile Island accident would be held in Stockholm in 1980 at the invitation of the Swedish Government.

As regards the nuclear controversy it is interesting to note that there is little debate on the nuclear issue in the developing countries and in those countries with centrally planned economies. The debate flourishes almost exclusively in countries with an affluent economy, irrespective of whether or not there is access to alternative energy sources.

In these countries there are citizens' groups who are not interested in further economic growth or technological development. They advocate new life styles by which it is implied that their own standard of living would be maintained and the quality of the environment preserved. It is not clear how the less fortunate human beings, either in their immediate surroundings or in the developing countries, will be able to improve their living conditions in such a "no growth" economy. People are informed or misinformed by information media as to some of the basic principles involved in energy production and are invited to go to the urns to express

..//..

their preference. One wonders whether or not the electorate will come to learn any of the more relevant facts through this process: for instance, that beginning 1979 a total of 224 reactors were in operation, representing some 1,800 reactor years of experience, and that in no single case has a person been fatally affected or seriously injured by radiation from a civilian nuclear power plant. Or alternatively, that we are continuously exposed to radiation of which 68% comes from the natural background, 31% from medical irradiation, 0.6% from fall out from nuclear tests and only 0.15% from the nuclear power industry. The 1977 UNSCEAR Report calculates that out of an estimated total of 50 million cancer deaths each year from all causes and 7,000 cancer deaths resulting from medical use of X-rays and radiation, the radiation emitted by all nuclear plants now operating in the world could only cause some 60 deaths from cancer each year. The figure of 60 deaths represent a mathematical speculation whereas the other figures are based on statistical evidence.

It was essential in this respect to inform both the politicians and the media better on the national level and to arrange for participation of opponents of nuclear power when discussing energy alternatives in order to have a correct and comparative assessment of the various risks involved.

As regards Non Proliferation, Dr. Ekound noted that 111 States are now parties to the Treaty and that 5 developing countries have acceded to the Non-Proliferation Treaty in 1979. The Treaty now covers 111 countries. Of all regions Latin America, especially because of the Tlatelolco Treaty, is the furthest advanced and is on its way to becoming the first area of the world in which all nuclear activities except those that are specifically peaceful will be prohibited by international law and where this prohibition will be verified by IAEA safeguards.

The Director General hoped that the trend initiated by the Non Proliferation Treaty in 1970 of bringing all civilian activities throughout the world under IAEA safeguards would not be reversed and expressed his concern about the reports of the spread of unsafeguarded sensitive technologies. One should be aware that where NPT and IAEA safeguards end, the danger of proliferation begins.

We are now approaching the end of an important exercise which has engaged the attention of senior nuclear experts and diplomats from 66 Member States during the last two years, namely the International Nuclear Fuel Cycle Evaluation (INFCE). It has reaffirmed the validity of the nuclear choice which most countries made in the 1950s. Two concrete projects have emerged from INFCE, namely, consultations intended to develop a system of international plutonium storage under IAEA auspices in implementation of Article 12.A.5 of the Statute and a study on international spent fuel management.

../.

We are, however, left with some unfinished business, particularly in respect of reconstructing an internationally acceptable framework of assured supply of equipment and fuel supplies under adequate safeguards. Dr. Eklund suggested that the Board of Governors may wish to establish a Committee of the whole membership of the Agency to develop a set of guidelines which would provide adequate assurance of continued supply of nuclear material and ensure the willingness of the recipient States to accept the IAEA safeguards regime and strictly adhere to a non-proliferation policy.

The first principle which should govern any subsequent activities after INFCE is that the cornerstone of all non-proliferation efforts is and must remain the Non-Proliferation Treaty and that we must ensure the continuing credibility of Articles IV and VI of that Treaty as well as of the first three Articles. Unless this is done, there is a great danger that support for the Treaty will erode.

In August next year, the Parties to the Non-Proliferation Treaty will be reviewing for the second time the operation of the Treaty "with a view to assuring that the purposes of the Preamble and the provisions of the Treaty are being realized", to quote Article VIII.3. The deliberations which took place within INFCE should provide a useful basis for achieving the same assurances with regard to Article IV as we already have for the first three Articles.

Dr. Eklund also asked for the assistance of Member States in improving the cost effectiveness of Agency safeguards. He recorded the negotiations for a Convention on the Physical Protection of Nuclear Material which had led to an important international consensus on the measures to be taken to protect nuclear materials in international transport.

Significant developments are taking place in thermo-nuclear fusion. On the initiative of the Soviet Union, the Agency has held a number of workshops to study the construction of an international fusion reactor intended to demonstrate the technical feasibility of using fusion for producing electricity. The project is being jointly carried out by Japan, the USSR, the USA and EURATOM. Dr. Eklund also congratulated professor Abdus Salam of Pakistan, the present Director of the International Centre for Theoretical Physics in Trieste, jointly operated by the IAEA and UNESCO, on his being awarded the Noble Prize for Physics.

Dr. Eklund concluded that the present situation was full of contradictions.

Many speak of intolerable risks from civilian nuclear plants where up to now no fatal radiation accident has occurred but advocate their replacement with coal plants where many people are killed each year.

Frequent reference is made to the heritage we may leave to coming generations in the form of long-lived radioactive wastes, but nothing is said about our systematic efforts to deprive these same generations of the limited quantities of petroleum left.

People seem to accept the existence of tens of thousands of nuclear weapons stored in many different places, they tolerate a growing number of nuclear-power-propelled ships but are worried about land-based nuclear power reactors and talk about proliferation risks even from research reactors. There are many more important issues than the present nuclear debate, how to maintain world peace and how to help the hundered of millions who are starving, are just two examples.

To feed these people and to better their lot, industrialization is needed, which requires a supply of cheap, reliable energy. This is where nuclear can make a substantial contribution.

SUOMEN EDUSTAJAN, ALIVALTIOSIHTTEERI KEIJO KORHOSEN PUHE
KANSAINVÄLISEN ATOMIENERGIAJÄRJESTÖN (IAEA) 23. YLEIS-
KOKOUKSESSA NEW DELHISSÄ 6. 12. 1979

Mr. President,

It gives me great pleasure to begin my statement by congratulating you on your election as President of the 23rd General Conference of the IAEA. I feel confident in saying that under your able guidance this conference will be brought to a successful conclusion. At the same time I wish to express a most sincere appreciation to the Government of India for inviting the Conference to New Delhi thus giving us the possibility to get acquainted with the achievements of this great country.

Role of nuclear energy in today's world

Today the utilization of nuclear energy for peaceful purposes is more than probably ever before faced with a multitude of problems and restraints that seem to call for a fresh and fundamental consideration both in the international level as well as in a great number of individual countries. It is clear that the earlier expectations attached to the role of nuclear energy as a major energy source for the next decades have at least to a certain extent failed to materialize. This might be just a temporary phenomenon. In many cases the relatively high estimates for installed and planned nuclear capacity have been considerably cut down. Curiously enough this has happened at a time of rising prices and decreasing availability of other and alternative energy sources. The constraints and problems I have referred to are real and have to be taken very seriously. Still nuclear energy is there to stay. The question is rather: how much

nuclear energy and under which conditions. In spite of energy conservation measures and of major efforts undertaken to develop new and renewable energy sources - efforts which as such are highly welcome and indispensable - many countries, including my own country, will, also in the future, have to rely on nuclear energy and at least to keep their options open for the future.

Criticism against nuclear energy is focused basically on three groups of problems: safety, waste and proliferation. We have to admit that in none of these areas all problems have been solved. To find solutions to the existing problems, is, however, vital to the international community.

Given the international character of the peaceful atom it is imperative that solutions to these questions be first and foremost sought at the international level. Here the role of this Agency is central. It is the only international organization with a global mandate in this field. The Agency is thereby entrusted with a most demanding task. The scope of the activities of the agency extends from the introduction of nuclear research techniques to issues with highly political overtones such as the detection of possible diversions to military purposes. But to do this calls both for a sufficient funding of the Agency's activities as well as for a reappraisal of its programmes.

Role of the IAEA

The Agency has a record of over 20 years of successful operation. I think that we all are prepared to admit that this Agency is a well functioning and efficient organization within the UN family. It has served developing member states as well as industrialized countries through its various activities. We are confident that this should and will be the case also in the future. In this context I would like to avail of this opportunity to pay a special tribute to Dr. Eklund and his staff who have made this development possible.

In the course of over 20 years of operation, the Agency has gathered such a wealth of experience in the field of peaceful atom that it is only natural that the international conference on nuclear energy *to be* *proposed by 1963* convened under the UN resolution 34/68 must to a great extent benefit from a full co-operation of the Agency. Indeed, we consider that the Agency should have a central organizing role both during the preparatory work as well as during the conference proper. It is vital that the conference can benefit from the results of the Final Plenary Conference of INFCE, the Second Review Conference of the NPT as well as the second Salzburg-type conference planned by the Agency. These results, in our view, should be used as guidance in the preparations for and in the timing of the conference.

I must, however, draw your attention to the fact that a tremendous development has taken place in the nuclear field during the life time of the Agency. One of the basic ideas that underlined the foundation of the Agency was that it should become a kind of "atombank" which would

make nuclear fuel available to the Member States, did not materialize, because there was no such need for a number of years. Instead the Agency concentrated on the introduction and demonstration of nuclear techniques in various fields. These activities have definitely been successful and most of these techniques have become widely used for the good of mankind.

In the meantime, however, the initially foreseen activities with regard to nuclear power have become of vital importance to an increasing number of member states that need nuclear energy for their energy programmes. Under these circumstances one must ask whether the Agency has been able to adapt itself and its programmes into these new circumstances. While the conventional activities in the application of nuclear techniques in various fields are being continued in practically the same scope, the new demands concerning safety, waste problems etc. have not, perhaps, received significantly increased attention. In view of the anticipated rapid expansion of the Agency's activities following the growth of installed nuclear capacity, the Agency must be ensured the necessary financial and other resources in order to enable it to formulate its programmes and to discharge its statutory functions, in particular safeguards, to general satisfaction.

At this stage and after the experiences of the past year it has become clear that more attention should be attached to nuclear safety and environmental protection. We appreciate the rapid action taken by the Director General to strengthen the safety programme of the Agency. We have given to it our full support. The fact that national authorities in the individual countries must have the final responsibility with regard to the safety of nuclear power plants and facilities concerned should not in

any way hamper international co-operation in this field, nor be a licence for bargaining with the principle of maximum safety. Internationally established safety criteria and guidelines could in our view give more credibility to the application of safety standards and it could also facilitate international co-operation in the nuclear field in general. In this respect it is crucial that countries embarking on a nuclear power programme develop their safety and regulatory capabilities in parallel with their overall nuclear development. It is one, and not the last one of the Agency's tasks to provide assistance in nuclear safety matters.

As far as technical assistance is concerned, it has been widely recognised that these activities should be given high priority, and my Government shares this view. We have been ready to accept a substantial increase in the target for technical assistance. The Agency should be capable to render those countries that have chosen the nuclear energy option, every necessary assistance in planning and implementing nuclear power programmes, including nuclear safety and regulatory activities. The introduction of a nuclear power programme should not, however, be considered an end in itself but it should rather be seen in the light of an optimal use of available resources, the existing infrastructure and compared with other alternatives, including the conventional ones, in the specific country context.

The risk of proliferation of nuclear weapons

The non-proliferation policy is one of the cornerstones in efforts to make possible the very survival of mankind. In our view apprehensions

that have led to adoption of non-proliferation policies, what have been called as impediments hampering the establishment of a stable market and exchanges in the use of nuclear energy, derive from a legitimate fear of proliferation. These apprehensions can be expected to exist as long as effective safeguards are not applied universally on all nuclear activities in non-nuclear weapon states and as long as assurances against diversion are not judged sufficient from the point of view of non-proliferation.

The annual report of the Agency makes a reference to the eventuality that the number of countries having unsafeguarded nuclear facilities in operation may increase in the future. Such a development undoubtedly will have a bearing on the efforts to facilitate and promote the transfer of nuclear technology for peaceful purposes and justify the existence of strict non-proliferation restraints. Finland, as a strong supporter of the NPT regime has together with the other Nordic countries recently expressed its concern about some developments concerning non-proliferation policies, in the form of a document circulated during the General Assembly. I quote from this joint Nordic statement:

" The Nordic countries wish to emphasize their conviction that the development and achievement of nuclear explosive capability by any additional state or states would pose a grave threat to the international community as a whole and also be detrimental to the efforts to promote international co-operation in the peaceful uses of nuclear energy. It is their strongly held hope that no non-nuclear weapon state will attempt to develop or otherwise acquire nuclear explosive capability and that all states will do their utmost to enhance international confidence and trust so that nuclear weapons proliferation to additional states will not take place. Such confidence and trust are essential for

the security of states and international peace. The co-operation in the field of peaceful uses of nuclear energy can best be developed by removing the fears of proliferation of nuclear weapons."

Assured nuclear supplies

Above I have stressed the safeguarding side of the effective non-proliferation policies which my Government considers to be of primary importance. We are, however, fully aware that there are other considerations that have a bearing on the issues of non-proliferation. It is becoming increasingly clear that assurances of supply should be considered as integral elements of any nuclear co-operation arrangement as well as of any non-proliferation regime. The states that have renounced the nuclear-weapon option and accepted the infringement of national sovereignty that follows from the application of safeguards, have a legitimate right to expect that their energy needs, as well as the requirements posed by the back end of the fuel cycle, such as waste management, are not overlooked, and they are being taken care of when approaches to non-proliferation issues are formulated in the spirit of the NPT.

This question of supply guarantees has received particular attention in the work of INFCE where it has constituted one of the basic issues during the work of the evaluation. The assurances of supply, which naturally cannot deviate from a consistent non-proliferation posture, is a question which in our view deserves an increased attention in the future. The Agency seems to us to be an appropriate body for the consideration of measures that would enhance the accessibility to nuclear materials and services for such countries that accept full scope safeguards as a token of their commitment to non-proliferation objectives.

The problem of nuclear waste

We should also be able to utilize more fully the expertise and the framework of the Agency in waste management. Lack of progress in defining technically sound and politically acceptable waste management concepts has undoubtedly been one of the main impediments to the introduction of nuclear energy in many countries. As time passes the problem will aggravate unless solutions are found to this question, as well as to the whole problem area of the back end. Here also the Agency's role should be expanded and made more concrete.

New institutional approaches

During the course of INFCE, other measures have been studied that appropriately implemented would have the double merit of uniting the interests of assured supply to interests of non-proliferation. I refer mainly to the institutional approaches that have been developed both in the framework of INFCE as well as by the active involvement of the Agency. We appreciate the multiple difficulties that will have to be solved before any such institutional schemes can be implemented but their non-proliferation and economies-of-scale advantages seem to make them a very viable option for the future. This is true in particular with regard to the sensitive stages of the fuel cycle. There is an evident need to minimize the presence of material which can be readily convertible to weapons uses in a way that would, to the greatest extent possible, preserve the future possibilities to use to the fullest the energy values of, for example, spent fuel. We see the active further consideration of various institutional and multinational schemes as one of the most important non-proliferation efforts in the post-INFCE period in the Agency framework.

Closing remarks

It is the firm conviction of my delegation that policies can be formulated that make it possible to use to the fullest, nuclear energy for peaceful purposes in a framework that would guard against non-proliferation and other risks inherent in a wide-scale use of nuclear energy and which would at the same time gain the biggest possible support. In formulating these policies and in their implementation the Agency will, I am sure, have a most important role to play.

Paris, 18th February 1980

NEW NEA/IAEA REPORT ON WORLD URANIUM RESOURCES, PRODUCTION
AND DEMAND

The OECD Nuclear Energy Agency (NEA) announced today the publication of a new edition - dated December 1979 - of the report on "Uranium Resources, Production and Demand" which has been published periodically since 1965, jointly with the International Atomic Energy Agency (IAEA). Members of the Press are invited to a briefing to be held on Thursday 21st February 1980, at 11.00 a.m., in the OECD New Building, 19 rue de Franqueville, Paris 16ème.

The report was prepared within the framework of an NEA/IAEA "Working Party on Uranium Resources" (comprising experts from some 20 countries including the major "Western World" uranium producers). The new report updates and expands the previous report from the two Agencies which was published by the OECD in December 1977.

In this work of reference, more commonly known as the "Red Book", uranium resources are reported for 35 countries representing most of the world's uranium deposits outside the USSR, Eastern Europe and China. Forecast maximum attainable production capabilities are also reported and an estimate, given to the year 2025, of production capability from known resources. The new publication also includes some exploration expenditures and expanded analyses on availability of uranium in the coming decades.

Information on uranium demand has been revised in the light of more recent forecasts of the growth of nuclear power, particularly the forecasts produced by the International Nuclear Fuel Cycle Evaluation (INFCE). The Working Party developed this revision in the closest co-operation with the INFCE Working Group on Fuel and Heavy Water Availability.

The report focuses attention on the practical availability of uranium as well as on global supply and demand. It shows that, on a global basis, there is enough known uranium to support the nuclear industry over the next 15 to 20 years and that there are grounds for confidence that substantial additional resources (which must at present be regarded as speculative) exist and can be found. Practical availability is, however, much less certain: physical accessibility and environmental or other political constraints are limiting factors; and there must be real concern whether development of new reserves and production capacity can be achieved on the required time-scale. The lead time from exploration to production of uranium is typically some 15 years, which means that, by the 1990s, there will be a growing dependence on sources not now being exploited or which are currently only in the speculative category. Recent trends in exploration and discovery have been healthy but this momentum will be maintained only if the mining industry is provided with a sufficient basis for confidence by the development of nuclear programmes.

For the longer term, the report explores the uranium demand implications of several reactor strategies. If new construction continues to be dominated by water reactors beyond the turn of the century, currently known resources will be rapidly depleted. Strategies with heavy reliance on breeder reactors would place far less demand on resources which are currently only speculative.

The main findings and conclusions of the report are summarised in the attached Annex.

"URANIUM, Resources, Production and Demand"
195 pages, OECD, Paris, 1979
\$ 19.50 £ 8.70 FF 78.00
ISBN 92-64-12022-X
Available from OECD Sales Agents

ANNEX

NEA/IAEA REPORT ON WORLD URANIUM
RESOURCES, PRODUCTION AND DEMAND

Uranium Demand (Excluding that of the USSR, Eastern Europe
and China)

Uranium requirements in 1980 are expected to be in the range 28,000 tonnes to 32,000 tonnes, well below the maximum attainable production capability of nearly 50,000 tonnes U.

Uranium requirements to 1990 can be reasonably determined by the reactors in operation and under construction, particularly since it is generally accepted that by 1990 recycle of uranium and plutonium will not make a substantial contribution and fast breeder reactors will not yet have been introduced in significant numbers. These factors indicate that annual uranium demand will increase over the decade 1980 to 1990 to about 60,000 tonnes U for the low INFCE nuclear power growth forecast (374,000 MWe in 1990), to about 88,000 tonnes U for the high INFCE nuclear power growth forecast (460,000 MWe in 1990).

Beyond 1990 the projections of uranium demand vary over an increasingly wider range, as uncertainty about choice of reactor types and rates of nuclear power growth increases. Annual requirements in the year 2000 would reach 200,000 tonnes U under the conditions of high nuclear power growth examined by INFCE (1,207,000 MWe) and use of light water reactors without any improvement in efficiency nor any recycle of used fuel. Conversely, under INFCE assumptions of low nuclear power growth (834,000 MWe), recycle of uranium and plutonium and their use in fast breeder reactors, the uranium requirements would be about 100,000 tonnes U. After the year 2000 the projections diverge even more as uranium requirements for programmes using only light water reactors continue to increase rapidly - even with substantially improved LWRs - while projected annual requirements level off in the case of full utilisation of fast breeder reactors (they even decrease, before 2025, in the case of low nuclear power growth examined by INFCE).

Projections of annual uranium requirements to 2025 are shown in Figures 1 and 2. While the levels of demand to the year 2000 are less than those forecast in the previous edition of this report, the estimates continue to indicate rapid growth from the present level.

Uranium Resources (Excluding those of the USSR, Eastern Europe and China)

(a) Reserves

Uranium Reserves (see Table 1), defined as Reasonably Assured Resources exploitable at a cost below \$80/kg U, total 1.85 million tonnes. This is higher by 200,000 tonnes than the figure in the last edition of this report. The increase is chiefly due to discoveries in Brazil and Canada, and improved knowledge about deposits in Central African Republic, Namibia, South Africa, Spain and the United States of America.

(b) Resources

Resources in the Reasonably Assured category, exploitable at costs between \$80 and \$130/kg U, amount to an additional 0.74 million tonnes uranium, and Estimated Additional Resources in the low and high cost categories together amount to 2.45 million tonnes uranium (see Table 2). There were sizeable increases in the figures reported for these categories since the previous edition of this report. The main additions resulted from discoveries in Brazil, Canada, Greenland, South Africa and the United States of America. Even though some of the additions to Reasonably Assured Resources came from the Estimated Additional Resources reported in the last red book as a result of exploration of previously identified deposits, the net "known" resources increased by 750,000 tonnes U.

(c) Speculative Resources

It has been recognised that resources, as yet undiscovered, are likely to exist in addition to those identified in Estimated Additional Resources. The NEA and IAEA have commenced an evaluation, "The International Uranium Resources Evaluation Project" (IUREP), to assess the potential of these resources on a world-wide basis. The first phase of this project resulted in the publication in December 1978 of "World Uranium Potential: An International Evaluation". In that OECD/IAEA publication, a judgement was made on the amount of resources that may exist in addition to Estimated Additional Resources, which may be discoverable by present techniques. The term Speculative Resources was introduced to describe this new category. The report also indicates areas with potential for additional uranium resources. Following publication of "World Uranium Potential", an Orientation Phase was initiated. In this phase, geologists are sent to selected countries identified as having a potential for the discovery of uranium. This is intended to provide a more accurate estimate of Speculative Resources, indicate more precisely areas of favourability, and make recommendations concerning exploration methods which could be used for the discovery of the resources. Figures on Speculative Resources have been included in Uranium Resources, Production and Demand, for the first time.

(d) Uranium Exploration

Exploration programmes have been reported in 40 countries, and several government sponsored reconnaissance programmes have been initiated. Exploration expenditures have increased by \$230 million to \$570 million since the previous edition of this report, although part of the increase represents cost inflation. The Working Party on Uranium Resources believes that there are many areas of the world, geologically favourable for the occurrence of uranium, that have to date received relatively little attention. There may however be logistical, political or financial constraints to be overcome in many of these places.

Uranium Production

Several new uranium mines are scheduled to start production in the 1980s. This new production, plus projected expansions by current producers in Canada and the United States, will mean that any increase in uranium demand in the 1980s should be readily met. Based on current projections, the overall supply situation could be expected to be less favourable and could even reverse during the 1990s.

While production amounted to about 38,000 tonnes uranium in 1979, the maximum attainable capability was about 44,000 tonnes/year. Provided that there is sufficient economic incentive and stability to support an orderly growth, this maximum capacity could increase to 119,000 tonnes/year by 1990 based on estimated uranium resources. During the 1990s, increasing reliance on production in countries which have not previously provided substantial supplies of uranium may be necessary.

After the year 2000, uranium production from currently known resources will decrease and uranium supply will come to depend more and more on resources which still await exploration, discovery and development of production capability.

Considering the uncertain nature of the results of exploration and the long lead times from discovery to production, increasing levels of uranium exploration and development will be necessary during the next two decades to ensure adequate levels of production. The industry must not only provide sufficient additions to Reserves to sustain required rates, but must do so in a manner which is consistent with environmental, political and economic constraints which tend to restrict the accessibility of certain uranium bearing areas and the capability to develop, produce, and export from identified deposits.

Comparison of Uranium Availability and Requirements

In the long-term, if nuclear power is to be a major source of energy, large increases in exploration efforts and new production capability will be required before the end of this century. Additions to production will need to be based largely on sources other than low-cost known conventional resources. By the year 2025, cumulative lifetime requirements could range from 4 million tonnes uranium to 20 million tonnes uranium (on the basis of the INFCE projections), depending on the reactor mixes actually in use. If new construction continues to be dominated by water reactors, the rate of demand will rapidly deplete currently known resources.

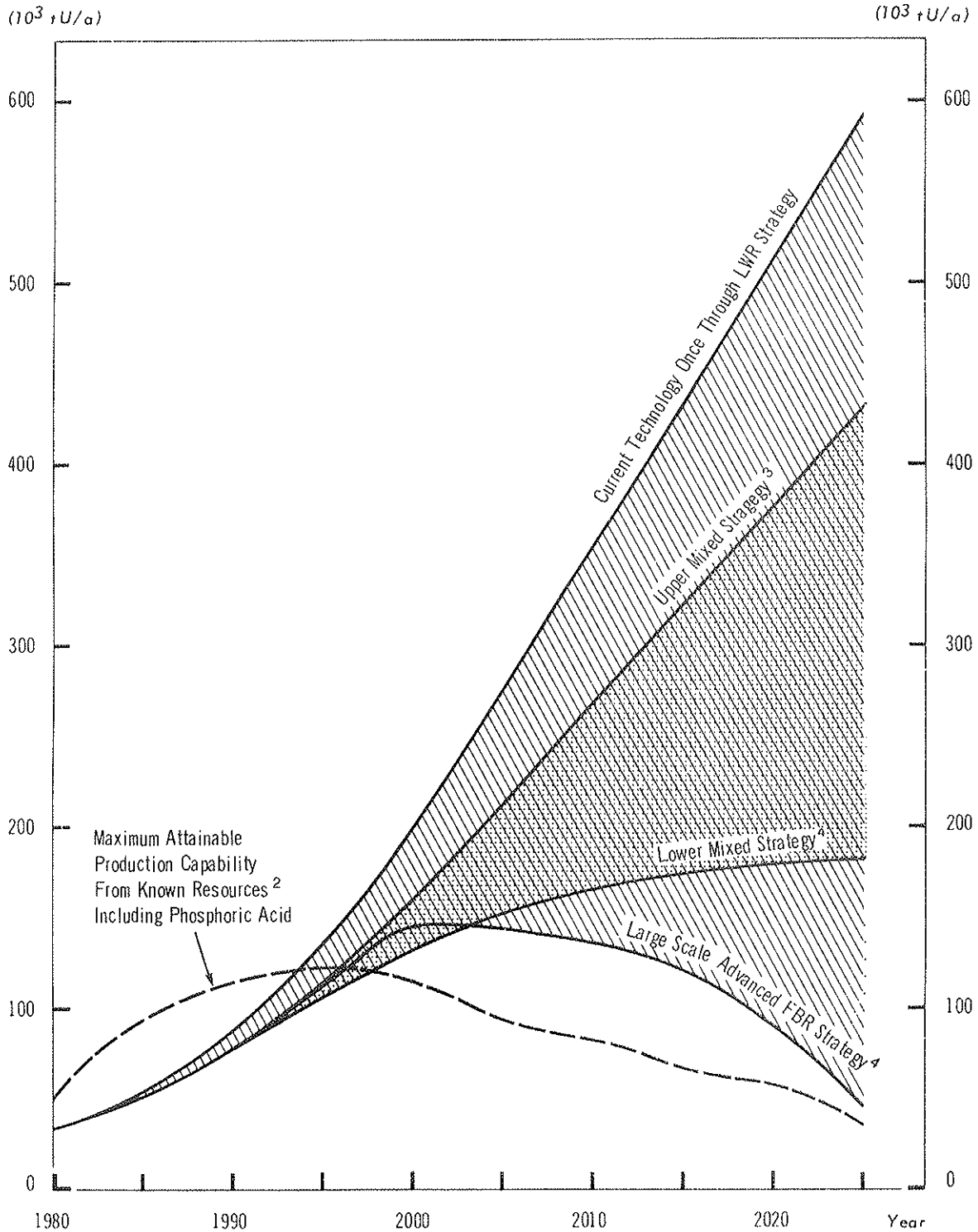
These demand characteristics illustrate clearly the role for improved converter reactors and still more of breeder reactors in conserving uranium. As uranium resources are unevenly distributed, this role may be of vital concern to some countries well before the end of this century.

Considering the long lead times involved in fast breeder development and large-scale introduction, whatever the future mix of reactors may be, substantial quantities of new uranium resources must be identified and made available to sustain the expected growth of nuclear power.

Figure 1

COMPARISON OF ANNUAL WORLD¹ URANIUM
SUPPLY AND DEMAND TO 2025
(modified INFCE diagram)

HIGH GROWTH PROJECTION - ILLUSTRATIVE STRATEGIES

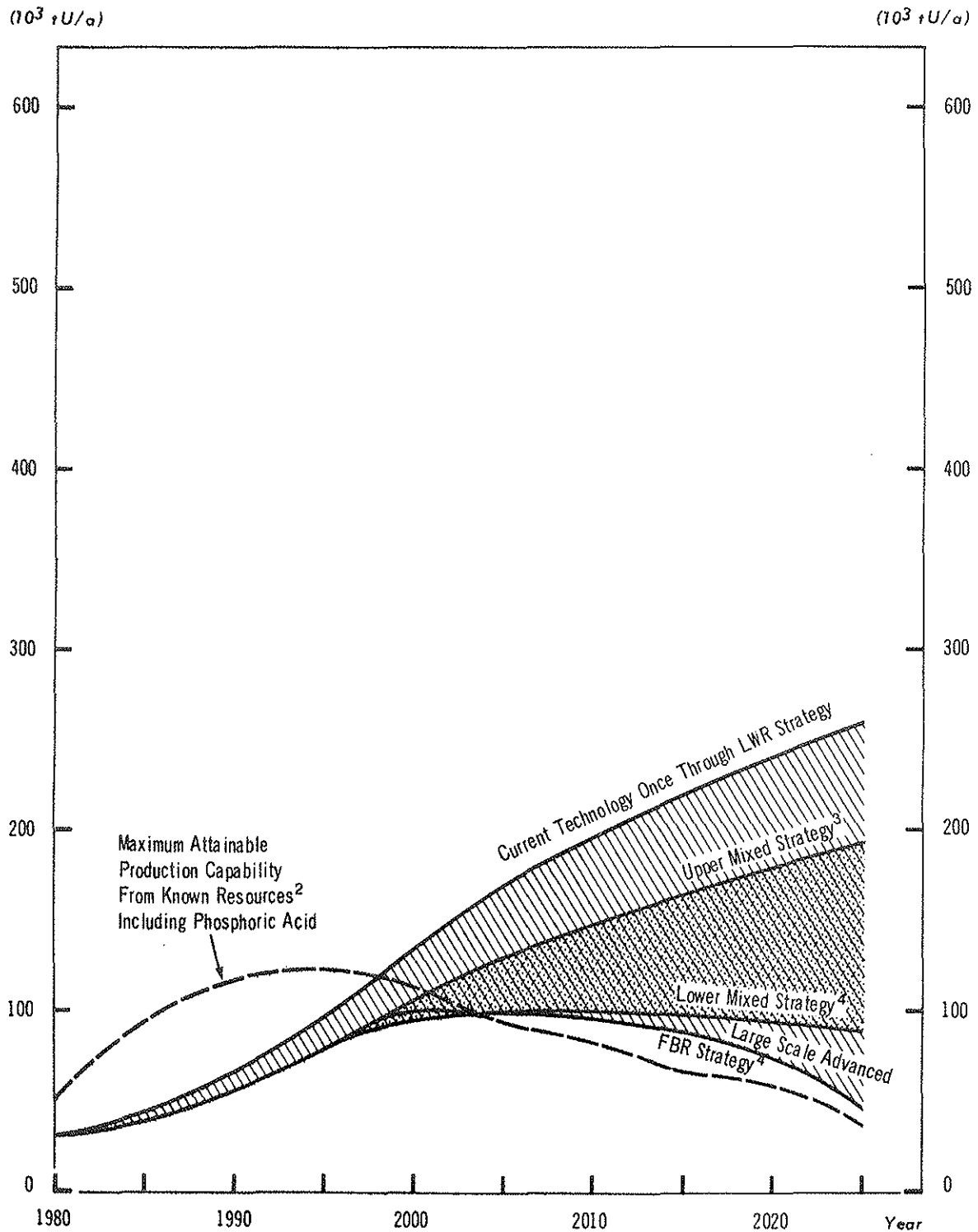


1. Data were not supplied nor included for USSR, Eastern Europe nor China.
2. Reasonably Assured and Estimated Additional Resources.
3. With Oxide-fuelled FBRs.
4. With Carbide-fuelled FBRs.

Figure 2

COMPARISON OF ANNUAL WORLD¹ URANIUM
SUPPLY AND DEMAND TO 2025
(modified INFCE diagram)

LOW GROWTH PROJECTION - ILLUSTRATIVE STRATEGIES



1. Data were not supplied nor included for USSR, Eastern Europe nor China.
2. Reasonably Assured and Estimated Additional Resources.
3. With Oxide-fuelled FBRs.
4. With Carbide-fuelled FBRs.

Table 1. REASONABLY ASSURED RESOURCES
(1,000 tonnes U)
Data available 1st January, 1979

COST RANGE	<\$80/kg U RESERVES	\$80-130/kg U	TOTAL AT < \$130/kg U
Algeria	28	0	28
Argentina	23	5.1	28.1
Australia	290	9	299
Austria ²	1.8	0	1.8
Bolivia	-	0	0
Botswana	0	0.4	0.4
Brazil	74.2	0	74.2
Canada ¹	215	20	235
Central African Republic	18	0	18
Chile	0	0	0
Denmark	0	27	27
Egypt	0	0	0
Finland	0	2.7	2.7
France	39.6	15.7	55.3
Gabon ²	37	0	37
Germany, Federal Republic of ..	4	0.5	4.5
India	29.8	0	29.8
Italy	0	1.2	1.2
Japan	7.7	0	7.7
Korea, Republic of ⁴	0	4.4	4.4
Madagascar ²	0	0	0
Mexico ³	6	0	6
Namibia	117	16	133
Niger ²	160	0	160
Philippines ²	0.3	0	0.3
Portugal ³	6.7	1.5	8.2
Somalia ³	0	6.6	6.6
South Africa	247	144	391
Spain	9.8	0	9.8
Sweden ⁵	0	301	301
Turkey	2.4	1.5	3.9
United Kingdom	0	0	0
United States of America	531	177	708
Yugoslavia	4.5	2	6.5
Zaire ²	1.8	0	1.8
Total (rounded)	1,850	740	2,590

- Less than 100 tonnes U.

1. The material reported as reserves is mineable at prices up to \$ CAN 125/kg U and other Reasonable Assured Resources are mineable at prices between \$ CAN 125 and \$ CAN 175/kg U.
2. Source of data: Uranium Resources, Production and Demand, Paris, 1977.
3. Data refer to resources "in-situ", rather than recoverable.
4. Reported as 13,000,000 tonnes of ore with an average grade of 0.04% U₃O₈.
5. No uranium production allowed in a deposit of 300,000 tonnes U due to a veto by the local authorities for environmental reasons.

Table 2. ESTIMATED ADDITIONAL RESOURCES
(1,000 tonnes U)
Data available 1st January, 1979

COST RANGE	< \$80/kg U	\$80-130/kg U	TOTAL AT < \$130/kg U
Algeria	0	5.5	5.5
Argentina	3.8	5.3	9.1
Australia	47	6	53
Austria ²	0	0	0
Bolivia ²	0	0.5	0.5
Botswana	0	0	0
Brazil	90.1	0	90.1
Canada ¹	370	358	728
Central African Republic	0	0	0
Chile	5.1	0	5.1
Denmark	0	16	16
Egypt	0	5	5
Finland	0	0.5	0.5
France	26.2	20	46.2
Gabon ²	0	0	0
Germany, Federal Republic of	7	0.5	7.5
India	0.9	22.8	23.7
Italy	0	2	2
Japan	0	0	0
Korea, Republic of	0	0	0
Madagascar ²	0	2	2
Mexico ³	2.4	0	2.4
Namibia	30	23	53
Niger ²	53	0	53
Philippines ²	0	0	0
Portugal	2.5	0	2.5
Somalia ³	0	3.4	3.4
South Africa	54	85	139
Spain	8.5	0	8.5
Sweden	0	3	3
Turkey	0	0	0
United Kingdom	0	7.4	7.4
United States of America	773	385	1,158
Yugoslavia	5	15.5	20.5
Zaire ²	1.7	0	1.7
Total (rounded)	1,480	970	2,450

1), 2), 3) - As in footnotes to Table 1.

NB: A number of occurrences of uranium are not well enough defined to be included in Tables 1 and 2 but are described in Part III, the country reports.

